

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Solos  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Manual de Métodos de Análise de Solo**

**3ª edição revista e ampliada**

*Paulo César Teixeira  
Guilherme Kangussu Donagemma  
Ademir Fontana  
Wenceslau Geraldes Teixeira*  
Editores Técnicos

**Embrapa**  
Brasília, DF  
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Solos**

Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico

CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ

Fone: + 55 (21) 2179-4500

Fax: + 55 (21) 2179-5291

<https://www.embrapa.br>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

### **Unidade responsável pelo conteúdo e edição**

Embrapa Solos

### **Comitê de Publicações da Embrapa Solos**

Presidente: *José Carlos Polidoro*

Secretário-Executivo: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de C. de Moraes, Alba Leonor da Silva Martins, Enyomara Lourenço Silva, Evaldo de Paiva Lima, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Luciana Sampaio de Araujo, Maria Regina Laforet, Maurício Rizzato Coelho, Moema de Almeida Batista, Wenceslau Geraldes Teixeira*

Supervisão editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Normalização bibliográfica: *Luciana Sampaio de Araujo*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Capa: *Eduardo Guedes de Godoy*

Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes e  
Marcos Antônio Nakayama*

### **3ª edição**

Publicação digitalizada (2017)

### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Solos

---

Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

573 p. : il. color.

ISBN 978-85-7035-771-7

1. Análise do solo. 2. Física do solo. 3. Química do solo. 4. Matéria orgânica. 5. Mineralogia. I. Teixeira, Paulo César. II. Donagemma, Guilherme Kangussu. III. Fontana, Ademir. IV. Teixeira, Wenceslau Geraldes. V. Embrapa Solos.

CDD 631.40202

# — Capítulo 18 —

## MORFOMETRIA DOS GRÃOS DE AREIA

João Herbert Moreira Viana

Eliane de Paula Clemente

### 18.1 Introdução

A análise de rotina de areias normalmente limita-se à sua separação por peneiramento e sua quantificação por gravimetria na análise granulométrica. Além disso, em alguns casos, avalia-se a mineralogia da fração areia por avaliação com lupa. Por outro lado, maiores informações sobre as características das areias podem ser obtidas por avaliações adicionais relativamente simples, como procedimentos de análise de imagens que permitem medir atributos morfológicos de grãos individuais de areia e gerar parâmetros auxiliares para interpretação do comportamento físico destas. Essa análise pode ser feita em imagens digitais obtidas por diversos meios sendo, então, processadas por meio de programas adequados e quantificadas com base em parâmetros morfológicos descritos na literatura. Isso é possível pela disponibilidade de programas de uso livre, como o ImageJ 1.47t, que têm tido ampla utilização científica e permitem o desenvolvimento de rotinas específicas.

## **18.2 Princípio**

A medição de atributos morfológicos de grãos individuais de areias é executada em imagens digitais obtidas por microscopia com a ajuda de programas de análise de imagens, a partir da identificação das formas e da contagem de pixels de feições de interesse na imagem.

## **18.3 Material e Equipamentos**

- Microscópio ótico ou lupa binocular com câmera fotográfica acoplada.
- Scanner ótico de alta resolução.
- Computador com os programas adequados.

## **18.4 Procedimento**

### **18.4.1 Obtenção e preparo da amostra**

As amostras de areias são provenientes da análise granulométrica ou do procedimento para determinação de agregados estáveis de solo (após secagem) ou sedimentos. Deve-se fazer a separação das frações da areia em tamanhos padronizados tendo sua análise separada. Recomenda-se colocar as amostras das frações em placas de Petri para padronização da quantidade de material a ser utilizado antes da captura das imagens.

### **18.4.2 Obtenção das imagens**

Escolha o equipamento em função da natureza e da dimensão dos objetos e da necessidade de magnificação.

Ajustar as condições gerais do microscópio, da lupa ou do equipamento de aquisição de imagens antes das tomadas de imagens, em testes prévios. Utilizar a melhor resolução da câmera possível, compatível com as análises posteriores. Caso disponível no equipamento, a imagem deve ser salva em um formato não comprimido, tipo bitmap (BMP) ou TIFF.

