

# Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos

Zigomar Menezes de Souza\* e Marlene Cristina Alves

*Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia/Unesp, Campus de Ilha Solteira, C. P. 31, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. e-mail: zigomar@fcav.unesp.br*

**RESUMO.** O cultivo intensivo do solo e o seu preparo em condições inadequadas alteram suas características físicas e teor de matéria orgânica em graus variáveis com a sua natureza. Dependendo da intensidade dessas modificações, tais alterações podem produzir condições limitantes ao desenvolvimento dos vegetais em detrimento da produtividade, além de grandes perdas de solo por erosão hídrica. Foi conduzido um estudo com o objetivo de avaliar as modificações das propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico sob vegetação de cerrado para diferentes condições de uso e de manejo do solo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 10 repetições, constando os seguintes usos e manejos: semeadura direta; preparo convencional; cultivo mínimo; vegetação nativa (cerrado); área com pastagem e área com cultura de seringueira. Foram analisadas as seguintes propriedades físicas: densidade do solo, porosidade do solo, resistência à penetração, umidade do solo nas profundidades de 0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m e matéria orgânica. Os usos e manejos empregados induziram à degradação das propriedades físicas do solo em relação à vegetação nativa, quantificada através de maiores valores de densidade do solo, resistência à penetração e microporosidade e menores valores de macroporosidade, porosidade total e matéria orgânica. O cultivo mínimo revelou-se como o sistema de manejo com melhores resultados, quando comparado ao sistema de vegetação nativa, mostrando valores mais baixos de resistência à penetração e densidade do solo e maior porosidade e teor de matéria orgânica. Os sistemas de pastagem e seringueira foram os menos eficientes em manter a qualidade do solo.

**Palavras-chave:** manejo do solo, densidade do solo, porosidade e resistência à penetração.

**ABSTRACT. Physical properties and organic matter of a savanna red latosol under different use and management.** The intensive cropping and soil tillage in unsuitable conditions can change its physical characteristics and organic matter content in variable degrees according to its nature. Depending on the intensity of these alterations, they can lead to limit conditions to plant growth and yield. In addition, huge amount of soil is lost by runoff. The aim of this study was to evaluate the physical alterations of a red latosol under savanna vegetation submitted to different use and management. A completely randomized design with 6 treatments and 10 replicates was used. The treatments, use and managements were: no-tillage, conventional system, minimum tillage, native vegetation (savanna), pasture, and rubber-tree crop. The following physical attributes were evaluated: bulk density, soil porosity and soil penetration resistance at 0.00-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m depth and organic matter. All soil use and management caused degradation of soil physical properties as compared to the native vegetation system. The management and use applied were attested through the increase of bulk density, soil penetration resistance, microporosity and reduction of the macroporosity, total porosity and organic matter. The minimum tillage was the best management system when compared to the native vegetation system. The former showed lower soil penetration resistance and bulk density values as well as higher porosity and organic matter content. Pasture and rubber-tree crop system were the least efficient in maintaining the soil quality.

**Key words:** soil management, bulk density, porosity and soil penetration resistance.

## Introdução

A ação do homem no sistema solo-água-planta-atmosfera para a produção de alimentos tende a ocasionar alterações, muitas vezes positivas, como a

melhoria das condições para o desenvolvimento e proteção das plantas, outras vezes negativas, como a degradação do solo e a poluição do ambiente. O solo é um dos principais suportes da produção agrícola,

sendo seu comportamento regido por um complexo conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos, submetidos à ação do clima, que interagem e tendem ao equilíbrio. O homem, através das práticas agrícolas, interfere neste sistema, alterando as propriedades físico-hídricas, químicas e biológicas do solo.

O preparo, uma das principais operações de manejo do solo, objetiva, entre outros, criar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas, erradicar plantas daninhas e manejar resíduos culturais, aumentando a porosidade total na camada preparada. No entanto, seu principal efeito geralmente é refletido na perda de qualidade estrutural do solo (Carpenedo e Mielniczuk, 1990; Silva e Mielniczuk, 1997; Cavenage *et al.*, 1999). Isso ocorre principalmente quando o preparo é executado com excessiva intensidade e em solo com condições inadequadas de umidade, o que justifica sua redução e, se possível, a completa eliminação. Nos preparos conservacionistas, especialmente a semeadura direta, o não-revolvimento do solo acarreta a consolidação da superfície em alguns tipos de solo.

