

# Propriedades físicas do solo sob diferentes níveis de compactação em um latossolo vermelho distroférico

---

MORAES, MOACIR T.<sup>1</sup>; DEBIASI, HENRIQUE<sup>2</sup>; FRANCHINI, JULIO C.<sup>2</sup>; SILVA, VANDERLEI R.<sup>1</sup> <sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria Campus de Frederico Westphalen, <sup>2</sup>Embrapa Soja, Caixa Postal, 231, 86001-970, Londrina, Paraná.  
e-mail: moacir.tuzzin@gmail.com

## Introdução

O conhecimento e o entendimento da compactação do solo e suas consequências no sistema produtivo é de grande importância para o manejo das condições físicas do solo, de modo a ter-se sustentabilidade da produção e reduzir os custos referentes à energia dispensada posteriormente à colheita, para retornar o solo às condições ideais de desenvolvimento das culturas (Oliveira Junior, 1998). O tráfego de máquinas pode provocar alterações na estrutura do solo que refletirão em reduções de volume e aumento de densidade e resistência do solo, ou seja, compactação (Stone et al. 2006). Com relação aos efeitos do tráfego sobre a qualidade física do solo, sabe-se que a compactação abaixo da camada arável é função da carga total por eixo e a compactação em superfície é função da pressão de contato pneu-solo (Salire et al., 1994).

O nível de compactação do solo resultante do tráfego relaciona-se também ao número de passadas realizadas no mesmo local. Na superfície do solo (0,0-0,20 m), os maiores incrementos no grau de compactação ocorrem logo após as primeiras passadas (Botta, 2005). No entanto, conforme o mesmo autor, à medida que os tráfegos vão se sucedendo, o aumento no grau de compactação comparativamente às áreas sem tráfego atinge profundidades maiores.

As alterações da estrutura do solo ocasionadas pelo tráfego, genericamente caracterizadas pela diminuição do volume de poros, limitam a infiltração e a redistribuição de água no solo, reduz as trocas gasosas e a disponibilidade de oxigênio, e restringe o crescimento das raízes em busca de água e nutrientes, culminando com a redução do desenvolvimento da parte aérea e da produtividade das culturas (Beltrame & Taylor, 1980).

A densidade do solo é a razão entre a massa de solo seco e o volume total, sendo alterada por cultivos ou por forças mecânicas originadas da pressão causada pelas rodas das máquinas agrícolas e pela própria ação de implementos sobre o solo (Beltrame & Taylor, 1980). Já a porosidade do solo é responsável pela aeração, infiltração e armazenamento de água no solo. Segundo Stone et al. (2006), um dos primeiros indicativos da ocorrência do processo de compactação é a redução do tamanho dos poros, haja vista que a macroporosidade se forma pela união de agregados grandes por forças eletrostáticas, pela atividade microbiana e pelo crescimento de raízes.

Neste contexto, o trabalho teve o objetivo de avaliar a alteração da estrutura do solo por meio das relações massa/volume do solo provocada por níveis de compactação induzidos pelo tráfego de máquinas e revolvimento de um Latossolo Vermelho distroférico manejado sob sistema plantio direto (SPD).

## Materiais e Métodos

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, localizada no município de Londrina/PR (23° 11' S e 51° 11' W). O solo da área experimental, que vinha sendo cultivado em sistema plantio direto há quinze anos, é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVDF), com teores médios de 731 g kg<sup>-1</sup> de argila, 146 g kg<sup>-1</sup> de silte e 123 g kg<sup>-1</sup> de areia na camada de 0–20 cm, enquadrando-se na classe textural muito argilosa.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em: SPD escarificado (SPDE); SPD sem compactação adicional (SPDNC); e SPD compactado adicionalmente pelo tráfego de uma colhedora autopropelida de grãos, em quatro diferentes níveis, representados por 4 (SPDC4), 8 (SPDC8), 10 (SPDC10) e 20 (SPDC20) passadas. A colhedora utilizada para a obtenção dos diferentes níveis de compactação apresentava uma massa de 10,28 Mg e pressão de contato do pneu com o solo de 0,23 MPa. A escarificação foi realizada por um escarificador mecânico de cinco hastes até a profundidade de 30 cm.

