

INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE PREPARO NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO⁽¹⁾

R. M. FALLEIRO⁽²⁾, C. M. SOUZA⁽³⁾, C. S. W. SILVA⁽⁴⁾,
C. S. SEDIYAMA⁽³⁾, A. A. SILVA⁽³⁾ & J. L. FAGUNDES⁽⁵⁾

RESUMO

Os diferentes sistemas de preparo provocam alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, podendo requerer modificações no manejo e nas recomendações de adubação e calagem. Este trabalho avaliou os efeitos dos sistemas de preparo sobre as propriedades químicas e físicas do solo, em um experimento instalado em 1985. A área experimental vem sendo cultivada com culturas anuais em seis sistemas de preparo: semeadura direta (SD), arado de discos (AD), arado de aivecas (AA), grade pesada (GP), grade pesada + arado de discos (GP + AD) e grade pesada + arado de aivecas (GP + AA). O delineamento utilizado foi de blocos completos casualizados, com quatro repetições. As amostragens foram realizadas após a cultura do milho (safra 2001/02), nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. As amostras de solo foram submetidas às análises químicas e físicas e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Os sistemas de preparo influenciaram nas propriedades químicas e físicas do solo, com a maior parte das diferenças ocorrendo entre a SD e os demais sistemas. A densidade do solo foi superior na SD, em relação à dos demais tratamentos. Houve incremento nos valores de MO, pH, CTC efetiva, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K e P, na camada superficial da SD, em relação às demais profundidades. A semeadura direta apresentou valores de Al^{3+} inferiores aos dos demais tratamentos, na camada de 0-5 cm de profundidade, e superiores aos dos tratamentos AD, GP e GP + AA, na camada de 10-20 cm. Os tratamentos AD, GP, GP + AD e GP + AA apresentaram valores de K superiores aos dos tratamentos SD e AA, na camada de 0-5 cm de profundidade. O tratamento SD apresentou teores de P disponível superiores aos dos demais tratamentos, na camada de 0-5 cm de profundidade e na média das três profundidades.

Termos de indexação: preparo convencional, semeadura direta, fertilidade do solo.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado em Fitotecnia, apresentada pelo primeiro autor ao Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – UFV. Recebido para publicação em julho de 2002 e aprovado em outubro de 2003.

⁽²⁾ Mestrando do curso de Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – UFV. Av. PH Rolfs s/n, CEP 36571-000. Viçosa (MG). Bolsista CNPq. E-mail: falleirorm@zipmail.com.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Fitotecnia, UFV. E-mail: cmsouza@ufv.br

⁽⁴⁾ Acadêmico de Agronomia, UFV. Bolsista CNPq/PIBIC. E-mail: eg39082@correio.cpd.ufv.br

⁽⁵⁾ Doutorando do curso de Zootecnia, UFV. Bolsista FAPEMIG. E-mail: jailsonlf@yahoo.com.br

SUMMARY: INFLUENCE OF TILLAGE SYSTEMS ON THE CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES OF A SOIL

Different tillage systems cause changes in the chemical, physical and biological attributes of a soil, requiring modifications in the requirements of fertilization and liming. The aim of this work was to evaluate the effects of tillage systems on chemical and physical attributes of a soil, in a long-term experiment installed in 1985. Since then, the soil has been cultivated with annual cultures and submitted to six tillage systems: no-tillage (SD), disc plow (AD), moldboard plow (AA), heavy disc harrow (GP), heavy disc harrow + moldboard plow (GP + AA) and heavy disc harrow + disc plow (GP + AD). The experimental design was in completely randomized blocks with four replications. Samplings were collected after the culture of maize (crop 2001/02), at depths of 0-5, 5-10 and 10-20 cm. Soil samples were submitted to chemical and physical analyses and the averages compared by the Tukey test. The tillage systems affected the chemical and physical attributes of a soil distinctly. Greatest differences were observed between the SD treatment and the others. SD showed higher bulk density values than the other treatments, in the average of the three depths. In the 0-5 cm layer of SD, increments of the medium values of organic matter, pH, cation-exchange capacity, exchangeable calcium, exchangeable magnesium, exchangeable potassium and phosphorus available were observed; in relation to the other depths. The aluminum value was smaller in the SD treatment in the 0-5 cm layer than the others; at the depth 10-20 cm, this value was higher than the treatments AD, GP and GP + AA. Treatments AD, GP, GP + AD and GP + AA showed higher values of exchangeable potassium than the treatments SD and AA, at the depth 0-5 cm. Treatment SD presented values of available phosphorus superior to the other treatments, at the depth 0-5 cm and in the average of the three depths.