Tomar as imagens em um fundo contrastante com a cor do material, de forma a proporcionar a melhor diferenciação entre seu perfil e o fundo. Recomenda-se o uso de lâmina de referência (padrão para calibração), obtida em condições idênticas às das imagens em estudo. A fonte de luz deve ser adequada de modo a fornecer iluminação suficiente, mas difusa, projetando o mínimo de sombra possível, em um ângulo que minimize também o brilho dos cristais eventualmente presentes. Pequenos ajustes de foco devem ser feitos com base na imagem visualizada diretamente na câmera, caso esta tenha visor independente, ou no monitor, caso seja usado um programa de captura de imagens acoplado ao equipamento.

### **18.4.3 Tratamento e quantificação digital das imagens**

As imagens originais (normalmente coloridas) devem ser convertidas em formato binário (preto e branco, 8 bits), para terem suas feições identificadas e quantificadas pelo algoritmo do programa. São descritos dois procedimentos em detalhes, visando à conversão para formato binário (“binarização”) das imagens das areias, e sua posterior quantificação. Os passos indicados são identificados conforme as “janelas” abertas pelo programa, em sequência. O procedimento pelo filtro de limiar é mais rápido e expedito. O segundo, via filtro de variância, é mais trabalhoso e menos prático, mas pode ser útil quando há dificuldade de se separar claramente os contornos dos objetos, por exemplo, quando eles são semitransparentes e não são bem contrastados com o fundo. Isso exige testes e

comparação com a imagem original, como referência.

### **18.4.3.1 Procedimento com binarização via filtro de limiar (\*Threshold\*):**

- Abrir a imagem em formato \*.jpg (caso o arquivo original não esteja em formato TIFF): File>Open. Converter para \*.tif e salvá-la no diretório de trabalho: File>Save as>Tiff.
- Calibrar a imagem a ser medida: abrir imagem de referência (lâmina graduada), previamente tratada. No console do ImageJ, clicar na ferramenta de desenho de linha reta (\*Straight\*). Clicar no ponto de início da referência da imagem e arrastar, mantendo o mouse clicado, até o ponto final, soltando-o em seguida. Analyse>Set scale. Digitar a distância conhecida ("Known distance"). Digitar a unidade de medida ("Unit of length", mm,  $\mu$ m etc.). Marcar a caixa "Global" e clicar em OK.
- Duplicar a imagem a ser medida (os demais tratamentos se aplicam a essa cópia): Image>Duplicate.
- Aplicar o filtro de mediana: Process>Filters>Median (usar o valor de raio de 3 pixels).
- Aplicar a correção "Gamma": Process>Math>Gamma. Ajustar o valor de acordo com a imagem.
- Aplicar o filtro de limiar (\*Threshold\*): Image>Adjust>Color threshold. Ajustar valores na escala RGB de acordo com a imagem. Usar o fundo BW.
- Caso necessário, inverter a imagem (fundo branco e objetos pretos): Edit>Invert.
- Preencher buracos: Process>Binary>Fill holes. Caso necessário\*, completar o perímetro das formas que não foram preenchidas. Usar a ferramenta pincel no console ("Paint brush"). Repetir etapa anterior (Fill holes).
- \*A critério do analista, esse passo pode ser dispensado (neste caso, os objetos incompletos devem ser descartados

nas análises posteriores dos dados). Recomenda-se seu uso apenas quando existe segurança quanto ao traçado do perímetro, verificado na imagem original, e os espaços para se completar o perímetro sejam menores que 20 pixels.

- Proceder à análise: Analyse>Analyse particles. Digitar área mínima de medida (depende do tamanho dos objetos a serem medidos na imagem). Marcar campo de excluir imagens nas bordas (“Exclude edges”).
- Salvar os resultados: na nova janela “Results”, clicar em: File>Save as. Definir o diretório e o nome do arquivo e salvar.

