

VARIAÇÃO DOS VALORES DE pH E DOS TEORES DE CARBONO ORGÂNICO, COBRE, MANGANÊS, ZINCO E FERRO EM PROFUNDIDADE EM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO⁽¹⁾

ITAMAR ROSA TEIXEIRA⁽²⁾; CAETANO MARCIANO DE SOUZA⁽²⁾; ALUÍZIO BORÉM⁽²⁾;
GILSON FERNANDES DA SILVA⁽²⁾

RESUMO

A semeadura direta vem sendo cada vez mais adotada pelos produtores, e as pesquisas têm gerado maior número de informações sobre os aspectos nutricionais, relacionadas principalmente ao acúmulo de matéria orgânica e nutrientes, notadamente os macronutrientes, como também os aspectos de acidez. Entretanto, existe ainda carência de informações sobre a dinâmica dos micronutrientes neste sistema. Em experimento estabelecido há quinze anos em um Argissolo Vermelho-Amarelo, coletaram-se amostras de solo para avaliar a influência de seis sistemas de preparo de solo: semeadura direta (SD), arado de aivecas (AA), arado de disco (AD), grade pesada (GP), grade pesada + arado de aivecas (GP+AA) e grade pesada + arado de disco (GP+AD), sobre os valores de pH e os teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em quatro profundidades (0-2,5; 2,5-5,0; 5,0-10,0 e 10,0-20,0 cm). Foram constatadas diferenças para os valores de pH e os teores de carbono orgânico, cobre, manganês e zinco entre os sistemas de preparo e profundidades amostradas, com os maiores valores sendo observados nos primeiros 5 cm do solo sob o sistema SD. A partir desta profundidade ocorreu similaridade entre os teores em profundidade, com decréscimos mais acentuados na camada de 10 a 20 cm. O teor de ferro mostrou-se influenciado negativamente pela presença de matéria orgânica em superfície nos sistemas SD e GP. Os teores de micronutrientes analisados relacionaram-se positivamente com os teores de carbono orgânico nos diferentes sistemas de preparo e profundidades. Os tratamentos que envolveram maior revolvimento do solo apresentaram maior homogeneidade dos teores de carbono orgânico e micronutrientes ao longo do perfil amostrado.

Palavras-chave: semeadura direta, sistemas de preparo e micronutrientes.

ABSTRACT

VARIATION OF pH VALUES AND CONTENTS OF ORGANIC CARBON, COPPER, MANGANESE, ZINC AND IRON IN DEPTH IN AN ULTISOL (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO) AS FUNCTION OF DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS

No-till has been adopted more and more by farmers and research has generated much information on nutritional aspects, mainly related to organic matter, nutrients accumulation, especially macronutrients, and soil acidity. However, there is a lack of information on micronutrient dynamics in this tillage system. In an experiment installed fifteen years ago on an Ultisol (Argissolo Vermelho-Amarelo) soil samples were collected to evaluate the influence of six soil tillage systems: no-till (SD), moldboard plow (AA), disk plow (AD), tandem-heavy disk plow (GP), tandem-heavy disk plow + moldboard plow

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 2 de maio de 2002 e aceito em 29 de janeiro de 2003.

⁽²⁾ Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000 Viçosa (MG). E-mail: itamarrr@yahoo.com.br; cmsouza@ufv.br; borem@ufv.br; gfsilva2000@yahoo.com.br

(GP+AA) and tandem-heavy disk plow + disk plow (GP+AD), on pH values and contents of organic carbon and micronutrients copper, manganese, zinc and iron in four depths (0-2.5; 2.5-5.0; 5.0-10.0 and 10.0-20.0 cm). Differences were observed for values of pH and contents of organic carbon, copper, manganese and zinc for tillage systems and soil depths, with the largest values being observed in the first 5 cm of soil depth under the SD system. Below the depth of 5 cm more similarity for the studied treatments was observed, with greater content reductions in the layer from 10 to 20 cm. Iron contents was negatively influenced by the organic matter in surface in SD and GP systems. Micronutrient contents correlated positively with organic carbon contents in the different tillage systems and depths. The treatments that involved greater soil turn-over showed larger homogeneity on organic matter and micronutrient contents along the sampled profile.

Key words: no-till, tillage systems and micronutrients.

