

EFEITOS DO MANEJO DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO E DE CULTURAS NA DENSIDADE E POROSIDADE DE UM LATOSSOLO

EFFECTS OF SOIL TILLAGE AND CROP ROTATION SYSTEMS ON BULK DENSITY AND SOIL POROSITY OF A DYSTROPHIC RED LATOSOL

Pedro Marques da SILVEIRA¹; Luis Fernando STONE¹; José ALVES JÚNIOR²; José Geraldo da SILVA¹

1. Pesquisador, Doutor, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil. pmarques@cnpaf.embrapa.br; 2. Pós-Doutorando, Bolsista do CNPq, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi estudar os efeitos de quatro sistemas de manejo do solo sob plantio direto e seis rotações de culturas sobre a densidade e a porosidade do solo. O experimento foi conduzido por seis anos consecutivos, durante os quais se efetuaram doze cultivos, em um Latossolo Vermelho distrófico, em Santo Antônio de Goiás, GO. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e esquema fatorial 4 x 6, em parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de manejo: (P₁) plantio direto seguido anualmente de um preparo com arado, (P₂) plantio direto seguido bianualmente de preparo com arado, (P₃) plantio direto seguido trienalmente de preparo com arado e (P₄) plantio direto contínuo; e as subparcelas, pelas rotações de culturas de verão (milho, arroz, milheto e soja) e inverno (feijão, trigo e tomate) combinadas em seis rotações. Os sistemas de manejo do solo e de rotação de culturas afetaram a densidade, a microporosidade, a macroporosidade e a porosidade total do solo. O plantio direto contínuo apresentou valores de densidade do solo mais elevados e menores valores de macroporosidade e de porosidade total em relação aos demais tratamentos. A densidade do solo no plantio direto contínuo tendeu a diminuir com o passar do tempo. Nesse sistema, a rotação de culturas que envolveu mais plantios de soja no verão, apresentou menor densidade e maior porosidade total do solo em relação a rotação que envolveu milheto e milho.

PALAVRAS-CHAVE: Feijão. Soja. Milho. Preparo do solo. Rotação de culturas. Atributos físicos do solo.

INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto vem expandindo na Região Central do Brasil como alternativa ao sistema convencional de preparo do solo no intuito de contribuir para a sustentabilidade de sistemas agrícolas, 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 (CHAN et al., 1992; ALBUQUERQUE et al., 1995) o que leva a maior retenção de água. Entretanto, nos latossolos do cerrado é comum a presença de compactação superficial quando adotado o sistema plantio direto de forma contínua.

Se, por um lado, o manejo incorreto de máquinas e equipamentos agrícolas, que leva à formação de camada subsuperficial compactada no solo, tem sido apontado como uma das principais causas da deterioração da estrutura do solo e do decréscimo da produtividade das culturas (CAMPOS et al., 1995), o manejo do solo com plantio direto contínuo tem também despertado preocupação.

O plantio direto nos latossolos do cerrado apresenta, em geral, na camada superficial, após três a quatro anos de cultivo, maiores valores de densidade do solo e microporosidade e menores

valores de macroporosidade e porosidade total, quando comparados com os do preparo convencional (SILVEIRA et al., 1995). Isto decorre, principalmente, da pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, sobretudo quando realizado em solos argilosos e com teores elevados de água (VIEIRA; MUZILLI, 1984).

A compactação superficial do solo tem feito com que alguns agricultores da região do cerrado, usem, eventualmente, o arado e a grade aradora nas suas áreas até então manejadas sob plantio direto, promovendo a descompactação do solo, além de redistribuir melhor os nutrientes no perfil do solo. Segundo Silveira et al. (1998), tal procedimento não diminui o aspecto conservacionista do solo, já que a semeadura direta volta a ser empregada nos cultivos subsequentes.

Silveira et al. (2001), avaliando os efeitos de alguns sistemas de preparo do solo na densidade e porosidade, concluíram que a maior mobilização do solo pelo arado de aiveca reduziu a compactação nas camadas mais profundas, em comparação a grade aradora, propiciando menor densidade do solo e maior volume de macroporosidade e porosidade total. Contudo, Stone e Silveira (2001) e Oliveira et al. (2003) 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, podendo melhorar inclusive a estrutura do solo. Segundo esses autores, a rotação de culturas, pela inclusão de espécies com sistema radicular agressivo e pelos aportes diferenciados de matéria seca, também pode melhorar os atributos físicos do solo e 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 e o surgimento de problemas de adensamento da camada superficial do solo com o uso contínuo, sem interrupção, do plantio direto na região do cerrado do Brasil, aumentou-se a necessidade de estudar diferentes sistemas agrícolas a serem implantados nessas áreas.

