

## **POROSIDADE E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

**FERNANDA COELHO GONÇALVES<sup>1</sup> E MARIA HELENA MORAES<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista/UNESP, Botucatu/SP, e-mail: fecoelho@yahoo.com.br; <sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista/UNESP, Botucatu/SP, e-mail: mhmoares@fca.unesp.br

### **1 RESUMO**

Os sistemas de manejo afetam a estrutura do solo, causando alterações na porosidade que podem influenciar a infiltração de água no solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo, num experimento de longa duração, sobre a porosidade e a infiltração de água de um Nitossolo Vermelho distroférico, textura argilosa. Os sistemas de manejo avaliados foram: convencional com arado de discos + duas gradagens niveladoras, convencional com grade pesada + duas gradagens niveladoras, semeadura direta e pousio. Foram estudados os seguintes atributos: porosidade, distribuição dos tipos de poros de acordo com sua forma e a velocidade básica de infiltração de água no solo. Os sistemas de manejo semeadura direta, convencional com arado de discos e com grade pesada e pousio diferiram quanto à porosidade e a distribuição da porosidade segundo o formato de poros de um Nitossolo Vermelho distroférico argiloso, influenciando a infiltração de água no solo, que foi favorecida no sistema de semeadura direta pela maior presença de poros alongados.

**Palavras-Chave:** poros, análise de imagens, fluxo de água no solo.

**GONÇALVES, F. C.; MORAES, M. H.**

### **POROSITY AND WATER INFILTRATION UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS**

### **2 ABSTRACT**

Management systems affect soil structure, causing changes in porosity that can influence water infiltration into the soil. This study aimed to evaluate the effect of different management systems on the porosity and water infiltration in Distroferric Red Nitosol with clay texture. The management systems were: conventional with disc plow + two soft harrowing, conventional with heavy disc harrow + two soft harrowing, no tillage and fallow. The following attributes: porosity, pore shape and water infiltration velocity into the soil were determined. Management systems such as no-tillage, conventional with disc plow and heavy disc harrow, and fallow modify the porosity and the shape of pores of a Distroferric Red Nitosol, influencing water infiltration, which was favored in no-tillage for the greater presence of elongated pores.

**Keywords:** porous, image analysis, water flow.

### 3 INTRODUÇÃO

Uma importante função do solo, influenciada pela porosidade, é a transmissão de água, que afeta diretamente a produtividade das plantas e o ambiente.

Estudos do efeito dos sistemas de manejo sobre a infiltração de água no solo, mostram que, geralmente, a infiltração é maior em sistemas conservacionistas, como a semeadura direta, do que em sistemas convencionais de cultivo (Eltz et al., 1989; Barcelos et al., 1999; Ghuman & Sur, 2001; Franzluebbbers, 2002; Alves Sobrinho et al., 2003). Esta constatação é observada apesar da semeadura direta apresentar, geralmente, menor macroporosidade e maior umidade do solo, o que contribui para a menor infiltração, quando comparado com o manejo convencional, no qual a umidade é menor e a macroporosidade é maior. Entretanto, no sistema de semeadura direta, fatores como o não revolvimento e a presença de resíduos na superfície são determinantes do processo de infiltração de água no solo (Schick et al., 2000).

A manutenção dos resíduos na superfície do solo é uma das principais causas do aumento da infiltração de água no sistema de semeadura direta, pois os resíduos absorvem o impacto da gota de chuva e, assim, reduzem o selamento superficial (Baumhardt et al., 1993; Barcelos et al., 1999). O selamento causa restrição à entrada de água no solo, por obstruir poros importantes para o fluxo, principalmente macroporos. Em sistemas de manejo convencional o selamento superficial acaba restringindo a entrada de água no solo, sendo, na maioria das vezes, o responsável pela menor infiltração observada nesses sistemas de manejo (Barcelos et al., 1999).

A infiltração também é influenciada pela presença dos canais formados pela fauna e pelo apodrecimento de raízes e pela continuidade desses poros. Esses bioporos proporcionam uma taxa de infiltração e um volume final de água infiltrado maior na semeadura direta do que em manejo convencional (Eltz et al., 1989; Pagliai, 1994; Azooz & Arshad, 1996), devido a manutenção da continuidade dos poros, que é quebrada pelas operações de preparo em manejo convencional (Maulé & Reed, 1993; Barcelos et al., 1999). Por conta da presença de bioporos e da manutenção da continuidade dos poros, Roth et al. (1988) observaram que uma precipitação de 60 mm infiltrou completamente no solo sob semeadura direta, enquanto que, no solo sob manejo convencional, a infiltração foi de apenas 20%, mesmo esse apresentando maior porosidade do que o solo sob semeadura direta. Isso mostra a importante contribuição da atividade radicular e da fauna do solo na alteração e manutenção da dinâmica dos fluxos de água no solo.

