

# Avaliação dos atributos físico-hídricos em um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de manejo - Lavras/Minas Gerais/Brasil

## Evaluation of physical water attributes in a oxisol under different tillage systems- Lavras/ Minas Gerais/Brazil

Bárbara Z. Ramos, Paula Sant'Anna M. Pais, Wellington A. Freitas e Moacir de Souza D. Junior

<sup>1</sup> Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG, Brasil. E-mails: barbarazini@yahoo.com.br, author for correspondence; paulaufla@yahoo.com.br; freitao@hotmail.com; msouzadj@dcs.ufla.br.

Recebido/Received: 2013.02.26  
Aceitação/Accepted: 2013.05.28

### RESUMO

Uma vez modificado o complexo equilíbrio dos atributos do solo, seja através do manejo inadequado ou de alterações no conteúdo de água e no seu estado de energia, a retenção e o armazenamento de água no solo, as propriedades mecânicas, por exemplo, serão diretamente afetados, reduzindo a produtividade e aumentando os custos de produção. Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) sob três sistemas de manejo: pastagem, cafeicultura e mata nativa. A densidade de partícula ( $D_p$ ), densidade do solo ( $D_s$ ) e a microporosidade (MiP) não apresentaram diferenças significativas entre os manejos. A maior retenção de água no solo foi obtida na área sob cafeicultura. Com base nos valores do parâmetro S os manejos não alteraram a qualidade física do solo. A condutividade hidráulica do solo sob mata foi maior do que dos demais sistemas de manejo estudados.

**Palavras-chave:** Curva de retenção de água, Parâmetro S, Práticas de manejo

### ABSTRACT

Once you modify the complex balance of soil attributes, either through mismanagement or changes in water content and its energy state, the retention and storage of water in the soil, mechanical properties, for example, will be directly affected, reducing productivity and increasing production costs. Therefore, this study aimed to evaluate the physical and hydraulic properties of an Oxisol (RH) under three management systems: pasture, coffee plantations and native forest. The particle density (SD), bulk density (Ds) and microporosity (IPM) showed no significant differences between the managements. The greater water retention in soil was obtained in the area under coffee. Based on the values of the parameter S managements did not alter the soil physical quality. The hydraulic conductivity of soil under forest was higher than other management systems studied

**Keywords:** Management practices, S parameter, Water retention curve

### Introdução

O movimento da água no solo ocorre pela influência dos potenciais gravitacional ( $\Psi_g$ ), matricial ( $\Psi_m$ ), osmótico ( $\Psi_o$ ) e de pressão ( $\Psi_p$ ). Esse é um dos assuntos mais intensivamente estudados na física do solo, principalmente devido à sua importância relacionada ao transporte de solutos no solo e à disponibilidade de água para as plantas. Por este motivo, a taxa de água no solo deve ser mantida dentro de limites ótimos para cada cultura (Reichardt e Timm, 2004). Em vista da dificuldade de se caracterizar na prática

todos os fatores envolvidos na disponibilidade de água para as plantas, os parâmetros capacidade de campo (CC), que é a água retida ao potencial de 6 kPa e o ponto de murcha permanente (PMP) que é a água retida no solo ao potencial matricial de 1.500 kPa, ainda prevalecem nos estudos de física do solo e irrigação.

O conhecimento detalhado da dinâmica da água durante o desenvolvimento de uma cultura fornece elementos essenciais ao estabelecimento ou aprimoramento de práticas de manejo agrícola que visam à otimização da produtividade. Uma vez modifica-

do o complexo equilíbrio dos atributos do solo, seja através do manejo inadequado ou de alterações no conteúdo de água e no seu estado de energia, a retenção e o armazenamento de água no solo, as propriedades mecânicas, por exemplo, serão diretamente afetados, reduzindo a produtividade e aumentando os custos de produção (Beutler *et al.*, 2002).

A curva de retenção de água no solo (CRA) tem sido utilizada para descrever a dinâmica da água no solo, ou seja, caracteriza as propriedades hidráulicas do solo (Van Genuchten, 1980) além de ser essencial em estudos de qualidade do solo com vistas a nortear as práticas de uso e o manejo sustentável dos sistemas de produção agrícola (Machado *et al.*, 2008).