#### **18.4.3.2 Procedimento com binarização via filtro de variância (\*Variance\*):**

- Abrir a imagem \*.jpg (caso o arquivo original não esteja em formato TIFF): File>Open. Converter para \*.tif e salvá-la no diretório de trabalho: File>Save as>Tiff.
- Calibrar a imagem a ser medida: Abrir imagem de referência (lâmina graduada), já previamente tratada. No console do ImageJ, clicar na ferramenta de desenho de linha reta (\*Straight\*). Clicar no ponto de início da referência da imagem e arrastar, mantendo o mouse clicado, até o ponto final, soltando em seguida. Analyse>Set scale Digitar a distância conhecida (“Known distance”). Digitar a unidade de medida (“Unit of length”, mm,  $\mu\text{m}$  etc.).
- Duplicar a imagem a ser medida (os demais tratamentos se aplicam a essa cópia): Image>Duplicate.
- Aplicar o filtro de mediana: Process>Filters>Median. Usar o valor de raio de 3 pixels.
- Aplicar a correção Gamma: Process>Math>Gamma. Ajustar o valor de acordo com a imagem.
- Aplicar o filtro de variância: Process>Filters>Variance. Usar valor de raio de 3 pixels.

- Converter em imagem binária, linearizar e preencher: Process>Binary>Convert to mask. Process>Binary>Fill holes. Caso necessário\*\*, completar o perímetro das formas que não foram preenchidas: usar a ferramenta pincel no console (“Paint brush”). Repetir etapa anterior (Fill holes). Aplicar filtro de erosão (duas vezes consecutivas): Process>Binary>Erode.
- \*\*A critério do analista, esse passo pode ser dispensado (neste caso, os objetos incompletos devem ser descartados nas análises posteriores dos dados). Recomenda-se seu uso apenas quando existe segurança quanto ao traçado do perímetro, verificado na imagem original, e os espaços para se completar o perímetro sejam menores que 20 pixels.
- Proceder à análise: Analyse>Analyse particles. Digitar área mínima de medida (depende do tamanho dos objetos a serem medidos na imagem). Marcar campo de excluir imagens nas bordas (“Exclude edges”).
- Salvar os resultados: Na nova janela “Results”, clicar em: File>Save as. Definir o diretório e o nome do arquivo e salvar.

## 18.5 Observações

Os atributos morfométricos mais usualmente utilizados em trabalhos de morfometria são:

- Área: é o número de pixels do polígono. Se a imagem for calibrada, então a área será computada na unidade de calibração; caso contrário, será em pixels.
- Perímetro: é o comprimento do lado externo do objeto. Se a imagem for calibrada, então o perímetro será computado na unidade de calibração; caso contrário, será em pixels.
- Arredondamento: seu resultado situa-se entre 0 e 1. É também conhecido como circularidade ou angularidade, quanto maior o valor, mais arredondado é o objeto. Se o

valor é 1, o objeto é um círculo perfeito. Arredondamento: seu resultado situa-se entre 0 e 1. É também conhecido como circularidade ou angularidade, quanto maior o valor, mais arredondado é o objeto. Se o valor é 1, o objeto é um círculo perfeito.

- **Maior Eixo:** é o comprimento da maior linha, em pixels, que pode ser traçada através do objeto.
- **Menor Eixo:** é o comprimento da menor linha, em pixels, que pode ser traçada através da perpendicular ao maior eixo do objeto.
- **Alongamento:** é o quociente entre o menor e o maior eixo. O resultado é um valor entre 0 e 1. Se o valor for igual a 1, o objeto é aproximadamente circular ou quadrado. À medida que o valor do alongamento se afasta de 1, o objeto torna-se mais alongado.
- **Compacidade:** fornece a medida da circularidade do objeto. Seu valor se situa entre 0 e 1. Se o valor for igual a 1, o objeto é aproximadamente circular. À medida que o valor se afasta de 1, o objeto torna-se menos circular.

## 18.6 Literatura recomendada

FERREIRA, T.; RASBAND, W. **ImageJ user guide:** IJ 1.46r. 2012. Disponível em: <<http://imagej.nih.gov/ij/docs/guide>>. Acesso em: 8 ago. 2017.

IMAGEJ: image processing and analysis in Java. Disponível em: <<http://rsbweb.nih.gov/ij>>. Acesso em: 8 ago. 2017.

VIANA, J. H. M.; CLEMENTE, E. de P.; OLIVEIRA, A. P. de. **Procedimento operacional padronizado para quantificação e mensuração de areias via análise de imagens.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. 9 p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 73).