1. INTRODUÇÃO

Pesquisas realizadas em diversas regiões brasileiras têm mostrado alterações significativas nas propriedades químicas de solo sob o sistema de semeadura direta, comparativamente ao cultivo convencional. A maior parte dos estudos indica que a semeadura direta promove, entre outros efeitos, o aumento no teor de matéria orgânica e de nutrientes nas camadas superficiais do solo, bem como também a elevação dos valores de pH do solo (KLEPKER e ANGHINOMI, 1995; PAIVA et al., 1996; TOGNOM et al., 1997; BAYER e MIELNICZUK, 1997; RHEINHEIMER et al., 1998; SANTOS e TOMM, 1999; FRANCHINI et al., 2000), em razão do não-revolvimento do solo que o sistema proporciona.

O acúmulo de matéria orgânica em superfície é um dos aspectos mais importantes para o sucesso da semeadura direta, tendo sua aplicação preconizada como alternativa para correção da acidez e neutralização do Al tóxico, e que estaria relacionado, principalmente, ao potencial de complexação do Al com ácidos orgânicos solúveis presentes nos restos culturais, como foi constatado por MIYAZAWA et al. (1993) e FRANCHINI et al. (1999). Em vista da ausência de incorporação dos corretivos e do acúmulo de restos vegetais e de adubos em superfície, a semeadura direta pode interferir diretamente na disponibilidade de nutrientes, especialmente os micronutrientes, trazendo dessa maneira, a necessidade da busca de informações a respeito desse assunto.

A maior parte das pesquisas envolvendo micronutrientes tem sido realizada em condições de cultivos convencionais, com informações ainda incipientes na literatura sobre a dinâmica de micronutrientes em semeadura direta no Brasil. CASTRO et al. (1992), comparando as alterações na distribuição de cobre, ferro, manganês e zinco (extrator o DTPA) em solos submetidos à semeadura direta e ao preparo convencional, observaram que a primeira proporcionou maiores teores de cobre e manganês, e não houve influência dos sistemas sobre os teores de ferro e zinco.

Os autores ressaltaram que as variações provocadas pelos sistemas de manejo sobre os teores dos micronutrientes foram modestas, mesmo quando significativas, não sendo suficiente para afetar a disponibilidade para as plantas, o que foi atribuído aos três anos de aplicação dos sistemas de preparo.

Em outros países, especialmente EUA, há maior número de informações, porém são ainda contraditórias. MAHLER et al. (1982), tendo o DTPA como extrator, notaram diferenças significativas nos teores e na distribuição em profundidade de cobre, manganês, zinco e ferro em solo sob semeadura direta em relação ao preparo convencional. Por outro lado, SHUMAN e HARGROVE (1985), analisando amostras de solo submetido por oito anos à semeadura direta e ao cultivo convencional, não encontraram diferenças nos teores disponíveis de cobre, ferro, manganês e zinco (extrator DTPA).

Em estudos realizados por HARGROVE et al. (1982), também não foram observadas diferenças significativas em relação aos teores de cobre, extraído por DTPA, nas áreas sob semeadura direta e cultivo convencional.

Por outro lado, houve uma tendência de acúmulo de manganês e zinco na superfície do solo sob semeadura direta e atribuíram esse fato ao acúmulo de resíduos de plantas.

O objetivo do presente estudo foi verificar as alterações nos valores de pH do solo e dos teores e distribuição de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em Argissolo Vermelho-Amarelo submetido há quinze anos aos sistemas de semeadura direta e diferentes preparos convencionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram coletadas em um experimento, que vem sendo desenvolvido há quinze anos na Estação Experimental de Coimbra, em Argissolo Vermelho-Amarelo.

Durante esses anos, a área foi ocupada com 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 - trigo; 1996/97 - soja e trigo; 1997/98 - milho; 1998/99 - milho e 1999/00 - milho.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 6 x 4 com quatro repetições, envolvendo seis sistemas de preparo: semeadura direta (SD), arado de aivecas + duas gradagens destorroadoras (AA), arado de disco + duas gradagens destorroadoras (AD), grade pesada + duas gradagens destorroadoras (GP), grade pesada+arado de aivecas+duas gradagens destorroadoras (GP+AA) e grade pesada+arado de disco+duas gradagens destorroadoras (GP+AD) e quatro profundidades de amostragem do solo (0-2,5; 2,5-5; 5-10 e 10-20 cm). Cada parcela ocupou uma área de 112 m² (14 x 8 m).

Nos últimos cinco anos foram efetuadas as seguintes adubações: trigo - adubação-base de 350 kg.ha⁻¹ (fórmula 04-14-08) e em cobertura 20 kg.ha⁻¹ de N (sulfato de amônio); soja - adubação de plantio de 350 kg.ha⁻¹ da mistura, 300 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples e 50 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio. Para o milho cultivado nos últimos três anos, utilizaram-se 400 kg.ha⁻¹ de 04-14-08 no plantio e 40 kg.ha⁻¹ N em cobertura (uréia).

