

## EFEITOS DE MANEJO E ROTAÇÃO DE CULTURAS EM ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO<sup>1</sup>

Américo Nunes da Silveira Neto<sup>2</sup>, Pedro Marques da Silveira<sup>3</sup>,  
Luís Fernando Stone<sup>3</sup> e Luiz Fernando Coutinho de Oliveira<sup>4</sup>

### ABSTRACT

EFFECTS OF SOIL TILLAGE AND CROP ROTATION SYSTEMS ON SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES

The objective of this study was to evaluate the effects of soil tillage and crop rotation systems on soil physical attributes. The experiment was conducted for five consecutive years and ten crop seasons in a dystrophic Oxisol in Santo Antônio de Goiás, Goiás State, Brazil, in a completely randomized design with four replications arranged in a 2 x 4 factorial split plot. Tillage systems were assigned to plots: (P1) no-tillage followed by plowing and (P2) continuous no-tillage; and crop rotations were assigned to subplots: (R1) millet - common bean - millet - common bean - rice - common bean - millet - common bean - millet - common bean, (R2) millet - common bean - soybean - common bean - rice - common bean - millet - common bean - corn - common bean, (R3) millet - common bean - millet - common bean - rice - common bean - corn - common bean, and (R4) soybean - common bean - corn - common bean - rice - common bean - soybean - common bean - corn - common bean. Tillage and crop rotation systems affected soil bulk density, macroporosity, and total porosity. Continuous no-tillage increased soil bulk density and decreased soil macroporosity and total porosity. Soil organic matter content was inversely correlated to soil bulk density and directly correlated to soil macroporosity.

KEY WORDS: savannah, millet, corn, no-tillage, soybean, common bean.

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de dois sistemas de manejo do solo e quatro rotações de culturas sobre atributos físicos do solo. O experimento foi conduzido por cinco anos consecutivos, durante os quais se efetuaram dez cultivos, em um Latossolo Vermelho distrófico, em Santo Antônio de Goiás, GO. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e esquema fatorial 2 x 4, em parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de manejo: (P1) plantio direto seguido anualmente de um preparo com arado e (P2) plantio direto contínuo; e as subparcelas, pelas rotações: (R1) milho - feijão - milho - feijão - arroz - feijão - milho - feijão - milho - feijão; (R2) milho - feijão - soja - feijão - arroz - feijão - milho - feijão - soja - feijão; (R3) milho - feijão - milho - feijão - arroz - feijão - milho - feijão - milho - feijão e (R4) soja - feijão - milho - feijão - arroz - feijão - soja - feijão - milho - feijão. Os sistemas de manejo do solo e de rotação de culturas afetaram a densidade, a macroporosidade e a porosidade total do solo. O plantio direto contínuo aumentou a densidade e diminuiu a macroporosidade e a porosidade total do solo. O conteúdo de matéria orgânica correlacionou-se inversamente com a densidade e diretamente com a macroporosidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: cerrados, milho, milho, plantio direto, soja, feijão.

### INTRODUÇÃO

Os atributos do solo são utilizados para o monitoramento da sua qualidade, sendo importantes para a avaliação da sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Doran & Parkin 1994). Segundo esses autores, a qualidade do solo é definida como a sua capacidade de manter uma produtividade sustentável, melhorando o ambiente, a planta, o animal e o homem.

Karlen & Stott (1994) destacaram uma série de atributos do solo para avaliar sua qualidade em relação à erosão hídrica, tais como: teores de matéria orgânica, densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total. Os atributos físicos porosidade e densidade do solo apresentaram bom desempenho como indicadores da qualidade, distinguindo os efeitos proporcionados pelos sistemas de manejo do solo. Assim, contribuem para o

1. Parte da tese de doutorado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal de Goiás.

Trabalho recebido em nov./2004 e aceito para publicação em fev./2006 (registro nº 608).

2. Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Campus de Jataí. Caixa Postal 131, CEP 75.800-000, Jataí, GO. E-mail: americonsneto@zipmail.com.br

3. Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: pmarques@cnpaf.embrapa.br

4. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. CEP 74001-970. Goiânia, GO.

monitoramento do manejo de solos da região dos cerrados (Beutler *et al.* 2001).

O aumento na densidade do solo da camada subsuperficial é comum nos Latossolos dos cerrados do Brasil. A utilização incorreta de máquinas e equipamentos agrícolas, que leva ao aumento na densidade do solo destas camadas, tem sido apontada como uma das principais causas da deterioração da estrutura do solo e do decréscimo da produtividade das culturas da região (Campos *et al.* 1995).

