

QUALIDADE FÍSICA DE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE USO AGRÍCOLA

Physical quality of quartzarenic neosol submitted to different systems of agricultural use

Luís Eduardo de Oliveira Sales¹, Marco Aurélio Carbone Carneiro²,
Eduardo da Costa Severiano³, Geraldo César de Oliveira⁴, Mozart Martins Ferreira⁴

RESUMO

Apesar da existência de informações descritivas sobre solos arenosos das regiões tropicais, àquelas referentes ao manejo e conservação são escassas. No presente estudo, objetivou-se avaliar as alterações dos atributos físico-hídricos de um Neossolo Quartzarênico Órtico em função do uso e manejo com vistas à definição de sistemas de manejo sustentáveis. O estudo foi conduzido no município de Mineiros, GO, em áreas submetidas a cinco sistemas de uso e manejo do solo, sendo: Pastagem (PAS), Plantio direto de Soja (PDS) e de milho (PDM), Integração agricultura-pecuária (IAP) e cerrado nativo (CER). Coletaram-se cinco amostras por sistema nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm no inverno de 2005 e verão de 2006, para avaliação da densidade do solo, micro e macroporosidade e condutividade hidráulica do solo saturado. Os atributos físico-hídricos avaliados não variaram com a época de amostragem. Os valores de microporosidade indicam baixa retenção da água disponível às plantas. O uso agrícola do solo promoveu alterações em todos os atributos avaliados. A macroporosidade do solo foi o atributo mais sensível às alterações estruturais decorrentes do manejo, contudo, sem apresentar valores considerados limitantes ao crescimento das plantas. A redução da condutividade hidráulica do solo saturado em áreas de atividade antrópica comprometeu a qualidade do solo e pode afetar a recarga do lençol freático e aumentar o processo erosivo. A manutenção da cobertura vegetal do solo é considerada medida-chave para exploração agropecuária nessas áreas.

Termos para indexação: Manejo de solos arenosos, plantio direto, integração lavoura pecuária, alterações estruturais do solo.

ABSTRACT

In spite of the existence of descriptive information on sandy soils in tropical areas, information regarding management and conservation is scarce. The present study aimed at evaluating changes in the physical-hydric attributes of Orthic Quartzarenic Neosol resulting from use and management having in view the definition of sustainable management systems. The study was carried out in the municipal district of Mineiros, GO, in areas submitted to five systems of use and management of the soil: pasture (PAS), soybeans under no-till (PDS), corn under no-till (PDM), agriculture-livestock integration (IAP), and native savannah (NSAV). Five samples were collected per area, at the depths of 0-10 and 10-20 cm, in the winter of 2005 and in the summer of 2006, for evaluation of bulk density, micro and macroporosity, and saturated soil hydraulic conductivity. The physical-hydric attributes evaluated did not vary within the sampling period. Microporosity values indicate low retention of the water available to the plants. Agricultural land use of the soil promoted alterations in all the appraised attributes. The macroporosity of the soil was the attribute most sensitive to structural changes resulting from management, but it did not, however, present values considered limiting to plant growth. The reduction of saturated soil hydraulic conductivity in human activity areas endangered the quality of the soil and it can affect the recharge of the water table and increase the erosive process. Maintenance of the soil covering is considered the key measure for agricultural exploration in these areas.

Index terms: Sandy soils management, no-till, crop-cattle integration, soil structure change.

(Recebido em 22 de setembro de 2008 e aprovado em 16 de outubro de 2009)

INTRODUÇÃO

A utilização no processo produtivo de solos vulneráveis à degradação tem condicionado mudanças conceituais no que diz respeito ao uso do solo. Na região Centro-Oeste do Brasil, os incentivos fiscais e a valorização das terras com elevado potencial agrícola levaram à ocupação de solos considerados de baixa aptidão sem a

realização prévia da avaliação dessa capacidade de uso, resultando na adoção de sistemas de manejo inadequados.

Os solos arenosos são considerados ecologicamente muito frágeis, e o uso agrícola destes deveria ser evitado (Zuo et al., 2008). Contudo, na região sudoeste de Goiás, a ocorrência de Neossolos Quartzarênicos é comum e a sua utilização agrícola tem trazido prejuízos relacionados a problemas ambientais.