Index terms: tillage, no-tillage, soil fertility.

INTRODUÇÃO

Os diferentes implementos disponíveis para o preparo do solo provocam alterações nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Cada implemento trabalha o solo de maneira própria, alterando, de maneira diferenciada, estas propriedades (Sá, 1998).

Os arados de aiveca promovem melhor inversão da leiva e apresentam maior capacidade de penetração, invertendo as camadas do solo com menor efeito de esboroamento. Os resíduos culturais ficam depositados no fundo da camada arada, concentrados e pouco misturados ao solo. Os arados de discos trabalham melhor em condições mais adversas, mas a leiva é invertida em inclinações menores e o efeito de esboroamento do solo é maior. Os resíduos culturais ficam mais próximos à superfície e bastante misturados ao solo. As grades pesadas geralmente trabalham em profundidades ainda menores e não conseguem inverter a leiva com a mesma eficiência dos arados. Os resíduos culturais ficam bastante próximos à superfície e misturados ao solo. A aração, quando realizada após a passagem da grade pesada, proporciona maior incorporação e mistura do material ao longo da camada, além de atingir maiores profundidades (Balastreire, 1990). Por outro lado, a semeadura direta diminui drasticamente o revolvimento mecânico do solo e a incorporação dos resíduos culturais.

As intensidades de revolvimento do solo e de incorporação dos resíduos culturais promovem modificações nos teores de matéria orgânica (MO), na capacidade de troca de cátions (CTC), no pH, na dinâmica dos íons e na agregação do solo. Estas modificações tornam-se mais evidentes, conforme aumenta o tempo de uso da área (Tognon et al., 1997; Demaria et al, 1999b).

As alterações edáficas, provocadas pelos diferentes sistemas de preparo, podem requerer ajustes no manejo das culturas e nas recomendações de adubação e calagem (Sá, 1998). Estes ajustes podem ocorrer de acordo com a região, em decorrência das diferenças no manejo e na rotação de culturas empregada ou de fatores ligados ao clima e ao solo.

O presente trabalho teve como objetivo verificar as alterações provocadas pelos sistemas de preparo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Argissolo da Zona da Mata Mineira, em uma área submetida, por 16 anos consecutivos, a seis diferentes sistemas de preparo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no ano agrícola de 1985/86, na Estação Experimental de Coimbra

(Coimbra-MG), pertencente à Universidade Federal de Viçosa (Viçosa-MG). O clima da região é classificado como tropical de altitude (Cwb segundo Köppen), com precipitação média de 1.300 a 1.400 mm (concentrada nos meses de outubro a março) e temperatura média anual de 19 °C. O local é constituído de um Argissolo Vermelho-Amarelo câmbico (45 % de argila), com declividade média de 5 %. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, perfazendo um total de 24 unidades experimentais. Cada parcela ocupou uma área de 112 m² (14 x 8 m), com ruas de 3 m separando as parcelas entre si e de 5 m separando os blocos. Este experimento foi instalado para o trabalho de Sampaio (1987). A partir de então, foi repetido, ano após ano, sendo utilizado, seqüencialmente, para os trabalhos de Siqueira (1989), Siqueira (1995) e Vallejos M. (1998). Os tratamentos empregados foram constituídos dos seguintes sistemas de preparo: semeadura direta (SD); arado de discos (AD); arado de aivecas (AA); grade pesada (GP); grade pesada + arado de discos (GP + AD); grade pesada + arado de aivecas (GP + AA).