Se o cultivo intensivo é responsável pela deterioração do solo, sua redução e o acúmulo de resíduos orgânicos na superfície do solo, provavelmente, poderá reverter esta situação. A técnica do plantio direto tem sido preconizada como uma alternativa para evitar os efeitos indesejáveis do preparo do solo repetitivo e inadequado, quando da prática do cultivo intensivo (Chan *et al.* 1992).

A adoção do plantio direto vem expandindo na região dos cerrados do Brasil. Entretanto, neste sistema, os solos geralmente apresentam, após três a quatro anos, maiores valores de densidade (Ds) e de microporosidade (mp) e menores valores de macroporosidade (Mp) e de porosidade total (P) na camada superficial, quando comparados aos solos sob manejo convencional (Silveira *et al.* 1999). Isso decorre, principalmente, do arranjo natural do solo revolvido e da pressão exercida pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, sobretudo quando realizado em solos argilosos e com teores elevados de água (Vieira & Muzilli 1984).

O aumento na densidade do solo da camada superficial tem feito com que alguns agricultores da região dos cerrados, eventualmente, utilizem o arado ou o escarificador nas suas áreas até então conduzidas sob plantio direto, atuando na redução da densidade do solo e na redistribuição dos nutrientes no perfil do solo. Tal procedimento pouco afeta o aspecto conservacionista de manejo do solo, já que a semeadura direta volta a ser empregada nos cultivos subseqüentes (Silveira *et al.* 1998).

Stone & Silveira (2001), observaram que a densidade do solo sob plantio direto pode diminuir com o passar dos anos, devido ao aumento da matéria orgânica na camada superficial, melhorando, inclusive, a estrutura do solo. Segundo estes autores, a rotação de culturas, pela inclusão de espécies com sistema radicular agressivo e elevado aporte de matéria seca, também pode melhorar os atributos físicos do solo. A intensidade da melhoria depende do período de cultivo, do número de cultivos por ano e das espécies cultivadas.

Com a expansão das áreas irrigadas na região dos cerrados do Brasil e o surgimento de problemas com o uso contínuo do sistema de plantio direto, aumentou-se a necessidade do estudo de diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação de culturas para essas áreas.

Tratando-se de solos argilosos, um aspecto a ser estudado relaciona-se à estrutura do solo, cuja importância, do ponto de vista do desenvolvimento radicular das plantas, associa-se à porosidade total e à distribuição dos poros por tamanho. Estes atributos físicos do solo indiretamente relacionados à estrutura podem ser avaliados em termos de densidade e macroporosidade (Dias Júnior & Pierce 1996). Segundo estes autores, a macroporosidade revela-se como um índice bastante útil na avaliação das modificações estruturais do solo.

Em função do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação de culturas sobre a densidade, a microporosidade, a macroporosidade e a porosidade total de um Latossolo Vermelho na região dos cerrados.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás, GO, cujas coordenadas geográficas são: latitude 16° 28' 00" S, longitude 49° 17' 00" O e altitude de 823 metros (IBGE 1959). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa 1999). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas (Chacín Lugo 1997), com quatro repetições em esquema fatorial 2 x 4, sendo as parcelas constituídas por dois sistemas de manejo do solo: P1 = plantio direto seguido anualmente de um preparo com arado; e P2 = plantio direto contínuo. As subparcelas foram constituídas por quatro rotações de culturas: R1; R2; R3 e R4 (Tabela 1).

O trabalho foi conduzido sob irrigação por aspersão, sistema pivô central, por cinco anos consecutivos (1998 a 2003), durante os quais foram realizados dez cultivos, com as culturas de milho, milheto, soja e arroz na primavera-verão e feijão no outono-inverno.

A aração do solo, no tratamento P1, foi realizada antecedendo os plantios de outono-inverno, objetivando minimizar a ocorrência de erosão hídrica, uma vez que as precipitações pluviais são praticamente nulas neste período. A aração foi efetuada

Tabela 1. Sequência de dez cultivos<sup>1</sup> nos sistemas de rotação de culturas utilizados no plantio direto contínuo e no plantio direto, seguido anualmente de um preparo com arado, durante cinco anos consecutivos, na Embrapa Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás, GO, 2004)

Rotação de culturas	1998/1999		1999/2000		2000/2001		2001/2002		2002/2003	
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
R1	mi	f	m	f	a	f	mi	f	mi	f
R2	mi	f	s	f	a	f	mi	f	s	f
R3	mi	f	m+ca	f	a	f	mi	f	m+ca	f
R4	s	f	m+ca	f	a	f	s	f	m+ca	f

<sup>1</sup>- mi: milho; f: feijão; a: arroz; s: soja; m+ca: milho + calopagômio

com arado de aivecas, operando na profundidade de trinta centímetros.