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes sistemas de manejo do solo sob plantio direto e rotações de culturas, na densidade, microporosidade, macroporosidade e porosidade total de um latossolo da região de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental da Fazenda Capivara, pertencente à Embrapa Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás, GO. A análise física do solo, anterior à instalação do experimento, na camada 0-15 cm de profundidade, apresentou os seguintes

resultados analíticos: densidade do solo (D_s) = 1,30 g cm⁻³; microporosidade (mp) = 32,4 %; macroporosidade (Mp) = 12,5 %; porosidade total (P) = 44,9 %; areia = 440 g kg⁻¹; silte = 140 g kg⁻¹; argila = 420 g kg⁻¹. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 1999).

O trabalho foi conduzido sob irrigação por aspersão, sistema pivô central, por seis anos consecutivos, 1999 a 2004, durante os quais foram realizados doze cultivos.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas (CHACÍN LUGO, 1997), com quatro repetições em esquema fatorial 4 x 6, sendo as parcelas constituídas por quatro sistemas de manejo do solo sob plantio direto: P1 = plantio direto seguido anualmente de um preparo com arado; P2 = plantio direto seguido bianualmente de um preparo com arado; P3 = plantio direto seguido trienalmente de um preparo com arado; e P4 = plantio direto contínuo. As subparcelas, com áreas variando de 1000 a 1200 m², foram constituídas por seis rotações de culturas, sendo milho, arroz, milheto e soja na primavera-verão e feijão, trigo e tomate no outono-inverno (Tabela 1). As culturas do arroz e do feijão foram implantadas de forma semelhante em todas as seis rotações, no terceiro e sexto anos do estudo, e os tratos culturais inerentes específicos a cada cultura foram feitos de forma mecanizada.

Tabela 1. Sequência dos sistemas de rotações de culturas utilizados nos tratamentos de manejo do solo, durante seis anos consecutivos, nos doze cultivos realizados no campo experimental. Santo Antônio de Goiás, GO.

| Rotações de culturas | Ano agrícola/Cultivo | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | 1998/1999 | | 1999/2000 | | 2000/2001 | | 2001/2002 | | 2002/2003 | | 2003/2004 | |
| | verão | inverno | verão | inverno | verão | inverno | verão | inverno | verão | inverno | verão | inverno |
| R ₁ | milheto | feijão | milheto | feijão | arroz | feijão | milheto | feijão | milheto | feijão | arroz | feijão |
| R ₂ | soja | feijão | soja | trigo | arroz | feijão | soja | feijão | soja | trigo | arroz | feijão |
| R ₃ | milho | feijão | milho | tomate | arroz | feijão | milho | feijão | milho | tomate | arroz | feijão |
| R ₄ | milheto | feijão | soja | feijão | arroz | feijão | milheto | feijão | soja | feijão | milheto | feijão |
| R ₅ | milheto | feijão | milho | feijão | arroz | feijão | milheto | feijão | milho | feijão | milheto | feijão |
| R ₆ | soja | feijão | milho | feijão | arroz | feijão | soja | feijão | milho | feijão | soja | feijão |

A aração do solo, nos tratamentos P1, P2 e P3, foi realizada no plantio de outono-inverno devido ao fato de que no outono-inverno são bem menores as chances de ocorrer erosão laminar provocada pela água das chuvas como acontece no verão, visto que as precipitações pluviais são praticamente nulas nesse período. A aração foi efetuada com arado de três aivecas comuns de doze polegadas, operando na profundidade de trinta

centímetros, seguido de duas gradagens de "nivelamento".

No plantio direto contínuo (P4) foi usada uma semeadora-adubadora apropriada, provida de discos de corte de palhada, de sulcadores com haste para adubação e de discos duplos desencontrados para semeadura.