As amostras de solo para realização das análises químicas foram coletadas com trado calador: cada repetição era composta de cinco subamostras, retiradas aleatoriamente em cada parcela e em diferentes profundidades. As análises químicas para determinação do pH em água e os teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro foram realizadas conforme EMBRAPA (1997), utilizando-se Mehlich 1 como extrator para os micronutrientes e Walkley Black para extração do carbono orgânico.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa SAEG, de acordo com GOMES (1990). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Procedeu-se também estudo de correlações entre os valores de pH e os teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro nos diferentes sistemas de preparo e profundidades de amostragens.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Notou-se diferença significativa nos valores médios de pH em água entre os diversos sistemas

de preparo de solo nas diferentes profundidades amostradas (Quadro 1). Maiores valores foram detectados nos primeiros 5 cm do solo no sistema SD, diferindo significativamente dos demais tratamentos de profundidade.

Nos sistemas de preparo convencional observou-se que não houve diferença dos valores de pH do solo entre os tratamentos na camada de 0-5 cm, entretanto, houve tendência desses valores serem maiores nos sistemas envolvendo superpreparos (AA+GP e AA+AD). Nota-se ainda, que não houve variação nos valores encontrados na camada de 5 a 10 cm nos diferentes sistemas, entretanto, este fato ocorreu na maior profundidade amostrada (10 a 20 cm), sendo os maiores valores observados nos sistemas AA, AD, GP+AA e GP+AD e os menores, no sistema GP.

Quando se considera a média dos valores de pH nos diferentes sistemas de preparo na camada de 0 a 20 cm, constata-se que houve uma tendência dos sistemas SD e GP+AA apresentarem valores mais elevados, e o sistema GP, menores valores.

Ao contrário do que tem sido afirmado por alguns autores (SANTOS et al., 1995; SANTOS e SIQUEIRA, 1996), não se constatou a ocorrência de acidificação mais acentuada nas camadas superficiais sob SD em relação a sistemas de preparo convencional. Os autores anteriormente citados atribuíram a acidificação observada ao emprego de altas doses de fertilizantes nitrogenados.

No presente estudo, isso não foi verificado, o que está em concordância com KLEPKER e ANGHINONI (1995), PAIVA et al. (1996) e SANTOS e TOMM (1999), e pode ser atribuído à baixa quantidade de nitrogênio utilizada na adubação das culturas envolvidas no esquema de rotação, uma vez que nos últimos cinco anos foram adicionados somente 120,8 kg.ha⁻¹ de N, na forma mineral.

No sistema SD ocorreu acréscimo nos valores médios de pH em água na camada superficial (0-5 cm), devido provavelmente à maior quantidade de carbono orgânico mantido na superfície nesse sistema (Quadro 2).

Em estudos realizados por MIYAZAWA et al. (1993) e FRANCHINI et al. (1999) constatou-se que a adição de restos culturais promoveu decréscimo do teor de Al tóxico, o que refletiu em acréscimos nos valores de pH do solo. A adição de restos orgânicos promoveu uma neutralização acentuada da acidez potencial, aumentando as cargas negativas do solo disponíveis para a adsorção de cátions básicos. A redução da acidez potencial pode ser atribuída ao efeito do pH nas cargas variáveis do solo.

Nos sistemas que envolveram maior revolvimento de solo, como AA, AD, GP+AA, GP+AD, praticamente não houve diferença entre os valores de pH em água ao longo do perfil do solo (Quadro 1), o que pode ser atribuído à não-complexação do Al trocável por compostos orgânicos, já que menores teores de c-orgânico foram observados nesses sistemas (Quadro 2).

Constatou-se ainda que nos tratamentos envolvendo preparo convencional, o sistema GP + AA, apesar de não diferir estatisticamente dos demais, exceto GP, foi o que apresentou valor de pH mais elevado na camada de 0-20cm (Quadro 1), o que é justificado pelo maior grau de trituração e incorporação de material vegetal proporcionado pelos implementos utilizados nesse sistema, como pode ser

inferido pelo teor de carbono orgânico apresentado no quadro 2. Os teores de carbono orgânico diferiram nas profundidades amostradas (Quadro 2). Maiores teores de carbono orgânico foram encontrados nos primeiros 5 cm do solo no sistema SD, diferindo significativamente dos teores nas camadas de 5-10 e de 10-20 cm (Quadro 2).