O sistema de preparo convencional com grade aradora tem sido o sistema mais utilizado no cerrado brasileiro, promovendo redução no teor de matéria orgânica, comprometendo a sustentabilidade da atividade agrícola (Stone e Silveira, 2001). A adoção do sistema de semeadura direta e cultivo mínimo na Região Central do Brasil, pode ser uma alternativa ao sistema convencional de preparo do solo e contribuir para a sustentabilidade de sistemas agrícolas intensivos, por manter o solo coberto por restos culturais ou por plantas vivas o ano inteiro, minimizando os efeitos da erosão, e por manter o teor de matéria orgânica (Albuquerque *et al.*, 1995; Carvalho *et al.*, 1999).

As alterações que ocorrem na estrutura do solo, evidenciando-se por modificações nos valores de densidade, afetam a sua resistência à penetração, à porosidade total, à distribuição do diâmetro dos poros e sua porosidade de aeração, a armazenagem e a disponibilidade de água às plantas, a dinâmica da água na superfície e no seu perfil, bem como a consistência e a máxima compactabilidade do solo (Klein *et al.*, 1998). A resistência do solo à penetração aumenta com a compactação do solo, sendo restritiva ao crescimento radicular acima de valores que variam de 1,5 a 3,0 MPa, conforme Grant e Lanfond (1993); e de 2,0 a 4,0 MPa, segundo Arshad *et al.* (1996), sendo admitidos valores superiores no sistema de semeadura direta, na ordem de 5,0 MPa, observados por Ehlers *et al.* (1983).

O ideal para o solo seria o uso e o manejo que estabelecessem uma associação conveniente dessas propriedades, de modo a possibilitar condições cada vez melhores para o desenvolvimento vegetal, promovendo, conseqüentemente, menores perdas de solo e de água e, por fim, maior produtividade associada à qualidade ambiental. Considerando a influência dos diferentes tipos de usos e manejos sobre as propriedades do solo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as modificações dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos.

### Material e métodos

O estudo foi conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", situada à margem direita do rio Paraná, no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, localizada geograficamente nas coordenadas 20° 22' S e 51° 22' W. O tipo climático, segundo a metodologia de Köppen, é Aw, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, estando a umidade relativa dos meses mais chuvosos entre 60% e 80%. A vegetação original encontrada na área foi descrita como sendo do tipo cerrado e o solo da área em estudo foi previamente classificado como Latossolo Vermelho-escuro álico, textura argilosa (Demattê, 1980). Através do levantamento detalhado efetuado por Demattê (1980), e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos Embrapa (1999), o solo utilizado no presente trabalho foi um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (LVd).

As áreas de estudo foram as seguintes: 1. cerrado (vegetação nativa); 2. cultivo mínimo - escarificação e gradagem leve - (culturas anuais); 3. pastagem (*Brachiaria decumbens*); 4. preparo convencional - gradagem pesada (aradora) e gradagem leve (niveladora) - (culturas anuais); 5. semeadura direta (culturas anuais); e 6. área com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). As áreas com semeadura direta e cultivo mínimo estão sendo utilizadas com esses sistemas de preparo há 8 anos. O preparo convencional e a seringueira apresentam 16 anos de uso e a pastagem tem 20 anos de instalação. Em cada área de estudo as amostras foram coletadas ao acaso em três profundidades (0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m).

A área com vegetação nativa onde predominam as formas arbustivas em solo profundo, pouco fértil,

conhecida como cerrado, foi desmatada em 1978, sendo que em 1990 implantou-se o sistema convencional, semeadura direta e cultivo mínimo. Os sistemas de semeadura direta e cultivo mínimo apresentam uma seqüência de culturas com leguminosas e gramíneas como feijão (*Phaseolus vulgaris*), milho (*Zea mays L.*), soja (*Glycine Max (L) Merrill*) e aveia preta (*Avena strigosa Schieb*); o manejo de plantas invasoras tem sido efetuado com herbicidas. No sistema de preparo convencional, as culturas utilizadas são o milho (*Zea mays L.*) e a soja (*Glycine Max (L) Merrill*). Efetuou-se a calagem antes da implantação dos sistemas semeadura direta, cultivo mínimo e preparo convencional, com o objetivo de elevar a saturação por bases a 60%. As culturas de feijão, milho e soja receberam adubação anual de 200 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-30-10. As áreas de pastagem (*Brachiaria decumbens*) e seringueira só receberam calagem e adubação nas suas implantações.