No plantio direto contínuo (P2) foi usada uma semeadora-adubadora apropriada provida de discos de corte de palhada, de sulcadores do tipo facão para adubação e de sulcadores do tipo discos duplos desencontrados para semeadura.

O arroz foi semeado em um único cultivo, o milho em dois cultivos, a soja e o milheto em quatro cultivos e o feijoeiro em cinco cultivos (Tabela 1). Todos os plantios de milho foram consorciados com *Calopogonium mucunoides*, que foi semeado entre as fileiras do milho, aos 46 dias (3º cultivo) e 41 dias (9º cultivo) após o plantio da cultura.

O milho, híbrido Cargill 701, foi semeado dias 30/11/99 (3º cultivo) e 28/11/02 (9º cultivo), no espaçamento de 0,90 m entre linhas e cerca de seis a sete sementes por metro. A adubação de base foi de 400 kg ha<sup>-1</sup> utilizando-se a fórmula 5-30-15 e a adubação nitrogenada em cobertura com 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, em ambos os cultivos.

O plantio da soja foi feito dias 24/11/98 (1º cultivo) com a cultivar Doko, 23/11/99 (3º cultivo) com a cultivar Crixás e 27/11/01 (7º cultivo) e 15/12/02 (9º cultivo) com a cultivar Conquista, utilizando-se 25 sementes por metro, no espaçamento de 0,45 m entre linhas. A adubação de base foi de 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 0-20-20 em todos os cultivos.

O milheto, cultivar BN-2, foi semeado dias 03/12/98 (1º cultivo), 22/11/99 (3º cultivo), 28/11/01 (7º cultivo) e 26/11/02 (9º cultivo), no espaçamento de 0,22 m entre linhas. Em todos os cultivos a adubação de base foi de 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-30-15.

O arroz foi semeado dia 05/12/00 (5º cultivo) com a cultivar Bonança, utilizando-se 70 a 80 sementes por metro, no espaçamento de 0,30 m entre linhas. A adubação de base foi de 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-30-16 mais 30 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula de

micronutrientes FTE Br-12. Em cobertura foram aplicados 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, parcelados em duas aplicações.

Os plantios de feijão foram feitos dias 22/06/99 (2º cultivo), 19/06/00 (4º cultivo), 03/07/01 (6º cultivo), 11/06/02 (8º cultivo) e 26/06/03 (10º cultivo) com a cultivar Pérola, no espaçamento de 0,45 m entre linhas e 16 a 17 sementes por metro. A adubação de base foi de 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-30-15, em todos os cultivos. No 4º cultivo aplicou 20 kg ha<sup>-1</sup> de FTE Br-12. Em cobertura foram aplicados 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (2º e 4º cultivos), 60 kg ha<sup>-1</sup> (6º cultivo) e 50 kg ha<sup>-1</sup> (8º e 10º cultivos).

Conforme metodologia da Embrapa (1997), foram realizadas determinações da densidade, da microporosidade, da macroporosidade e da porosidade total do solo, para as camadas de 0-10 cm, de 10-20 cm e de 20-30 cm de profundidade, em outubro de cada ano, antes do plantio da cultura de primavera-verão.

A microporosidade foi determinada pelo método da mesa de tensão e a densidade do solo pelo método do anel volumétrico. A porosidade total foi determinada pela relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas, e a macroporosidade pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade (Embrapa 1997).

No final do último cultivo foi determinado o teor de matéria orgânica do solo (M.O.), nas mesmas profundidades, pelo método de Walkley Black (Embrapa 1997).