O milho foi semeado nos dias 24/11/98 (1º cultivo, híbrido CARGILL 701), 30/11/99 (3º

cultivo, híbrido BRS 3123), 29/11/01 (7º cultivo, híbrido BRS 3150) e 28/11/02 (9º cultivo, híbrido BRS 3150), no espaçamento de 0,90 m entre linhas e cerca de seis a sete sementes por metro. O plantio da soja foi feito nos 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), 15/12/02 (9º cultivo) e 17/12/03 (11º cultivo) com a cultivar Conquista, utilizando-se 25 sementes por metro, no espaçamento de 0,45 m entre linhas. O milho, cultivar BN-2, foi semeado nos dias 03/12/98 (1º cultivo), 22/11/99 (3º cultivo), 28/11/01 (7º cultivo), 26/11/02 (9º cultivo) e 27/11/03 (11º cultivo), no espaçamento de 0,22 m entre linhas, e colhido como forragem. O arroz foi semeado nos dias 05/12/00 (5º cultivo) e 07/12/03 (11º cultivo) com a cultivar Bonança, utilizando-se 70 a 80 sementes por metro, no espaçamento de 0,30 m entre linhas. Os plantios de feijão foram feitos nos dias 22/06/99 (2º cultivo), 19/06/00 (4º cultivo), 03/07/01 (6º cultivo), 11/06/02 (8º cultivo), 26/06/03 (10º cultivo) e 20/06/04 (12º cultivo) com a cultivar Pérola, no espaçamento de 0,45 m entre linhas e 16 a 17 sementes por metro. O trigo foi semeado nos dias 23/06/99 (4º cultivo) e 25/06/03 (10º cultivo), com a cultivar BR 42, no espaçamento de 0,20 m entre linhas e 80 sementes por metro. As mudas de tomate, híbrido Hypell, foram plantadas no dia 04/07/00, no espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,40 m entre plantas.

Foram realizadas determinações da densidade do solo, da densidade de partículas, da microporosidade, da macroporosidade e da porosidade total do solo. As amostras para análise física foram retiradas nas camadas 0,0-0,1 m, 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m de profundidade. As coletas foram realizadas em outubro de cada ano, antes do plantio da cultura de primavera-verão.

Para obter as amostras indeformadas foram abertas quatro trincheiras de 0,5 m de comprimento e largura, por 0,5 m de profundidade, e introduzido no solo cilindros de 0,05 m de diâmetro por 0,05 m

de altura, de modo a coincidir o meio do cilindro com a metade da profundidade previamente estabelecida.

A microporosidade foi determinada pelo método da mesa de tensão, sendo esta equivalente ao conteúdo de água retida a tensão de 6 kPa, e a densidade do solo pelo método do anel volumétrico. A porosidade total foi calculada pela relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas, e a macroporosidade pela diferença entre a porosidade total e microporosidade (EMBRAPA, 1997).

Os efeitos dos sistemas de preparo do solo e rotação de culturas sobre os atributos físicos, em cada profundidade, foram avaliados a partir da análise de variância conjunta dos seis anos do experimento. Na análise de variância dos dados empregou-se o programa Statistical Analysis System (1989), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta para densidade do solo, 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 preparo do solo e rotação de culturas e ano de cultivo, nas camadas amostradas. Como a tendência do comportamento desses atributos foi semelhante ao longo dos anos, para efeito de discussão, foram consideradas as médias dos anos para comparar os efeitos dos diferentes sistemas de manejo e das rotações de culturas.

Os sistemas de manejo do solo afetaram significativamente ($P < 0,05$) a densidade do solo, a microporosidade, a macroporosidade e a porosidade total nas camadas preestabelecidas 0,0-0,1 m; 0,1-0,2 m e 0,2 a 0,3 m (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios da densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total obtidas em quatro sistemas de manejo do solo sob plantio direto, seis anos de cultivo, nas camadas 0,0-0,1 m, 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m de profundidade. Santo Antônio de Goiás, GO¹.