Para cada área em estudo de 100 x 100 m (1 ha), a amostragem de solo foi realizada em julho de 1999, objetivando as seguintes determinações: a) análise granulométrica foi realizada por meio do método da pipeta (Embrapa, 1997); b) macroporosidade, microporosidade e porosidade total - as amostras indeformadas foram coletadas em anéis volumétricos com capacidade de 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>, e o método empregado para a determinação desses atributos foi o da drenagem das amostras em "mesa de tensão", segundo Embrapa (1997); c) densidade do solo - com as mesmas amostras coletadas para caracterizar a porosidade, determinou-se a densidade do solo, usando o método da Embrapa (1997); d) umidade do solo - a umidade, a base de massa, foi determinada através do método da pesagem (Embrapa, 1997); e) resistência à penetração - efetuaram-se determinações com penetrômetro no mês de outubro de 1999, utilizando um penetrômetro modelo Solotest 1.210.001. A matéria orgânica foi determinada conforme o procedimento descrito por Raij e Quaggio (1983).

Os efeitos dos sistemas de uso do solo sobre suas propriedades físicas, nas diferentes profundidades estudadas, foram verificados a partir da análise de variância, segundo um delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições. A diferença entre as médias foi comparada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### Resultados e discussão

Na Tabela 1 estão apresentados os dados referentes à densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo, nas diferentes áreas e profundidades. Com relação à

densidade do solo, observa-se, na camada de 0,00-0,10 m, que o menor valor encontrado foi no cerrado, o qual não diferiu somente da área com cultivo mínimo. As áreas de semeadura direta e preparo convencional não diferiram estatisticamente entre si, e os maiores valores encontrados para este atributo foram referentes às áreas com pastagem e seringueira.

Na camada de 0,10-0,20 m, novamente observou-se que o cerrado e cultivo mínimo apresentaram os menores valores médios para a densidade do solo, diferindo estatisticamente dos demais sistemas, e a pastagem apresentou o maior valor para este atributo nessa profundidade. Na camada de 0,20-0,40 m verificou-se que a pastagem e o preparo convencional apresentaram os maiores valores para este atributo, diferindo estatisticamente dos demais sistemas. Os sistemas com cerrado, semeadura direta, cultivo mínimo e seringueira apresentaram os menores valores para densidade do solo e não diferiram estatisticamente entre si, provavelmente devido ao pequeno efeito das máquinas agrícolas nessa profundidade.

Foi observado um aumento da densidade do solo nos diversos manejos em relação ao cerrado nativo (Tabela 1). Comportamento semelhante foi verificado em trabalhos de Leite e Medina (1984), Côrrea (1985), Cavenage *et al.* (1999), Bertol *et al.* (2000) e Centurion *et al.* (2001).

A densidade do solo aumentou em todos os sistemas de manejo, com o aumento da profundidade de 0,00-0,10 m para 0,10-0,20 m, com exceção da área com seringueira. O resultado apresentado na área com cerrado é o comportamento natural esperado, devido principalmente à diminuição da matéria orgânica e ao peso das camadas subjacentes. Na área com preparo convencional e cultivo mínimo, a densidade foi menor na camada de 0,00-0,10 m em razão do efeito de preparo do solo, ou seja, com a mobilização superficial do solo aumenta-se a porosidade, diminuindo a densidade do solo.