Logo após a aplicação dos tratamentos coletamos, em cada parcela, amostras indeformadas de solo nas camadas de 5,5-10,5 cm e 13,5-18,5 cm, com o centro do cilindro na profundidade de 8 e 16 cm, respectivamente. Foram coletados, em cada tratamento e profundidade, 24 cilindros de 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro interno, totalizando 288 amostras.

As amostras foram saturadas com água por capilaridade durante 48-72 h, e submetidas à tensão de 0,006 MPa, em mesa de tensão. Ao atingir o equilíbrio, as amostras foram pesadas e secas em estufa a ± 105 °C por durante 24 h, obtendo-se a densidade do solo (Ds) e o conteúdo de água neste potencial. A microporosidade foi determinada com base no conteúdo de água retido na tensão de 0,006 MPa (poros < 50 µm), e a macroporosidade (poros > 50 µm) foi calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

A porosidade total (Pt) foi calculada pela fórmula  $Pt = 1 - (Ds/Dp)$ , onde: Dp = densidade da partícula. A Dp foi determinada pelo método do balão volumétrico, conforme Embrapa (1997), no qual se obteve um valor de 2,96 Mg m<sup>-3</sup>, que corresponde à média de 24 amostras coletadas nas duas profundidades analisadas.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas através do teste de Tukey, a 5 % de probabilidade de erro, por meio do programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 1999).

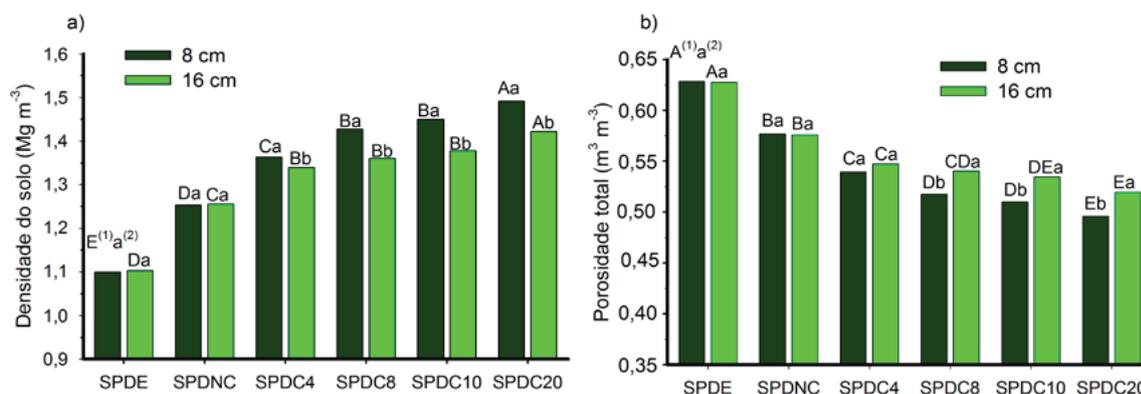
## Resultados e Discussão

A interação entre os efeitos de tratamento e profundidade foi significativa para todas as variáveis analisadas. A escarificação diminuiu a Ds e a compactação adicional provocou aumento na magnitude deste atributo, em relação ao SPDNC (figura 1).

A compactação adicional do solo através do tráfego de uma colhedora causou significativas mudanças na estrutura do solo, pois o tratamento que não foi trafegado (SPDNC) não apresentou diferenças na Ds (1,25 Mg m<sup>-3</sup>) e Pt (0,57 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) entre as duas profundidades. Por outro lado, nos tratamentos com compactação adicional (tráfego sobre o solo), houve um incremento na Ds e uma redução na PT em ambas as camadas, em relação ao SPDNC. Essas alterações foram mais evidentes na camada mais superficial, de modo que, já a partir de quatro passadas, a Ds tornou-se significativamente maior na profundidade de 8 cm comparativamente à de 16 cm. No entanto, apenas a partir de 8 passadas com a colhedora ocorreu a redução da

PT na camada superficial em relação à de 13,5-18,5 cm, evidenciando que este parâmetro foi menos sensível que a Ds às alterações estruturais induzidas pelo tráfego da colhedora..