Os efeitos dos sistemas de manejo do solo e rotação de culturas sobre os atributos físicos, em cada profundidade, foram submetidos à análise de variância conjunta, envolvendo os resultados obtidos durante os cinco anos de condução do experimento. Nesta análise empregou-se o programa Statistical Analysis System (SAS 1989), sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Scott & Knott 1974). Este teste é indicado para detectar diferenças entre médias de tratamentos, classificados em grupos, o que facilita a interpretação dos resultados (Pacova 1992). Também foi realizado o estudo de correlação entre o teor de matéria orgânica e os atributos físicos do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta para densidade, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo, revelaram efeitos significativos para os fatores manejo do solo e rotação de culturas e para a

interação entre cada um destes fatores e ano de cultivo, embora não para todas as camadas. O teste F detectou efeitos para a interação tripla entre manejo do solo e rotação de culturas e ano de cultivo, nas camadas amostradas.

A tendência do comportamento da densidade do solo e da porosidade total foi semelhante ao longo dos anos, tendo apresentado, respectivamente, maiores e menores valores no plantio direto contínuo, em todas as camadas amostradas (Figura 1). Na maioria dos anos, a macroporosidade também foi menor sob plantio direto contínuo (Figura 2). A microporosidade, por sua vez, apresentou, ao longo dos anos, valores semelhantes nos dois sistemas de manejo do solo (Figura 2). Assim, para efeito de discussão, foram consideradas as médias do período de cinco anos, para comparar os efeitos dos diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação de culturas.

A microporosidade não diferiu em função dos sistemas de manejo do solo. No entanto, estes afeta-

ram a densidade, a macroporosidade e a porosidade total, nas camadas de solo avaliadas. O plantio direto contínuo propiciou maior valor de densidade do solo e menores valores de macroporosidade e porosidade total do que o sistema plantio direto seguido anualmente de um preparo do solo, nas camadas amostradas (Tabela 2), corroborando com os resultados obtidos por Urchei (1996), Silveira *et al.* (1997) e Silveira & Stone (2002).

Em alguns trabalhos são mencionados valores maiores de densidade e menores de macroporosidade e porosidade total para solos cultivados em sistemas de manejo convencional em comparação ao plantio direto (Baldissera *et al.* 1994; Silva *et al.* 2000), contradizendo os resultados obtidos neste estudo. Beutler *et al.* (2001) observaram que tais resultados estão relacionados, provavelmente, com a utilização incorreta de máquinas e implementos agrícolas e com o tempo diferencial de condução dos ensaios. Reeves (1995) observou que a densidade do solo sob plantio