Em todos os tratamentos, exceto na SD, foram realizadas duas gradagens com grade niveladora, para uniformizar o terreno após a aração. A semeadura, em todas as parcelas, foi efetuada com semeadoras/adubadoras próprias para a semeadura direta. Os tratamentos fitossanitários foram realizados sempre que necessário e de acordo com as recomendações. Ao longo do experimento, foi adotada a seguinte seqüência de culturas: 1985/86 - consórcio milho/feijão da "seca"; 1986/87 - feijão das "águas" e da "seca"; 1987/88 - milho; 1988/89 - milho; 1989/90 - feijão das "águas" e da "seca"; 1990/91 - milho; 1991/92 - milho; 1992/93 - milho; 1993/94 - milho; 1994/95 - milho; 1995/96 - milho e trigo; 1996/97 - soja e trigo; 1997/98 - soja e trigo; 1998/99 - feijão; 1999/00 - milho; 2000/01 - milho; 2001/02 - milho. Nos intervalos entre as culturas, não foram cultivadas espécies de cobertura, foi deixada a vegetação de plantas infestantes desenvolver-se naturalmente, sendo dessecada antes da operação de semeadura.

A adubação utilizada nas culturas, em todos os plantios, foi a seguinte: milho: 400 kg ha⁻¹ de fertilizante NPK 4-14-8, na semeadura, e 40 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, em cobertura; feijão: 350 kg ha⁻¹ de fertilizante NPK 4-14-8, na semeadura, e 20 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, em cobertura; trigo: 350 kg ha⁻¹ de fertilizante NPK 4-14-8, na semeadura, e 20 kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio, em cobertura, e soja: 350 kg ha⁻¹ da mistura de 300 kg de superfosfato simples e 50 kg de cloreto de potássio, na semeadura. Ressalta-se que as sementes de soja foram inoculadas antes da semeadura.

As amostras de solo, para o presente trabalho, foram coletadas em abril de 2002, após a colheita do milho (safra 2001/02). Foram realizadas amostragens em três profundidades diferentes: 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Para avaliar as propriedades químicas, foram realizadas 15 tradagens por parcela (com trado calador), para formar cada amostra composta. Para as análises físicas, foi feita uma trincheira por parcela, de onde foi retirada uma amostra para cada uma das três profundidades. As amostras para determinação da densidade do solo foram retiradas com o auxílio de um anel de aço do tipo Kopecky e, na avaliação da porosidade do solo, as amostras indeformadas foram retiradas com um anel de PVC.

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, por meio de secagem e pesagem. A macro e a microporosidade foram determinadas pelo método da mesa de tensão. O peso correspondente ao volume de água, retirado sob pressão negativa de 60 cm de coluna d'água, constituiu a quantidade de macroporos. A quantidade de microporos foi determinada por meio da secagem na estufa, a 110 °C, e pesagem.

Analisaram-se as amostras para os seguintes atributos químicos: pH em água; matéria orgânica; Ca, Mg e Al trocáveis; P e K disponível (Mehlich-1) e H + Al (EMBRAPA, 1997). Com os resultados, calcularam-se a CTC efetiva (t) e CTC a pH 7,0 (T).

Na análise estatística, os sistemas de preparo foram considerados como sendo as parcelas, e as profundidades de amostragem, como subparcelas, constituindo um delineamento em blocos completos casualizados com parcelas subdivididas. As médias obtidas nas análises químicas e físicas do solo foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo foi superior na SD, comparativamente à dos demais, na média das três profundidades da amostragem (Quadro 1). A maior densidade do solo em sistema de semeadura direta deveu-se ao acomodamento natural do solo, dada a ausência de seu revolvimento. Resultados semelhantes, na mesma área, foram obtidos por Sampaio (1987), Siqueira (1989), Siqueira (1995) e Vallejos M. (1998). Demaria et al. (1999b), trabalhando com Oxissolos, também encontraram resultados semelhantes, enquanto Klepker & Anghinoni (1995) não encontraram diferenças na densidade do solo, entre os sistemas de preparo avaliados. Estes últimos, porém, trabalharam em um solo arenoso. Os menores valores de densidade, observados nos tratamentos com preparo convencional, foram proporcionados pelo revolvimento do solo que tem, como uma de suas

principais finalidades, aumentar a condição de porosidade, tendendo esses valores a aumentar conforme aumenta o tempo decorrido entre o preparo e a amostragem do solo, decorrentes do acomodamento natural do solo aliado ao efeito dos trabalhos nele realizados.