A maior Ds para as duas camadas analisadas foi observada no tratamento SPDC20, a qual foi de 1,49 e 1,42  $\text{Mg m}^{-3}$ , para a camada de 8 e 16 cm, respectivamente. Desta forma, a escarificação do solo, apresentou redução deste parâmetro, o qual ficou em torno de 1,10  $\text{Mg m}^{-3}$ , para as duas camadas analisadas. Conforme Torres & Saraiva (1999), trabalhando em um Latossolo Vermelho, a produtividade de soja decresceu a partir de densidades de 1,27  $\text{Mg m}^{-3}$  e 1,33  $\text{Mg m}^{-3}$  em anos com distribuição irregular e regular das chuvas, respectivamente. Com base nisso, verifica-se que a compactação adicional induzida por quatro passadas da colhedora já foi suficiente para a Ds ultrapassasse os limites críticos ao desenvolvimento das plantas.



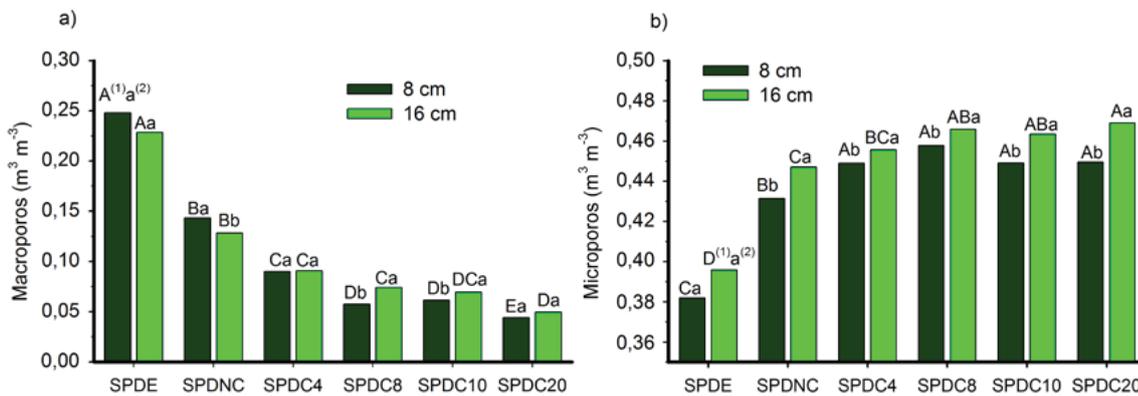
**Figura 1.** Densidade do solo (a) e Porosidade total (b), de um Latossolo Vermelho Distroférico sob níveis de compactação em sistema plantio direto. Londrina, PR, 2011. <sup>(1)</sup> Tratamentos com médias seguidas de mesma letra maiúscula em mesma profundidade não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>(2)</sup> Profundidades de mesmo tratamento, com médias seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Um dos primeiros indicativos da ocorrência do processo de compactação é a redução do tamanho dos poros, haja vista que a macroporosidade se forma, principalmente, a partir do estabelecimento de espaços entre as unidades estruturais do solo. Os valores de macroporosidade (figura 2a) e microporosidade (figura 2b) foram significativamente alterados pela escarificação e pelos níveis de compactação induzidos pelo tráfego da colhedora. Houve uma redução significativa nos poros de maior tamanho, e um pequeno acréscimo dos valores de microporosidade em função do tráfego. Da mesma forma, a escarificação aumentou a macroporosidade e reduziu a microporosidade em relação ao SPDNC. Observa-se ainda que o tratamento com revolvimento do solo apresentou 0,24  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  de macroporos, e 0,38  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  de microporos, contrastando com a redução significativa na macroporosidade quando se trafega 20 vezes com uma colhedora de 10,28  $\text{Mg}$ , o que resultou em apenas 0,04  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  de macroporos e 0,44  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  de microporos.

