



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

DENSIDADE E RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM FUNÇÃO DA QUALIDADE DAS AMOSTRAS

Neiva Somavilla Gelain⁽¹⁾; Bernardo Rodrigues da Silva⁽²⁾; Bruno Zancan Ferrigolo⁽²⁾; Paulo Ivonir Gubiani⁽³⁾; Dalvan José Reinert⁽⁴⁾ José Miguel Reichert⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº 1000, Camobi, Santa Maria, 97105-900, neivaengenhaira@gmail.com; ⁽²⁾ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº 1000, Camobi, Santa Maria, 97105-900; ⁽³⁾ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº 1000, Camobi, Santa Maria, 97105-900; ⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº 1000, Camobi, Santa Maria, 97105-900.

Resumo – A qualidade das amostras de solo é fundamental quando se deseja avaliar medidas que dependem da estrutura do solo. O método do cilindro, considerado como método padrão pode modificar a estrutura do solo e comprometer os resultados. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito sobre a densidade e a resistência do solo à penetração dos procedimentos de coleta em cilindro metálico e em forma de monolitos de solo esculpido no campo e confinados em cilindro metálico. Amostras de um Latossolo com 70% de argila foram coletadas por meio de duas estratégias: (i) coletas em cilindro metálico introduzido no solo por golpes de martelo; (ii) coletas esculpindo in loco monolitos de solo aproximadamente cilíndricos, os quais foram revestidos com plástico filme e confinados em um cilindro metálico. Nas amostras foi determinada a densidade do solo e a resistência do solo à penetração. A densidade do solo das amostras em monolito esculpido foi menor que das amostras coletadas em cilindro metálico. O método de coleta com cilindro metálico causou compactação nas amostras de solo, aumentando o valor médio e o desvio padrão da resistência do solo à penetração. A estratégia de esculpir monolitos de solo no campo resultou em menor média e desvio padrão da resistência do solo à penetração, mostrando-se útil como um procedimento alternativo ao método do cilindro para melhorar a qualidade das amostras de solo com estrutura preservada.

Palavras-Chave: método de coleta, estrutura do solo; variabilidade;

INTRODUÇÃO

Os fluxos de ar e água são processos importantes do solo e são afetados pela organização do espaço poroso. O arranjo do espaço poroso do solo pode ser avaliado a partir de medidas de permeabilidade do solo à água (infiltração, condutividade hidráulica) e gases (condutividade ao ar, difusão de gases), porosidade, densidade, retenção de água e resistência mecânica. Normalmente, todas essas avaliações são feitas em amostras, na maioria coletadas em cilindro metálicos, assumindo-se que os procedimentos de coleta não

alteram a estrutura do solo da amostra. Porém, avaliações por meio de tomografia computadorizada indicam que há aumento de densidade em porções de solo próximas das paredes do anel, devido à fricção e aderência do solo com o anel, diretamente proporcional à relação altura/diâmetro (Pires et al., 2004).

Embora o método do cilindro seja considerado como o método padrão de amostragem para avaliação da porosidade total e densidade do solo (Black & Hartge, 1996), ocorre compactação da amostra, quando o solo estiver no estado entre friável e pegajoso, e cisalhamento, quando o solo estiver no estado entre seco e friável. Esses dois problemas foram nitidamente observados numa mesma amostra, em um grupo de várias amostras coletadas em um Latossolo Vermelho Distroférico típico, com aproximadamente 70% de argila (Figura 1), para fins de avaliação da resistência do solo à penetração e retenção de água.

A compactação na base e cisalhamento no topo do cilindro (Figura 1) foram observadas em diferentes condições de umidade do solo no momento da coleta (de 0,24 a 0,35 cm³ cm⁻³). Possivelmente a adesão solo-cilindro e tipo de estrutura mais laminar, combinados com as pancadas impostas no amostrador (extrator tipo castelo) para introdução do cilindro no solo são os principais fatores que dificultam obtenção de amostras com mínima alteração da estrutura do solo.



Figura 1. Alteração na estrutura do solo provocada durante a coleta de amostras com cilindro metálico

Alternativamente aos golpes de martelo, foi testado um sistema mecânico tipo alavanca para introdução do cilindro, com ponto de apoio sobre o extrator, braço menor preso a um veículo e braço maior acionado por uma pessoa. Com esse aparato, procurou-se introduzir o cilindro

metálico no solo de forma lenta, contínua e sem golpes, pois tais estratégia preservam mais a estrutura do solo, principalmente em solos coesos (Lima et al., 2005). Contudo, o sistema de alavanca utilizado não melhorou substancialmente a qualidade das amostras.

