

*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 Gerales 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 Gerales. V. Embrapa Solos.

CDD 631.40202

— Capítulo 11 —

ARGILA DISPERSA EM ÁGUA E GRAU DE FLOCULAÇÃO

Guilherme Kangussu Donagemma

João Herbert Moreira Viana

11.1 Introdução

A avaliação da argila dispersa em água (ADA) é utilizada comumente para estudos relacionados à agregação e à erosão, e mais recentemente como indicador de qualidade de solo. Por meio da argila dispersa em água, pode-se calcular o grau de floculação (GF). A argila dispersa em água varia com alguns fatores como a mineralogia da fração argila, a textura do solo e o uso e manejo do solo.

11.2 Princípio

Dispersão mecânica lenta em água, seguida da separação da fração argila por sedimentação do silte. Medição da fração argila por meio de pesagem e secagem em estufa (método padrão), ou da densidade da suspensão.

11.3 Material e Equipamentos

- Pipeta graduada de 25 mL.
- Balde de plástico de 25 L.
- Espátula.
- Béquer de plástico de 250 mL.
- Béquer de 500 mL.
- Béquer de 50 mL.
- Lata de alumínio com tampa com capacidade de 200 mL.
- Proveta de 250 mL, 100 mL e 50 mL.
- Bastão de vidro.
- Pisseta.
- Bastão para agitação com uma tampa de borracha contendo vários furos e de diâmetro um pouco menor do que o cilindro ou proveta.
- Funil.
- Suporte para funil.
- Cilindro de sedimentação de 1.000 mL (Koettgen ou similar).
- Termômetro.
- Agitador rotativo tipo Wagner ou agitador recíprocante.
- Agitador magnético.
- Balança com precisão de 0,001 g.
- Estufa com circulação forçada.
- Peneira com diâmetro de 20 cm, malha de 2,0 mm.
- Peneira com diâmetro de 20 cm, malha de 0,053 mm.
- Fundo para Jogo de peneiras diâmetro de 20 cm.

- Quarteador.
- Dessecador de vidro com sílica gel anidra.
- Densímetro ASTM nº 1 Tipo 152H - com escala Bouyoucos em g L⁻¹.

11.4 Reagentes e Soluções

- Água deionizada.
- Fenolftaleína.

11.5 Argila dispersa em água

11.5.1 Procedimento

11.5.1.1 *Dispersão das amostras*

- Proceder à medição da umidade residual do solo, para cálculo da correção de umidade (fator f), conforme item 3.5.
- Pesar 20,000 g de amostra de solo (TFSA) em um béquer de 50 mL, em balança analítica com incremento e repetibilidade de 0,001 g. Obs.: pode-se trabalhar com 10,000 g de solo em proveta de 500 mL, mantida a relação solo:solução (1:50), para adequada dispersão.
- Transferir a amostra para a garrafa do agitador, por meio de funil.
- Adicionar 300 mL de água deionizada, lavando-se o funil usado para a transferência da amostra. Obs.: no caso de solos salinos ou solos sódicos, utilizar água com condutividade elétrica semelhante à do extrato da pasta de saturação desses solos.

- Montar a(s) garrafa(s) no agitador tipo Wagner, após tampá-la(s) com a rolha de borracha. Apertar, acionar o agitador e proceder à agitação por 16 horas a 50 rpm. Alternativamente, montar o(s) frascos(s) no agitador horizontal recíprocante, tampá-los com tampa de alumínio e agitar por 16 horas, a 150 ciclos por minuto. Os frascos de vidro para o agitador recíprocante devem ter as seguintes dimensões: 13,5 cm de comprimento e 7,5 cm de diâmetro.
- Decorrido o tempo, desligar o agitador e retirar as garrafas ou frascos de vidro.

11.5.1.2 Determinação

11.5.1.2.1 Método da Pipeta

- Agitar a suspensão de cada amostra nos cilindros de sedimentação, inclusive da prova em branco, utilizando-se do bastão com a tampa de borracha, ou o agitador magnético. Lavá-lo ao trocar de amostra. Recomenda-se uma agitação vigorosa por 1 minuto, sendo recomendável o uso de agitação mecânica, se disponível.
- Aguardar o tempo de sedimentação, conforme Tabela 1 (item 10.5.1.6) ou o resultado do cálculo pela equação de Stokes com o valor medido de densidade de partícula (Figura 1 – item 10.5.1.6), após a agitação da primeira amostra.
- Pipetar 25 mL da suspensão de argila, transferir para um béquer seco de 50 mL, limpo e previamente tarado e identificado. Levá-lo para secagem na estufa a 105 °C, por 24 horas.
- Retirar as amostras da estufa, deixar esfriar em dessecador e pesar em balança analítica.