Medições de características dos poros pela análise de imagens de seções finas ou blocos de solo, a partir de amostras não deformadas e impregnadas, estão se tornando cada vez mais utilizadas para caracterizar a estrutura do solo uma vez que influenciam várias de suas funções, como por exemplo a infiltração de água. A compreensão das relações entre a porosidade e a infiltração, induzidas pelo manejo, é de crucial importância na previsão de características de fluxo de água e solutos no perfil do solo. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo sobre a porosidade e a infiltração de água em um Nitossolo Vermelho distroférico, textura argilosa.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um experimento de longa duração, estabelecido em 1989, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP em Botucatu, no Estado de São Paulo, (22° 51' S e 48° 26' W). O solo da área

experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho distroférico, textura argilosa, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

A área experimental é conduzida desde 1989 em oito arranjos de preparo e manejo do solo, sendo que destes foram escolhidos quatro para compor o presente estudo. Os preparos do solo são aplicados às parcelas a cada ciclo agrícola. Até 1996 a área foi manejada com sucessões de trigo e soja e, a partir de 1996, com rotações de aveia preta, triticale ou trigo no inverno. Os tratamentos estudados foram empregados por 19 anos consecutivos: arado de discos, atuando até a profundidade de 0,20 a 0,25 m + duas gradagens niveladoras atuando à profundidade de 0,10 a 0,13 m, grade pesada atuando até a profundidade de 0,15 a 0,18 m + duas gradagens niveladoras atuando à profundidade de 0,10 a 0,13 m, semeadura direta e pousio, com vegetação espontânea.

No inverno de 2007 a área foi cultivada com aveia preta e no verão foram aplicados os preparos do solo às parcelas que receberam a cultura da mandioca. Em 2008, um ano após a aplicação dos preparos do solo, foram coletadas as amostras e realizadas as determinações de campo. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições, em parcelas de 150 m<sup>2</sup>.

As amostras indeformadas, destinadas à confecção das lâminas delgadas, foram coletadas nas camadas de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m, em tubos PVC de seis polegadas, com 0,10 m de altura, nas paredes de trincheiras de 1,00 m de largura por 0,30m de profundidade, com o auxílio de um macaco hidráulico. Depois de coletadas, as amostras foram levadas ao Laboratório de Pesquisa do Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp/Botucatu, onde foram secas ao ar por 15 dias e, em seguida, em estufa a 40 °C por 24 h.

A impregnação foi realizada com resina de poliéster “cristal” pré-acelerada, segundo metodologia apresentada por Murphy (1986). A viscosidade da resina foi reduzida com a adição de monômero de estireno, para facilitar a penetração da resina no interior da amostra (Castro et al., 2003). O pigmento fluorescente Uvitex OB (Ciba - Geigy<sup>®</sup>) (Murphy et al., 1977) foi utilizado na proporção de 5 g de pigmento por litro de monômero de estireno. Como catalizador, que é responsável pelo controle do endurecimento da amostra (Ringrose-Voase, 1991), foram empregadas 5 gotas do peróxido orgânico (Butanox M50, distribuído por Redealease<sup>®</sup>) por litro da mistura. Para facilitar a penetração da resina nas amostras de solo e, assim, aumentar a eficiência de impregnação, foi utilizado um sistema de vácuo, conforme Castro et al. (2003).

Depois de endurecidos, aproximadamente 30 dias após a impregnação, os blocos foram cortados, usando serra de diamante, em quatro fatias de 50 x 100 mm, no Laboratório de Confecção de Lâminas Delgadas da Universidade de Lleida (Espanha). Os blocos tiveram uma de suas faces polida em máquina (Rectifieuse Multiplaques, modelo 1.03.12P, da marca francesa BROT<sup>®</sup>), foram re-impregnados para correção de algumas falhas de impregnação e novamente polidos, para a realização da análise de imagens.