Esta curva representa graficamente a relação entre teor de água ( $\theta$ ) e o  $\Psi_m$  (em escala logarítma), com decréscimo lento e contínuo dessas variáveis durante a drenagem do solo, o qual é dependente das características intrínsecas de cada solo, resultando da ação conjunta dos atributos como textura, estrutura, mineralogia e matéria orgânica (Beutler *et al.*, 2002; Machado *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2010).

O cultivo do solo pode alterar a sua estrutura, interferindo nas suas propriedades físicas, como densidade, porosidade (Faria *et al.*, 1998; Pires *et al.*, 2012) e acarretar modificações na CRA, pois com o tempo, a estrutura original é alterada em função do fracionamento dos agregados em unidades menores, com conseqüente redução no volume de macroporos e aumentos no volume de microporos e na densidade do solo. Em decorrência disso, observa-se uma diminuição da taxa de infiltração de água no solo, com conseqüente aumento das taxas de escoamento superficial (Panachuki *et al.*, 2006).

O preparo convencional, por exemplo, altera mais acentuadamente as condições físicas do solo, pela desagregação superficial, favorecendo, quando há incidência de chuva, o aparecimento de crosta superficial, e pelo adensamento subsuperficial, além de diminuir a infiltração de água e facilitar o processo erosivo (Panachuki *et al.*, 2006). Por sua vez, sistemas de preparo que proporcionam menor mobilização do solo e mantêm maior proteção da superfície com os resíduos culturais, como por exemplo o plantio direto, melhoram a estrutura do solo, reduzem a erosão, retêm mais água na camada superficial, trazem melhorias na qualidade física, química e da atividade biológica (Silva *et al.*, 2009).

Para avaliar a qualidade física do solo para fins agrícolas a partir da CRA, Dexter (2004) sugeriu a utilização do parâmetro S, que é definido como a inclinação da curva de retenção de água no ponto de inflexão (Beutler *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2010). Ainda segundo o autor, maiores valores de S indicam me-

lhor distribuição de tamanho de poros, condizente com condições estruturais que estabelecem um adequado funcionamento físico do solo. Assim,  $S > 0,050$  foi estabelecido, como favorável para o crescimento das raízes e portanto um solo que apresenta uma qualidade física muito boa, mas valores de  $S < 0,020$ , representa condições físicas do solo muito pobres e com alta restrição ao crescimento das raízes das plantas (Streck *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2010). O parâmetro S avalia a porosidade que corresponde aos poros interpartículas, fendas, bioporos e poros macroestruturais resultantes do manejo, o parâmetro ainda identifica a degradação da qualidade física, considerando, por exemplo, o pisoteio animal, os diferentes sistemas de uso do solo (solo sob mata, solo sob cafezais) (Dexter, 2004; Beutler *et al.*, 2008). Assim sendo, fatores relacionados com o solo (textura e estrutura) e com manejo (matéria orgânica do solo, compactação e preparo) que influenciam a distribuição do tamanho de poros refletem em mudanças nos valores do parâmetro S, e, portanto, na qualidade física do solo (Streck *et al.*, 2008).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) sob três sistemas de manejo.

## Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma área situada no município de Lavras, MG, Brasil, região do Campo das Vertentes, com latitude de 21° 14' 43" S e longitude de 44° 59' 59" W de Greenwich e a uma altitude de 919 m.

O clima é do tipo Cwa, conforme a classificação climática de Köppen. A temperatura média anual está em torno de 19,3 °C, tendo, no mês mais quente e no mais frio, temperaturas médias de 22,1 e 15,8 °C, respectivamente. A precipitação pluvial anual é de 1.530 mm; a evaporação total do ano, de 1.343 mm; e a umidade relativa média anual, de 76 %. O solo da área em estudo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico – LVdf, de textura argilosa. Foram analisadas amostras do horizonte A do LVdf, coletadas na profundidade 0-10 cm, em três diferentes sistemas de manejo: pastagem com caprinos, cafeicultura convencional e mata nativa (Mata Atlântica)(área de preservação).

