

*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 8 —

DENSIDADE DE PARTÍCULAS

João Herbert Moreira Viana

Wenceslau Geraldes Teixeira

Guilherme Kangussu Donagemma

8.1 **Introdução**

O método de determinação da densidade de partículas visa medir a densidade média das partículas minerais e orgânicas na amostra de solo, refletindo sua composição média. Essa densidade está relacionada ao volume efetivamente ocupado por matéria sólida, desconsiderando a porosidade. No entanto, sua determinação pode ser afetada pela fração dos poros que não está efetivamente aberta para a atmosfera, como os poros oclusos no interior de minerais ou nódulos.

8.2 **Métodos**

8.2.1 **Método do balão volumétrico**

8.2.1.1 ***Princípio***

A determinação envolve duas etapas: a obtenção da massa da amostra por pesagem e a determinação de seu volume. A massa da amostra é obtida por pesagem desta após secagem

em estufa. A determinação do volume da amostra é obtida por meio da medida da diferença entre o volume de um líquido necessário para preencher um recipiente calibrado vazio e o volume do líquido necessário para completar o volume do recipiente contendo a amostra seca.

8.2.1.2 *Material e Equipamentos*

- Balão volumétrico de 50 mL.
- Balança com precisão de 0,001 g.
- Buretas de 50 mL.
- Estufa com ajuste de temperatura para 105 °C.
- Funil.
- Recipiente (lata metálica, cadinho ou placa de Petri).

8.2.1.3 *Reagentes e Soluções*

- Água deionizada e desaerada (ADD).
- Álcool etílico hidratado.

8.2.1.4 *Procedimento*

- Aferir balão volumétrico de 50 mL com água deionizada e desaerada.
- Pesar 20 g de solo, colocar em recipiente de massa conhecida, secar em estufa a 105 °C até peso constante. Deixar esfriar em dessecador e pesar, obtendo-se a massa da amostra seca.
- Transferir a amostra para o balão aferido de 50 mL com o auxílio de um funil.

- Adicionar álcool etílico até cobrir a amostra, agitando bem o balão para eliminar as bolhas de ar que se formam. Deixar em repouso por meia hora.
- Prosseguir com a operação, vagarosamente, até completar o volume do balão, verificando-se a ausência de bolhas.
- Anotar o volume de álcool gasto.

8.2.1.5 *Cálculo*

$$D_p = \frac{m_a}{(V_T - V_u)}$$

Em que:

D_p – densidade de partículas, em kg dm^{-3} (equivalente a g cm^{-3}).

m_a – massa da amostra seca a 105°C , em g.

V_T – volume total aferido do balão, em mL.

V_u – volume utilizado para completar o balão com a amostra, em mL.

8.2.2 **Método do picnômetro**

8.2.2.1 *Princípio*

A determinação da massa da amostra é obtida por meio de pesagem desta seca em estufa. A determinação do volume da amostra é feita por meio da medida da diferença entre a quantidade de um líquido necessária para preencher um recipiente especialmente concebido para a medida precisa de volume e a quantidade do líquido necessária para completar o recipiente contendo a amostra seca.

8.2.2.2 *Material e Equipamentos*

- Picnômetro de 50 mL.
- Balança com precisão de 0,001 g.
- Estufa com ajuste de temperatura para 105 °C.
- Bomba de vácuo.
- Dessecador.
- Termômetro.
- Picnômetro com termômetro acoplado.
- Funil de vidro.

8.2.2.3 *Reagentes e Soluções*

- Água deionizada e desaerada (ADD).

8.2.2.4 *Procedimento*

- Pesar a massa do picnômetro seco e limpo.
- Completar o volume do picnômetro com ADD. Colocar a tampa, secar cuidadosamente a parte externa e pesar o conjunto.
- Completar o volume do picnômetro com ADD. Colocar a tampa, secar cuidadosamente a parte externa e pesar o conjunto.
- Pesar 10 g de solo (TFSA), secar em estufa por 24 horas a 105 °C. Deixar esfriar em dessecador. Dessa forma, será obtida a terra fina seca em estufa (TFSE).
- Transferir a amostra de TFSE para o picnômetro limpo e seco, com o auxílio de um funil, e pesar a massa do

conjunto, em seguida.

- Adicionar a ADD até cobrir a amostra, agitando o picnômetro para eliminar as bolhas de ar que se formam. Colocar em dessecador com tampa, aplicar o vácuo por cerca de meia hora, desligar a bomba de vácuo, abrir o dessecador e deixar em repouso por meia hora.
- Completar o volume do picnômetro com ADD, colocar a tampa e secar a parte exterior, caso haja escorrimento de excedente.
- Pesquisar o conjunto e anotar.
- Medir a temperatura do líquido no picnômetro e anotar.

8.2.2.5 Cálculo

$$D_p = \frac{d_a \times (m_{p+s} - m_p)}{[(m_{p+s} - m_p) - (m_{p+s+a} - m_{p+a})]}$$

Em que:

D_p – densidade de partículas para a amostra, em kg dm^{-3} .

d_a – densidade da água corrigida para a temperatura no momento da análise, em kg dm^{-3} . A densidade da água pura (kg dm^{-3}) em função da temperatura é: 20 °C = 0,99823; 22 °C = 0,99777; 24 °C = 0,99726; 25 °C = 0,99704.

m_{p+s} – massa do conjunto picnômetro + amostra de solo seca (TFSE), em g.

m_p – massa do picnômetro limpo e seco, em g.

m_{p+a} – massa do conjunto picnômetro + água deionizada e desaerada, em g.

m_{p+s+a} – massa do conjunto picnômetro + amostra seca (TFSE) + água deionizada e desaerada, em g.

8.3 Observações

Em solos com minerais ou com a presença de substâncias hidrofóbicas, a água poderá ser substituída pelo álcool etílico. Nesse caso, é necessária uma correção para a densidade do álcool na temperatura utilizada.

Para aumentar a precisão das avaliações, recomenda-se utilizar ao menos um picnômetro acoplado a um termômetro para medição da temperatura da água dentro do picnômetro. Essa medida será utilizada para a seleção do valor de densidade utilizado nos cálculos.

A água deionizada poderá ser desaerada adicionando-a num bôquer colocado num dessecador acoplado a uma bomba de vácuo. A aplicação de 80 kPa a 100 kPa é suficiente para desaerar a água e evitar a formação de bolhas no picnômetro.

8.4 Literatura recomendada

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: part 1: physical and mineralogical methods. 2nd ed. Madison: Soil Science Society of America, 1986. 1188 p.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura-EPFS, 1969. 24 p. (Brasil. Ministério da Agricultura-EPFS. Boletim técnico, 7).