Os poros foram quantificados a partir de imagens adquiridas sobre a face polida dos blocos de solo, como sugerido por Mermut (1992). Foram adquiridas 20 imagens por bloco, totalizando 80 imagens (fotomicrografias) aleatórias por tratamento, adquiridas em câmera digital em cores (OLYMPUS<sup>®</sup>, modelo SC20), conectada a um microscópio OLYMPUS<sup>®</sup>, modelo BX51. As imagens foram digitalizadas em 1596 x 1196 pixels, com resolução espectral de 255 tons de cinza, em aumento de 2x. Uma vez feita a aquisição, a imagem foi binarizada e os poróides individualizados utilizando o programa de análise de imagens ImageJ (Rasband, 2008).

A porosidade total foi calculada como a soma das áreas de todos os poros dividida pela área total da imagem, em porcentagem. A expressão utilizada para a classificação dos poros de acordo com sua forma foi: Área / Perímetro<sup>2</sup>. Os poros foram divididos em três grupos: arredondados ( $A/Pe^2 > 0,04$ ), complexos ( $A/Pe^2 0,015-0,04$ ) e alongados ( $A/Pe^2 < 0,015$ ) (Bouma et al., 1977).

A determinação da velocidade básica de infiltração da água no solo foi realizada pelo método dos anéis concêntricos (Bouwer, 1986), com anéis de 0,15 e 0,30 m de diâmetro que foram cravados no solo a 0,05 m de profundidade. Foram realizadas duas repetições em cada parcela, totalizando 8 medições por tratamento.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e a comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, utilizando o Sistema de Análise Estatística – Winstat (Machado, 2001).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos semeadura direta e arado de discos apresentaram maiores valores de porosidade na camada 0 – 0,10 m que os demais tratamentos (Tabela 1). A porosidade do solo sob preparo com grade pesada foi estatisticamente menor que a porosidade do solo que sofreu preparo com arado de discos, nas duas camadas.

**Tabela 1.** Valores médios de porosidade (% de área) quantificados pelo programa ImageJ para os tratamentos e camadas estudadas.

Camada	Tratamento			
	Semeadura direta	Pousio	Arado de discos	Grade pesada
m	%			
0,00 - 0,10	30,19 ab A	13,70 c A	27,16 b A	13,67 c A
0,10 - 0,20	14,84 b B	10,90 b A	22,76 a B	14,41 b A

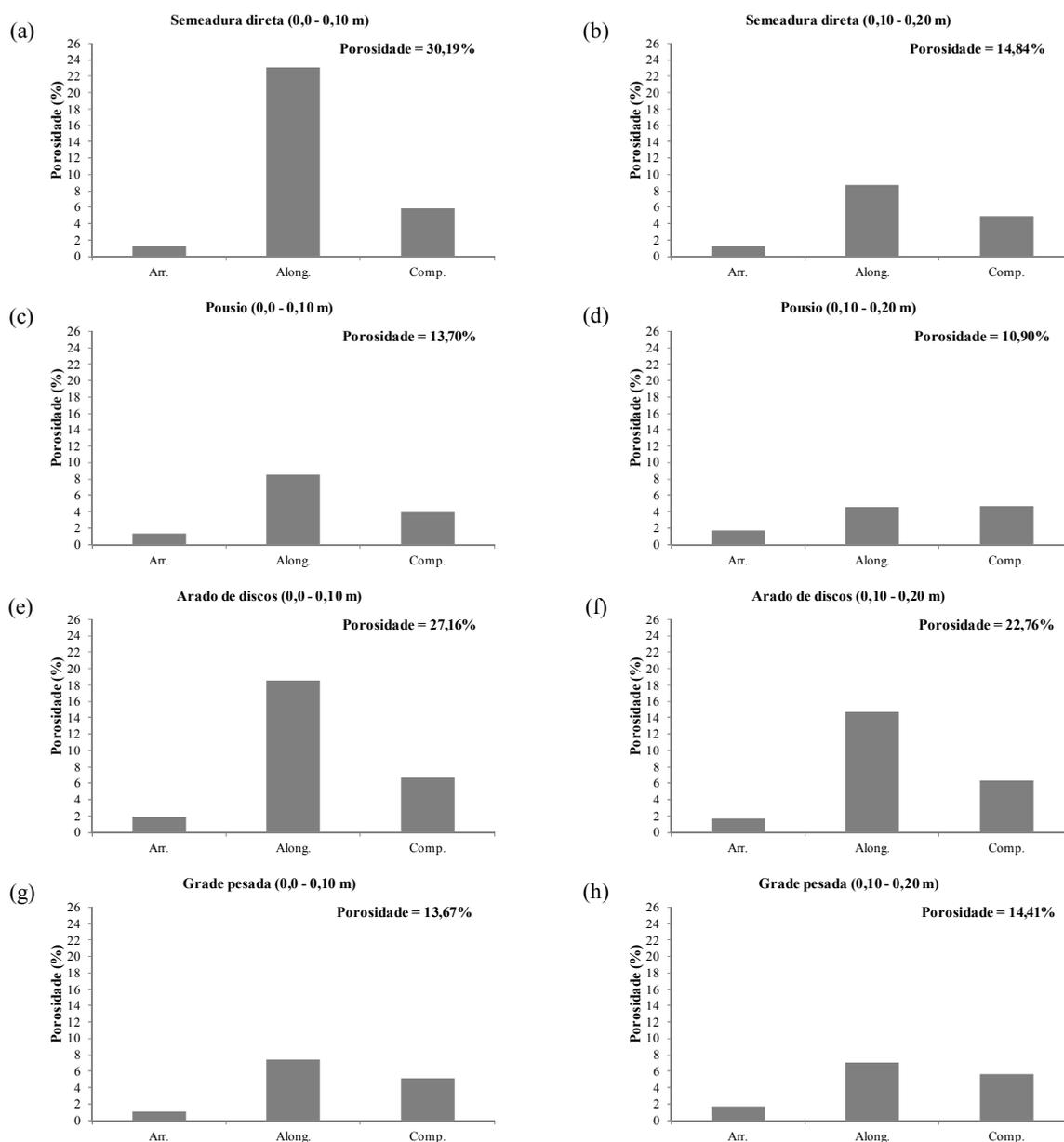
Diferença mínima significativa (tratamento) = 5,66; Diferença mínima significativa (camada) = 4,06. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esse resultado se deve a ação do implemento agrícola utilizado, que pulveriza os horizontes superficiais promovendo desagregação com intensidade superior à do arado, aumentando a densidade de acomodação do solo. Schaefer et al. (2001), estudando características morfométricas da porosidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo, também observaram a diminuição da porosidade nos sistemas de preparo do solo que envolveram o uso de grade pesada. Kamimura et al. (2009), estudando propriedades físicas de um Latossolo Vermelho textura argilosa, também observaram que o preparo com grade pesada + grade niveladora proporcionou menor macroporosidade e porosidade total.