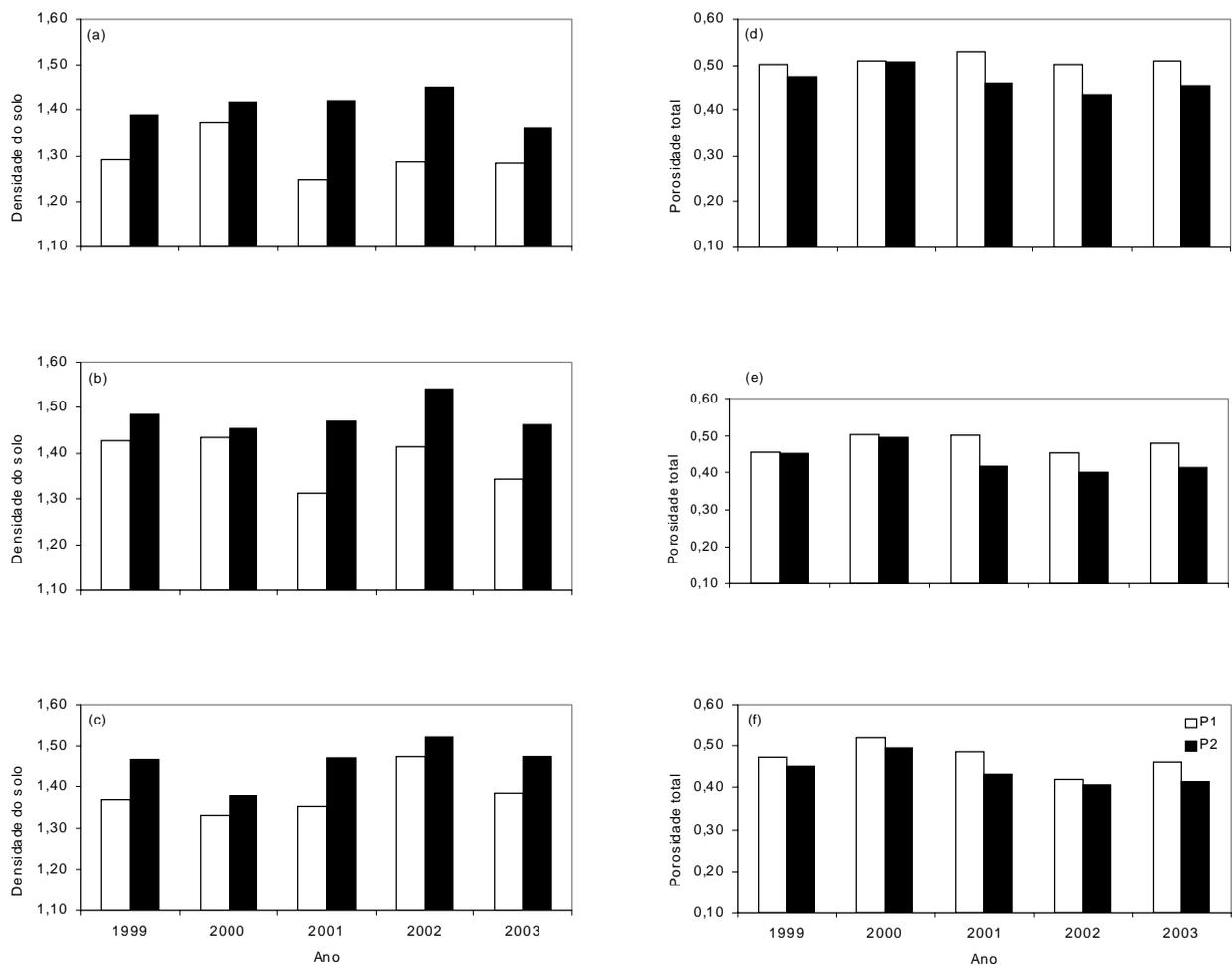


Figura 1. Valores médios da densidade do solo ( $Mg\ m^{-3}$ ) e da porosidade total ( $m^3\ m^{-3}$ ), obtidos em dois sistemas de manejo do solo (P1: plantio direto seguido anualmente de um preparo com arado; P2: plantio direto contínuo), quatro sistemas de rotação de culturas e cinco anos de cultivo, nas camadas 0-10 cm (a, d), 10-20 cm (b, e) e 20-30 cm (c, f) de profundidade (Santo Antônio de Goiás, GO 2004).

