# Comunicado 73 Técnico ISSN 1517-5685 Rio de Janeiro, RJ Dezembro, 2016

Foto: João Herbert Moreira Viana



# Procedimento Operacional Padronizado para Quantificação e Mensuração de Areias Via Análise de Imagens

João Herbert Moreira Viana<sup>1</sup> Eliane de Paula Clemente<sup>2</sup> Aline Pacobahyba de Oliveira<sup>3</sup>

## Introdução

Os procedimentos usuais de física de solos para análises de rotina de areias limitam-se à sua quantificação por gravimetria, após separação por peneiramento, na análise granulométrica. O aprofundamento do conhecimento das areias, no entanto, seja para fins de interpretação em questões de gênese e classificação de solos e sedimentos, seja como ferramenta auxiliar para determinação do comportamento físico e geotécnico, depende da disponibilidade de procedimentos rápidos e com implementação simples na análise de rotina.

A análise de imagens permite a obtenção de variáveis morfológicas que podem auxiliar a identificação de grãos individuais de areia e de parâmetros auxiliares para interpretação do comportamento físico destas. A natureza da informação obtida a partir das medidas efetuadas depende dos objetivos gerais do trabalho, dos modelos assumidos e dos algoritmos disponíveis no programa. A análise pode ser feita a partir de imagens digitais obtidas por meio de câmeras acopladas a microscópios, lupas ou eventualmente scanners de mesa. Estas imagens são, então, processadas por meio de programas adequados e quantificadas com base em parâmetros morfológicos descritos na literatura. Dentre os programas disponíveis para o tratamento e a quantificação digital, destaca-se o ImageJ 1.47t (FERREIRA; RASBAND, 2012), que, dentre outras características, tem tido já ampla utilização científica e é disponível sem custo. Permite também o desenvolvimento de rotinas específicas para outras medidas (*pluggins*) a critério do pesquisador.

O objetivo deste trabalho é apresentar os passos e os resultados do teste de um método para a quantificação de imagens digitais de amostras de areias, baseado no uso de imagens digitais microscópicas processadas no programa ImageJ (2015).

<sup>1</sup>Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. <sup>2</sup>Engenheira florestal, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. <sup>3</sup>Engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.



## Método

Foi utilizada como teste uma amostra de areia de um Latossolo Vermelho Amarelo, oriunda da região de Luiz Eduardo Magalhães, Bahia, na profundidade de 0 a 20 cm. As areias, oriundas da análise granulométrica (Tabela 1), foram separadas por peneiramento e foi utilizada a fração média (0,50 a 0,25 mm). Para a análise das variáveis morfológicas, foi utilizado o software ImageJ 1.47t (FERREIRA; RASBAND, 2012), seguindo a descrição sucinta do método, em três etapas.

**Tabela 1.** Análise granulométrica da amostra testada.Resultados em %.

Identificação	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
Amostra 43	48	28	2	22

## A. Obtenção e preparo da amostra

As amostras devem ser selecionadas e preparadas conforme os objetivos do trabalho. Amostras de areias geralmente são provenientes da análise granulométrica, podendo ser fracionadas em várias peneiras. O procedimento também pode, em princípio, ser aplicado a agregados de solo estáveis (após secagem) ou sedimentos. Quanto mais homogêneo o material (em termos de tamanho), melhores as condições para a tomada das imagens. Materiais com grande diferença de tamanho médio de grãos (mais de uma ordem de grandeza) são difíceis de serem analisados na mesma imagem, devido a problemas de resolução insuficiente dos grãos menores ou de obtenção de foco adequado. Recomenda-se, neste caso, a separação das frações em tamanhos padronizados e sua análise separada.

## B. Obtenção das imagens

A tomada de imagens é a parte mais crítica do processo, definindo a qualidade final do resultado. O equipamento é escolhido em função da natureza e dimensão geral dos objetos, e da necessidade de magnificação. O ajuste das condições gerais do microscópio, da lupa ou do equipamento de aquisição de imagens deve ser efetuado antes das tomadas de imagens, em testes prévios. A resolução da câmera deve ser a melhor possível, compatível com as análises posteriores. Caso disponível no equipamento, a imagem deve ser salva em um formato não comprimido, tipo bitmap

(BMP) ouTIFF. As imagens devem ser tomadas em um fundo contrastante com a cor do material, de forma a proporcionar a melhor diferenciação entre seu perfil e o fundo. Normalmente um fundo azul fosco liso, como o de recipientes de polietileno, fornece um bom contraste. A imagem da lâmina de referência (padrão para calibração) deve ser obtida em condições idênticas às das imagens para as quais esta vai servir. 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.