Para cada sistema de manejo, foram coletadas aleatoriamente amostras deformadas e posteriormente, essas foram misturadas formando uma amostra composta. Estas amostras foram utilizadas para a determinação da densidade de partículas (Dp) pelo

método do picnômetro (Embrapa, 1997) e granulometria pelo método da pipeta (Blake e Hartge, 1986). Para o estudo da condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_{sat}$ ) foram utilizadas amostras com estrutura indeformada, sendo coletadas seis amostras por sistema de manejo, utilizando um amostrador de Uhland, com anéis volumétricos, de 7,20 cm de altura por 6,90 cm de diâmetro. Nos mesmos pontos de amostragens da  $K_{sat}$  foram coletadas amostras indeformadas utilizando-se anéis volumétricos com 6,40 cm de diâmetro por 2,54 cm de altura, para a determinação da densidade do solo (Ds), pelo método do anel volumétrico (Embrapa, 1997), microporosidade do solo (MiP), submetendo-as à tensão de -6 kPa (Oliveira, 1968), porosidade total (PT) obtido pela expressão:  $PT = (1 - Ds/Dp)$ , enquanto a macroporosidade (MaP), foi calculada pela diferença entre PT e MiP (Embrapa, 1997) e curva de retenção de água do solo (CRA) (Embrapa, 1997).

Para obtenção da CRA, as amostras indeformadas foram previamente saturadas por 24 horas e posteriormente foram submetidas às tensões de -2, -4, -6, -10 kPa utilizando-se a unidade de sucção e -33, -100, -500 e -1500 kPa utilizando-se das câmaras extratoras de Richards (Embrapa, 1997), foi determinada a água disponível total (ADT).

Os parâmetros da CRA foram obtidos baseados no modelo proposto por Van Genuchten (1980), com auxílio do aplicativo Solver do programa Microsoft Excel®.

A CRA foi ajustada por meio do *software* Soil Water Retention Curve - SWRC (Dourado Neto *et al.*, 2000), utilizando-se a equação de Van Genuchten (1980) com restrição de Mualem (1976) em que  $m = 1 - (1/n)$ , Eq. 1

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \times |\Psi_m|)^n\right]^m} \quad (1)$$

Onde  $\theta$  é a umidade volumétrica do solo ( $m^3 m^{-3}$ );  $\theta_r$  e  $\theta_s$ , umidade residual e de saturação do solo, respectivamente ( $m^3 m^{-3}$ );  $\Psi_m$  (kPa) potencial matricial da água no solo ( $cm H_2O$ ) e  $\alpha$  e  $n$  são parâmetros de ajuste do modelo de Van Genuchten (1980), que correspondem a forma e inclinação da curva.

Para a determinação do parâmetro físico S empregou-se a Eq. 2, apresentada por Dexter (2004), que é utilizada quando o ajuste da CRA é feito pelo modelo matemático de Van Genuchten (1980).

$$S = n \cdot (\theta_s - \theta_r) \cdot \left[ \frac{2n-1}{n-1} \right]^{\frac{1}{n} - 2} \quad (2)$$

Em que S é o valor da inclinação da CRA no seu ponto de inflexão; m e n são parâmetros da equação de Van Genuchten (1980).

A água disponível total (ADT) ( $m^3 m^{-3}$ ) foi calculada por meio da Eq. 3, a partir das CRA, e utilizando o conteúdo volumétrico de água na capacidade de campo ( $\theta_i = \theta_{cc} = -6$  kPa) e o conteúdo volumétrico de água na PMP ( $\theta_{pmp} = -1500$  kPa).

$$ADT = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \quad (3)$$

$$ADP = \theta_{cc} - \theta^* Z$$

Onde  $\theta^*$  é a unidade volumétrica crítica (variável de acordo com as diferentes culturas vegetais) - unidade [ $cm^3$  de água .  $cm^{-3}$  de solo seco] e Z é profundidade efetiva do sistema radicular da planta (variável de acordo com as diferentes culturas vegetais) - unidade [mm].