Na profundidade de 0,00-0,10 m, a mobilização mecânica do solo advinda da escarificação (cultivo mínimo) e/ou do convencional tendeu a reduzir os valores da densidade do solo quando comparado com o cerrado, porém, com intensidades diferentes, sendo que estes resultados estão de acordo com Fernandes *et al.* (1983) e Stone e Silveira (2001). No sistema de semeadura direta, a tendência do aumento da densidade do solo em relação ao cerrado, nos primeiros anos do sistema, deve-se ao arranjo natural que o solo tende a apresentar quando deixa de ser submetido à manipulação

mecânica. Entretanto, com o passar dos anos, é de se esperar que a densidade do solo diminua, devido ao aumento da matéria orgânica na camada superficial, que favorece um melhor desenvolvimento da agregação do solo (Carpenedo e Mielniczuk, 1990; Dao, 1996).

Nas áreas de seringueira e pastagem, que receberam mobilização apenas no momento da instalação, ocorreu, portanto, uma acomodação da camada superficial, a qual, conjuntamente com o tráfego de máquinas para efetuar as atividades de manutenção da seringueira, levou ao aumento da densidade do solo. Especificamente na área com pastagem, associa-se aos valores mais altos da densidade do solo, quando comparados aos demais tratamentos, além da degradação da estrutura pelo pisoteio dos animais, a própria textura do solo dessa área (Tabela 2). Apesar de se tratar da mesma classe taxonômica, o solo na área com pastagem apresentou maior quantidade de areia (Tabela 2); resultado semelhante quanto ao pisoteio animal também foi encontrado por Centurion *et al.* (2001) em um Latossolo Vermelho. Verifica-se através da Tabela 1, que o sistema de cerrado apresentou a maior proporção de macroporos nas 3 profundidades estudadas, sendo que na profundidade de 0,00-0,10 m não diferiu estatisticamente do sistema de cultivo mínimo; na profundidade de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m diferiu de todos os tratamentos. Nota-se que os sistemas de seringueira, pastagem, convencional e semeadura direta não diferiram estatisticamente entre si na camada de 0,10-0,20 m e apresentaram baixos valores para este atributo. Observa-se que os valores médios de macroporosidade para os sistemas de cerrado, cultivo mínimo, semeadura direta, pastagem e convencional diminuíram em profundidade, e para o sistema de seringueira houve um aumento em profundidade.

O sistema de cultivo mínimo foi o que mais se aproximou das condições físicas naturais, não diferindo estatisticamente da área de cerrado. Segundo Lamarca (1992), o cultivo mecanizado do solo favorece a formação de macroporos, e, com isso, o desenvolvimento radicular e vegetativo das plantas são favorecidos. Tal condição ocorre somente nos primeiros meses que se sucedem ao preparo, pois a compactação e, por conseqüência, a redução da porosidade de solos submetidos ao cultivo mecanizado, iniciam-se ao mesmo momento em que é finalizada a semeadura (Cassel, 1985).

Nas áreas com cerrado, semeadura direta, cultivo mínimo, pastagem e preparo convencional, quando comparou-se a macroporosidade em profundidade dentro de cada área, esta apresentou-se menor na

camada superficial (0,00-0,10 m), pelo fato da densidade ter sido maior. Nota-se a íntima relação do volume de macroporos com a densidade do solo, o que também foi verificado Da Ros *et al.* (1997).

**Tabela 1.** Comparação das médias da densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ), macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), microporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) e porosidade total ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) em função dos tratamentos e das profundidades estudadas