Não houve aumento ou redução de densidade do solo com o aumento da profundidade, para todos os tratamentos (Quadro 1).

A micro e a macroporosidade não foram afetadas pelos diferentes sistemas de preparo e, ou, profundidades amostradas (Quadro 1). Resultados semelhantes, na mesma área, foram obtidos por Sampaio (1987), Siqueira (1995), Vallejos M. (1998) e Schaefer et al. (2001). O efeito do preparo sobre os valores de porosidade do solo pode ser pouco evidente, sendo mais comuns os efeitos na forma e distribuição dos poros, ao longo do perfil do solo (Schaefer et al., 2001).

A CTC pH 7 (T) não foi afetada pela profundidade de amostragem (Quadro 2). Dentre os sistemas de preparo, a SD apresentou valores superiores de CTC pH 7, na média das três profundidades, em relação ao tratamento AA. Rheinheimer et al. (1998) encontraram valores superiores de CTC pH 7 na camada superficial do tratamento SD, comparados com os do convencional. O aumento da CTC pH 7 na SD pode ser atribuído ao aumento da MO nesse

tratamento. Bayer & Bertol (1999) atribuíram o aumento da CTC à elevação dos teores de MO, principalmente da fração ácidos húmicos, responsáveis pela formação de muitas cargas negativas no solo.

A CTC efetiva (t) foi influenciada pela profundidade e pelos sistemas de preparo (Quadro 2). Houve incremento dos valores t na camada superficial da SD, acompanhando os aumentos de MO, pH e cátions trocáveis (Quadros 2 e 3). O tratamento GP apresentou valores de t semelhantes aos da SD nessa camada. O pH influencia os valores de t, principalmente em solos onde ocorre acentuada presença de cargas variáveis na fração mineral (Mendonça & Rowell, 1996). A MO também pode influenciar a t, em virtude do aumento do balanço de cargas negativas ou da diminuição da atividade do H⁺, da qual participam também os cátions presentes na solução do solo. Incrementos nos valores de t em SD, acompanhando as variações de pH e MO, também foram obtidos por Mendonça & Rowell (1996) e por Bayer & Bertol (1999). Entretanto, Rheinheimer et al. (1998), trabalhando em solo arenoso, não encontraram diferenças nos valores de CTC efetiva entre sistemas de preparo que haviam diferido quanto aos teores de MO.

Os teores de MO foram superiores na camada de 0-5 cm do tratamento SD, em relação aos dos demais

Quadro 1. Densidade, macroporosidade e microporosidade dos solos, submetidos a diferentes sistemas de preparo e profundidades de amostragem

Profundidade	Sistema de preparo do solo ⁽¹⁾						Média
	SD	AD	AA	GP	GP + AD	GP + AA	
cm	Densidade do solo, kg dm ⁻³						
0- 5	1,293 Aa	1,165 Aa	1,144 Aa	1,187 Aa	1,129 Aa	1,212 Aa	1,190 a
5-10	1,367 Aa	1,243 Aa	1,167 Aa	1,173 Aa	1,155 Aa	1,147 Aa	1,208 a
10-20	1,344 Aa	1,225 Aa	1,188 Aa	1,233 Aa	1,239 Aa	1,123 Aa	1,221 a
Média	1,334 A	1,202 B	1,166 B	1,198 B	1,174 B	1,164 B	1,205
C.V. (%)	6,09						
	Macroporosidade, dm ³ dm ⁻³						
0- 5	17,50 Aa	16,35 Aa	17,10 Aa	17,85 Aa	19,85 Aa	19,72 Aa	18,06 a
5-10	11,32 Aa	17,75 Aa	20,02 Aa	18,82 Aa	19,87 Aa	15,45 Aa	17,21 a
10-20	10,05 Aa	15,08 Aa	19,95 Aa	14,67 Aa	16,27 Aa	16,00 Aa	15,54 a
Média	12,96 A	16,80 A	19,02 A	17,12 A	18,67 A	17,06 A	16,85
C.V. (%)	29,46						
	Microporosidade, dm ³ dm ⁻³						
0- 5	38,15 Aa	39,77 Aa	40,15 Aa	39,47 Aa	37,87 Aa	39,95 Aa	39,23 a
5-10	39,52 Aa	38,40 Aa	37,40 Aa	36,17 Aa	36,72 Aa	39,90 Aa	38,02 a
10-20	39,80 Aa	40,84 Aa	37,90 Aa	38,60 Aa	38,95 Aa	39,65 Aa	39,21 a
Média	39,16 A	39,51 A	38,48 A	38,08 A	37,85 A	39,83 A	38,82
C.V. (%)	5,30						