Os resultados das análises dos atributos físicos do solo foram submetidos à análise de variância, segundo o delineamento inteiramente casualizado no sistema fatorial  $3 \times 1$  (três manejos e 1 profundidade), com seis repetições. As comparações das médias foram realizadas pelo teste de Skott-Knott, adotando-se como critério de significância de F e de diferença entre médias valores de  $p \leq 0,05$ . Os dados foram processados utilizando-se o software SISVAR 4.6 (Ferreira, 2011).

## Resultados e Discussão

### Caracterização física do solo

O Quadro 1 apresenta a análise granulométrica, a densidade do solo (Ds) e densidade de partícula (Dp), macroporosidade (MaP), microporosidade (MiP) e porosidade total (PT), para os diferentes manejos de um Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf).

A Dp variou de 2,59 a 2,62  $Mg m^{-3}$  entre os sistemas de uso do solo e não diferiram significativamente pelo teste de Skott-Knott (Quadro 1), corroborando com os resultados obtidos por Araújo *et al.* (2004) e Portugal *et al.* (2008). Esses resultados estão dentro da faixa comumente encontrada em solos, cujos valores variam entre 2,60 a 2,75  $Mg dm^{-3}$ . Segundo Mota *et al.* (2008) esse atributo é estático, já que mudanças só seriam perceptíveis em um tempo bastante considerável.

A Ds e a MiP não apresentaram diferenças significativas entre os manejos, entretanto o solo sob cafeicultura apresentou menores valores de PT e MaP

**Quadro 1** – Análise granulométrica, densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), microporosidade (MiP) e macroporosidade (MaP), do LVdf em diferentes sistemas de uso.

Manejo	Areia	Silte	Argila	MO	Dp	Ds	PT	MiP	MaP
	-----g kg <sup>-1</sup> -----			dag kg <sup>-1</sup>	---Mg m <sup>-3</sup> ---	-----m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----			
Mata	36	1	59	4,77a	2,59a	1,03a	59a	32a	27a
Cafeicultura	34	14	52	3,87a	2,62a	1,08a	50b	32a	18b
Pastagem	37	17	46	4,20a	2,60a	1,06a	57a	30a	27a

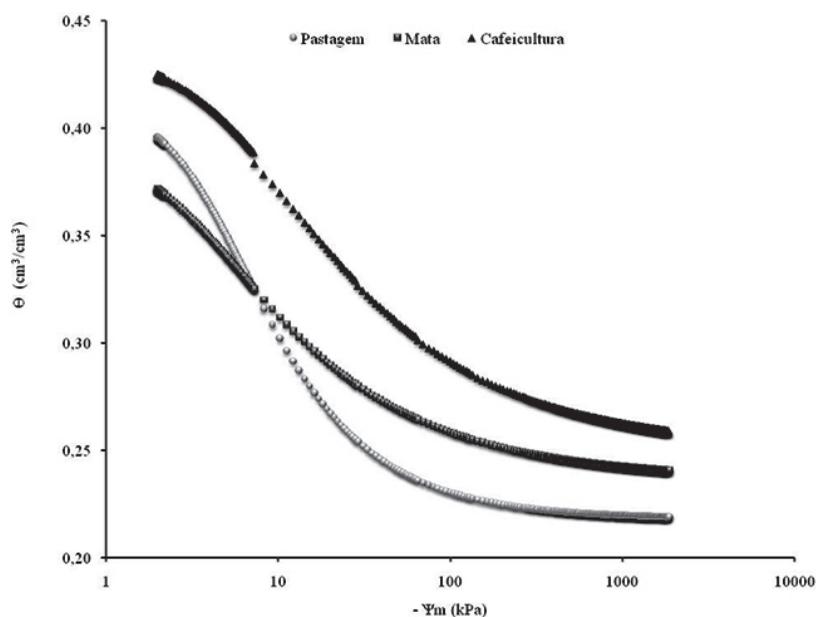
Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot ( $p \leq 0,05$ ).