¹Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior – Mineiros, GO – *In memoriam*

²Universidade Federal Goiás/UFG – Campus de Jataí – Jataí, GO

³Instituto Federal de Educação – Ciência e Tecnologia Goiano/IFGoiano – Campus Rio Verde – Cx. P. 66 – 75901-970 – Rio Verde, GO – severianoec@yahoo.com.br

⁴Universidade Federal de Lavras/ UFLA – Departamento de Ciência do Solo/DCS – Lavras, MG

Apesar da elevada profundidade e permeabilidade desses solos (Embrapa, 2006), a textura arenosa ao longo do perfil é considerada uma séria limitação referente ao solo (Lepsch, 1991), e confere baixa coesão entre as partículas, tornando-os bastantes suscetíveis à erosão. Não é raro, após intervenção antrópica, a ocorrência de voçorocas (Ker et al., 1992), mesmo em áreas pouco declivosas, com consequências drásticas, particularmente relacionadas à contaminação e assoreamento dos cursos de água (Oliveira et al., 2001), e aumento dos riscos de desertificação (Corrêa, 1997).

Segundo Spera et al. (1999), existem muitas informações descritivas sobre os solos arenosos das regiões tropicais. Entretanto, aquelas referentes ao manejo e à conservação dos mesmos ainda são escassas. Apesar da baixa aptidão para o cultivo de lavouras de ciclo anual, várias áreas de ocorrências desses solos foram incorporadas ao processo de produção de grãos de maneira intensiva.

Nesse contexto, práticas de manejo conservacionistas como o plantio direto e a integração lavoura-pecuária podem minimizar o processo de degradação desses solos. Entretanto, as pesquisas relacionadas ao tema são recentes e, ainda, pouco conclusivas, tornando clara a necessidade de estudos mais específicos.

Com base nessas informações, esse trabalho, testou-se a hipótese científica de que os sistemas de uso agrícola do solo afeta, diferencialmente, os atributos físico-hídricos do solo, os quais podem ser utilizados como indicadores da sua qualidade física. Dessa forma, conduziu-se este estudo, com o objetivo de avaliar as alterações estruturais de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico em função do uso e manejo do mesmo com vistas à definição de sistemas de manejo sustentáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em áreas sob griddo do Instituto Ambiental “The Nature Conservancy” do Brasil, no município de Mineiros, GO, região do Alto Araguaia (18° 53’ de latitude sul e 53° 06’ de longitude oeste). Pelos critérios de Köppen, a região é classificada como sendo de clima tropical chuvoso Aw (quente e úmido, com verão úmido e inverno seco), apresentando temperatura média anual de 18 a 32 °C e precipitação pluvial média anual, em torno de 1700 mm, sendo que o período chuvoso estende-se de novembro a maio, ocasião em que são registradas mais de 80% do total das chuvas do ano. O fenômeno “veranico” ocorre em plena estação chuvosa, geralmente nos meses de janeiro

a março, normalmente com duração de cerca de 10 a 15 dias, podendo, eventualmente, prolongar-se por um tempo maior (Carneiro et al., 2009).

O relevo desta região varia de plano a suave ondulado, o que ajuda a explicar o avanço da agricultura intensiva. O solo foi classificado, segundo Embrapa (2006), como Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) e pertencente à classe VIs do sistema de capacidade de uso, segundo classificação de Lepsch (1991), tendo como principais limitações a textura arenosa ao longo do perfil, a baixa capacidade de troca de cátions e retenção de água, que se torna crítica, particularmente, nos anos que apresentam veranicos acentuados, além do risco de erosão mesmo em áreas pouco declivosas. Foram estudados cinco sistemas de manejo e uso do solo, descritos na Tabela 1.

No mês de agosto de 2005 (inverno), por ocasião do pastejo na área sob PAS e IAP e em abril de 2006, em pleno desenvolvimento da cultura de verão, foram feitas amostragens em cinco pontos de forma aleatória. Em cada sistema de manejo, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas em cilindros com volume médio de 335cm³, com auxílio do amostrador de Uhland, nas camadas de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm para avaliar os atributos físico-hídricos do solo.