| Sistemas de manejo | Profundidade (m) | | |
|---|---|------------|-------------|
| | 0,0 - 0,1 | 0,1 - 0,2 | 0,2 - 0,3 |
| | Densidade do solo (g cm ⁻³) | | |
| (P1) Plantio direto e preparo anual com arado | 1,301 D b | 1,371 B a | 1,387 B a |
| (P2) Plantio direto e preparo bienal com arado | 1,330 C b | 1,384 B a | 1,406 B a |
| (P3) Plantio direto e preparo trienal com arado | 1,361 B b | 1,394 B a | 1,397 B a |
| (P4) Plantio direto contínuo | 1,390 A b | 1,470 A a | 1,444 A a |
| <i>DMS</i> | <i>0,02871</i> | | |
| | Microporosidade (%) | | |
| (P1) Plantio direto e preparo anual com arado | 33,154 B b | 35,429 A a | 34,319 B ab |

| | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|
| (P2) Plantio direto e preparo bienal com arado | 34,515 AB b | 36,176 A a | 35,991 A ab |
| (P3) Plantio direto e preparo trienal com arado | 33,706 B b | 36,177 A a | 36,047 A a |
| (P4) Plantio direto contínuo | 35,907 A a | 34,905 A a | 34,876 AB a |
| <i>DMS</i> | 1,5893 | | |
| Macroporosidade (%) | | | |
| (P1) Plantio direto e preparo anual com arado | 18,094 A a | 12,978 A b | 12,725 A b |
| (P2) Plantio direto e preparo bienal com arado | 15,669 B a | 11,237 B b | 10,140 B b |
| (P3) Plantio direto e preparo trienal com arado | 15,242 B a | 11,719 AB b | 10,708 B b |
| (P4) Plantio direto contínuo | 11,830 C a | 9,356 C b | 9,623 B b |
| <i>DMS</i> | 1,4642 | | |
| Porosidade total (%) | | | |
| (P1) Plantio direto e preparo anual com arado | 51,239 A a | 48,399 A b | 47,045 A c |
| (P2) Plantio direto e preparo bienal com arado | 50,232 A a | 47,386 A b | 46,095 A c |
| (P3) Plantio direto e preparo trienal com arado | 48,948 B a | 47,895 A ab | 46,746 A b |
| (P4) Plantio direto contínuo | 47,737 B a | 44,280 B b | 44,500 B b |
| <i>DMS</i> | 1,2302 | | |

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas indicam o efeito do preparo do solo dentro da profundidade (comparação vertical) e letras minúsculas indicam o efeito da profundidade dentro do preparo do solo (comparação horizontal).

Na camada 0,0-0,10 m de profundidade os maiores valores de densidade do solo foram encontrados nos tratamentos de plantio direto contínuo ($D_s=1,390 \text{ g cm}^{-3}$), diminuindo com o aumento da frequência de revolvimento do solo com arado; aração a cada três anos (P3) $D_s=1,361 \text{ g cm}^{-3}$, aração a cada dois anos (P2) $D_s=1,330 \text{ g cm}^{-3}$ e aração anual (P1) $D_s=1,301 \text{ g cm}^{-3}$. Nas camadas 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m maiores valores de densidade do solo também foram encontrados no plantio direto contínuo e significativamente diferente dos valores observados nos tratamentos de plantio direto seguido de uso de arado.

Em todas as três camadas avaliadas menores valores de macroporosidade e porosidade total do solo foram encontrados no tratamento de plantio direto contínuo (Tabela 2), resultantes da maior densidade do solo observada nesse tratamento.

Esses resultados corroboram com os obtidos por Urchei (1996), Silveira et al. (1997), Silveira e Stone (2002) e Silveira Neto et al. (2006), que observaram maiores valores de densidade e menores de macroporosidade e porosidade total do solo sob plantio direto em relação ao preparo com arado.

Os valores de densidade do solo foram maiores no plantio direto contínuo até a profundidade de 0,30 m. Klein e Libardi (2002) detectaram valores de densidade do solo significativamente maiores até a profundidade de 0,40 m, no sistema plantio direto irrigado, e relataram 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, bienal e trienal do solo com arado, por sua vez, propiciou no perfil amostrado, menores valores de densidade e

maiores de macroporosidade e porosidade total, por mobilizar o solo até trinta centímetros de profundidade e aliviar, desta forma, a compactação causada pelas operações de manejo das culturas, confirmando os resultados obtidos por Silveira et al. (1999). A alteração da estrutura do solo pelo plantio direto contínuo, com sensível aumento na densidade do solo e diminuição na macroporosidade e na porosidade total, pode provocar modificações no fluxo de água e nutriente do solo, na atividade microbiana, e atuar, conseqüentemente, na redução do desenvolvimento das culturas e no aumento do processo erosivo (CASTRO, 1998).