# C. Tratamento e quantificação digital das imagens

As imagens obtidas são processadas e quantificadas conforme os procedimentos descritos adiante. 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. Este passo é fundamental para a correta identificação dos objetos medidos, e se constitui em um dos pontos chave para o sucesso da técnica. Constitui-se, também, no passo mais complexo, uma vez que a identificação exata dos limites dos objetos na imagem não pode ser feita de forma totalmente automática, em virtude das variações sutis inerentes a cada imagem e a transição geralmente difusa entre a borda do objeto e o fundo, quando observado em detalhe. Cada objeto medido geralmente tem cor e brilho próprio, e adequar um procedimento geral para toda a imagem constitui-se na maior dificuldade operacional da técnica. A seguir, são descritos dois procedimentos em detalhes, visando a 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 os mesmos são semitransparentes e não são bem contrastados com o fundo. Isso exige testes e comparação com a imagem original, como referência.

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

a1) Abrir a imagem em formato *\*.jpg* (caso o arquivo original não esteja em formato *TIFF*):

## File> open

a2) Converter para *\*.tif* e salvá-la no diretório de trabalho:

#### File>save as>tiff

a3) 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-o em seguida.

## Analyse>Set scale

Digitar a distância conhecida ("Known distance").

Digitar a unidade de medida ("Unit of lenght", mm,  $\mu$ m, etc.).

Marcar a caixa "Global" e dar ok.

a4) Duplicar a imagem a ser medida (os demais tratamentos se aplicam a esta cópia):

## Image>duplicate

a5) Aplicar o filtro de mediana:

## Process>filters>median

Usar o valor de raio de 3 pixels.

a6) Aplicar a correção "Gamma":

## Process>Math>Gamma

Ajustar o valor de acordo com a imagem.

a7) Aplicar o filtro de limiar (\*Threshold\*):

Image>Adjust>Color threshold

Ajustar valores na escala RGB de acordo com a imagem. Usar o fundo BW.

a8) Caso necessário, inverter a imagem (fundo branco e objetos pretos):

#### Edit>Invert

a9) 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).

a10) 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").

a11) Salvar os resultados:

Na nova janela "Results", clicar em:

## File>Save as

Definir o diretório e o nome do arquivo e salvar.

\*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.

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

b1) Abrir a imagem \*.jpg (caso o arquivo original não esteja em formatoTIFF):

#### File> Open

b2) Converter para \*.tif e salvá-la no diretório de trabalho:

## File>Save as>Tiff

b3) 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 lenght", mm,  $\mu$ m, etc.).

Marcar a caixa "Global" e dar ok.

b4) Duplicar a imagem a ser medida (os demais tratamentos se aplicam a esta cópia):

## Image>Duplicate

b5) Aplicar o filtro de mediana:

## Process>Filters>Median

Usar o valor de raio de 3 pixels.

b6) Aplicar a correção Gamma:

## Process>Math>Gamma

Ajustar o valor de acordo com a imagem.

b7) Aplicar o filtro de variância:

### Process>Filters>Variance

Usar valor de raio de 3 pixels.

b8) 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

b9) 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").

b10) Salvar os resultados:

Na nova janela "Results", clicar em:

## File>save as

Definir o diretório e o nome do arquivo e salvar.

\*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.

## D. Atributos morfométricos utilizados na análise:

Seguem-se os atributos morfométricos mais usualmente utilizados em trabalhos de morfometria. Outros podem ser gerados, seja pela determinação de outras medidas (por meio de *pluggins*) ou por novas combinações dos dados brutos gerados nas medições.

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. É calculado pela expressão:

Onde:

Ar = arredondamento (adimensional).

A = área do objeto (em pixels).

P = perímetro do objeto (em pixels).

4

**Maior Eixo:** é o comprimento da maior linha, em pixels, que pode ser traçada através do objeto (Figura 1).

**Menor Eixo:** é o comprimento da menor linha, em pixels, que pode ser traçada através da perpendicular ao maior eixo do objeto (Figura 1).



**Figura 1**. Esquema representativo do maior e menor eixo.

**Alongamento:** é o quociente entre o menor eixo 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. É calculado pela expressão:

AI <sub>=</sub> <u>Me</u> Ma

Onde:

Al = Alongamento (adimensional).

Me = menor eixo (em pixels).

Ma = maior eixo (em pixels).

**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. É obtida pela expressão:



Onde:

Co = compacidade (adimensional).

A = área (em pixels).

Ma = maior eixo (em pixels).

## **Resultados**

A amostra de areia escolhida foi fotografada em lupa binocular e foram obtidas cinco imagens para cada amostra, das quais foi escolhida aquela mais representativa (Figura 2a). Essa imagem foi então processada no software ImageJ (Figura 2b) e quantificada, gerando uma tabela com os resultados dos atributos área, perímetro, compacidade, maior eixo, menor eixo, arredondamento, solidez, diâmetro de Feret, alongamento, entre outros.



