

DISTRIBUIÇÃO DE POROS E DENSIDADE DE LATOSSOLOS SUBMETIDOS A DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO

PORE SIZE DISTRIBUTION AND SOIL BULK DENSITY IN OXISOLS SUBMITTED TO DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS AND USE

Ricardo Falqueto JORGE¹; Cinara Xavier de ALMEIDA²; Elias Nascentes BORGES³; Renato Ribeiro PASSOS⁴

1. Doutor em Agronomia, Agrônomo do Laboratório Brasileiro de Análises Agrícolas – LABRAS, Uberlândia, MG, Brasil. rfalqueto@yahoo.com.br; 2. Doutora em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil. 3. Professor, Doutor, Instituto de Ciências Agrárias – ICIAG, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, MG, Brasil. elias@cca.ufes.br; 4. Professor, Centro de Ciências Agrárias - CCA, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória, ES, Brasil.

RESUMO: O homem cultiva a terra há vários séculos, mas o uso intensivo e empresarial dos solos sob vegetação de cerrado para a produção agrícola cresceu a partir da década de setenta. O objetivo desse estudo foi avaliar atributos físicos do solo em função da época de amostragem e dos tipos de usos do solo em área de cerrado no município de Uberlândia- MG, Brasil. Os manejos adotados foram: pastagem degradada (M-1), cultivo convencional (M-2), cultivo mínimo (M-3), ausência de preparo (M-4), plantio direto (PD) 3º ano (M-5); PD 9º ano (M-6), PD de 3º ano pós *Pinus* (M-7); PD de 1º ano pós *Pinus* (M-8) e floresta de *Pinus* (M-9) de 25 anos. As avaliações foram realizadas no ano agrícola de 2002/03, em duas áreas. Sendo a área 1 de solo Latossolo Vermelho (LV-1, M-1 até M-5) e a área 2 de Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA e LV-2, M-6 até M-9). Os atributos físicos estudados sofreram alterações em função da classe de solo, época de amostragem e dos sistemas de uso, com destaque para os solos da área 2, que, em geral, melhor conservaram os seus principais atributos físicos. Manejos com intensa mobilização do solo, como o sistema M-2, são os que mais degradam fisicamente o solo, tendo apresentado alterações negativas principalmente para a densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade. Já os sistemas que promovem menor mobilização do solo tendem, em curto prazo, a preservar atributos físicos desejáveis. O sistema de manejo M-9 apresentou a menor variação de atributos, comparado aos demais.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade. Plantio direto. Manejo convencional. Solo de Cerrado. *Pinus* sp.

INTRODUÇÃO

Os solos do ambiente cerrado são caracterizados por serem portadores de excelentes atributos físicos sob condições naturais. Estudando sobre alterações na estrutura do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo, Oliveira et al. (2003) e Gontijo et al. (2008) relatam que a busca por alternativas tecnológicas, que possibilitem o uso racional do solo deve ser priorizada para se ter uma agricultura sustentável neste macro ecossistema.

Dos componentes do manejo, o preparo talvez seja a atividade que mais influi no comportamento físico do solo, pois atua diretamente na estrutura do solo, sendo a compactação uma das principais conseqüências do manejo inadequado do solo. Essas modificações ocasionadas pelo manejo de solo alteram por conseqüência a porosidade, a densidade, que afetam a retenção de água e a resistência mecânica, entre outros efeitos (SILVA et al. 1994).

A densidade do solo (Ds) é um atributo variável e seu valor depende das condições estruturais e do estado de compactação do solo.

Como este parâmetro corresponde a massa do solo seco por determinado volume do solo, o material constituinte do solo, assim como os sistemas de uso e manejo e tipo de cobertura vegetal tem muita influencia nos seus valores. Logo, pode-se ter em solos de mesma textura e material de origem diferentes valores de densidade no perfil.

Gupta e Allmaras (1987) e Imhoff et al. (2001) Vezzani e Mielniczuk (2009) relatam que a Ds, a macroporosidade e a relação macroporos/microporos são atributos muito utilizados como indicadores do estado de estruturação do solo. Campbell (1994) salienta que por ser a Ds muito influenciada pelos seus constituintes, entre eles a textura e a matéria orgânica, esse parâmetro pode mostrar uma correlação limitada com o crescimento das plantas.

Quanto ao uso da macroporosidade e da relação macroporos/microporos, Bouma (1991) e Prevedello (1996) comentam não existir consenso na classificação de valores limites, variando nos diferentes estudos. Embora autores como Oliveira (1968) e Tormena et al. (1998) relataram existir uma tendência de se adotar o diâmetro de 50 µm como

valor limite de diâmetro. Desta forma, em estudos comparativos entre sistemas de uso e manejo, provavelmente a discriminação da distribuição de poros no solo por tamanho seja o mais indicado.

Segundo Larson e Gupta (1980) a compressão dos solos agrícolas, decorrente das operações mecanizadas, pode alterar a distribuição e o tamanho dos poros e, conseqüentemente, a tensão com que a água é retida. Horn e Lebert (1994) observaram, por sua vez, que a variação da tensão da água no solo afeta seu comportamento compressivo. No entanto, são poucos os trabalhos no Brasil que relacionam tal dependência, particularmente em relação aos Latossolos (LARSON; GUPTA, 1980; CARPENEDO, 1994; GONTIJO et al., 2008).