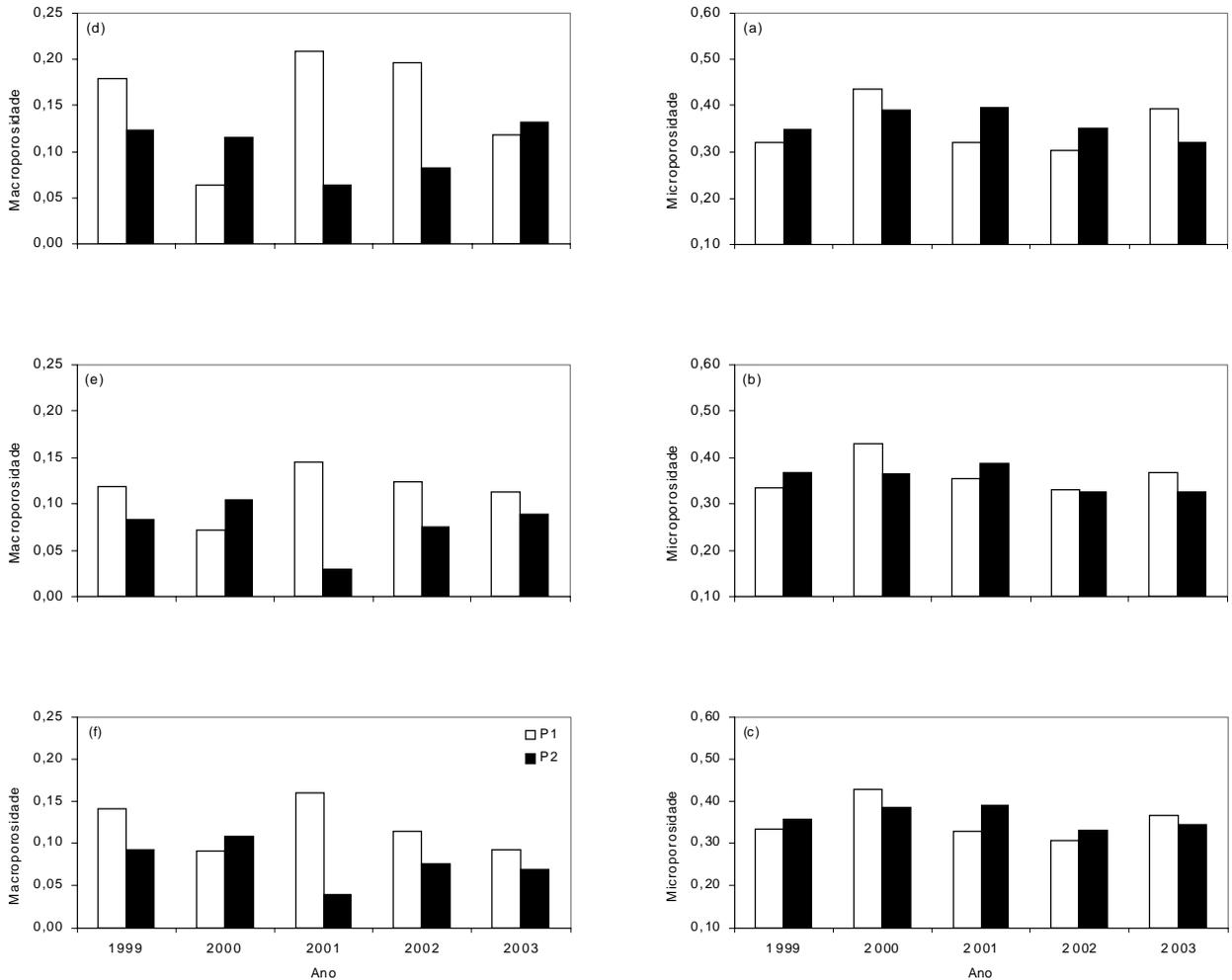


Figura 2. Valores médios da microporosidade e da macroporosidade, em  $m^3 m^{-3}$ , obtidos em dois sistemas de manejo do solo (P1: plantio direto seguido anualmente de um preparo com arado; P2: plantio direto contínuo), quatro sistemas de rotação de culturas e cinco anos de cultivo, nas camadas 0-10 cm (a, d), 10-20 cm (b, e) e 20-30 cm (c, f) de profundidade (Santo Antônio de Goiás, GO 2004).

direto diminuiu com o passar dos anos, devido, em parte, ao aumento do teor de matéria orgânica, na camada superficial, que melhorou a estrutura do solo.

Os valores de densidade do solo foram maiores no plantio direto contínuo até a profundidade de trinta centímetros (Tabela 2). Klein & Libardi (2002) detectaram valores de densidade do solo significativamente maiores até a profundidade de 40 cm, no sistema plantio direto irrigado em comparação ao plantio direto sequeiro, e relatam que foram decorrentes da pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, quando realizado em solo argiloso com teores elevados de água.

O preparo anual do solo com arado, por sua vez, propiciou no perfil amostrado, menores valores de densidade e maiores valores de macroporosidade e de porosidade total, por mobilizar o solo até trinta centímetros de profundidade (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Silveira *et al.* (1999).

A alteração da estrutura do solo argiloso pelo plantio direto contínuo, com sensível aumento na densidade e diminuição na macroporosidade e na porosidade total, pode provocar modificações no fluxo de água e nutrientes do solo e na atividade microbiana, atuando, conseqüentemente, na redução do desenvolvimento das culturas e no aumento do processo erosivo (Castro 1989).

A densidade do solo, a microporosidade, a macroporosidade e a porosidade total, não foram afetadas pelos sistemas de rotação de culturas, nas camadas de 0-10 cm e de 20-30 cm de profundidade. Porém, na faixa compreendida entre 10-20 cm, os valores de densidade, de macroporosidade e porosidade total do solo foram afetados (Tabela 2).

Os efeitos dos sistemas de rotação de culturas sobre os atributos físicos do solo foram mais variáveis que os efeitos dos sistemas de manejo do solo. Provavelmente, isto ocorreu devido à variação anual

Tabela 2. Valores médios<sup>1</sup> da densidade do solo (Ds), microporosidade (mp), macroporosidade (Mp) e porosidade total (P), obtidos em dois sistemas de manejo do solo (P1 e P2)<sup>2</sup>, quatro sistemas de rotação de culturas (R1 a R4)<sup>3</sup> e cinco anos de cultivo, nas camadas 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm de profundidade