Apesar de os tratamentos com plantio direto contínuo apresentarem valores maiores de densidade do solo em comparação aos tratamentos com preparo com arado, esse mostrou uma forte tendência ($R^2=0,76$) de diminuição da densidade do solo na camada de 0,0 - 0,2 m ao longo dos anos (Figura 1). Reeves (1995) e Stone e Silveira (2001) mostraram 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, uma vez que favorece uma maior agregação do solo, melhorando a qualidade da estrutura e assim aumentando o valor da porosidade e diminuindo o valor da densidade do solo.

Oliveira et al. (2004) avaliando as alterações químicas e físico-hídricas de um latossolo vermelho de cerrado submetido a semeadura direta e ao preparo com arado de discos por 20 anos, observaram maiores teores de carbono orgânico no sistema de semeadura direta nos primeiros 10 cm da superfície e concluíram que isso trouxe benefícios em termos de agregação do solo, diminuindo a sua densidade.

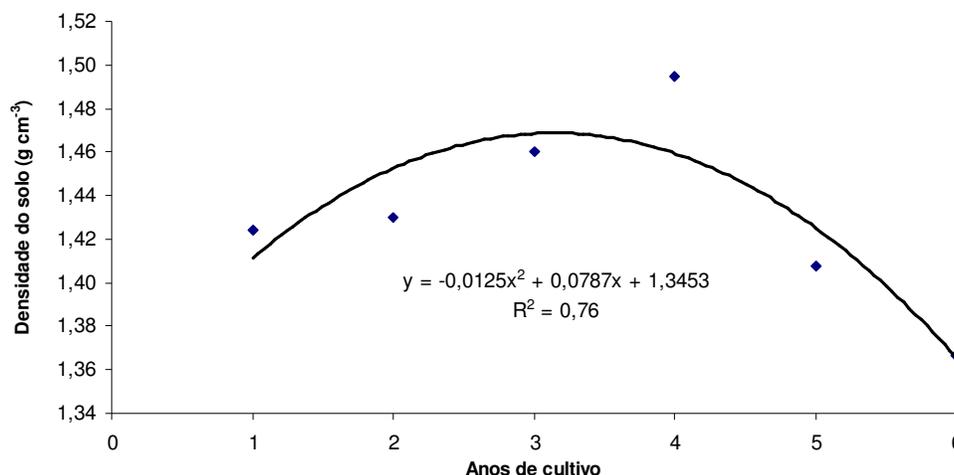


Figura 1. Variação da densidade do solo na camada 0,0-0,2 m de profundidade no plantio direto contínuo ao longo de seis anos consecutivos, **Santo Antônio de Goiás, GO**

No caso deste trabalho, determinou-se os teores de matéria orgânica do solo, nas diferentes rotações de culturas dentro do tratamento plantio direto contínuo, e constatou-se que não houve variação significativa desses teores, durante os seis anos do estudo, encontrando valores que variaram de 17,08 a 17,49 g kg⁻¹ de solo. Assim, essa redução pode ser devida às culturas utilizadas nas diferentes rotações, incluindo espécies com sistemas radiculares diferentes em tamanho e agressividade, agindo sobre a estrutura do solo, e pelos aportes diferenciados de matéria seca, como apregoado por Stone e Silveira (2001). Tormena et al. (1998), estudando as alterações na porosidade de aeração em plantio direto, observaram que com o decorrer do tempo, mesmo sem mobilizar o solo, houve aumento da porosidade total e de aeração, fato atribuído por eles à ação do sistema radicular da

cultura da aveia preta, plantada na área com a finalidade de adubação verde.

Os efeitos dos sistemas de rotação de culturas sobre os atributos físicos do solo no tratamento plantio direto contínuo são mostrados na Tabela 3. Analisou-se somente esses efeitos sobre o tratamento plantio direto contínuo por entender que a utilização do arado nos outros tratamentos poderia mascarar o efeito das rotações, devido o revolvimento do solo. Observou-se menores valores de densidade e maiores de macroporosidade e porosidade total na rotação R2, que, durante 12 cultivos, continha quatro cultivos de soja e dois de trigo. O maior valor de densidade do solo e porosidade total foi encontrado no tratamento R5, no qual incluíram plantios de verão de milho e milho.