Para contribuir com informações sobre atributos físicos do solo, relevantes para o desenvolvimento das plantas, bem como, a sustentabilidade dos recursos naturais, esse trabalho teve como objetivos: avaliar as alterações na densidade do solo e distribuição da porosidade de solos de cerrado, produzidas por sistemas de uso e manejo, em distintas épocas de amostragem; e estabelecer os sistemas de uso e manejo que contribuam para manutenção de atributos físicos

desejáveis para as culturas, garantindo a sustentabilidade do ambiente agrícola.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em solos do ambiente de cerrado, representativos da região do Triângulo Mineiro, no ano agrícola de 2002/2003, em duas áreas, sendo realizado distintos manejos do solo na área 1 (tratamentos de 1 a 5) e na área 2 (tratamentos de 6 a 9). As áreas estão localizadas no Município de Uberlândia - MG, distante a aproximadamente 8 km, uma da outra, entre as posições geográficas 18° 58' e 19° 04' de latitude Sul; e 48° 12' e 48° 07' de longitude Oeste, área 1 e 2 respectivamente. A altitude média na região das áreas varia de 830 a 940m.

O clima predominante é o Aw, pela classificação de Köppen, que se caracteriza como clima tropical chuvoso (clima de savana), megatérmico, com inverno seco. A precipitação, média de 1.550 mm anuais, caracterizada por um período chuvoso de seis meses (outubro a março), sendo que nos meses de janeiro e dezembro a quantidade precipitada pode atingir de 600 a 900 mm. Julho e agosto são os meses mais secos (Figura 1).

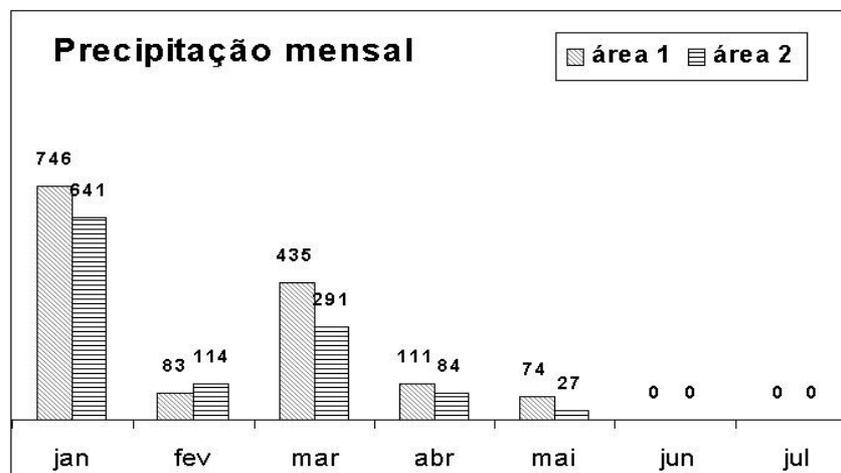


Figura 1. Distribuição das chuvas (mm), durante as avaliações da pesquisa (janeiro a julho de 2003), dados climatológicos, área 1 e 2, respectivamente.

Ao longo da pesquisa, foram efetuadas duas amostragens de solo, nas profundidades de 0-0,05; 0,05-0,15 e 0,15-0,30m, retirando-se três amostras em cada ponto. A primeira em janeiro de 2003, durante o período das águas e a segunda em julho de 2003, durante o período seco. As análises foram realizadas no Laboratório de Manejo de Solos, do Instituto de Ciências Agrárias da UFU.

A unidade de mapeamento principal de solo na área 1 é o Latossolo Vermelho Distrófico (LVd-

1), textura argilosa. Quando instalada a pesquisa, este solo estava sob uso de pastagem com sinais de degradação. As unidades principais de solo na área 2 são o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) e o Latossolo Vermelho Distrófico (LVd-2) de textura argilosa e muito argilosa respectivamente. A definição da área 2, para as diversas determinações físicas e comparações com a área 1, foi baseada na ocorrência de sub-áreas com diferentes tempos de uso com culturas anuais, após o florestamento de

Pinus (LVAd), além de uma sub-área atualmente com povoamento de *Pinus spp*, com idade de 25 anos (LVd-2). Os solos apresentaram diferenças nos

atributos químicos e físicos, analisados no ano agrícola de 2002/2003 (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios, nas profundidades de 0-0,05m (a); 0,05-0,15m (b) e 0,15-0,30m (c), de alguns atributos dos Latossolos de Uberlândia-MG, avaliados no ano agrícola 2002/2003

Atributos	LVd-1			LVAd			LVd-2		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
pH em água (1:2,5)	5,7	4,8	4,3	5,0	5,0	4,8	4,4	4,7	4,9
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,2	4,4	5,2	5,8	7,4	6,1	12,0	8,3	6,9
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,2	0,8	0,4	6,5	3,8	1,5	0,0	0,0	0,9
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,8	0,3	0,2	2,0	1,4	0,5	0,2	0,1	0,3
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,3	0,4	0,0	0,1	0,3	1,2	0,8	0,4
K (mg dm ⁻³)	29	22	17	63	54	56	18	12	10
P (mg dm ⁻³)	7,7	8,5	1,3	5,9	11,4	2,4	2,8	1,8	1,3
CTC (cmol _c dm ⁻³)	6,3	5,8	6,2	15,4	13,2	8,3	13,3	9,2	9,1
Carbono Org. (g kg ⁻¹)	12	11	10	28	24	20	25	18	15
Areia Grossa (g kg ⁻¹)	288	272	282	195	197	201	157	157	142
Areia Fina (g kg ⁻¹)	322	326	278	34	33	33	30	30	28
Silte (g kg ⁻¹)	43	43	50	203	182	139	127	88	93
Argila (g kg ⁻¹)	342	359	389	569	593	627	686	726	737
Dp (kg dm ⁻³)	2,66	2,66	2,66	2,60	2,60	2,63	2,62	2,64	2,64

P e K método de extração Mehlich-1; Ca, Mg e Al método de extração KCl 1 mol l⁻¹; H+Al método de determinação Ca(OAc)₂ pH 7,5; Matéria Orgânica método Yeomans & Brenner; Areia, silte e argila método NaOH 0,1 mol l⁻¹.