11.5.1.2.2 Método do Densímetro

Os procedimentos de preparo e dispersão são idênticos ao método da pipeta (item 11.5.2.1), com a diferença de se utilizar 50 g de solo.

- Preparar a prova em branco (todos os reagentes exceto o solo). Colocar água deionizada até a marca de 1 L.
- Agitar a suspensão de cada amostra, inclusive da prova em branco, utilizando-se do bastão com a tampa de borracha, ou o agitador magnético. Lavá-lo ao trocar de amostra. Recomenda-se agitação vigorosa por 1 minuto.
- Após uma hora e meia de sedimentação, transferir o volume de suspensão coletada a 5 cm de profundidade (após o traço de aferição) para copo plástico de 300 mL. Isso pode ser feito por sifonamento, pela torneira do cilindro de sedimentação ou pelo tubo plástico do cilindro de sedimentação.
- Passar o material sifonado para proveta de 250 mL e agitar. Introduzir o densímetro e efetuar a leitura com aproximação de 0,25. Se houver dificuldade de leitura do densímetro, colocar de duas a três gotas de fenolftaleína junto à haste deste.
- Proceder à leitura do branco e anotar.
- Para temperaturas diferentes de 22 °C, deve-se fazer a correção nos cálculos conforme Tabela 2 (item 10.5.1.6).

Obs.: esse procedimento foi padronizado para solos de granulometria média a argilosa. Os solos muito argilosos ou arenosos devem ser analisados pelo método da pipeta.

11.5.2 Cálculos

11.5.2.1 Método da Pipeta

$$T_{\text{arg}} = \left(\frac{(m_{\text{ar}} - m_{\text{b}}) * f * 1.000}{m_{\text{i}} * R_{\text{v}}} \right)$$

Em que:

T_{arg} – concentração de argila dispersa em água, em g kg^{-1} .

m_{i} – massa inicial da amostra, em g.

m_{ar} – massa de argila, seca em estufa, em g.

m_{b} – massa da prova em branco, seca em estufa, em g.

R_{v} – razão do volume pipetado para o volume total da proveta descontado o volume retirado na primeira pipetagem.

f – fator de correção de umidade para a massa inicial (item 3.5).

11.5.2.2 Método do densímetro

$$T_{\text{arg}} = ((L_{\text{d(a)}} - L_{\text{d(b)}}) + C_{\text{T}}) * f$$

Em que:

T_{arg} – concentração de argila dispersa em água, em g kg^{-1} .

$L_{\text{d(a)}}$ – leitura do densímetro na suspensão de argila, em g L^{-1} .

$L_{\text{d(b)}}$ – leitura do densímetro na suspensão do branco, em g L^{-1} .

C_{T} – correção da temperatura (vide Tabela 2 - item 10.5.1.6).

f – fator de correção de umidade para a massa inicial (item 3.5).

11.5.3 Observações

O laudo deve conter o dispersante utilizado, o tempo e tipo de agitador usado e o método de quantificação das frações finas. Os resultados podem ser expressos em g g^{-1} , g kg^{-1} ou dag kg^{-1} (%). No entanto, a expressão em dag kg^{-1} é mais adequada, pois o método apresenta precisão e reprodutibilidade reportada na faixa de 5% em peso.

11.6 Grau de floculação

11.6.1 Princípio

Relação entre a argila naturalmente dispersa e a argila total, obtida após dispersão. Indica a proporção da fração argila que se encontra floculada, informando sobre o grau de estabilidade dos agregados.

11.6.2 Cálculo

$$G_{\text{Flo}} = \frac{(a - b)}{a} * 100$$

Em que:

G_{flo} – grau de floculação, em dag kg^{-1} (%).

a – concentração de argila total, em g kg^{-1} (item 10.5.1.5).

b – concentração de argila dispersa em água, em g kg^{-1} (item 11.5).

11.7 Literatura recomendada

ALMEIDA, B. G. de; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A.; TEIXEIRA, W.G.

Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012. 11 p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 66).

BOYOUCOS, G. J. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils. **Soil Science**, v. 23, n. 5, p. 343-354, 1927.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas.** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2009. 77 p. (IAC. Boletim técnico, 106).

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 89 p.

FREITAS, R. de C. A. de. **Argila dispersa em água determinada por agitação rápida, lenta e ultrassom.** 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PAES, J. L. A.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; FREIRE, M. B. G. S.; BARROS, M. F. C.; ROCHA, G. C. Dispersão de argilas em solos afetados por sais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1135-1142, 2013.

VETTORI, L.; PIERANTONI, H. **Análise granulométrica: novo método para determinar a fração de argila.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura-EPFS, 1968. 8 p. (Brasil. Ministério da Agricultura-EPFS. Boletim técnico, 3).