A porosidade diminuiu da camada de 0,0 – 0,10 m para a camada de 10 - 20 m nos tratamentos semeadura direta e arado de discos, indicando degradação da estrutura do solo. O maior valor de porosidade na camada superficial (0,0-0,10 m) pode ser atribuída ao acúmulo de material orgânico na camada superficial, considerando o manejo do solo sem revolvimento.

Os poros alongados representaram maior porção da porosidade, em todos os tratamentos e camadas (Figura 1).

Além disso, quando se comparam as camadas e os tratamentos, com exceção do tratamento com grade pesada, nota-se que a porosidade está diretamente relacionada à área ocupada por poros alongados, pois quanto maior essa área, maior é a porosidade. Segundo Pagliai et al. (1983), poros alongados são importantes do ponto de vista agrônomo pois são tipicamente poros de transmissão.



**Figura 1.** Distribuição da porosidade do solo sob semeadura direta, pousio, arado de discos e grade pesada segundo a forma (Arr: arredondados; Along: alongados; Comp: complexos).

Os valores obtidos para VIB foram maiores no solo sob semeadura direta (29,20 mm h<sup>-1</sup>) (Tabela 2), resultado que pode ser explicado pelo predomínio de poros alongados, que no solo sob semeadura direta, são constituídos principalmente por bioporos (cavidades e canais