Para a área 1, foram avaliados atributos físicos em área com plantio direto e convencional, sistema implantado em outubro de 2000, com cultivos sucessivos de soja e milho em plantio direto e plantas de cobertura que variaram entre nabo forrageiro, crotalária, milheto, pousio dependendo das condições hídricas pós colheitas de verão, e com pousio aração e gradagem do solo em plantio convencional. Para a área 2, a pesquisa visou avaliar as condições físicas do solo sob uso florestal de 25 anos e agrícola, e no sistema de manejo plantio direto com dois e três anos após corte e destoca do *Pinus*.

As parcelas tinham dimensões de 11 x 25m, constituídas dos seguintes tratamentos de uso e manejos:

M-1 (Pastagem de braquiária degradada, sob LVd-1);

M-2 (Cultivo Convencional de 4º ano, na sucessão milho/soja implantado a partir do ano agrícola 2000/01, com incorporação de calcário dolomítico e gesso agrícola com grade aradora, visando atingir 60 % da saturação de base (SB) do solo, sob LVd-1);

M-3 (Cultivo Mínimo de 4º ano, na sucessão milho/soja implantado a partir do ano agrícola 2000/01, com incorporação de calcário dolomítico e gesso agrícola com o arado escarificador, visando atingir 60 % da SB do solo, sob LVd-1);

M-4 (Ausência de Preparo do Solo de 4º ano, na sucessão milho/soja implantado a partir do ano agrícola 2000/01, com total ausência de incorporação. A aplicação somente na superfície de calcário dolomítico e gesso agrícola anualmente visa elevar até 50 % a SB do solo, sob LVd-1);

M-5 (Plantio Direto, de 3º ano agrícola, com calcário dolomítico e gesso agrícola, incorporados com grade aradora no primeiro ano agrícola (2000/01), sendo que a partir do 1º ano, a aplicação foi feita em superfície sem incorporação, visando elevar até 60 % a saturação de base do solo, sob LVd-1);

M-6 (Plantio Direto de 9º ano, solo sob área agrícola cultivada desde a década de 70, sob cultivo convencional, mas cultivada atualmente sob Plantio Direto, implantado há aproximadamente 9 anos, quando foi feita a última incorporação de corretivos, desde então não foram feitas mais correções, sob LVAd);

M-7 (Plantio Direto de 3º ano pós corte *Pinus*, implantado há 3 anos, após corte da floresta de *Pinus*, sendo feita a incorporação de corretivos no primeiro ano pós floresta, sob LVAd);

M-8 (Plantio direto de 1º ano após corte *Pinus*, solo sob a transição cultivo convencional/Plantio Direto, implantado há 1 ano após corte da floresta de *Pinus*, sendo feita a incorporação de corretivos no primeiro ano pós floresta, sob LVAd);

M-9 (Florestamento de *Pinus*, idade 25 anos, implantado em área originalmente sob vegetação de cerrado, sob LVd-2).

Variáveis avaliadas e determinações experimentais

Para avaliação da densidade do solo (Ds), foram utilizadas amostras indeformadas retiradas em anel de aço, à profundidade desejada. As amostras foram processadas, determinando-se a Ds

(kg dm⁻³), segundo EMBRAPA (1997). A densidade de partículas (Dp) foi determinada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997), para a determinação da porosidade total do solo.

A porosidade total (Pt), ou seja, o volume de vazios totais do solo que pode estar ocupado por água e/ou ar, foi calculada a partir dos valores de Ds e Dp (EMBRAPA, 1997).

Para estudo da microporosidade do solo (Mi) e cálculo da macroporosidade do solo (Ma), foram utilizadas amostras indeformadas, retiradas conforme descrição para densidade do solo. No laboratório, essas amostras foram preparadas seguindo metodologia proposta por Embrapa (1997) e utilizadas para determinar a Mi e Ma do solo (m³ m⁻³).

Análise estatística

O estudo seguiu esquema fatorial (2 x 9), correspondendo, respectivamente, a 2 épocas de amostragem/determinação (janeiro e julho de 2003) e 9 sistemas de manejo. Os efeitos da interação época de amostragem x manejo do solo, bem como, a influência dos sistemas de uso e manejos do solo sobre os atributos físicos, em cada época e nas diferentes profundidades, foram verificados a partir da análise de variância, segundo delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. A diferença entre as médias foi avaliada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados nos tratamentos de M-1 até M-5, referentes a área 1, cuja classe de solo é o Latossolo Vermelho (LVd-1) de textura argilosa, são em geral, diferentes do observado na área 2, de Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd) textura argilosa (M-6, M-7 e M-8) e Latossolo Vermelho (LVd-2) textura muito argilosa (M-9). Percebe-se assim, a importância da composição granulométrica do solo, para explicar parte da variação nos atributos físicos entre as áreas. A fração areia no solo da área 1 é praticamente o dobro da área 2 (Tabela 1). Desse modo, os efeitos do manejo e das épocas foram comparados dentro de cada unidade de solo e área experimental.