⁽¹⁾ SD (semeadura direta); AA (arado de aivecas); AD (arado de discos); GP (grade pesada); GP + AD (grade pesada + arado de discos) e GP + AA (grade pesada + arado de aivecas). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey a 5%), sendo que, letras maiúsculas comparam valores na horizontal e letras minúsculas comparam valores na vertical.

Quadro 2. CTC pH 7, CTC efetiva, matéria orgânica, pH e alumínio trocável dos solos, submetidos a diferentes sistemas de preparo e profundidades de amostragem

Profundidade	Sistema de preparo do solo ⁽¹⁾						Média
	SD	AD	AA	GP	GP + AD	GP + AA	
cm	CTC pH 7, cmol _c dm ⁻³						
0- 5	5,79 Aa	5,05 Aa	4,99 Aa	5,38 Aa	5,23 Aa	5,17 Aa	5,26 a
5-10	5,85 Aa	5,26 Aa	4,83 Aa	5,30 Aa	4,84 Aa	5,33 Aa	5,24 a
10-20	5,32 Aa	5,09 Aa	4,64 Aa	5,45 Aa	5,31 Aa	5,54 Aa	5,23 a
Média	5,64 A	5,14 AB	4,82 B	5,38 AB	5,13 AB	5,35 AB	5,24
C.V. (%)	6,54						
	CTC efetiva, cmol _c dm ⁻³						
0- 5	3,08 Aa	2,52 Ba	2,43 Ba	2,75 ABa	2,40 Ba	2,42 Ba	2,59 a
5-10	2,75 Aab	2,64 ABa	2,28 Ba	2,46 ABa	2,22 Ba	2,52 ABa	2,48 a
10-20	2,48 Ab	2,35 Aa	2,37 Aa	2,58 Aa	2,60 Aa	2,60 Aa	2,50 a
Média	2,76 A	2,50 A	2,36 A	2,61 A	2,41 A	2,52 A	2,52
C.V. (%)	8,97						
	Matéria orgânica, g kg ⁻¹						
0- 5	39,74 Aa	29,12 BCa	23,30 Da	33,57 Ba	27,41 CDa	28,09 BCa	30,27 a
5-10	28,78 ABb	26,72 ABa	23,30 Ba	30,83 Aa	27,41 ABa	28,09 ABa	27,52 b
10-20	24,67 Ab	28,09 Aa	23,30 Aa	28,09 Aa	26,04 Aa	28,09 Aa	26,38 b
Média	31,063 A	27,98 AB	23,30 B	30,83 AB	26,95 AB	28,09 AB	28,04
C.V. (%)	12,65						
	pH em água						
0- 5	4,75 Aa	4,68 ABa	4,33 Db	4,35 Db	4,41 CDa	4,61 BCa	4,54 a
5-10	4,62 Ab	4,68 Aa	4,51 Aab	4,53 Aab	4,45 Aa	4,66 Aa	4,58 a
10-20	4,54 Ab	4,71 Aa	4,64 Aa	4,60 Aa	4,51 Aa	4,72 Aa	4,62 a
Média	4,68 A	4,69 A	4,49 A	4,49 A	4,46 A	4,67 A	4,57
C.V. (%)	3,05						
	Alumínio trocável, cmol _c dm ⁻³						
0- 5	0,13 Ca	0,46 Ba	0,68 Aa	0,55 ABa	0,53 ABa	0,41 Ba	0,46 a
5-10	0,55 Aa	0,54 Aa	0,59 Aa	0,45 Aa	0,53 Aa	0,45 Aa	0,52 a
10-20	0,67 Aa	0,44 Ba	0,51 ABa	0,39 Ba	0,53 ABa	0,36 Ba	0,49 a
Média	0,46 A	0,48 A	0,60 A	0,46 A	0,53 A	0,41 A	0,50
C.V. (%)	22,03						