Atributos físicos do solo	Manejo do solo <sup>2</sup>		Rotação de culturas <sup>3</sup>			
	P1	P2	R1	R2	R3	R4
0-10 cm						
Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	1,29 b	1,41 a	1,32 a	1,34 a	1,38 a	1,36 a
mp (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,356 a	0,362 a	0,371 a	0,350 a	0,342 a	0,372 a
Mp (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,152 a	0,103 b	0,132 a	0,132 a	0,134 a	0,112 a
P (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,508 a	0,465 b	0,503 a	0,483 a	0,477 a	0,484 a
10-20 cm						
Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	1,38 b	1,48 a	1,40 b	1,44 a	1,46 a	1,44 a
mp (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,364 a	0,359 a	0,364 a	0,365 a	0,346 a	0,371 a
Mp (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,114 a	0,076 b	0,110 a	0,089 b	0,094 b	0,089 b
P (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,479 a	0,436 b	0,474 a	0,454 b	0,441 b	0,460 b
20-30 cm						
Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	1,38 b	1,46 a	1,40 a	1,43 a	1,44 a	1,41 a
mp (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,352 a	0,363 a	0,348 a	0,356 a	0,352 a	0,373 a
Mp (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,119 a	0,077 b	0,110 a	0,098 a	0,092 a	0,093 a
P (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,472 a	0,440 b	0,459 a	0,455 a	0,444 a	0,467 a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> P1 : Plantio direto seguido anualmente de um preparo com arado; e P2 - Plantio direto contínuo.

<sup>3</sup> R<sub>1</sub>: milho - feijão - milho - feijão - arroz - feijão - milho - feijão - milho - feijão; R<sub>2</sub>: milho - feijão - soja - feijão - arroz - feijão - milho - feijão - soja - feijão; R<sub>3</sub>: milho - feijão - milho - feijão - arroz - feijão - milho - feijão - milho - feijão; R<sub>4</sub>: soja - feijão - milho - feijão - arroz - feijão - soja - feijão - milho - feijão.

nas culturas implantadas, que condicionaram diferentes aportes de material vegetal ao solo de acordo com o esquema de rotação. Entretanto, observou-se que o sistema de rotação R1 que incluiu mais cultivos de milho propiciou, na camada de 10-20 cm de profundidade, menor valor de densidade de solo e maiores valores de macroporosidade e de porosidade total do que nos sistemas de rotação R2, R3 e R4 em que incluíram o milho, e, ou, a soja, os quais não diferiram entre si (Tabela 2).

Resultados semelhantes foram encontrados por Castro Filho *et al.* (2002), mostrando que tais aspectos estão relacionados, provavelmente, com a presença do milho, o qual apresenta denso sistema radicular. O milho, provavelmente, contribuiu para aumentar o conteúdo de matéria orgânica e melhorar com o tempo a porosidade do solo sob plantio direto contínuo, com reflexo positivo na estrutura do solo como observado por Braz (2003). De fato, a matéria orgânica correlacionou-se significativamente com os atributos do solo, nas camadas amostradas.

Considerando os resultados da análise de correlação, o teor de matéria orgânica correlacionou-se inversamente com a densidade do solo e diretamente com a macroporosidade e com a porosidade total (Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por

Tabela 3. Coeficiente de correlação (r) entre teor de matéria orgânica (M.O.) e atributos físicos do solo

Atributo químico	Densidade do solo (Mg m <sup>-3</sup> )	Porosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		
		micro	macro	total
M.O.	-0,381*	0,012 ns	0,316*	0,378*

ns e \*: valores não significativos e significativos a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de Tukey

Stone & Silveira (2001) mostrando que, a densidade do solo sob plantio direto pode vir a diminuir com o tempo, devido, em parte, ao aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial; e que o aumento na densidade do solo observada no plantio direto contínuo pode ser evitado, sem a interrupção do sistema, com a prática da rotação de culturas e do uso de culturas de cobertura.

## CONCLUSÕES

- Os sistemas de rotação de culturas que incluem mais cultivos de milho propiciam, na camada de 10-20 cm de profundidade, menores valores de densidade do solo e maiores valores de macroporosidade e porosidade total.
- O plantio direto contínuo aumenta a densidade e diminui a macroporosidade e a porosidade total do solo.
- O conteúdo de matéria orgânica correlaciona-se inversamente com a densidade e diretamente com a macroporosidade do solo.