Os valores de densidade do solo (Ds) foram significativamente menores no período do seco (Tabela 2). Com relação aos maiores valores de Ds no período das águas, foi atribuído ao fato de que nesta ocasião o solo recebe diversas cargas de pressão, provenientes do manejo do solo para plantio, junto com operações mecanizadas para condução da cultura. Ainda, a facilidade de compressão a que está

sujeito o solo, tanto pelo impacto das gotas de chuvas, como a movimentação de máquinas sobre o solo com teores de umidade elevado. Práticas de manejo efetuadas em solos com elevada umidade pode contribuir para elevar os valores de Ds (Oliveira et al., 2003; Bavo et al., 2010).

Observando-se os valores de Ds da área 1, independente da época de avaliação, na profundidade de 0-0,05m a Ds foi significativamente menor (p<5%) que nas profundidades de 0,05-0,15 e 0,15-0,30 m (Tabela 2). Na área 2, na parcela com uso do solo por 9 anos o valor de Ds foi superior a cujo tempo foi de 3 e 1 ano de uso após a retirada do plantio de *Pinus*. Assim, pode-se inferir que a recuperação de atributos físicos degradados por prática inadequada de uso e manejo, como o preparo contínuo do solo com arado ou grade e a monocultura, deve-se processar, também, de forma lenta, com impactos negativos sobre os atributos edáficos e a produtividade das culturas por vários anos (Silveira & Stone, 2003).

O sistema de uso e manejos na área 2, de classe de solo LVAd, a pelo menos 25 anos com plantio de *Pinus*, antes da introdução de culturas anuais, apresentou valores de Ds significativamente diferente entre si, independente da época de determinação do atributo. O tempo de adoção e os tipos de uso parecem ser os principais responsáveis pelas alterações na qualidade física do solo. Na profundidade de 0-0,05 m os valores de Ds no período das águas foram significativamente maiores no manejo com plantio direto de 9 anos (M-6), instalado após 20 anos de lavoura com cultivo convencional, comparativamente aos manejos com plantio direto de 3 e 1 ano após a retirada do plantio florestal.

Considerando as médias dos nove manejos (\bar{X}), independente da época de amostragem (Tabela 2), observou-se não ocorrer diferença para os manejos aplicados pelo período consecutivo de três anos na área 1, enquanto que na área 2, somente o tratamento plantio direto de 9 anos (M-6), apresentou Ds significativamente maior do que os outros manejos (na profundidade de 0-0,05m), os quais não diferiram entre si, inclusive na área sob floresta de *Pinus*. Na literatura encontram-se trabalhos que corroboram com os resultados (FERNANDES et al., 1983; ALBUQUERQUE et al., 1995; MARIA et al., 1999; GOEDERT et al., 2002; NICOLOSO et al., 2008).

Os valores de Ds, observados em todas as áreas e manejo estudados, encontram-se abaixo daqueles relatados por alguns pesquisadores como limitantes ou com potencial de causar danos ao crescimento radicular, e conseqüentemente ao pleno

desenvolvimento das culturas. Borges et al. (1997), trabalhando em Latossolo Vermelho, textura média, da região do Triângulo Mineiro, observaram que

valores de Ds acima de 1,62 kg dm⁻³, apresentavam impedimento parcial ao crescimento radicular.

Tabela 2. Valores médios de densidade do solo, em kg dm⁻³, e interação das diferentes épocas de amostragem e sistema de manejo em Latossolos de Uberlândia-MG

Manejo	Profundidade de 0 a 0,05m (CV = 7,3 %)									\bar{Y}
	LV d-1			LVAd			LVd-2			
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	
Época-1	1,38 ab	1,49 a	1,40 ab	1,45 a	1,49 a	1,15 cd	0,91 e	1,00 de	0,94 de	1,25 A
Época-2	1,39 ab	1,34 ab	1,31abc	1,20 bc	1,31abc	1,10 de	0,98 de	0,91 e	0,97 de	1,17 B
\bar{X}	1,38 A	1,42 A	1,36 A	1,32 A	1,40 A	1,12 B	0,95 C	0,96 C	0,95 C	

Manejo	Profundidade de 0,05 a 0,15m (CV = 5,6 %)									\bar{Y}
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	
Época-1	1,45 a	1,45 a	1,47 a	1,51 a	1,50 a	1,16 a	1,10 a	1,10 a	1,11 a	1,32 A
Época-2	1,41 a	1,39 a	1,40 a	1,47 a	1,41 a	1,10 a	1,07 a	0,97 a	1,02 a	1,25 B
\bar{X}	1,43 A	1,42 A	1,44 A	1,49 A	1,46 A	1,13 B	1,09 B	1,04 B	1,07 B	

Manejo	Profundidade de 0,15 a 0,30m (CV = 5,7 %)									\bar{Y}
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	
Época-1	1,45 a	1,49 a	1,43 a	1,44 a	1,46 a	1,21 a	1,16 a	1,2 a	1,08 a	1,32 A
Época-2	1,42 a	1,48 a	1,44 a	1,41 a	1,40 a	1,09 a	1,07 a	1,12 a	1,08 a	1,28 B
\bar{X}	1,44 A	1,49 A	1,44 A	1,43 A	1,43 A	1,15 B	1,11 B	1,16 B	1,08 B	

\bar{Y} e \bar{X} : médias das épocas (coluna) e dos manejos (linha) respectivamente, seguidas pelas mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade. Médias da interação época x manejo, seguidas pelas mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Com relação à porosidade total do solo (Pt), os resultados obtidos (Tabela 3) evidenciam que na profundidade de 0-0,05m, tanto as épocas de amostragem/determinação, como os sistemas de uso e manejo estudados, são dependentes entre si, sendo, no entanto, independentes para as profundidades de 0,05-15 e 0,15-0,30m.