Tabela 3. Valores médios da densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total obtidos no sistema plantio direto contínuo, nas seis rotações de culturas, durante seis anos de cultivo. Santo Antônio de Goiás, GO¹.

| Variável | Rotação de cultura ² | | | | | |
|---|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 |
| Densidade do solo (g cm ⁻³) | 1,440 ab | 1,404 b | 1,441 ab | 1,423 ab | 1,460 a | 1,439 ab |
| Microporosidade (%) | 34,803 ab | 34,897 ab | 36,406 a | 33,844 b | 35,037 ab | 36,391 a |
| Macroporosidade (%) | 10,404 ab | 11,720 a | 9,202 b | 11,549 a | 9,562 ab | 9,800 ab |
| Porosidade total (%) | 45,263 ab | 46,617 a | 45,645 ab | 45,394 ab | 44,545 b | 45,571 ab |

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ²R₁ - Milheto-feijão-milheto-feijão-arroz-feijão-milheto-feijão-milheto-feijão-arroz-feijão; R₂ - Soja-feijão-soja-trigo-arroz-feijão-soja-feijão-soja-trigo-arroz-feijão; R₃ - Milho-feijão-milho-tomate-arroz-feijão-milho-feijão-milho-tomate-arroz-feijão; R₄ - Milheto-feijão-soja-feijão-arroz-feijão-milheto-feijão-soja-feijão-milheto-feijão; R₅ - Milheto-feijão-milho-feijão-arroz-feijão-milheto-feijão-milho-feijão-milheto-feijão; R₆ - Soja-feijão-milho-feijão-arroz-feijão-soja-feijão-milho-feijão-soja-feijão.

Estes resultados diferem dos apresentados por Albuquerque et al. (1995), que verificaram que a

sucessão soja-trigo propiciou maiores valores de densidade do solo na camada superficial que as

rotações que incluíram outras culturas como aveia, ervilha e milho. Também Stone e Silveira (2001), avaliando os efeitos de alguns sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo, concluíram que os sistemas de rotação de culturas que incluíram soja e trigo provocaram maior compactação superficial do solo em relação a sistemas que incluíram arroz e milho.

Tanto no trabalho de Albuquerque et al. (1995), como no de Stone e Silveira (2001), os tratamentos com a rotação soja e trigo foram seqüenciais, não sendo alternados com outras culturas, como ocorreu no presente trabalho. Em solos de cultivo contínuo com soja, Fahad et al. (1982) encontraram decréscimo no tamanho dos agregados estáveis em água, quando comparados com o solo cultivado com soja após pousio, sorgo ou milho.

Tanto a soja como o trigo são culturas de menor produção de biomassa quando comparadas às culturas do milho e milho. Também a soja, por ser leguminosa, tem rápida decomposição da sua biomassa na superfície do solo. A literatura mostra que, no sistema plantio direto, quanto maior e mais duradoura for a palhada na superfície do solo, maior a quantidade de água armazenada nesse solo, visto que a palhada tem efeito na diminuição da evaporação da água do solo. Moreira et al. (1999) relataram que o número de irrigações na cultura do feijoeiro é tanto menor quanto maior a área do solo coberta com palhada, visto que a mesma diminui a

evaporação da água do solo. Assim, entende-se que solo com menos palhada na superfície, no caso do cultivo da soja, teve menor umidade e foi menos sujeito a compactação pelo tráfego de máquinas agrícolas nas operações mecanizadas, inerentes aos tratos culturais das culturas, durante os seis anos do estudo. Segundo Dias Júnior e Pierce (1996) e Klein e Libardi (2002), o tráfego de máquinas, realizado indiscriminadamente sob diferentes condições de umidade do solo, é o principal responsável pela compactação. Quanto maior o teor de água do solo maior a susceptibilidade a compactação pelo tráfego de máquinas (KLEIN; LIBARDI, 2002).

CONCLUSÕES

Os sistemas de manejo do solo sob plantio direto e de rotações de culturas afetam a densidade do solo, a microporosidade, a macroporosidade e a porosidade total do solo.

O plantio direto contínuo promove aumentos na densidade do solo e na microporosidade e diminuições na macroporosidade e porosidade total do solo.

A densidade do solo no plantio direto contínuo tende a diminuir com o passar do tempo.