Ainda com relação à figura 2, verificamos que, no SPDNC, a camada mais superficial (5,5-10,5 cm) apresentou 0,14  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  de macroporos, valor superior estatisticamente à camada inferior (13,5-18,5 cm), a qual obteve 0,13  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ . O tráfego de 4 passadas reduziu os valores de macroporosidade (0,09  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) e aumentou os de microporosidade (0,46  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) na camada superficial em relação ao SPDNC, desta forma, intensificando o tráfego, observou uma redução e diferenciação significativa dos valores de macroporosidade entre as duas camadas.

Segundo Torres & Saraiva (1999), solos argilosos e em condições naturais, apresentam macroporosidade, em torno de 0,15 a 0,25  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , porém, em condições de cultivo, a macroporosidade pode diminuir drasticamente. Reichert et al. (2007), afirma que o valor crítico de macroporosidade parece estar bem estabelecido, equivalendo a 0,10  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ . Torres & Saraiva (1999), comparando sistemas de manejo, observaram que o sistema convencional,

em razão das frequentes mobilizações do solo, apresentou uma menor atividade biológica, e conseqüentemente, menor quantidade de bioporos, porém, o aumento da porosidade ocorre somente por meios mecânicos. Já em SPD, mesmo com altas densidades, pode ser observado um desenvolvimento satisfatório do sistema radicular das culturas, através da presença de fendas e dos canais que facilitam a entrada de água e aeração do solo. Assim, os autores ressaltam a importância da estruturação do solo, e de um controle do tráfego exagerado de equipamentos sobre o solo.



**Figura 2.** Macroporosidade (a) e microporosidade (b), em duas profundidades (8 cm e 16 cm) de um Latossolo Vermelho Distroférico sob níveis de compactação em sistema plantio direto. Londrina, PR, 2011. <sup>(1)</sup>Tratamentos com médias seguidas de mesma letra maiúscula em mesma profundidade não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>(2)</sup>Profundidades de mesmo tratamento, com médias seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## Conclusão

A compactação adicional pelo tráfego de uma colhedora com 10,28 Mg aumentou os valores de densidade do solo nas duas camadas avaliadas (5,5-10,5 e 13,5-18,5 cm).

Os poros foram alterados de forma significativa pelos níveis de compactação do solo, porém os macroporos (> 50 mm), foram os mais afetados pela alteração da estrutura do Latossolo Vermelho distroférico.

O tráfego com 4 passadas de uma colhedora reduziu a macroporosidade para 0,09 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, sendo considerado como crítico para o desenvolvimento das plantas.

O revolvimento do solo pela escarificação alterou o estado de compactação do solo, diminuindo a densidade do solo, a microporosidade e aumentando a porosidade total e a macroporosidade em relação ao sistema plantio direto contínuo, nas duas camadas avaliadas (5,5-10,5 e 13,5-18,5 cm).

## Referências

BELTRAME, L.F.S.; TAYLOR, J.C. Causas e efeitos da compactação do solo. **Lavoura Arrozeira**, v.33, p.59-62, 1980.

BOTTA, G. F. Compactación en suelos labrados de baja capacidad portante. In: JORAJORUÍA COLLAZO, D. (ed.). **Reología del suelo agrícola bajo tráfico: modificaciones físico-mecánicas del suelo vinculadas a la compactación debida al tráfico agrario**. La plata: Universidad Nacional de La Plata, 2005. p. 73-84.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2 ed. Rio de Janeiro. 1997. 212 p.

OLIVEIRA JUNIOR, E. D. **Compactação do solo devido ao tráfego de carretas florestais com dois tipos de pneus inflados a duas pressões diferentes**. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 68 f., 1998.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, Efeitos, Limites Críticos e Mitigação. **Tópicos em Ciência do Solo**. v. 1, Viçosa, 2007. p. 49-134.

SALIRE, E.V., HAMMEN, J.E., HARDCASTLE, J.H. Compression of intact subsoils under short-duration loading. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.31, p.235-248, 1994.

SAS INSTITUTE - Statistical Analysis System. **SAS/STAT User's Guide 8.0**. North Caroline, NC: SAS Institute Inc., 1999.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.; MOREIRA, J.A.A. **Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 39p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 191)

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).