As amostras deformadas foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm (TFSA) para análise granulométrica, pelo método de Bouyoucos e de densidade de partículas pelo método do balão volumétrico (Embrapa, 1997) (Tabela 2).

As amostras indeformadas foram inicialmente saturadas em bandejas de plástico com água destilada, na altura de mais ou menos $\frac{3}{4}$ de altura do cilindro pelo tempo de 24 h. Após o preenchimento dos poros por capilaridade, as amostras foram submetidas ao teste de permeabilidade, utilizando-se um permeâmetro de carga constante. A condutividade hidráulica do solo saturado foi estimada pela equação de Darcy-Willians para fluxo de água no solo. Para evitar o fluxo preferencial de água junto à parede do cilindro, usou-se um suporte coletor de água percolada, conforme descrito por Lima (1987).

Na sequência, as amostras saturadas foram submetidas à tensão de 6 kPa para determinação da microporosidade (Embrapa, 1997). Após a realização dos ensaios, as amostras foram secas em estufa, a 105°C, por 48 horas, para a determinação da densidade do solo (Ds). O volume total de poros (VTP) foi determinado segundo o método descrito em Embrapa (1997). A macroporosidade foi determinada pela diferença entre VTP e a microporosidade.

Os resultados dos atributos físicos do solo foram submetidos à análise de variância, segundo o delineamento inteiramente casualizado. As comparações das médias foram realizadas pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a área sob vegetação natural de Cerrado (CER) como referência, observa-se que, independente da camada ou da época de amostragem, todas as áreas sob interferência antrópica apresentaram incremento na densidade do solo (Ds) (Tabela 3), o que demonstra o efeito do manejo sobre esse atributo. Esse fato tem sido relatado por vários autores como o resultado do tráfego de máquinas e implementos agrícolas e do pisoteio de animais em sistemas de pastagem (Oliveira et al., 2007; Severiano et al., 2008), que atuam diretamente sobre a estrutura do solo.

Entre os sistemas de manejo, a menor Ds foi observada no PDM para a camada de 0 a 10 cm (Tabela 3), o que está relacionado com o cultivo contínuo do milho sob sistema plantio direto, uma vez que o sistema radicular

dessa planta apresenta maior densidade, matéria seca total e decomposição mais lenta, em comparação às espécies de leguminosas (Derpsch et al., 1991).

Apesar do incremento na Ds, salienta-se que os valores observados em todos os sistemas agrícolas não são considerados críticos ao desenvolvimento radicular das plantas, que estaria em torno de $1,75 \text{ kg dm}^{-3}$ para solos arenosos (Corsini & Ferraud, 1999). Os resultados demonstram que os incrementos, em geral, foram inferiores a 10% em relação ao CER.

Quando o manejo é realizado adequadamente, com o tráfego controlado e/ou pressão de pastejo adequada (Oliveira et al., 2007), o aumento na densidade do solo mesmo nos arenosos, como consequência da compactação não deve ser considerado permanente, uma vez que, após a morte e decomposição do sistema radicular, serão formados bioporos, levando ao aumento da aeração e da infiltração de água no solo (Stone & Silveira 2001).

Em Neossolos Quartzarênicos, esse fato pode ser potencializado, dado a baixa coesão entre as partículas, em razão do baixo teor de agentes cimentantes. Assim, sugere-se que os valores de Ds encontrados nos sistemas

Tabela 1 – Descrição e histórico de uso e manejo das áreas estudadas no Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no município de Mineiros, GO.