Em tais situações, estratégias alternativas de coleta de amostras devem ser utilizadas para que o requisito de preservação da estrutura do solo seja atendido. O método do torrão impermeabilizado tem sido usado como técnica alternativa quando há dificuldade de coleta de amostras com cilindros (Silva et al., 2000). Porém, além de superestimar a densidade (Kiehl, 1979; Blake & Hartge, 1986, Silva et al., 2000, Madalosso e Klein, 2010), esse método não possibilita que a resistência do solo à penetração seja medida na amostra, pois o solo não fica confinado numa estrutura que resista as pressões provocadas pela haste ao penetrar a amostra. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito sobre a densidade e a resistência do solo à penetração dos procedimentos de coleta padrão em cilindro metálico e em forma de monolitos de solo esculpidos no campo e confinados em cilindro metálico.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram coletadas na profundidade 7 e 25 cm, de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), num experimento conduzido para avaliar o efeito de três manejos de solo [plantio direto (PD), PD escarificado (PDE) e PD com compactação adicional (PDC)] e cinco épocas de semeadura da cultura do milho. Nas épocas denominadas de 1, 2, 3 e 4 (21/10/2010, 11/11/2010, 12/12/2010 e 06/01/2011) as amostras foram coletadas em cilindro metálico (CM), introduzido no solo por pancadas de martelo. Na época 5 (27/01/2011) foi utilizada a estratégia de coleta que denominamos de monolito esculpido (ME), que consistiu em esculpir in loco monolitos de solo aproximadamente cilíndricos, os quais foram revestidos com plástico filme e circundados por um cilindro metálico (Figura 2).



Figura 2. Detalhes da coleta de amostras em monolito esculpido no campo.

O espaço entre o monolito de solo e a parede do cilindro foi preenchido com areia fina seca (diâmetro <0,5 mm), acomodada por molhamento e vibração obtida por batidas leves de uma faca na parte externa do anel. Foram coletadas três amostras nas

profundidades 7 e 25 cm (coincidentes com o centro do monolito) para ambas as estratégias de amostragem.

No laboratório, as amostras foram ajustadas ao volume do cilindro, saturadas e submetidas às tensões de 1, 6 e 10 kPa em coluna de areia (Reinert e Reichert, 2006), 33 e 100 kPa em câmaras de pressão (Dane e Hopmans, 2002). Após equilíbrio da tensão, procedeu-se a medição da resistência do solo à penetração (penetrômetro de bancada, tipo estático) de uma haste metálica com cone de 30° de ângulo e 4 mm de diâmetro, a uma velocidade de penetração de 10 mm min⁻¹. Em cada amostra, foram obtidas em torno de 240 medidas de RP. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa a 105°C, por pelo menos 24 horas, para determinação da densidade do solo.

A densidade do solo (D_s , g cm⁻³) foi calculada com base nas massas (M , g) e volumes (V , cm³) do cilindro, solo e areia: $D_s = M_{ss} / V_{ss}$, em que: M_{ss} é a massa e V_{ss} é o volume do solo seco, sendo:

$$M_{ss} = M_{total} - M_{anel} - M_{areia}$$

$$V_{ss} = V_{anel} \text{ (para CM)}$$

$$V_{ss} = V_{anel} - M_{areia} / D_{sareia} \text{ (para o ME)}$$

A D_s medida nas amostras em ME com a fórmula descrita acima foi comparada com a D_s das mesmas amostras medida pelo método do torrão impermeabilizado. Os monolitos secos foram lentamente reumedecidos para ficarem com 20 % de conteúdo gravimétrico de água para retornarem ao volume aproximado do volume no momento da coleta, visto que houve contração durante a secagem em estufa. Depois de 48 horas, a D_s dos monolitos foi determinada seguindo os procedimentos descritos em Embrapa (1997). Os dados foram avaliados com base na média e desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A D_s medida pelo método do torrão impermeabilizado é maior que a medida no monolito em cilindro, e a diferença aumentou com a diminuição da D_s (Figura 3).