Tratamento	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Densidade do solo ( $\text{kg .dm}^{-3}$ )			
Cerrado	1,17 Cb	1,29 Da	1,28 Ba
Semeadura Direta	1,35 Bb	1,44 Ba	1,29 Bc
Cultivo mínimo	1,19 Cb	1,31 Da	1,30 Ba
Seringueira	1,45 Aa	1,36 Cb	1,23 Bc
Pastagem	1,49 Ab	1,59 Aa	1,40 Ab
Convencional	1,39 Bb	1,46 Ba	1,35 Aa
CV= 4,11 %	CV=3,72 %		
DMS(5 %)=0,16	DMS(5 %)=0,05		
Macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )			
Cerrado	0,26 Aa	0,19 Ab	0,17 Ab
Semeadura Direta	0,17 Ba	0,09 Cb	0,12 Bb
Cultivo mínimo	0,23 Aa	0,16 Bb	0,15 Bb
Seringueira	0,09 Cb	0,11 Cb	0,14 Ba
Pastagem	0,16 Ba	0,09 Cb	0,13 Bb
Convencional	0,12 Ca	0,08 Cb	0,11 Bb
CV=22,23 %	CV=3,72 %		
DMS(5 %)=0,16	DMS(5 %)=0,05		
Microporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )			
Cerrado	0,28 Bb	0,31 Ca	0,34 Ba
Semeadura Direta	0,33 Ab	0,36 Aa	0,37 Aa
Cultivo mínimo	0,35 Ab	0,37 Aa	0,38 Aa
Seringueira	0,35 Aa	0,34 Ba	0,35 Ba
Pastagem	0,24 Ca	0,26 Da	0,26 Ca
Convencional	0,35 Ab	0,37 Aa	0,38 Aa
CV=4,83 %	CV=3,71 %		
DMS(5 %)=0,02	DMS(5 %)=0,01		
Porosidade total ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )			
Cerrado	0,54 Aa	0,51 Ab	0,50 Ab
Semeadura Direta	0,50 Ba	0,45 Bb	0,49 Aa
Cultivo mínimo	0,53 Aa	0,52 Aa	0,53 Aa
Seringueira	0,44 Db	0,45 Bb	0,51 Aa
Pastagem	0,41 Ca	0,35 Cb	0,40 Ba
Convencional	0,49 Ba	0,45 Bb	0,49 Aa
CV=6,16 %	CV=3,88 %		
DMS(5 %)=0,06	DMS(5 %)=0,02		

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Observa-se, na Tabela 1, que os resultados da microporosidade nos sistemas de manejo convencional, semeadura direta, cultivo mínimo e seringueira não diferiram estatisticamente entre si na camada de 0,00-0,10 m. Na camada de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, os sistemas de semeadura direta, cultivo mínimo e convencional não diferiram estatisticamente entre si e foram os sistemas de manejo que apresentaram os maiores valores para este atributo do solo. Verifica-se que a microporosidade do solo foi maior nas profundidades de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m. Para as áreas com cerrado, semeadura direta e cultivo mínimo, houve um aumento da microporosidade

em profundidade; já para as áreas com seringueira, pastagem e preparo convencional não houve diferença entre as profundidades estudadas.

**Tabela 2.** Análise granulométrica ( $\text{g kg}^{-1}$ ) proveniente de 10 repetições em função dos tratamentos e das profundidades estudadas

Tratamento	AREIA			SILTE			ARGILA		
	0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4 <sup>1</sup>
	$\text{g kg}^{-1}$								
Cerrado	320	330	290	120	120	130	560	550	580
Semeadura direta	350	400	340	130	50	60	520	550	600
Cultivo mínimo	370	450	400	100	50	80	530	500	520
Seringueira	460	480	380	100	100	60	540	520	560
Pastagem	470	450	440	40	60	50	490	490	510
Convencional	340	450	400	110	50	40	550	500	560

<sup>1</sup> Profundidade (m)

Por se tratar de um solo argiloso, e o fato deste estar alterado estruturalmente afetará principalmente a macroporosidade, devido ao aumento da massa de partículas de solo por unidade de volume, diminuindo, portanto, os espaços ocupados pelos poros maiores e aumentando a microporosidade. Fernandes *et al.* (1983) mencionam que o aumento relativo da quantidade dos microporos pode ser de grande importância em determinados solos, para a retenção de água e para aeração. Alves (1992) e Veiga *et al.* (1994) observaram que, em camadas compactadas, há um aumento da densidade do solo que resulta no aumento da quantidade de sólidos em relação ao volume de poros. Nessa camada predominarão os microporos, nos quais os movimentos de água e ar são difíceis, diminuindo, dessa forma, a drenagem interna do solo, que é comandada pela estrutura.