Sistema	Sigla	Histórico de uso
Pastagem	PAS	Pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> desde 1993.
Plantio direto de soja	PDS	Pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> até 2001 (10 anos). Soja (<i>Glycine max</i>) em sistema plantio direto com a semeadura de <i>Brachiaria decumbens</i> na entressafra para produção de cobertura morta.
Plantio direto de milho	PDM	Pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> até 2001 (10 anos). Milho (<i>Zea mays</i>) em sistema plantio direto com a semeadura conjunta de <i>Brachiaria decumbens</i> para produção de cobertura morta.
Integração agricultura-pecuária	IAP	Pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> até 2001 (10 anos). Integração Agricultura Pecuária com o cultivo da soja na safra de verão e milho com semeadura conjunta de <i>Brachiaria decumbens</i> em safrinha. Após a colheita do milho ocorre a formação da pastagem.
Cerrado nativo	CER	Área de cerrado nativo com mata fechada apresentando serrapilheira espessa, sem intervenção antrópica.

Tabela 2 – Caracterização física do Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) do município de Mineiros, GO⁽¹⁾.

Camada --- (cm) ---	Dp kg dm ⁻³	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
		----- (g kg ⁻¹) -----			
0 a 10	2,60	147	773	37	43
10 a 20	2,62	140	780	36	44
Média	2,61	144	776	37	43

⁽¹⁾ Média de 5 repetições; Dp: Densidade de partículas.

avaliados possam estar relacionados com a acomodação do solo após os primeiros anos de implantação do sistema, revertendo dessa forma, a compactação inicialmente provocada (Vieira & Muzilli, 1984; Tormena et al., 1998; Stone & Silveira, 2002).

Na tabela 4, observa-se a influência dos sistemas de manejo sob a microporosidade do solo apenas para a camada superficial e no período de inverno. O incremento desse atributo do solo, quando submetido ao uso agrícola, tem sido relatado por vários autores, como resultado da compactação do solo, promovendo a transformação de parte dos macroporos em microporos (Silva et al., 2006; Oliveira et al., 2007).

Mesmo com diferenciação da microporosidade em alguns sistemas de manejo, em relação ao solo sob

condição natural (Tabela 4), salienta-se que esses valores podem ser considerados baixos, o que é comum nessa classe de solo, uma vez que a distribuição do espaço poroso apresenta relação direta com a granulometria. Essa característica do solo em questão deve ser analisada com cautela no manejo adotado, por se tratar de poros de retenção da água disponível às plantas (Mello et al., 2002; Severiano et al., 2009).

Considerando que, em condições naturais, a porosidade de aeração é elevada nesta classe de solo, destaca-se que o aumento na microporosidade decorrente da redução de parte dos macroporos pode ser benéfico por aumentar a retenção de água disponível, salientando a frequente ocorrência de veranicos durante o desenvolvimento da cultura, o que torna a prática agrícola

Tabela 3 – Distribuição temporal da densidade do solo (D_s , kg dm^{-3}) do Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo), sob diferentes sistemas de uso e manejo, em duas épocas de coleta ⁽¹⁾.

Sistema	Camada de 0 a 10 cm			Camada de 10 a 20 cm		
	Inverno	Verão	Média	Inverno	Verão	Média
	----- (kg dm^{-3}) -----			----- (kg dm^{-3}) -----		
PAS	1,56Aa	1,56Aa	1,56Aa	1,52Aa	1,52Aa	1,52Ba
PDS	1,55Aa	1,56Aa	1,56Aa	1,53Aa	1,52Aa	1,53Ba
PDM	1,53Ab	1,53Ab	1,53Ab	1,51Aa	1,51Aa	1,51Ba
IAP	1,57Aa	1,57Aa	1,57Aa	1,52Aa	1,53Aa	1,53Ba
CER	1,43Ac	1,40Ac	1,42Ac	1,42Ab	1,39Ab	1,41Ab

⁽¹⁾: Para cada sistema, médias das camadas seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas, e para cada camada, média das épocas (inverno e verão) seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas, e média dos sistemas seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (média de cinco repetições); Inverno: agosto de 2005; Verão: abril de 2006; PAS: Pastagem; PDS: Plantio direto de soja; PDM: Plantio direto de milho; IAP: Integração agricultura-pecuária; CER: Cerrado nativo.

Tabela 4 – Distribuição temporal da microporosidade ($\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$) do Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo), sob diferentes sistemas de uso e manejo, em duas épocas de coleta e em duas camadas⁽¹⁾.