Pode-se observar que a Pt seguiu comportamento inverso ao observado para a Ds, evidencia-se assim, a direta relação entre o arranjo da estrutura do solo e sua distribuição de poros. Estes resultados mostram-se de acordo com diversas pesquisas (Kondo & Dias Junior, 1999; Silva et al., 2000; Imhoff et al., 2001; Bavoso et al., 2010).

De modo geral, os manejos do solo na área 2 conduziram a maiores valores de Pt, com destaque para o uso e manejo em M-9. Este fato pode ser observado durante a amostragem do solo, pois, o mesmo oferecia menor “resistência” no decorrer do preparo do local de amostragem. Observa-se, ainda que na área 2, o sistema de uso e manejo em plantio direto por 9 anos (M-6) foi proporcionou o menor valor de Pt, nas duas épocas. Resultados similares foram observados por Oliveira et al. (2003), onde, tanto o sistema plantio direto como no cultivo convencional, após vários anos de atividade agrícola,

apresentavam menor volume de poros em relação ao cerrado nativo; e os autores atribuíram este efeito a compressões do solo exercidas nos sistemas de uso, além do decréscimo no aporte orgânico do solo sob cultivo.

Assim, como observado para a Ds, pode-se afirmar que as diferentes classes texturais das áreas 1 e 2 e os tipos de uso e manejo do solo influenciaram os valores de Pt. De forma contrária a Ds, a Pt dos manejos adotados na área 2 apresentou-se maior que as demais, independente da profundidade. Isto pode estar relacionado aos teores de matéria orgânica, pois o solo da área 2 apresentaram maiores valores de carbono orgânico que o solo da área 1 (Tabela 1). Assim, tanto a Ds quanto a Pt e a distribuição de poros, podem estar sendo influenciados pelo aporte de material orgânico nesses solos, conforme evidenciado por Campos et al. (1995) e Cunha et al. (2001). Cintra e Mielniczuck (1983), ao compararem solos sob diferentes usos, observaram maior volume de macroporos e maior Pt em solo sob mata, quando comparado a solo sob sistema de cultivo convencional. Esses resultados mostram-se em acordo com os observados no estudo, já que o solo sob floresta (M-9) apresentou os maiores valores de Pt.

Tabela 3. Valores médios de porosidade total do solo, em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, para a interação das diferentes épocas de amostragem e sistema de manejo em Latossolos de Uberlândia-MG

Profundidade de 0 A 0,05m (CV = 6,2 %)											
Manejo	LV d-1					LVAd			LV d-2		\bar{Y}
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9		
Época-1	0,47cd	0,44 d	0,47cd	0,46d	0,44 d	0,56b	0,64 a	0,62ab	0,65 a	0,53 B	
Época-2	0,47cd	0,50cd	0,51cd	0,55bc	0,51cd	0,58ab	0,62ab	0,65 a	0,63ab	0,56 A	
\bar{X}	0,47 C	0,47 C	0,49 C	0,50 C	0,47 C	0,57 B	0,63 A	0,64 A	0,64 A		
Profundidade de 0,05 a 0,15m (CV = 5,0 %)											
Manejo	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	\bar{Y}	
	Época-1	0,45 a	0,46 a	0,45 a	0,43 a	0,43 a	0,56 a	0,57 a	0,58 a	0,58 a	0,50 B
Época-2	0,47 a	0,48 a	0,48 a	0,45 a	0,47 a	0,58 a	0,58 a	0,63 a	0,61 a	0,53 A	
\bar{X}	0,46 B	0,47 B	0,46 B	0,44 B	0,45 B	0,57 A	0,58 A	0,60 A	0,60 A		
Profundidade de 0,15 a 0,30m (CV = 5,7 %)											
Manejo	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	\bar{Y}	
	Época-1	0,46 a	0,44 a	0,46 a	0,46 a	0,45 a	0,54 a	0,55 a	0,54 a	0,59 a	0,50 B
Época-2	0,47 a	0,44 a	0,45 a	0,47 a	0,47 a	0,59 a	0,59 a	0,58 a	0,59 a	0,52 A	
\bar{X}	0,47 B	0,44 B	0,46 B	0,47 B	0,46 B	0,56 A	0,57 A	0,56 A	0,59 A		

\bar{Y} e \bar{X} : médias das épocas (coluna) e dos manejos (linha) respectivamente, seguidas pelas mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade. Médias da interação época x manejo, seguidas pelas mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Nas profundidades de 0,05-0,15 e 0,15-0,30m foram observados valores significativamente menores de Pt para a amostragem no período das águas em relação a do período seco. Estes menores valores da Pt, nas duas camadas subsuperficiais e no período das águas, pode estar ligado aos teores de matéria orgânica, que variam nas áreas há mais tempo com uso anual (Tabela 1) e também ser diretamente relacionados com os menores valores de Pt.