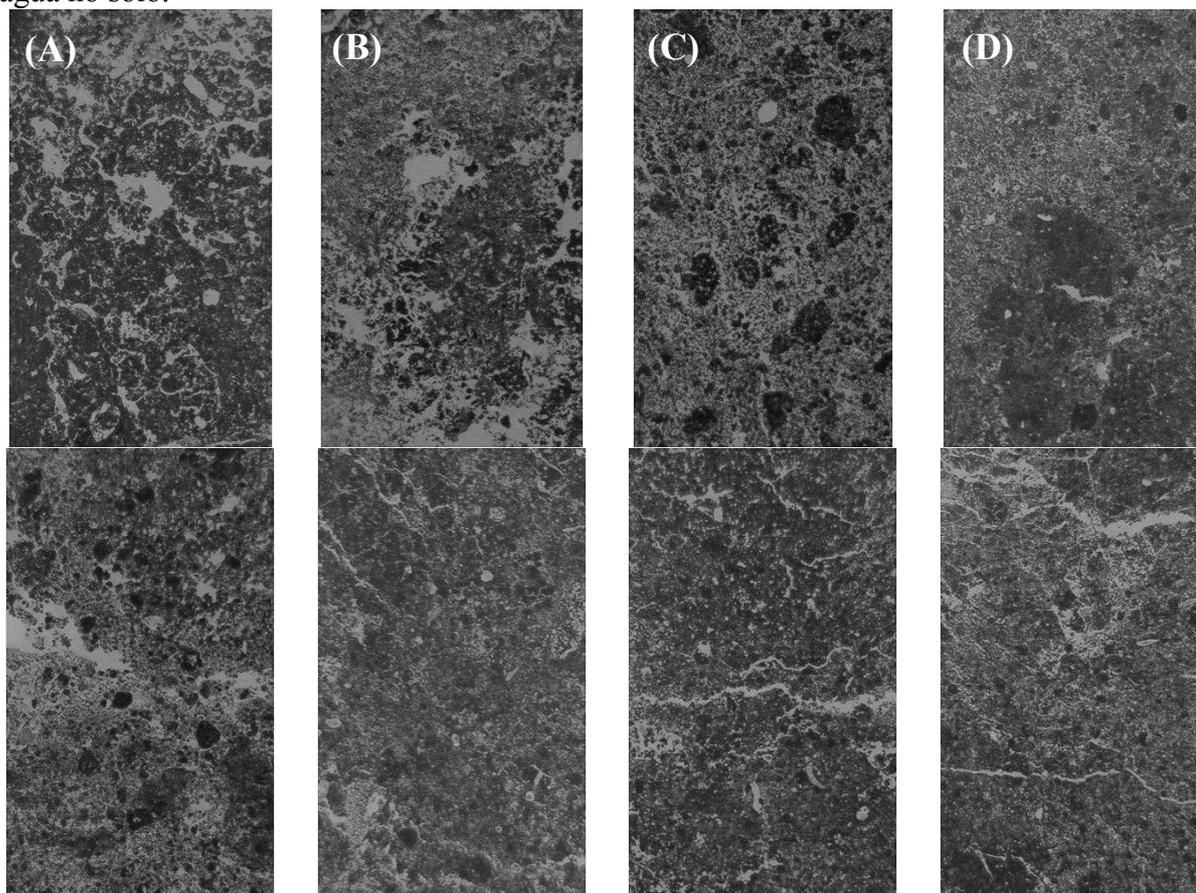
biológicos) que evidenciam a atividade biológica contribuindo para a melhor estruturação desse solo (Figura 2). Esses bioporos proporcionam uma taxa de infiltração e um volume final de água infiltrado maior em semeadura direta do que em manejo convencional (Eltz et al., 1989; Azooz & Arshad, 1996), devido à manutenção da continuidade dos poros, que é quebrada pelas operações de preparo em manejo convencional (Barcelos et al., 1999). Fox et al. (2004), também observaram maior movimento de água por meio de poros alongados.

**Tabela 2.** Valores de velocidade de infiltração básica (VIB) de água no solo para os tratamentos estudados.

	Tratamentos			
	Semeadura direta	Pousio	Arado de discos	Grade pesada
VIB ( $\text{mm h}^{-1}$ )	29,20 a	17,88 b	19,01 b	19,92 b

Diferença mínima significativa = 5,27. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A cobertura do solo proporcionada pelo sistema de semeadura direta também resultou em condições mais favoráveis à infiltração de água no solo, reduzindo o selamento superficial. Os valores encontrados estão de acordo com os obtidos por Schick et al. (2000), confirmando que a presença de resíduos na superfície afeta positivamente a infiltração de água no solo.



**Figura 2.** Imagens da porosidade das camadas 0,0 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m de um Nitossolo Vermelho distroférico sob (A) semeadura direta, (B) pousio, (C) preparo com arado de discos e (D) preparo com grade pesada.

Os demais tratamentos não diferiram entre si e apresentaram valores de VIB estatisticamente menores que o tratamento semeadura direta. O solo sob preparo com arado de discos apresentou porosidade semelhante a do solo sob semeadura direta e maior proporção de poros alongados que os solos sob preparo com grade pesada e sob pousio, porém isso não favoreceu a infiltração de água. Isso ocorreu porque os poros alongados presentes no solo sob preparo com arado de discos apresentam menor continuidade (Figura 2), pois essa é quebrada pelas operações de preparo do solo conforme relatado por Barcelos et al. (1999). Segundo Pagliai et al. (2004), o movimento da água no solo depende não só do tamanho e da forma dos poros, mas principalmente da sua continuidade.