Na Tabela 1, observa-se que os sistemas de manejo cerrado e cultivo mínimo apresentaram os maiores valores médios para a porosidade total, não diferindo estatisticamente entre si; porém, diferiram dos demais sistemas na profundidade de 0,00-0,10 m. Na camada de 0,10-0,20 m, o maior valor para este atributo foi encontrado nos sistemas de cerrado e cultivo mínimo, diferindo dos demais, sendo que os sistemas de semeadura direta, seringueira e convencional apresentaram valores intermediários e não diferiram estatisticamente entre si. Os sistemas de semeadura direta, cultivo mínimo, cerrado e seringueira e convencional não diferiram entre si na profundidade de 0,20-0,40 m e a pastagem apresentou o menor valor para este atributo em todas as profundidades de estudo. De modo geral, observou-se uma diminuição da porosidade total com o aumento da profundidade do solo, com exceção dos sistemas com cultivo mínimo e seringueira. Os valores de porosidade total estiveram

inversamente associados aos de densidade do solo, ou seja, quanto menor a densidade do solo maior a porosidade total, o que está de acordo com os resultados obtidos neste trabalho.

A diminuição da porosidade total e o aumento da relação microporosidade / macroporosidade, resultante da degradação dos agregados, e que caracterizam o surgimento de camadas compactadas, como ocorreu nas áreas de semeadura direta e pastagem, refletem no aumento da densidade do solo. Por outro lado, independentemente das considerações estatísticas, pode-se verificar que a prática de cultivo promoveu modificações nas propriedades físicas do solo, ou seja, favoreceu o aumento da densidade do solo e da microporosidade e redução da macroporosidade, com conseqüente redução da porosidade total do solo em estudo em relação à área de cerrado, isto também foi observado por (Canalli e Roloff, 1997).

Pode-se observar, na Tabela 3, que os sistemas cerrado, semeadura direta e cultivo mínimo apresentaram os maiores valores médios de matéria orgânica e que o sistema de preparo convencional apresentou valor intermediário e os sistemas seringueira e pastagem tiveram os menores valores, nas três profundidades estudadas. Nesses dois sistemas houve redução substancial nos teores de matéria orgânica em relação aos demais, provavelmente pelo uso de manejo inadequado. Conforme esperado, constata-se uma diminuição dos teores de matéria orgânica em profundidade. Essa redução é mais acentuada da camada superficial para as subseqüentes, estando relacionada à maior deposição superficial de resíduos vegetais e animais, o que também foi constatado por Centurion *et al.* (1985), Brady (1989) e Havlin *et al.* (1990), bem como pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais (Sanchez, 1981), resultando em um teor mais elevado de matéria orgânica na superfície.

A diminuição do teor de matéria orgânica nos cultivos contínuos pode ser atribuída à decomposição da matéria orgânica humificada em virtude do baixo retorno dos resíduos vegetais ao solo (Juo e Lal, 1979). Esse declínio ficou bem caracterizado nos sistemas de preparo convencional, seringueira e pastagem, nos quais se observou uma queda considerável de matéria orgânica na camada inferior 0,10-0,20 m.

Observa-se, na Tabela 4, os valores médios de resistência à penetração, obtidos em função dos diferentes sistemas de manejos. Os menores resultados obtidos nas profundidades 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m foram verificados nas áreas do cerrado e cultivo mínimo, não diferindo estatisticamente entre si. Os

sistemas de semeadura direta, seringueira e convencional apresentaram valores relativamente altos em todas as profundidades avaliadas para o atributo em questão, sendo que na área da seringueira e convencional observaram-se valores altos nas profundidades de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m. Segundo Tormena e Roloff (1996), a resistência à penetração de 2,5 MPa em solos argilosos é considerada impeditiva para o crescimento de raízes no solo.

**Tabela 3.** Comparação das médias de matéria orgânica ( $\text{g dm}^{-3}$ ) em função dos tratamentos e das profundidades estudadas.

Tratamento	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Cerrado	42,4 Aa	32,8 Ab	21,5 Ac
Semeadura Direta	42,6 Aa	31,9 Ab	21,1 Ac
Cultivo mínimo	41,9 Aa	31,1 Ab	23,8 Ac
Seringueira	26,5 Ca	21,3 Bb	16,3 Bc
Pastagem	25,6 Ca	18,1 Bb	15,7 Bb
Convencional	38,9 Ba	29,9 Ab	20,5 Ac
CV=10,10 %	CV=8,46 %		
DMS(5%)=7,31	DMS(5%)=4,62		

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

A caracterização dos efeitos relativos ao tipo de manejo da área experimental indica um pico de resistência à penetração na profundidade de 0,10-0,20 m, podendo essa compactação ser resultante do preparo do solo no sistema convencional, uso do solo no sistema de seringueira e no sistema de pastagem, devido ao pisoteio excessivo promovido pelos animais durante o pastejo. Estes resultados são concordantes com (Peña *et al.*, 1996; Tormena e Roloff, 1996). Nota-se que a umidade do solo (Tabela 4) não interferiu nos resultados da resistência à penetração, pois não há uma grande variação quanto ao teor de água no solo para os diferentes sistemas de manejo. Entretanto, o cerrado foi o que apresentou o maior valor para esta variável, diferindo estatisticamente dos demais sistemas de manejos.