No plantio direto contínuo, rotação de culturas que envolve mais plantios de soja no verão, apresenta menor densidade do solo e maior porosidade total que rotação envolvendo milho e milho.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effects of soil tillage and crop rotation systems over soil physical attributes. The experiment was conducted for six consecutive years with twelve crop seasons in a Dystrophic Red Latosol in Santo Antonio de Goiás, GO, Brazil, in a completely randomized design with four replications arranged in a 4 x 6 factorial split plot. Preparation systems were assigned to plots: (P1) no-tillage followed by annual tillage with plow; (P2) no-tillage followed by biannual tillage with plow; (P3) no-tillage followed by triennial tillage with plow; and (P4) continuous no-tillage; and crop rotation was assigned with millet, rice, soybean and corn in summer season; and bean, wheat and tomato in winter season. The soil tillage and crop rotation systems affected on bulk density, microporosity, macroporosity and total porosity. The no-tillage increased bulk density and decreased macroporosity and soil total porosity. At continuous no-tillage system, the bulk density showed a tendency to decrease as the time goes on. In this system, crop rotation that involved more soybean crops at summer showed lower bulk density and higher soil total porosity than crop rotation that involved millet and corn.

KEYWORDS: Common bean. Soybean. Corn. Soil tillage. Crop rotation. Soil physical attributes.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FORTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.

- BALDISSERA, I. T.; VEIGA, M.; TESTA, V. M.; JUCKSCH, I.; BACIO, I. L. Z. Características físicas em solos de Santa Catarina sob diferentes sistemas de manejo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: SBSCS, 1994. p. 416-417.
- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 167-177, 2001.
- BRAZ, A. J. B. P. **Fitomassa e decomposição de espécies de cobertura do solo e seus efeitos na resposta de feijoeiro e do trigo ao nitrogênio**. 2003. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.
- CAMPOS, B. C. de; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.
- CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. F. de; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 45-51, 2002.
- CASTRO, O. M. de. Compactação do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L. (Coord.). **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: ESALQ, 1998. p. 129-139.
- CHACÍN LUGO, F. B. **Cursos de avances recientes en el diseno y análisis de experimentos**. [S.l.]: Universidad Central da Venezuela, 1997. 145 p.
- CHAN, K. Y.; ROBERTS, W. P.; HEENAN, D. P. Organic carbon and associated soil properties of a red earth after 10 years of rotation under different stubble and tillage practices. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 30, n. 1, p. 71-83, 1992.
- DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 175-182, 1996.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa- CNPS. Documentos, 1).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 1999. 412 p.
- FAHAD, A. A.; MIELKE, L. N.; FLOWERDAY, A. D.; SWARTZENDRUBER, D. Soil physical properties as affected by soybean and other cropping sequences. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n. 2, p. 377-381, 1982.
- IBGE. (Rio de Janeiro, RJ). **Enciclopédia dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro, 1959. 475 p.
- KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 857-867, 2002.
- MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. da; SILVEIRA, P. M. da. **Irrigação do feijoeiro no sistema plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 31 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 33).

OLIVEIRA, G. C. de; DIAS JUNIOR, M. S.; RESK, D. V. S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003.

OLIVEIRA, G. C. de; DIAS JUNIOR, M. S.; RESK, 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.

REEVES, D. W. Soil management under no-tillage: soil physical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1995. p. 127-130.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2485-2492, 2000.

SILVEIRA, P. M. da; SILVA, J. G. da; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Alterações na densidade e na macroporosidade de um Latossolo Vermelho-Escuro causadas pelo sistema de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 29, n. 2, p. 145-149, 1999.

SILVEIRA, P. M. da; SILVA, J.G. da; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Efeito de sistema de preparo na densidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.

SILVEIRA, P. M. da; SILVA, O. F. da; STONE, L. F.; SILVA, J. G. da. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 257-263, 2001.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Profundidade de amostragem do solo sob plantio direto para avaliação de características químicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 157-162, 2002.

SILVEIRA, P. M. da; ZIMMERMANN, F. J. P.; AMARAL, A. M. do. Efeito da sucessão de cultura e do preparo do solo sobre o rendimento do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 885-890, 1998.

SILVEIRA NETO, A. N. da; SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 29-35, 2006.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/STAT procedure guide for personal computers:** version 6. Cary, 1989. 846 p.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. 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.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 301-309, 1998.

URCHEI, M. A. **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.** 1996. 150 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

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