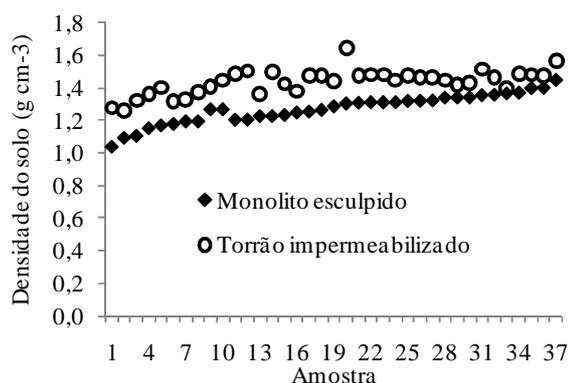


Figura 3. Densidade do solo das amostras coletadas em monolito esculpido, medida também pelo método do torrão impermeabilizado.

Porém, o método do torrão impermeabilizado superestima a D_s , comparado a outros métodos, principalmente em solos desestruturados, pelo fato de a parafina penetrar em fendas, macroporos e depressões da superfície do torrão (Kiehl, 1979; Blake & Hartge, 1986). Resultados de D_s maiores para o método do torrão

impermeabilizado comparado ao método do cilindro foram obtidos por Silva et al. (2000) e Madalosso & Klein (2010).

Considerando os resultados da literatura de que o método do torrão impermeabilizado superestima a Ds, principalmente em solos mobilizados, e observando que, em relação à Ds medida com o monolito, essa tendência se manteve ao longo da faixa de Ds avaliada (Figura 3), verifica-se que a Ds medida nas amostras em ME é coerente e representa melhor a Ds do campo do que a Ds medida nas amostras em CM.

A Ds medida nas amostras em ME foi menor que a Ds medida nas amostras em CM (Tabela 1). Na profundidade de 7 cm, a maior diferença foi de 0,07 g cm⁻³ (1,46-1,39) para o PDC, e, na profundidade de 25 cm, a maior diferença foi de 0,12 g cm⁻³ (1,29-1,17) para o PDE. Até o momento não foram feitos testes de média entre os métodos porque as amostras são provenientes de locais diferentes no campo (ver rodapé da tabela). As amostras coletadas em monolito nas parcelas das épocas 1, 2 e 3 estão sendo processadas em laboratório, cujos resultados ainda não estão disponíveis.

As diferenças de Ds entre amostras em ME e CM indicam que as amostras em CM sofreram aumento da densidade global por compactação ocasionada na coleta ou a estratégia de coleta ME subestimou a densidade do solo. Avaliando a RP medida em 20 amostras em ME e 20 amostras em CM, coletadas sob as mesmas condições de tratamentos e profundidades, porém épocas diferentes, com umidade equilibrada a 100 kPa, observa-se que a média da RP medida nas amostras em CM é maior que a média da RP medida nas amostras em ME (Figura 4).

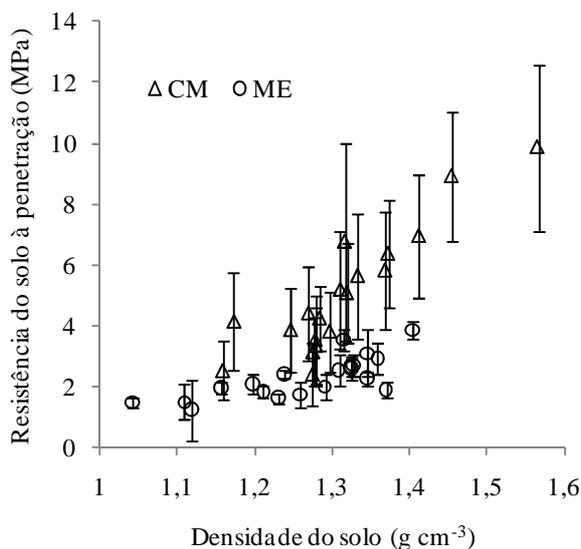


Figura 4. Resistência do solo à penetração medida nas amostras em cilindros metálicos (CM) e em monolitos esculpidos (ME), com umidade equilibrada a 100 kPa. Barras na vertical informam o desvio padrão.

Além do aumento na média, as amostras em CM provocaram aumento na variabilidade da RP, medida pelo desvio padrão. Os desvios mínimos e máximos

foram de 0,12 e 0,99, para as amostras em ME e de 0,42 e 3,23 para as amostras em CM. A maior variabilidade nas amostras em CM foi provocada pelo aumento gradual da RP do topo para a base da amostra, indicando a presença de um gradiente de densidade nesse sentido, que confirma as alterações observadas nas amostras (Figura 1).