Figura 2. (a) Imagem obtida por microscópio óptico com aumento de 2,5x10x + zoom de 2.0. (b) Imagem binária após a manipulação no software ImageJ. 5

Após a obtenção da imagem binária, procedeuse a uma sequência de passos para a obtenção dos resultados de atributos dos grãos de areia. Abriu-se a imagem binária (Figura 3a) e foram selecionadas todas as opções (Figura 3b). Na etapa do procedimento de análise de partículas (Analyse particles), cada objeto (partícula de areia) recebeu um número de identificação (Figura 3c). Ao final, foi obtida uma planilha com os atributos medidos e assinalados a cada objeto. A Figura 3d mostra uma coluna com todos os objetos medidos e, a partir do menu ao lado, pode-se trabalhar objeto a objeto, se necessário. Por exemplo, se algum dos objetos não for de interesse, seleciona-se a linha a ser apagada e, no menu "delete", exclui-se a mesma. Para melhor visualização, a tabela exposta na Figura 3e mostra os atributos do objeto número 16. Por fim, salvou-se a planilha em formato Excel (Figura 3f). A tabela gerada (Figura 3g) contém os valores dos atributos morfométricos, que deverão ser utilizados para as análises dos grãos de areia.



7



Figura 3. Sequência dos passos a serem seguidos para geração dos atributos morfométricos dos grãos de areia.

Com a tabela de atributos, o usuário pode fazer a análise estatística dos dados, checando como cada amostra se diferencia quanto ao arredondamento, alongamento, solidez, compacidade e outros atributos que forem de interesse. Vale salientar que o programa ImageJ é um programa aberto que, além dos *pluggins* nativos, permite agregação de novos *pluggins* pelos desenvolvedores e usuários. Na Figura 4, podem ser vistos os gráficos da distribuição de frequência dos valores de três dos atributos de forma da imagem medida, com base nos resultados de 41 grãos. Estes resultados podem ser usados para a caracterização de







**Figura 4**. Gráficos da distribuição de frequência dos valores de três dos atributos de forma da imagem medida.

amostras representativas de areias e para a comparação entre diferentes amostras. A título de exemplo, e para ilustrar o comportamento destes atributos, os resultados individuais de três grãos da imagem analisada são apresentados (Figura 5). Estes representam três morfologias distintas (Figura 6), sendo um grão mais arredondado (24), um de projeção mais triangular (12) e um de conformação mais alongada (17). Uma análise por inspeção desses gráficos aponta o diferente comportamento de cada grão e possibilita a separação dos mesmos em grupos distintos, com base em análises estatísticas posteriores.







**Figura 5**. Resultados individuais de análise de três grãos para os atributos (AR) arredondamento (round) e compacidade (solidity).



Figura 6. Morfologia dos três grãos da imagem analisada discutidos.

# **CONCLUSÃO**

O procedimento aqui descrito permite uma análise rápida e padronizada de atributos morfológicos de grãos de areia e materiais de solo similares a partir de imagens obtidas em equipamento convencional de microscopia, permitindo a obtenção destes para sua análise quantitativa posterior de forma sistemática.

## **REFERÊNCIAS**

FERREIRA, T.; RASBAND W. **ImageJ user guide**: IJ 1.46r. 2012. Disponível em: <a href="http://imagej.nih.gov/ij/docs/guide">http://imagej.nih.gov/ij/docs/guide</a>. Acesso em: 29 jun. 2015. 9

IMAGEJ: image processing and analysis in Java. Disponível em: <a href="http://rsbweb.nih.gov/ij">http://rsbweb.nih.gov/ij</a>. Acesso em: 29 jun. 2015.

Comunicado	Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:	Comitê de	Presidente: José Carlos Polidoro.
Técnico, 73	Embrapa Solos	Publicações	Secretário-Executivo: Jacqueline S. R. Mattos.
	Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim		Membros: Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira
	Botânico. CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ		de Camargo de Moraes, Alba Leonor da Silva
	Fone: + 55 (21) 2179-4500		Martins, Cesar da Silva Chagas, Enyomara Lourenço
	Fax: + 55 (21) 2179-5291		Silva, Evaldo de Paiva Lima, Joyce Maria Guimarães
	https://www.embrapa.br https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/		Monteiro, Luciana Sampaio de Araujo, Maria Regina
			Capdeville Laforet, Mauricio Rizzato Coelho, Moema
1ª edição	1ª edição	Expediente	de Almeida Batista, Wenceslau Geraldes leixeira.
On-line (2016)		1	Supervisão editorial: Jacqueline S. Rezende Mattos .
			Revisão de texto: André Luiz da Silva Lopes.
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento			Editoração eletrônica: Moema de A. Batista.