## 6 CONCLUSÕES

Sistemas de manejo como a semeadura direta, manejo convencional com arado de disco e grade pesada, e pousio modificaram a porosidade e a distribuição dos diferentes formatos de poros do solo.

A infiltração de água no solo foi influenciada por alterações na porosidade causadas pelas práticas de manejo.

A maior presença de poros alongados no manejo com semeadura direta favoreceu a infiltração de água no solo.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES SOBRINHO, T. et al. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 191-196, 2003.

AZOOZ, R. H.; ARSHAD, M. A. Soil infiltration and hydraulic conductivity under long-term no tillage and conventional tillage systems. **Canadian Journal of Soil Science**, Ontario, v. 76, n. 2, p. 143-152, 1996.

BARCELOS, A. A.; CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E. Infiltração de água em um latossolo vermelho-escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 35-43, 1999.

BAUMHARDT, R. L.; KEELING, J. W.; WENDT, C. W. Tillage and residue effects on infiltration into soils cropped to cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 2, p. 379-383, 1993.

BOUMA, J. et al. The function of different types macro pores during saturated flow through four swelling soil horizons. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 41, p. 945-950, 1977.

BOUWER, H. Intake rate: cylinder infiltrometer. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis I**. Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p. 825-844.

- CASTRO, S. S. et al. Micromorfologia do solo: bases e aplicações. In: CURI, N. et al. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, v. 3. p. 107-164.
- ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo em propriedades físicas e químicas de um Latossolo Roxo álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.
- FOX, D. M.; BRYAN, R. B.; FOX, C. A. Changes in pore characteristics with depth for structural crusts. **Geoderma**, Amsterdam, v. 120, p. 109-120, 2004.
- FRANZLUEBBERS, A. J. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 66, p. 197-205, 2002.
- GHUMAN, B. S.; SUR, H. S. Tillage and residue management effects on soil properties and yields of rainfed maize and wheat in a subhumid subtropical climate. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 58, n. 1-2, p. 1-10, 2001.
- KAMIMURA, K. M. et al. Propriedades físicas de um latossolo vermelho sob cultivo do arroz de terras altas em diferentes manejos do solo e água. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 723-731, 2009.
- MACHADO, A. A. **Sistema de análise estatística para Windows (WINSTAT)**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2001. 1 CD-ROM.
- MAULÉ, C. P.; REED, W. B. Infiltration under no-till and conventional tillage systems in Saskatchewan. **Canadian Agricultural Engineering**, Saskatchewan, v. 35, n. 3, p. 165-173, 1993.
- MERMUT, A. R. **Introduction to soil micromorphology**. Saskatoon: University of Saskatchewan Department of Soil Science, 1992. 115 p.
- MURPHY, C. P. **Thin section preparation of soil and sediments**. Berkhamsted: AB Academic, 1986. 160 p.
- MURPHY, C. P.; BULLOCK, P.; BISWELL, K. J. The measurement and characterisation of voids in soil thin sections by image analysis. Part II. Applications. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 28, p. 509-518, 1977a.
- PAGLIAI, M.; LA MARCA, M.; LUCAMONTE, G. Micromorphometric and micromorphological investigations of a clay loam soil in viticulture under zero and conventional tillage. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 34, p. 391-403, 1983.
- PAGLIAI, M. Micromorphology and soil management. **Development in Soil Science**, Amsterdam, v. 22, p. 623-640, 1994.

PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S. Soil structure and the effect of management practices. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 79, p. 131-143, 2004.

RASBAND, W. **ImageJ 1.40**. National Institute of Health, USA, 2008. Disponível em: <<http://rsb.info.nih.gov/ij/>>. Acesso em: 12 nov. 2010.

RINGROSE-VOASE, A. J. Micromorphology of soil structure: Description, quantification, application. **Australian Journal of Soil Science Research**, Melbourne, v. 29, p. 777-813, 1991.

ROTH, C. H. et al. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an oxisol in Paraná, Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 11, p. 81-91, 1988.

SCHAEFER, C. E.G. R. et al. Características da porosidade de um argiloso vermelho amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 112-123, 2001.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 427-436, 2000.