⁽¹⁾ SD (semeadura direta); AA (arado de aivecas); AD (arado de discos); GP (grade pesada); GP + AD (grade pesada + arado de discos) e GP + AA (grade pesada + arado de aivecas). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey a 5 %): letras maiúsculas comparam valores na horizontal e letras minúsculas comparam valores na vertical.

tratamentos e, ou, profundidades amostradas (Quadro 2), graças ao não-revolvimento do solo e à permanência dos resíduos culturais na sua superfície. Resultados semelhantes foram obtidos por Cadavid et al. (1998), Rheinheimer et al. (1998), Sá (1998) e por Bayer & Bertol (1999). Entretanto, Siqueira (1989) e Vallejos M. (1998), em trabalhos realizados na mesma área, não encontraram diferenças significativas nos teores de MO e não apresentaram justificativa para tal ocorrência. O tratamento GP apresentou teor de MO, na camada de 5-10 cm, superior ao do tratamento AA (Quadro 2). Sá (1998) também encontrou os mesmos valores de MO no tratamento arado de aivecas.

Esses resultados estão relacionados com a profundidade de atuação dos implementos, uma vez que a grade pesada incorpora os resíduos culturais mais próximos à superfície que o arado de aivecas.

Os valores de pH do solo foram maiores na camada superficial da SD, decrescendo com a profundidade (Quadro 2). Este resultado se assemelha ao obtido por Demaria (1999a) e está relacionado com as características tamponantes da MO e, ou, com o aumento da força iônica da solução do solo, por causa do incremento dos teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e K na camada superficial (Cadavid et al., 1998; Franchini et al., 1999). Deve-se ressaltar que esta área experimental, em particular, não é submetida à

prática da calagem, visto que um dos objetivos da pesquisa é verificar o efeito dos diferentes sistemas sobre o pH. Nos demais tratamentos, o pH aumentou em profundidade, sendo observadas diferenças estatísticas nos tratamentos AA e GP. Estes resultados podem estar refletindo o efeito destes implementos em revolver o solo, incorporando o material orgânico.

O Al^{3+} apresentou os menores valores na camada superficial da SD, resultante do incremento da força iônica da solução e do aumento dos valores de pH e MO nessa camada (Quadro 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Sá (1999a). O aumento da força iônica diminui a atividade dos íons, o aumento do pH afeta a especiação e solubilização do alumínio e o aumento da MO proporciona maior efeito de complexação do elemento. Franchini et al. (1999) encontraram acima de 90 % do Al total de um solo ácido na forma orgânica, após a aplicação de resíduos vegetais. Entretanto, alguns autores não observaram efeitos do manejo do solo sobre os

teores de Al^{3+} , mesmo nas camadas superficiais (Klepker & Anghinoni, 1995; Bayer & Bertol, 1999).

Os valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram maiores na camada superficial do tratamento SD, (Quadro 3). Este resultado é atribuído ao não-revolvimento do solo e à reciclagem dos nutrientes pelas plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Sampaio (1987), Franzluebbbers & Hons (1996) e Demaria et al. (1999a), enquanto Siqueira (1989), Klepker & Anghinoni (1995), Rheinheimer et al. (1998) e Vallejos M. (1998) não verificaram essas diferenças entre os sistemas de preparo do solo.