(Quadro 1). A MaP fornece condições favoráveis ao crescimento radicular sendo influenciada diretamente pela alteração da estrutura do solo como também é importante para a aeração e infiltração de água, já os microporos são responsáveis pela retenção e o armazenamento dessa água para as plantas. Estudando o efeito de diferentes sistemas de manejo sobre a Ds, Macro e Microporosidade, Aratani *et al.* (2009) encontraram os menores valores para o solo sob a mata natural, segundo os autores, tal situação é comum, pois a ação antrópica está relacionada com a compactação do solo. Todavia nesse trabalho não houve diferença significativa das Ds nos diferentes usos, porém, os mesmos autores, afirmam que a ação antrópica altera também a porosidade do solo. Assim como ocorreu no presente estudo (Quadro 1), Aratani *et al.* (2009), também observaram que o cafeeiro apresentou uma percentagem

menor de macroporos em comparação aos demais sistemas avaliados, possivelmente, devido a cultura estar sobre sistema convencional de manejo, indicando uma provável redução dos macroporos pela pressão exercida pelas máquinas agrícolas. E isso, conseqüentemente infere em um menor valor de PT.

#### Curva de retenção de água do solo (CRA)

Na Figura 1, são apresentadas as curvas de retenção de água do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), nos sistemas de manejo, ajustadas segundo o modelo matemático proposto por Van Genuchten (1980). Quando a determinação da CRA do solo é construída com amostra indeformada, o efeito da estrutura torna-se imprescindível. Segundo Reichardt & Timm (2004), a estrutura do solo é a principal propriedade que determina a capacidade de armaze-



**Figura 1** – Curva de retenção de água em solo sob diferentes manejos de um LVdf.

namento de água seguida da textura e da matéria orgânica.

Observa-se na Figura 1, que a retenção de água foi diferenciada nos sistemas de manejo indicando que os atributos dos solos influenciaram o conteúdo de água retido nos diferentes potenciais. A maior retenção de água foi observada na área sob cafeicultura. A baixos potenciais a pastagem apresentou maior retenção de água que a mata, entretanto, sob altos potenciais observou-se uma inversão no comportamento da retenção de água onde a mata apresentou maior retenção de água que a pastagem.

Conforme observações feitas por Portugal *et al.* (2008), os valores de água retida na CC (6 kPa), no PMP (1500 kPa) e na capacidade de água disponível (ADT) foram diferentes entre os usos, com seqüência: cana < mata < seringueira < laranja < pasto. O menor valor de retenção de água para cana deve-se à maior aeração gerada pelo revolvimento do solo, resultando em poros de tamanho maior e com menor capacidade de retenção de água. Por sua vez, os maiores valores para laranja e pastagem devem estar relacionados à possível redução de macroporos e aumento de microporos, gerando poros com dimensões e geometria que favoreçam a retenção de água por capilaridade, disponível às plantas.

Segundo Figueiredo *et al.* (2009), a área de cerrado nativo apresentou menores conteúdos de água em todas os potenciais matriciais analisados em relação aos demais sistemas (sob cultivo intensivo de lavouras com diferentes rotações de culturas); esta baixa capacidade de retenção de água no solo sob cerrado nativo se deve à menor densidade do solo, conferindo maior porosidade total e macroporosidade, influenciando positivamente a condutividade hidráulica, a infiltração e a redistribuição de água no perfil do solo, de forma mais uniforme, conferindo maior aeração do solo, manutenção ou melhoria do ambiente para a biota do solo, redução da erosão hídrica e outros.

No sistema sob mata foi obtido o menor valor de S de 0,0404, seguido pela cafeicultura e pastagem com

valores de S correspondentes a 0,0453 e 0,0753 respectivamente. Entretanto, com base nos valores de S estabelecidos (Streck *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2010), pode-se concluir que os manejos não alteraram a qualidade física do solo.