Embora o sistema de semeadura direta tenha apresentado maior densidade do solo e menor porosidade total em relação aos demais sistemas e, por consequência, um dos maiores valores de resistência à penetração, tal condição, de acordo com Cannell e Finney (1973) e Fernandes *et al.* (1983), tem ocorrência apenas nos primeiros anos, deixando de existir com o passar do tempo, pois a deposição freqüente de resíduos orgânicos na camada superficial do solo promove aumento da atividade biológica e, conseqüentemente, tal atividade se encarrega de melhorar as condições físicas do solo. De maneira geral, os resultados indicam que os efeitos do tráfego se concentram nos primeiros 0,20 m de profundidade, como é demonstrado por outros autores (Castro, 1995; Narváez, 1999).

**Tabela 4.** Comparação das médias da resistência à penetração (MPa) e umidade do solo à base de massa ( $\text{kg kg}^{-1}$ ), em função dos tratamentos e das profundidades estudadas.

Tratamento	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Resistência à penetração (MPa)			
Cerrado	1,27 Bb	1,71 Ba	1,61 Ca
Semeadura Direta	1,99 Ab	2,86 Aa	2,21 Bb
Cultivo mínimo	1,30 Bc	1,93 Bb	2,10 Ba
Seringueira	2,00 Ac	3,21 Aa	2,61 Ab
Pastagem	1,95 Ab	2,96 Aa	2,25 Bb
Convencional	1,90 Ac	3,24 Aa	2,57 Ab
CV=26,42%	CV=12,8 %		
DMS(5%)=1,37	DMS(5%)=0,77		
Umidade do solo ( $\text{kg kg}^{-1}$ )			
Cerrado	0,30 Aa	0,29 Aa	0,28 Aa
Semeadura Direta	0,25 Ba	0,24 Ba	0,23 Ba
Cultivo mínimo	0,24 Ba	0,23 Ba	0,21 Ba
Seringueira	0,24 Ba	0,23 Ba	0,22 Ba
Pastagem	0,25 Ba	0,24 Ba	0,22 Ba
Convencional	0,20 Ba	0,19 Ca	0,18 Ca
CV=13,9%	CV=8,4%		
DMS(5%)=0,12	DMS(5%)=0,03		

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

## Conclusão

As formas de uso e de manejo empregadas induziram, em ordem crescente - semeadura direta - preparo convencional - seringueira e pastagem - à degradação dos atributos físicos do solo em relação à vegetação nativa. Essa degradação foi quantificada através de maiores valores de densidade do solo, resistência à penetração e microporosidade e menores valores de macroporosidade, porosidade total e teor de matéria orgânica;

O sistema de cultivo mínimo revelou-se como o sistema de manejo com melhores resultados, quando comparado ao sistema de vegetação nativa, mostrando valores mais baixos de resistência à penetração e densidade do solo e maior porosidade, bastante semelhantes às condições naturais;

Os sistemas de pastagem e seringueira apresentaram reduções da porosidade e teor de matéria orgânica e aumento da densidade do solo e resistência à penetração, quando comparados ao sistema de vegetação nativa. Foram, portanto, os sistemas menos eficientes em garantir qualidade ao solo. Os sistemas de semeadura direta e de cultivo mínimo apresentaram melhores condições de qualidade ao solo, pois o teor de matéria orgânica manteve-se em níveis similares ao do sistema nativo.

## Referências

ALBUQUERQUE, J.A. *et al.* Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.19, n.1, p.115-119, 1995.