Sistema	Camada de 0 a 10 cm			Camada de 10 a 20 cm		
	Inverno	Verão	Média	Inverno	Verão	Média
	----- ($\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$) -----			----- ($\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$) -----		
PAS	0,15Aab	0,15Aa	0,15Aa	0,14Aa	0,14Aa	0,14Aa
PDS	0,14Ab	0,14Aa	0,14Aa	0,14Aa	0,14Aa	0,14Aa
PDM	0,14Ab	0,14Aa	0,14Aa	0,13Aa	0,13Aa	0,13Aa
IAP	0,16Aa	0,14Aa	0,15Aa	0,14Aa	0,13Aa	0,14Aa
CER	0,14Ab	0,14Aa	0,14Aa	0,13Aa	0,13Aa	0,13Aa

⁽¹⁾: Para cada sistema, médias das camadas seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas, e para cada camada, média das épocas (inverno e verão) seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas, e média dos sistemas seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (média de cinco repetições); Inverno: agosto de 2005; Verão: abril de 2006; PAS: Pastagem; PDS: Plantio direto de soja; PDM: Plantio direto de milho; IAP: Integração agricultura-pecuária; CER: Cerrado nativo.

nessas áreas uma atividade de alto risco. Somado a isto, o acúmulo de cobertura morta na superfície do solo, além de promover restrições às perdas por capilaridade, reduz a temperatura do solo em todo perfil (Muzilli, 1983), contribuindo para manutenção do maior grau de umidade.

Portanto, a adoção do sistema plantio direto nessas áreas pode aumentar a possibilidade de uso agropecuário, uma vez que, além de reduzir a evapotranspiração, promovendo a economia de água (Andrade et al., 2002), a deposição de palhada na superfície do solo passa a atuar como dissipador da energia cinética da chuva, protegendo-o contra a desagregação por salpico, e também, após a sua decomposição, como agente cimentante das partículas do solo, melhorando a sua agregação (Cunha et al., 2007).

Entre todos os atributos avaliados, a macroporosidade foi aquele que apresentou maiores alterações em decorrência do manejo, o que demonstra a sensibilidade desse atributo perante aos impactos provocados pelas atividades antrópicas (Tabela 5). As maiores alterações foram observadas na camada superficial dos sistemas com pastejo (PAS e IAP), com valores aproximadamente 30% inferiores ao CER, refletindo o efeito do pisoteio animal (Colet et al., 2009)”. Esses resultados corroboram aqueles apresentados por Mello (2001), que trabalhando com pastejo rotacionado com sorgo forrageiro e alta taxa de lotação de animais, detectou compactação do solo. Bertol et al. (2001) e Oliveira et al. (2004) também detectaram redução desse atributo do solo em sistema plantio direto.

Embora a densidade do solo seja a medida quantitativa mais direta no diagnóstico da compactação, a granulometria do solo exerce forte influência sobre esse atributo, limitando, assim, a escolha de um valor absoluto

que possa ser utilizado como referência para solos de diferentes classes texturais (Camargo & Alleoni, 1997; Reichert et al., 2009). Por outro lado, a macroporosidade do solo inferior a $0,10 \text{ dm}^3 \text{ dm}^{-3}$ é associada à condições estruturais desfavoráveis ao pleno desenvolvimento das plantas (Oliveira et al., 2007; Severiano et al., 2008). Apesar da redução dessa propriedade (Tabela 5), salienta-se que os valores encontrados foram no mínimo 100% superiores ao considerado como limitante ao crescimento das plantas, corroborando com resultados encontrados por Carneiro et al. (2009) para essa classe de solo.

Dada à estreita relação entre a macroporosidade e a permeabilidade do solo (Sales et al., 1999; Reichert et al., 2009), observa-se pela tabela 6 que todos os sistemas de manejo apresentaram condutividade hidráulica do solo saturado inferior ao CER. O mesmo comportamento entre todos os sistemas com interferência antrópica se deve aos impactos do manejo sobre a estrutura do solo (Raper, 2005).