No sistema de uso com pastagem Carvalho Filho *et al.* (2009), verificaram que foi obtido o menor valor de S de 0,066 e 0,063 nas camadas de 0-0,10 e 0,20-0,30 m respectivamente, indicando decréscimo da qualidade física do solo, ou seja, distribuição desproporcional no tamanho dos poros. Streck *et al.* (2008) verificaram que os valores do parâmetro S foram maiores no solo sob floresta, quando comparados aos solo cultivado em plantio direto. Silva (2004) trabalhando com Latossolo Vermelho-Amarelo sob duas condições de manejo, floresta e pomar de laranja, encontrou valores de S de 0,1071, para a floresta, e de 0,0265, para o pomar. Segundo o autor, isso demonstra que o solo na floresta apresenta uma qualidade estrutural superior à do solo do pomar, o qual apresenta área trafegada pelas máquinas agrícolas com maior densidade do solo decorrente da compactação e, conseqüentemente, revela uma estrutura física degradada.

É observado no Quadro 2, que a  $K_{sat}$  foi maior na área sob mata do que para o solo sob cafeicultura e pastagem. A área sob a pastagem apresentou menor valor de  $K_{sat}$  assim como a área da cafeicultura. Na pastagem, provavelmente o fenômeno ocorreu devido ao pisoteio, mas na área com cafeeiros, devido à utilização do plantio convencional (utilização de maquinário agrícola).

Oliveira (2005), estudando as propriedades físico-hídricas do Latossolo Vermelho concluiu que o pastejo afetou de forma negativa a  $K_{sat}$  prejudicando a sustentabilidade dos recursos solo e água no bioma Cerrado. Avaliando alguns atributos físicos do solo, na bacia hidrográfica do ribeirão Lavrinha na Serra da Mantiqueira, Ávila (2008) observou uma maior condutividade hidráulica saturada em mata nativa em relação a pastagem.

**Quadro 1** – Determinação do Parâmetro S; umidade gravimétrica ( $\theta_i$ ); potencial matricial ( $\Psi_m$ ), condutividade hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ) e água disponível as plantas (ADP) de um LVdf, sob diferentes usos.

Uso	Parâmetro S	$\theta_i$ — cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> —	ADP — cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> —	$K_{sat}$ cm h <sup>-1</sup>	$\Psi_m$ kPa
Mata	0,0404	0,3334	0,0970	128,541a	5,946
Cafeicultura	0,0453	0,3657	0,1161	24,137b	12,384
Pastagem	0,0753	0,3453	0,1275	23,023b	6,486

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

## Conclusões

- A densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds) e a microporosidade (MiP) não apresentaram diferenças significativas entre os manejos.
- A maior retenção de água no solo foi obtida na área sob cafeicultura.
- Com base nos valores do parâmetro S os manejos não alteraram a qualidade física do solo.
- A condutividade hidráulica do solo sob mata foi maior do que dos demais sistemas de manejo estudados.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos órgãos de fomento FAPEMIG, CNPq e CAPES pelo apoio financeiro.