Os valores de microporosidade do solo (MiP) nas duas áreas indicaram efeito significativo tanto para os tratamentos principais como para a interação tipos de uso e manejo versus épocas de estudo em todas as profundidades (Tabela 4). Maiores volumes de MiP foram observados na área 2, nos manejos M-6, M-7 e M-8 em relação a área 1. Perecin & Campos (1978), afirmam que o volume de poros é dependente do teor de argila dos solos. Este fato permite reforçar a idéia de que não só o manejo, mas também as frações que compõem o solo tem influência sobre a MiP (FERREIRA et al., 1999). Práticas de cultivo, combinadas aos diferentes teores de umidade no solo, exercem efeito compressivo sobre estrutura do solo (Oliveira et al., 2003). Assim, essa conclusão, aliada às obtidas para os atributos Ds e Pt mostra que os Latossolos apresentam certa estabilidade, resultante da existência anterior de vegetação de Cerrado e de suas propriedades físicas e mineralógicas, que só é

alterada após longo tempo de uso do solo, mesmo quando submetido a sistemas de manejos tão intensivos com forte revolvimento das camadas superficiais do solo, como o M-2.

Quanto ao efeito dos tipos de manejo nas duas áreas, independente das épocas de avaliação (\bar{X}), verificou-se que em todas as profundidades, nas duas áreas com unidades de solos diferentes, os valores de MiP foram significativamente distintos entre si, mas, estatisticamente iguais para os diferentes usos e manejos em cada área. Isto quer dizer, que as diferenças observadas, devem-se mais aos processos pedogenéticos nos solos em cada área. Já quanto ao efeito das épocas, independente da área e dos manejos praticados a MiP foi significativamente maior no período das águas.

Percebeu-se que os volumes de MiP nas camadas de 0,05-0,15 e 0,15-0,30m foram dependentes da área de determinação, do tipo de uso e manejo aplicado e da época em que foi amostrado (Tabela 4). Em ambas as áreas, a quantidade de MiP foi significativamente superior quando avaliada no período das águas, ou seja, no período de maior umidade do solo, portanto, contrário ao identificado para a Pt (Tabela 3). Os valores menores de MiP no período seco podem ainda estar relacionados com a descompressão do sistema radicular, bem como, sua morte e decomposição, deixando canalículos entre e dentro dos agregados, os quais passam a serem

contabilizados como macroporos (LANZANOVA et al., 2010).

Tabela 4. Valores médios de microporosidade do solo, em $m^3 m^{-3}$, para a interação das diferentes épocas de amostragem e sistema de manejo em Latossolos de Uberlândia-MG

Profundidade de 0 A 0,05m (CV = 7,0 %)										
Manejo	LVd- 1					LVAd			LV d-2	\bar{Y}
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	
Época-1	0,30 c	0,33 bc	0,32 bc	0,29 c	0,31 bc	0,41 a	0,38 a	0,36 ab	0,34 bc	0,34 A
Época-2	0,17 d	0,20 d	0,20 d	0,20 d	0,20 d	0,36 ab	0,37 a	0,35 b	0,34 bc	0,27 B
\bar{X}	0,23 C	0,26 C	0,26 C	0,25 C	0,26 C	0,38 A	0,37 A	0,35AB	0,34 B	
Profundidade de 0,05 a 0,15m (CV = 7,2 %)										
Manejo	LVd- 1					LVAd			LV d-2	\bar{Y}
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	
Época-1	0,30 c	0,28 d	0,29 c	0,31 bc	0,30 c	0,39 a	0,39 a	0,38 a	0,36 ab	0,34 A
Época-2	0,18 d	0,19 c	0,19 d	0,19 d	0,19 d	0,34 bc	0,34 bc	0,36 ab	0,32 bc	0,26 B
\bar{X}	0,24 B	0,24 B	0,24 B	0,25 B	0,24 B	0,37 A	0,36 A	0,37 A	0,34 A	
Profundidade de 0,15 a 0,30m (CV = 6,3 % %)										
Manejo	LVd- 1					LVAd			LV d-2	\bar{Y}
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	
Época-1	0,31 c	0,30 c	0,28 c	0,30 c	0,30 c	0,41 a	0,38 ab	0,40 a	0,35 b	0,34 A
Época-2	0,20 d	0,18 d	0,20 d	0,19 d	0,19 d	0,34 bc	0,32 c	0,31 c	0,31 c	0,25 B
\bar{X}	0,25 B	0,24 B	0,24 B	0,24 B	0,24 B	0,37 A	0,35 A	0,35 A	0,33 A	

\bar{Y} e \bar{X} : médias das épocas (coluna) e dos manejos (linha) respectivamente, seguidas pelas mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade. Médias da interação época x manejo, seguidas pelas mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Resultados similares foram observados por diversos pesquisadores (Albuquerque et al., 1995; Peña et al, 1996; Oliveira et al.; 2003; Lanzanova et al., 2010), onde os manejos influenciavam a distribuição dos microporos e sua relação com a macroporosidade, apresentando, no geral, menor volume de poros nos solos de cultivo intenso em relação a área de vegetação nativa.

Da mesma forma que ocorreu para Pt, de forma geral, a MiP aumentou com a Ds nos manejos e foi independente da profundidade. Pode-se dizer que as áreas com sistema de uso e manejo a mais tempo com práticas mecanizadas para cultivo do solo (M-6, aproximadamente 25 anos) apresentaram em média maior MiP, principalmente comparada aos manejos que tiveram menor volume MiP (M-1 e 2). Este fato pode estar relacionado ao intenso revolvimento do solo no cultivo convencional (M-2) e a já degradada estrutura do solo na área sob pastagem (M-1), alterando assim, a distribuição dos poros. Oliveira et al. (1983) e Lanzanova et al. (2010)em sua revisão, comentaram que a estrutura é do solo é afetada através da diminuição da agregação e que com o comprometimento das propriedades físicas há decréscimo da produtividade dos sistemas

agrícolas. Os autores encontraram também similares valores de volume de MiP aos observados nesse estudo para solos sob agricultura.