## REFERÊNCIAS

- Baldissera, I. T., M. Veiga, V. M. Testa, I. Jucksch & I. L. Z. Bacio. 1994. Características físicas em solos de Santa Catarina sob diferentes sistemas de manejo p. 416-417. In Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 10. Florianópolis. 428 p. Resumos.
- Beutler, A. N., M. L. N. Silva, N. Curi, M. M. Ferreira, J. C. Cruz & I. A. Pereira Filho. 2001. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. Rev. Bras. Ci. Solo, 25 (1): 167-177.
- Braz, A. J. B. P. 2003. Fitomassa e decomposição de espécies de cobertura do solo e seus efeitos na resposta de feijoeiro e do trigo ao nitrogênio. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, Goiás. 72 p.
- Campos, B. C. de, D. J. Reinert, R. Nicolodi, J. Ruedell & C. Petre. 1995. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação

- de culturas e sistemas de manejo do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 19 (1): 121-126.
- Castro Filho, C., A. Lourenço, M. de F. Guimarães & I. C. B. Fonseca. 2002. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. *Soil Til. Res.*, 65 (1): 45-51.
- Castro, O. M. de. 1989. Compactação do solo em plantio direto. p. 129-139. In A. L. Fancelli (Coord.). *Plantio direto no Estado de São Paulo*. ESALQ, Piracicaba. 189 p.
- Chacín Lugo, F. 1997. *Cursos avances recientes en el diseño y analisis de experimentos*. Universidad Central de Venezuela, Caracas. 349 p.
- Chan, K. Y., W. P. Roberts & D. P. Heenan. 1992. Organic carbon and associated soil properties of a red earth after 10 years of rotation under different stubble and tillage practices. *Aust. J. Soil Res.*, 30 (1): 71-83.
- Doran, J. W. & T. B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. p. 3-21. In J. W. Doran; D. C. Coleman; D. F. Bezdicek; B. A. Stewart. (Ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Soil Science Society of America, Madison. 244 p.
- Dias Júnior, M. de S. & F. J. Pierce. 1996. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 20 (2): 175-182.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro. 212 p.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 1999. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Embrapa-SPI, Brasília. 412 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1959. *Enciclopédia dos municípios brasileiros*. Rio de Janeiro, 475 p.
- Karlen, D. L. & D. E. Stott. 1994. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. p. 53-72. In J. W. Doran; D. C. Coleman; D. F. Bezdicek; B. A. Stewart. (Ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Soil Science Society of America, Madison. 244 p.
- Klein, V. A. & P. L. Libardi. 2002. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 26 (4): 857-867.
- Pacova, B. E. V. 1992. *Análise genética de progênes segregantes de soja apropriada para o consumo humano*. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo. 217 p.
- Reeves, D. W. 1995. Soil management under no-tillage: soil physical aspects. p.127-130. In *Seminário Internacional do Sistema Plantio Direto*, 1. Passo Fundo. 182 p. Resumos.
- Scott, A. J. & M. Knott. 1974. Accouter analysis methods for grouping means in the analysis of variants. *Biometrics*, 30 (3): 507-512.
- Silva, M. L. N., N. Curi & P. Blancaneaux. 2000. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35 (12): 2485-2492.
- Silveira, P. M. da & L. F. Stone. 2002. Profundidade de amostragem do solo sob plantio direto para avaliação de características químicas. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 26 (1): 157-162.
- Silveira, P. M. da, F. J. P. Zimmermann & A. M. do Amaral. 1998. Efeito da sucessão de cultura e do preparo do solo sobre o rendimento do arroz de sequeiro. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33 (6): 885-890.
- Silveira, P. M. da, J. G. da Silva, L. F. Stone & F. J. P. Zimmermann. 1997. Efeito de sistema de preparo na densidade do solo. In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 26. Rio de Janeiro. Resumos. 1 CD-ROM.
- Silveira, P. M. da, J. G. da Silva, L. F. Stone & F. J. P. Zimmermann. 1999. Alterações na densidade e na macroporosidade de um Latossolo Vermelho-Escuro causadas pelo sistema de preparo do solo. *Pesq. Agropec. Trop.*, 29 (2): 145-149.
- SAS. Statistical Analysis System Institute. 1989. *SAS/STAT procedure guide for personal computers: version 6*. Cary N.C. 846 p.
- Stone, L. F. & P. M. da Silveira. 2001. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25 (2): 395-401.
- Urchei, M. A. 1996. *Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso e no crescimento e produtividade do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) sob irrigação*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo. 150 p.
- Vieira, M. J. & O. Muzilli. 1984. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 19 (7): 873-882.