Houve diminuição dos teores de K em profundidade (Quadro 3). No tratamento SD, houve diminuição nos teores de K disponível na camada de 0-5 cm, em relação aos demais tratamentos. Apenas o AA não apresentou teores de K superiores aos da SD, na camada superficial do solo. Este resultado é discrepante aos encontrados por Franzluebbbers & Hons (1996), Tognon et al. (1997),

Quadro 3. Médias de cálcio e magnésio trocáveis e de fósforo e potássio disponíveis dos solos, submetidos a diferentes sistemas de preparo e profundidades de amostragem

Profundidade	Sistema de preparo do solo ⁽¹⁾						Média
	SD	AD	AA	GP	GP + AD	GP + AA	
cm	Cálcio trocável, cmol _c dm ⁻³						
0- 5	2,25 Aa	1,44 Ba	1,27 Ba	1,58 Ba	1,35 Bb	1,48 Ba	1,57 a
5-10	1,80 Ab	1,63 ABa	1,34 Aa	1,59 ABa	1,36 Bab	1,66 Ba	1,56 a
10-20	1,52 Ab	1,56 Aa	1,54 Aa	1,84 Aa	1,74 Aa	1,84 Aa	1,67 a
Média	1,86 A	1,54 A	1,39 A	1,67 A	1,48 A	1,66 A	1,59
C.V. (%)	13,40						
	Magnésio trocável, cmol _c dm ⁻³						
0- 5	0,31 Aa	0,18 BCa	0,14 Ca	0,20 Ba	0,14 Ca	0,16 BCa	0,19 a
5-10	0,18 Ab	0,19 Aa	0,13 Ba	0,19 Aa	0,12 Ba	0,18 Aa	0,17 b
10-20	0,13 Bc	0,15 ABa	0,13 Ba	0,18 Aa	0,14 ABa	0,18 Aa	0,15 b
Média	0,21 A	0,13 B	0,17 AB	0,19 AB	0,13 B	0,18 AB	0,17
C.V. (%)	13,65						
	Potássio disponível, mg dm ⁻³						
0- 5	126,87 Ca	171,00 Aa	130,00 Ca	163,25 ABa	145,50 Ba	140,75 Ba	146,23 a
5-10	82,75 Bb	106,50 Ab	85,75 ABb	94,75 ABb	79,75 Bb	87,50 ABb	89,50 b
10-20	62,00 Bc	76,00 ABc	71,75 ABb	64,50 ABc	75,25 ABb	84,75 Ac	72,37 c
Média	90,54 A	117,83 A	95,83 A	107,50 A	100,17 A	104,33 A	102,46
C.V. (%)	11,70						
	Fósforo disponível, mg dm ⁻³						
0- 5	37,75 Aa	8,00 Ba	6,50 Ba	9,50 Ba	7,75 Ba	7,00 Ba	12,75 a
5-10	25,25 Ab	7,50 Ba	6,75 Ba	14,75 ABa	7,75 Ba	7,25 Ba	11,54 a
10-20	18,50 Ab	8,25 Ba	7,25 Ba	14,25 ABa	14,25 ABa	9,75 Ba	12,04 a
Média	27,16 A	7,92 B	6,83 B	12,83 B	9,91 B	8,00 B	12,11
C.V. (%)	10,60						

⁽¹⁾ SD (semeadura direta); AA (arado de aivecas); AD (arado de discos); GP (grade pesada); GP + AD (grade pesada + arado de discos) e GP + AA (grade pesada + arado de aivecas). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si (Tukey a 5 %), sendo que letras maiúsculas comparam valores na horizontal e letras minúsculas comparam valores na vertical.

Rheinheimer et al. (1998), Vallejos M. (1998), Bayer & Bertol (1999) e Demaria et al. (1999a). Entretanto, Sampaio (1987), Siqueira (1989), Silveira & Stone (2001) e Klepker & Anghinoni (1995) não obtiveram efeitos dos sistemas de preparo do solo sobre os teores do elemento.

A diminuição do K disponível na camada superficial do solo em SD está relacionada com sua permanência na palhada, visto que, na semeadura direta, não há revolvimento do solo e, quando da amostragem, não é amostrada a palhada. Já no AA, esta diminuição ocorreu, provavelmente, em virtude da melhor inversão da leiva promovida por este implemento.