Todos os sistemas avaliados apresentaram condutividade hidráulica do solo saturado superior aos valores considerados como indicadores de compactação do solo (Reichert et al., 2009), corroborando com os valores não limitantes de D_s e macroporosidade (Tabelas 3 e 5).

Segundo a classificação proposta pela Soil Survey (United State Department of Agriculture-USDA, 1993), a condutividade hidráulica do solo saturado encontrada nas diferentes áreas sob manejos avaliados, pode ser considerada alta. Ressalta-se, entretanto, que mesmo os valores encontrados, sendo assim classificada, a redução imposta pelo uso agrícola em relação à área de Cerrado (Tabela 6), podem comprometer a recarga do lençol freático, destacando que a área em estudo está inserida e é

Tabela 5 – Distribuição temporal da macroporosidade ($\text{dm}^3 \text{ dm}^{-3}$) do Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo), sob diferentes sistemas de uso e manejo, em duas épocas de coleta e em duas camadas⁽¹⁾.

Sistema	Camada de 0 a 10 cm			Camada de 10 a 20 cm		
	Inverno	Verão	Média	Inverno	Verão	Média
	----- ($\text{dm}^3 \text{ dm}^{-3}$) -----			----- ($\text{dm}^3 \text{ dm}^{-3}$) -----		
PAS	0,22Ac	0,22Ac	0,22Bc	0,25Abc	0,25Ab	0,25Ab
PDS	0,24Ab	0,24Ab	0,24Ab	0,25Abc	0,25Ab	0,25Ab
PDM	0,25Ab	0,25Ab	0,25Ab	0,26Ab	0,26Ab	0,26Ab
IAP	0,21Ac	0,23Ac	0,22Bc	0,24Ac	0,26Ab	0,25Ab
CER	0,29Aa	0,30Aa	0,30Aa	0,32Aa	0,32Aa	0,32Aa

⁽¹⁾: Para cada sistema, médias das camadas seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas, e para cada camada, média das épocas (inverno e verão) seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas, e média dos sistemas seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (média de cinco repetições); Inverno: agosto de 2005; Verão: abril de 2006; PAS: Pastagem; PDS: Plantio direto de soja; PDM: Plantio direto de milho; IAP: Integração agricultura-pecuária; CER: Cerrado nativo.

Tabela 6 – Distribuição temporal da condutividade hidráulica do solo saturado (mm h^{-1}) do Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo), sob diferentes sistemas de manejo, em duas épocas de coleta e em duas camadas⁽¹⁾.

Sistema	Camada de 0 a 10 cm			Camada de 10 a 20 cm		
	Inverno	Verão	Média	Inverno	Verão	Média
	----- (mm h ⁻¹) -----			----- (mm h ⁻¹) -----		
PAS	66,06 Ab	69,87 Ab	67,96 Ab	71,32 Ab	73,90 Ab	72,61 Ab
PDS	71,59 Ab	75,83 Ab	73,71 Ab	76,22 Ab	77,87 Ab	77,05 Ab
PDM	71,47 Ab	75,04 Ab	73,26 Ab	76,63 Ab	76,94 Ab	76,79 Ab
IAP	58,31 Ab	60,43 Ab	59,37 Ab	78,15 Ab	78,26 Ab	78,21 Ab
CER	197,46 Aa	203,29 Aa	200,38 Aa	202,26 Aa	209,30 Aa	205,78 Aa

⁽¹⁾: Para cada sistema, médias das camadas seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas, e para cada camada, média das épocas (inverno e verão) seguidas pelas mesmas letras maiúscula nas linhas, e média dos sistemas seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (média de cinco repetições); Inverno: agosto de 2005; Verão: abril de 2006; PAS: Pastagem; PDS: Plantio direto de soja; PDM: Plantio direto de milho; IAP: Integração agricultura-pecuária; CER: Cerrado nativo.

representativa de uma importante zona de abastecimento do Aquífero Guarani, onde se encontram, também, importantes nascentes do Rio Araguaia, salientando ainda que a redução da condutividade hidráulica do solo saturado pode acelerar o processo erosivo e o assoreamento dos cursos de água (Oliveira et al., 2001).