- ALVES, M.C. *Sistemas de rotação de culturas com plantio em Latossolo Roxo: efeitos nas propriedades físicas e químicas*. 1992. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.
- ARSHAD, M.A. *et al.* Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). *Methods for assessing soil quality*. Madison, Soil Science Society of America. 1996. p.123-141 (SSSA Special publication 49).
- BERTOL, I. *et al.* Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico Álico afetadas pelo manejo do solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.1, p.91-95, 2000.
- BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7. ed. São Paulo: F. Bastos, 1989.
- CANALLI, L.B.; ROLOFF, G. Influência do preparo e da correção do solo na condição hídrica de um Latossolo Vermelho-escuro sob plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.21, n.1, p.99-104, 1997.
- CANNELL, R.O.; FINNEY, R.Q. Effects of direct drilling and reduced cultivation on soil conditions for root growth. *Out. Agric.*, Oxford, v.7, n.2, p.184-189, 1973.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.14, n.1, p.99-105, 1990.
- CARVALHO, E.J.M. *et al.* Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v.34, n.1, p.257-265, 1999.
- CASSEL, D.K. Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance. In: UNGER *et al.* (Ed.) *Predicting tillage effects on soil physical properties and processes*. Madison: American Society of American, 1985. p.45-68 (Special Publication, 44).
- CASTRO, O.M. *Comportamento físico e químico de um Latossolo Roxo em função de seu preparo na cultura do milho (Zea mays L)*. 1995. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- CAVENAGE, A. *et al.* Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-escuro sob diferentes culturas. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v.23, n.4, p.997-1003, 1999.
- CENTURION, J.F. *et al.* Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.9, n.1, p.267-270, 1985.
- CENTURION, J.F. *et al.* Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de uma Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, Campina Grande, v.5, n.2, p.254-258, 2001.
- CORRÊA, J.C. Características físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.20, n.11, p.1381-1387, 1985.
- DA ROS, C.O. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.21, n.2, p.241-247, 1997.
- DAO, T.H. Tillage system and crop residue effects on surface compaction of a Paleustoll. *Agron. J.*, Madison, v.88, n.2, p.141-148, 1996.
- DEMATTÊ, J.L.I. *Levantamento detalhado dos solos do "Campus experimental de Ilha Solteira"*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1980. p.11-31.
- EHLERS, W. *et al.* Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil Tillage Res.*, Amsterdam, v.3, n.2, p.261-275, 1983.
- EMBRAPA, *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos*. Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMBRAPA, *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa do Solo, 1999. 412p.
- FERNANDES, B. *et al.* 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). *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.7, n.3, p.329-333, 1983.
- GRANT, C.A.; LANFOND, G.P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.*, Ottawa, v.73, n.2, p.223-232, 1993.
- HAVLIN, J.L. *et al.* Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v.54, n.2, p.448-452, 1990.
- JUO A.S.R.; LAL, R. The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in western Nigeria. *Plant Soil*, Dordrecht, v.47, n.3, p.567-584, 1979.
- KLEIN, V.A. *et al.* Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v.18, n.2, p.45-54, 1998.
- LAMARCA, C.C. *Rastrojos sobre el suelo: una introducción a la cero labranza*. Santiago do Chile: Editorial Universitária, 1992.
- LEITE, J.A.; MEDINA, F.B. Efeito dos sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um latossolo amarelo do Amazonas. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 19, n.11, p.1417-1422, 1984.
- NARVÁEZ, A.R.L. *Efeitos de sistemas de preparo sobre propriedades físicas e químicas do solo e nas culturas de algodão, sorgo e amendoim cultivados em Regossolo e Solonetz*. 1998. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.
- PEÑA, Y.A. *et al.* Influência de diferentes sistemas de cultivo nas propriedades físicas de um solo de várzea cultivado com arroz irrigado. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.20, n.3, p.517-523, 1996.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81)
- SANCHEZ, P.A. *Suelos del trópicos: características y manejo*. San José: IICA, 1981.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.21, n.2, p.313-319, 1997.

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

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.20, n. 2, p.333-339, 1996.

VEIGA, M. *et al.* *Degradação do solo e da água: manual de uso, manejo e conservação do solo e da água*. 2. ed. Florianópolis: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1994.

*Received on July 05, 2002.*

*Accepted on June 10, 2003.*