Apenas o tratamento SD apresentou acúmulo de P disponível na superfície, em relação às demais profundidades (Quadro 3). Este acúmulo na superfície da SD foi superior a todos os demais tratamentos na camada de 0-5 cm e, na camada de 5-10 cm, apenas a GP apresentou valores semelhantes à SD, pois, enquanto nesta não há revolvimento do solo, naquela, a inversão do solo é a menos eficiente entre os diferentes implementos comparados. O P é um elemento pouco móvel no solo, permanecendo no local onde foi depositado. A ausência de revolvimento e a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo contribuem para o aumento dos teores do elemento na SD, principalmente na superfície. Na média das três profundidades, a SD apresentou valores de P disponível superiores aos dos demais tratamentos. A ausência do revolvimento diminui a superfície de contato P-argilas, o que reduz a adsorção do P pelos óxidos de Fe e Al do solo e, conseqüentemente, a sua imobilização (Addiscott & Thomas 2000). O acúmulo de P na camada superficial da SD também foi verificado por Sampaio (1987); Siqueira (1989); Klepker & Anghinoni (1995); Siqueira (1995); Franzluebbbers & Hons (1996); Tognon et al. (1997); Cadavid et al. (1998); Rheinheimer et al. (1998); Sá (1998); Vallejos M. (1998); Bayer & Bertol (1999); Demaria et al. (1999) e Sá (1999).

CONCLUSÕES

1. A semeadura direta resultou em aumento da densidade do solo comparativamente aos demais tratamentos, não afetando, entretanto, a macro e a microporosidade.

2. A semeadura direta promoveu, à exceção do K, aumento dos teores de nutrientes, MO, pH e CTC efetiva e reduziu o Al na camada superficial (0-5 cm) do solo.

LITERATURA CITADA

ADDISCOTT, T.M. & THOMAS, D. Tillage, mineralization and leaching: phosphate. *Soil Till. Res.*, 53:255-273, 2000.

BALASTREIRE, L.A. Máquinas agrícolas. São Paulo, Manole, 1990. 307p.

BAYER, C. & BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:687-694, 1999.

CADAVID, L.F.; EL-SHARKAWY, M.A.; ACOSTA, A. & SÁNCHEZ, T. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. *Field Crops Res.*, 57:45-56, 1998.

DE MARIA, I.C.; NnABUDE, P.C. & CASTRO, O.M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical proprieties of a Rholic Ferrasol in southern Brazil. *Soil Till. Res.*, 51:71-79, 1999a.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. & SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:703-709, 1999b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, CNPS-Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:533-542, 1999.

FRANZLUEBBERS, A.J. & HONS, F.M. Soil-profile distribution of primary and secondary plant-avaliable nutrients under conventional and no tillage. *Soil Till. Res.*, 39:229-239, 1996.

KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:395-401, 1995.

MENDONÇA, E.S. & ROWELL, D.L. Mineral and organic fractions of two oxisols and their influence on effective cation-exchange capacity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60:1888-1892, 1996.

REINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C. & SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solos arenoso sob sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:713-722, 1998.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. & LOPES, A.S., eds. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.267-321.

SÁ, J.C.M. Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, e estratégia de fertilização para a produção de grãos no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NA UFV, 1., Viçosa, 1998. Resumo das palestras. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.19-61.

SAMPAIO, G.V. Efeito de sistemas de preparo do solo sobre o consórcio milho-feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1987. 121p. (Tese de Mestrado)

- SCHAEFER, C.E.G.R.; SOUZA, C.M.; VALLEJOS M., F.J.; VIANA, J.H.M.; GALVÃO, J.C.C. & RIBEIRO, L.M. Características da porosidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo. R. Bras. Ci. Solo, 25:765-769, 2001.
- SILVEIRA, P.M. & STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. R. Bras. Ci. Solo 25:387-394, 2001.
- SIQUEIRA, N.S. Efeito de sistemas de preparo do solo sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1989. 106p. (Tese de Mestrado)
- SIQUEIRA, N.S. Influência de sistemas de preparo sobre algumas propriedades químicas e físicas do solo e sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 78p. (Tese de Doutorado)
- TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J.A.M. & MAZZA, J.A. Alterações nas propriedades químicas de latossolos roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração. R. Bras. Ci. Solo, 21:271-278, 1997.
- VALLEJOS M., F.J. Influência de sistemas de preparo do solo em algumas propriedades químicas e físicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo cámbico argiloso, e na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 70p. (Tese de Mestrado)