A macroporosidade do solo (MaP) foi influenciada tanto pela época da amostragem como pelo tipo de uso e manejo. A interação entre esses efeitos foi encontrada apenas na profundidade de 0-0,05m (Tabela 5). Comparando os resultados de MaP com os valores da Ds, constatou-se que os tipos de uso e manejo expressaram efeitos inversos sobre esses atributos. Evidencia-se assim, a inter-relação entre os espaços responsáveis pela drenagem e as trocas gasosas do solo (MaP), com a Ds. Possível explicação está na maior influência das forças de compressão, maior nos primeiros centímetros do solo, durante as operações de plantio e demais manejos para condução das lavouras.

Para a profundidade de 0,05-0,15 m, somente a época da avaliação alterou a MaP, independentemente do uso e manejo das áreas. A época de amostragem influenciou a MaP, em todas as profundidades. Este fato pode ser explicado pelo efeito do manejo sobre as propriedades físicas do solo quando é maior a sua umidade.

Tabela 5. Valores médios de macroporosidade do solo, em $m^3 m^{-3}$, para a interação das diferentes épocas de amostragem e sistema de manejo em Latossolos de Uberlândia-MG

Profundidade de 0 A 0,05m (CV = 14,4 %)											
Manejo	LV d-1					LVAd			LV d-2		\bar{Y}
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9		
Época-1	0,17 cd	0,12 d	0,15 d	0,17 cd	0,13 d	0,15 d	0,27 ab	0,26 ab	0,30 ab	0,19 B	
Época-2	0,30 ab	0,30 ab	0,31 a	0,35 a	0,31 a	0,22 bc	0,25 b	0,30 ab	0,29 ab	0,29 A	
\bar{X}	0,24BC	0,21CD	0,23CD	0,26AB	0,22CD	0,18 D	0,26AB	0,28AB	0,30 A		

Profundidade de 0,05 a 0,15m (CV =16,1 %)											
Manejo											\bar{Y}
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9		
Época-1	0,15 a	0,17 a	0,15 a	0,12 a	0,13 a	0,17 a	0,18 a	0,19 a	0,22 a	0,17 B	
Época-2	0,29 a	0,29 a	0,29 a	0,26 a	0,28 a	0,24 a	0,25 a	0,27 a	0,29 a	0,27 A	
\bar{X}	0,22 A	0,23 A	0,22 A	0,19 A	0,21 A	0,20 A	0,21 A	0,23 A	0,25 A		

Profundidade de 0,15 a 0,30m (CV = 15,6 %)											
Manejo											\bar{Y}
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9		
Época-1	0,15 a	0,14 a	0,17 a	0,16 a	0,15 a	0,13 a	0,17 a	0,15 a	0,24 a	0,16 B	
Época-2	0,27 a	0,26 a	0,25 a	0,28 a	0,28 a	0,25 a	0,27 a	0,27 a	0,28 a	0,27 A	
\bar{X}	0,21AB	0,20 B	0,21AB	0,22AB	0,22AB	0,19 B	0,22AB	0,21AB	0,26 A		

\bar{Y} e \bar{X} : médias das épocas (coluna) e dos manejos (linha) respectivamente, seguidas pelas mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade. Médias da interação época x manejo, seguidas pelas mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Em áreas extensas de plantios homogêneos como os de *Pinus* e de lavouras anuais, como na área 2, torna-se difícil realizar operações de mecanização do solo em toda a área com teor de umidade que corresponda sempre ao estado de friabilidade. Neste caso, o tráfego de máquinas e implementos na superfície, com maior umidade do solo, normalmente encontrada no período das águas, pode levar a compactação do solo, com efeitos negativos na MaP.

Solos manejados com umidade maior do que a correspondente a faixa de friabilidade podem ter sua agregação comprometida (DEXTER et al., 2007), com efeito drástico na redução da MaP. Os bioporos e canaliculos deixados por organismos do solo e pelas raízes das plantas, que se formaram durante o crescimento da lavoura, favoreceram a formação e agregação do solo, com conseqüente aumento do diâmetro dos poros (Dexter et al., 2007). Da mesma forma que aconteceu para os valores de Pt e de volume de MiP, a Map apresenta comportamento contrário ao da Ds nos manejos adotados, onde os valores de Ds são maiores é menor a MaP, e em geral, independe da profundidade estudada.

Oliveira et al. (1983) relatam a influência do cultivo na estrutura do solo. Os autores observaram comportamento semelhante entre os agregados e a distribuição de poros, afirmando que há diminuição da MaP e aumento da MiP com a diminuição da

agregação de solos cultivados, comparativamente a sua condição natural. Nesse estudo, de modo geral, os menores valores de MaP ocorreram nas áreas com manejo de solo na forma de SPD (M-9) e para o maior período de tempo. Esse fato é também citado em diversos trabalhos, como o de Abrão et al. (1979) e Cruz et al. (2003), o qual cita que solos com SPD por longo período de tempo apresentam certo grau de compactação, pelas demais práticas mecanizadas, e de consolidação natural das camadas superficiais do solo, com aumento da Ds nessas seções, o que reduz a MaP.