CONCLUSÕES

O uso agrícola do solo promoveu alterações em todos os atributos avaliados, sendo a macroporosidade do solo o mais sensível às intervenções decorrentes do manejo;

A redução da condutividade hidráulica do solo saturado em áreas de atividade antrópica comprometeu a qualidade do solo e pode afetar a recarga do lençol freático e aumentar o processo erosivo.

A manutenção da cobertura vegetal do solo é considerada a medida-chave para exploração agropecuária em Neossolos Quartzarênicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R.S.; MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F.; CARVALHO, J.A. Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.35-58, 2002.

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetado pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n. 3, p.555-560, 2001.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.33, n.1, p.147-157, 2009.

COLET, M. J.; SVERZUT, C. B.; WEIRICH NETO, P. H.; SOUZA, Z. M. de. Alteração em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p.361-368, mar./abr., 2009.

CORRÊA, A.A.M. O deserto de Jalapão. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.3, p.134-136, 1997.

CORSINI, P.C.; FERRAUDO, S.A. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.289-298, 1999.

CUNHA, E.Q.; BALBINO, L.C.; STONE, L.F.; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA, G.C. Influência de rotações de culturas nas propriedades físico-hídricas de um latossolo vermelho em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.665-674, 2007.

- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionistas do Solo. Eschborn: GTZ/IAPAR, 1991. 268p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA BRASILEIRA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA BRASILEIRA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO JÚNIOR, W.; CARVALHO FILHO, A. Cerrados: solos, aptidão e potencialidade agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1992. p.1-31.
- LEPSCH, I.F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário de meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.
- LIMA, J.M. **Relação entre erosão, teor de ferro, parâmetros físicos e mineralógicos de solos da região de Lavras (MG)**. 1987. 86f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1987.
- MELLO, C.R.; OLIVEIRA, G.C.; RESCK, D.V.S.; LIMA, J.M.; DIAS JÚNIOR, M.S. Estimativa da capacidade de campo baseada no ponto de inflexão da curva característica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.4, p.836-841, 2002.
- MELLO, L.M.M. **Integração agricultura-pecuária em plantio direto**: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico. 2001. 72p. Tese (Livre Docência)-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2001.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.7, n.1, p.95-102, 1983.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.327-336, 2004.
- OLIVEIRA G.C.; SEVERIANO, E.C.; MELLO, C.R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.3, p.265-270, 2007.
- OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.4, p.863-871, 2001.
- RAPER, R.L. Agricultural traffic impacts on soil. **Journal of Terramechanics**, v.42, n.3, p.259-280, 2005.
- REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.102, n.2, p.242-254, 2009.
- SALES, L.E.O.; FERREIRA, M.M.; OLIVEIRA, M.S.; CURI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2091-2095, 1999.
- SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; CURI, N.; DIAS JÚNIOR, M.S. Potencial de uso e qualidade estrutural de dois solos cultivados com cana-de-açúcar em Goianésia, GO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.1, p.159-168, 2009.
- SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; OLIVEIRA, L.F.C.; CASTRO, M.B. Pressão de preconsolidação e intervalo hídrico ótimo como indicadores de alterações estruturais do solo em decorrência das operações de colheita da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1419-1427, 2008.

SILVA, S.R.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M. Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.4, p.842-847, 2006.

SPERA, S.T.; REATTO, A.; MARTINS, E.S.; CORREIA, J.R.; CUNHA, T.J.F. **Solos areno-quartzosos no Cerrado**: problemas, características e limitações ao uso. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 48p. (Documentos, 7).

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.2, p.395-401, 2001.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um

Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.4, p.573-581, 1998.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Soil survey manual**: soil conservation service. Washington, 1993. (Handbook, 18).

VIEIRA, M.J.; MUZZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.7, p.873-882, jul. 1984.

ZUO, X.; ZHAO, H.; ZHAO, X.; ZHANG, T.; GUO, Y.; WANG, S.; DRAKE, S. Spatial pattern and heterogeneity of soil properties in sand dunes under grazing and restoration in Horqin Sandy Land, Northern China. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.99, n.2, p.202-212, 2008.