Como consequência do aumento global da densidade do solo das amostras em CM, o modelo potencial ($Y=aX^b$), ajustado aos dados de RP e Ds, superestima a RP. Os parâmetros resultantes do ajuste, $RP=1,2822Ds^{4,7835}$ ($R^2 = 0,84$), para as amostras em CM, e $RP=1,1151Ds^{2,9641}$ ($R^2 = 0,625$) para as amostras em ME, informam que quando a Ds tende a zero a RP decresce para um valor semelhante (1,2822 e 1,1151 MPa) para os dois métodos de coleta de amostras. Isso indica que em densidades baixas as coletas em CM alteraram menos a estrutura do solo, o que pode ser observado na Figura 4. Porém, o aumento da Ds resulta num incremento maior na RP para a equação das amostras em CM, pois o expoente 4,7835 é praticamente o dobro do expoente 2,9641 da equação das amostras em ME. Para a Ds de 1,4 g cm⁻³, a diferença na RP estimada pelas equações ajustadas seria de 3,4 MPa, e aumenta com o aumento da densidade (Figura 4). Assim, quanto maior a densidade do solo, maior foi a compactação ocasionada nas amostras pelo método de coleta com cilindro metálico.

CONCLUSÕES

1. O método de coleta com cilindro metálico provocou compactação nas amostras de solo, aumentando o valor médio e o desvio padrão da resistência do solo à penetração.

2. A estratégia de esculpir monolitos de solo no campo proporcionou menor média e desvio padrão da resistência do solo à penetração, mostrando-se útil como um procedimento alternativo ao método do cilindro para melhorar a qualidade das amostras de solo com estrutura preservada.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a CAPES pela concessão de bolsas e apoio financeiro para a execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BLAKE, G.R. e HARTGE, K. H. Bulk Density. In: KLUTE, A., ed. Methods of Soil Analysis: Physical and Mineralogical Methods. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375.
- DANE J.H., HOPMANS, J.W., 2002. Water Retention and Storage. In: Methods of soil analysis. Part 4. Physical Methods (Dane J.H., Topp G.C., eds). Soil Sci Soc of Am, Madison, Wis, USA. pp. 671-720.
- EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2006, 306p.
- EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia: relação solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.
- MADALOSSO, T e KLEIN, V.A. Método do torrão impermeabilizado na avaliação da qualidade física do solo. In: Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, 8, 2010. Anais. Santa Maria, SBCS-NRS, 2010. CD-ROM.

PIRES, L.F.; BACCHI, O.O.S. e REICHARDT K.; Damage to soil physical properties caused by soil sampler device as assessed by gamma ray computed tomography. A. J. S. Res., 42:857-863, 2004.
 REINERT, D.J. e REICHERT, J.M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e teste. Ci. Rural 36:1931-1935, 2006.

SILVA, V.R. da et al. Comparação entre os métodos do cilindro e do torrão na determinação da porosidade e da densidade do solo. Ci. Rural, 30:1065-1068, 2000.

LIMA, H.V; SILVA, A.P.; IMHOFF, S. e NEVES JUNIOR A.F. alternative method for volumetric core removal in hardsetting soils. Sci. Agric., 62: 493-497, 2005.

Tabela 1. Densidade do solo (g cm^{-3}) determinada por diferentes métodos e procedimentos de coleta de amostras.

	Cilindro metálico ¹	Monolito esculpido ²	Torrão impermeabilizado ²
Profundidade 7 cm			
PDE	1,19 ($\pm 0,11$; 45) ³	1,15 ($\pm 0,06$; 11)	1,37 ($\pm 0,10$; 5)
PD	1,33 ($\pm 0,08$; 44)	1,29 ($\pm 0,06$; 12)	1,40 ($\pm 0,04$; 7)
PDC	1,46 (0,08; 40)	1,39 ($\pm 0,04$; 12)	1,48 ($\pm 0,05$; 8)
Profundidade 25 cm			
PDE	1,29 ($\pm 0,07$; 45)	1,17 ($\pm 0,12$; 10)	1,42 ($\pm 0,10$; 4)
PD	1,32 ($\pm 0,05$; 44)	1,22 ($\pm 0,05$; 12)	1,47 ($\pm 0,09$; 7)
PDC	1,34 ($\pm 0,07$; 46)	1,28 ($\pm 0,04$; 10)	1,45 ($\pm 0,03$; 6)

¹ amostras coletadas nas parcelas correspondentes à época 1, 2, 3 e 4; ² amostras coletadas nas parcelas correspondentes à época 5; ³ médias seguidas pelo desvio padrão e tamanho da amostra, respectivamente; PDE= plantio direto escarificado; PD = plantio direto; PDC plantio direto compactado.