CONCLUSÕES

Os atributos físicos dos Latossolos foram alterados em função dos tipos de uso/manejo e época de amostragem, em geral, com efeitos negativos em função do tempo de uso agrícola e da unidade de solo na época de amostragem;

Os tipos de manejo com intensa mobilização do solo, como o cultivo convencional, foram os que mais afetaram negativamente os atributos físicos Ds, Pt, MiP e MaP;

Em curto prazo, os solos com uso agrícola não mostraram evidências significativas de alterações em seus atributos sob diferentes sistemas de manejo como o convencional e plantio direto.

ABSTRACT: Man cultivates the soil for centuries, but the intensive business and use of the soils under Cerrado vegetation for agricultural production grew out of the seventies. The objective of this study was to evaluate soil physical characteristics as a function of sampling time and the soil uses in a Cerrado area in Uberlândia City – MG, Brazil. The managements were adopted: degraded pasture (M-1), conventional tillage (M-2), minimum tillage (M-3), tillage absence (M-4), no-tillage (NT) for three years (M-5); NT for nine years (M-6), NT for three years after *Pinus* (M-7), PD for one year after *Pinus* (M-8) and *Pinus* forest (M-9) with 25 years old. The evaluations were conducted in 2002/03 growing season, in two areas. The soils were: area 1, an Oxisol (Red Latosol - LV-1, M-1 through M-5) and area 2, two Oxisols (Red Latosol and Red-Yellow Latosol - LVA and LV-2, M-6 through M-9). The physical attributes studied changed depending of the soil class, sampling time and management systems, with emphasis on the area 2 soils, which, in general, better preserved its main physical attributes. Managements with intense tillage, such as the M-2, are the most soil physically degrade, presenting mostly negative changes to soil bulk density, total porosity, microporosity and macroporosity. Since the systems which promote less tillage, in short term, to preserve desirable physical attributes. The M-9 system had the lowest attributes range, compared to the others.

KEYWORDS: Sustainability. No-tillage. Conventional tillage. Cerrado soil. *Pinus* sp.

REFERÊNCIAS

- ABRÃO, P. U. R.; GOEPFERT, C. F.; GUERRA, M.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de um latossolo roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 169-172, 1979.
- ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.
- BAVOSO, M. A.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; PAULETTI, V. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 235-244, 2010.
- BORGES, E. N.; LOMBRDI NETO, F.; CORREA, G. F. & COSTA, L. M. Gesso e matéria seca vegetal na floculação de argila e na produção de soja em um latossolo vermelho-escuro com camada subsuperficial compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 125-130, 1997.
- BOUMA, J. Influence of soil macroporosity on environmental quality. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 46, n. 1, p. 1-37, 1991.
- CAMPBELL, D. J. Determination and use of soil bulk density in relation to soil compaction. In: SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. van (Ed.). **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 113-139.
- CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.
- CARPENEDO, V. **Compressibilidade de solos em sistemas de manejo**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994. 106f. (Tese de Doutorado)
- CINTRA, F. L. D.; MIELNICZUCK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 323-327, 1983.

CRUZ, A. C. R.; PAULETTO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B.. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 1105-1112, 2003.

CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F. FREITAS, P. L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 27-36, 2001.

DEXTER, A. R.; CZYŻ, E. A.; GATE, O. P. A method for prediction of soil penetration resistance. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 93, n. 1, p. 412-419, 2007.

DIAS JUNIOR, M. S. & PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 175-182, 1996.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**, Rio de Janeiro, 1982, 526p.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H. M.; BRONSON, R. D. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 329-333, 1983.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 515-524, 1999.

GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J. & FREITAS, F. C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 223-227, 2002.

GONTIJO, I.; DIAS JUNIOR, M. S.; GUIMARÃES, P. T. G.; ARAUJO-JUNIOR, C. F. Atributos físico-hídricos de um Latossolo de cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2227-2234, 2008.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction. **Advances in Soil Sciences**, Madison, v. 6, n. 1, p. 65-100, 1987.

HORN, R.; LEBERT, M. Soil compactability and compressibility. In: SOANE, B. D.; OUWERKERT, C. van (Ed.). **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 45-69.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENA, C. A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 11-18, 2001.

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Compressibilidade de três latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 211-218, 1999.

LANZANOVA, M. E.; ELTZ, F. L. F.; NICOLOSO, R. S.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J.; ROCHA, M. R. Atributos físicos de um Argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1333-1342, 2010.

- LARSON, W. E.; GUPTA, S. C. Estimating critical stress in unsaturated soils from changes in pore water pressure during confined compression. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n.6. p. 1127-1132, 1980.
- MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DIAS, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 703-709, 1999.
- NICOLOSO, R. DA S.; AMADO, T. J. C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1723-1734, 2008.
- OLIVEIRA, L. B. de. Determinação da macro e microporosidade pela mesa de tensão em amostras de com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 197-200, 1968.
- OLIVEIRA, M.; CURI, N.; FREIRE, J. C. Influência do cultivo na agregação de um podzólico vermelho-amarelo textura média/argilosa da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 317-322, 1983.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003.
- PEÑA, Y. A.; GOMES, A. S. & SOUSA, R. O. Influência de diferentes sistemas de cultivo nas propriedades físicas de um solo de várzea cultivado com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 517-523, 1996.
- PERECIN, D. & CAMPOS, D. A. F. Porosidade de solos: microestereometria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 139-143. 1978.
- PREVEDELLO, C. L. **Física do solo**. Curitiba: C. L. Prevedello, 1996. 446p.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1775-1781, 1994.
- SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 2485-2492, 2000.
- SILVEIRA, P. M. & STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 240-244, 2003.
- TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 301-309, 1998.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.