## Referências bibliográficas

- Aratani, R.G.; Freddi, O.S.; Centurion, J.F. e Andrioli, I. (2009) - Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.33, n.3, p. 677-687.
- Araújo, E.A.; Lani, J.L.; Amaral, E.F. e Guerra, A. (2004) - Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.28, n.2, p. 307-315.
- Ávila, L.F. (2008) - *Comportamento espacial e temporal da umidade do solo numa bacia hidrográfica na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais*. Dissertação de mestrado. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 110 p.
- Beutler, A.N.; Centurion, J.F.; Souza, Z.M.; Andrioli, I. e Roque, C.G. (2002) - Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.26, n.3, p. 829-834.
- Beutler, A.N.; Freddi, O.S.; Leone, C.L. e Centurion, J.F. (2008) - Densidade do solo relativa e parâmetro S como indicadores da qualidade física para culturas anuais. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, vol.8, n.2, p. 27-36.
- Blake, G.R. e Hartge, K.H. (1986) - Particle density. In: Klute, A. (Ed.) - *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. 2.<sup>a</sup> ed. Madison, USA, Soil Science Society of America (SSSA) and American Society of Agronomy (ASA), p. 377-382.
- Carvalho Filho, A.; Carvalho, L.C.C.; Centurion, J.F.; Beutler, A.N.; Cortez, J.W. e Ribon, A.A. (2009) - Qualidade física de um Latossolo Vermelho férrico sob sistemas de uso e manejo. *Bioscience Journal*, vol.25, n.6, p. 43-51.
- Dexter, A.R. (2004) - Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, vol.120, n.3-4, p. 201-214.
- Dourado-Neto, D.; Nielsen, D.R.; Hopmans, J.W.; Reichardt, K. e Bacchi, O.O.S. (2000) - Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). *Scientia Agricola*, vol.57, n.1, p. 191-192.
- Embrapa-CNPS (1997) - *Manual de métodos de análises de solo*. 2.<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro, Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 212 p.
- Faria, J.C.; Schaefer, C.E.R.; Ruiz, H.A. e Costa, L.M. (1998) - Effects of weed control on physical and micropedological properties of Brazilian Ultisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.22, n.3, p. 731-741.
- Ferreira, D.F. (2011) - Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, vol.35, n.6, p. 1039-1042.
- Figueiredo, C.C.; Santos, G.G.; Pereira, S.; Nascimento, J.L. e Alves Júnior, J. (2009) - Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol.13, n.2, p. 146-151.
- Machado, J.L.; Tormena, C.A.; Fidalski, J. e Scapim, C.A. (2008) - Inter-relações entre as propriedades físicas e os coeficientes da curva de retenção de água de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.32, n.2, p. 495-502.
- Mota, J.C.A.; Assis Junior, R.N.; Amaro Filho, J. e Libardi, P.L. (2008) - Algumas propriedades físicas e hídricas de três solos na Chapada do Apodi, RN, cultivados com melão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.32, n.1, p. 49-58.
- Mualem, Y. (1976) - A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research*, vol.12, n.3, p. 513-522.
- Oliveira, F.A. (2005) - *Impacto do pastejo na condutividade hidráulica de Latossolo sob pastagem e cerrado nativo*. Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 75 p.
- Oliveira, L.B. (1968) - Determinação da macro e microporosidade pela mesa de tensão em amostras de solo com estrutura indeformada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol.3, n.1, p. 197-200.
- Panachuki, E.; Alves Sobrinho, T.; Vitorino, A.C.T.;

- Carvalho, D.F. e Urchei, M.A. (2006) - Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol.10, n.2, p. 261-268.
- Pires, B.S.; Dias Junior, M.S.; Rocha, W.W.; Araújo Júnior, C.F. e Carvalho, R.C.R. (2012) - Modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo Vermelho-amarelo sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.36, n.2, p. 635-642.
- Portugal, A.F.; Costa, O.D.V.; Costa, L.M. e Santos, B.C.M. (2008) - Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata Mineira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.32, n.1, p. 249-258.
- Reichardt, K. e Timm, L.C. (2004) - *Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. São Paulo, Manole, 478 p.
- Silva, A.P. (2004) - Interação manejo versus física. In: *Anais da Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água*, 15, Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. CD-ROM.
- Silva, A.P.; Tormena, C.A.; Dias Junior, M.S.; Imhoff, S. e Klein, V.A. (2010) - Indicadores da qualidade física do solo. In: Van Lier, Q.J. (Ed.) - *Física do Solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 298 p.
- Silva, M.A.G.; Porto, S.M.A.; Mannigel, A.R.; Muniz, A.S.; Mata, J.D.V. e Numoto, A.Y. (2009) - Manejo da adubação nitrogenada e influência no crescimento da aveia preta e na produtividade do milho em plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, vol.31, n.2, p. 275-281.
- Streck, C.A.; Reinert, D.J.; Reichert, J.M. e Horn, R. (2008) - Relações do parâmetro S para algumas propriedades físicas de solos do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.32, n. spe, p. 2603-2612.
- Van Genuchten, M.T. (1980) - A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, vol.44, n.5, p. 892-898.