O fato de a semeadura direta resultar em maiores teores de matéria orgânica na camada superficial do solo em relação ao sistema de preparo convencional tem sido constatado por vários autores (KLEPKER e ANGHINONI, 1995; BAYER e MIELNICZUK, 1997; RHEINHEIMER et al., 1998; SANTOS e TOMM, 1999). A explicação apresentada por esses autores é embasada no maior aporte de material orgânico em superfície que o sistema proporciona.

Quadro 1. Valores médios de pH em função de diferentes sistemas de preparo do solo e profundidades de amostragens

Tratamentos	Profundidade				Médias 0-20
	0-2,5	2,5-5	5-10	10-20	
pH H ₂ O (1:2,5)					
SD	6,5Aa	6,2Aa	5,3Ab	4,6Bc	5,7A
AA	5,3Ca	5,1Ba	5,6Aa	5,4Aa	5,4AB
AD	5,3BCa	5,1Ba	5,6Aa	5,4Aa	5,4AB
GP	5,9Ba	5,5Bab	5,1Ab	4,4Bc	5,2B
GP+AA	5,8BCa	5,6Bab	5,2Aab	5,6Ab	5,6A
GP+AD	5,7BCa	5,4Bab	5,07Ab	5,5Aab	5,4AB
Médias	5,8a	5,5b	5,3bc	5,2c	-

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

(¹) SD (semeadura direta); AA (arado de aivecas); AD (arado de disco); GP (grade pesada); GP+AA (grade pesada + arado de aivecas) e GP+AD (grade pesada+arado de disco).

Dentre os sistemas convencionais, o maior teor médio de carbono orgânico na camada de 0 a 20 cm foi constatado nos sistemas GP+AA e GP+AD. Nesses sistemas os restos culturais são sempre triturados e incorporados ao solo, o que acelera a oxidação da matéria orgânica, levando ao enriquecimento do solo em carbono orgânico, quando comparado aos sistemas AA, AD e GP.

Comparativamente à semeadura direta, nota-se que houve menor variação na distribuição dos teores de carbono orgânico nos sistemas AA, AD, GP, GP+AA e GP+AD ao longo do perfil do solo (Quadro 2). O acúmulo de carbono orgânico na camada superficial do solo foi observado somente nos sistemas de preparo que promovem maior trituração e incorporação de palhada. Para os sistemas que somente revolvem o solo, AA e AD, observou-se acréscimo de carbono nas

maiores profundidades amostradas (Quadro 2), fato justificado pelo maior revolvimento de solo proporcionado por esses sistemas de preparo.

KLEPKER e ANGHINONI (1995) também observaram que em sistemas de cultivo envolvendo preparos com mobilização mais intensa do solo, a distribuição de carbono orgânico foi mais uniforme ao longo do perfil em comparação com o sistema semeadura direta. De acordo com BAYER e MIELNICZUK (1997) o menor teor e maior distribuição do carbono orgânico no perfil do solo, no sistema com arado e grade, são resultados das perdas por oxidação de matéria orgânica relacionada com a intensidade de revolvimento do solo devido à influência destes nos regimes de aeração, umidade e temperatura, ruptura de agregados, exposição de superfície, fracionamento e incorporação dos restos culturais.

Quadro 2. Valores médios de carbono orgânico em função de diferentes sistemas de preparo de solo e profundidades de amostragem

Tratamentos	Profundidade				Médias 0-20
	0-2,5	2,5-5	5-10	10-20	
	g.kg ⁻¹				
SD	34,2Aa	33,2Aa	26,6Ab	18,3Bc	28,1A
AA	13,8Cb	25,1Ba	26,7Aa	23,9Aa	22,4C
AD	13,3Cb	24,8Ba	26,5Aa	23,5Aa	22,0C
GP	28,4Ba	27,4Ba	25,2Aa	18,3Bb	24,8B
GP+AA	29,1Ba	28,1Bab	25,7Abc	23,9Ac	26,7A
GP+AD	28,5Ba	27,8Ba	25,3Aab	23,4Ab	26,2AB
Médias	24,5c	27,7a	25,9b	21,9d	-

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

(¹) SD (semeadura direta); AA (arado de aivecas); AD (arado de disco); GP (grade pesada); GP+AA (grade pesada + arado de aivecas) e GP+AD (grade pesada+arado de disco).

Os teores de cobre, manganês e zinco foram afetados pelos sistemas de preparo de solo e pelas profundidades amostradas (Quadro 3), sendo os maiores teores verificados nos primeiros 5 cm do solo no sistema SD. Tal fato pode ser atribuído aos maiores teores de carbono orgânico nesse sistema (Quadro 2), visto que a matéria orgânica é uma das principais fontes desses nutrientes no solo, o que se confirma pela alta correlação positiva entre matéria orgânica e seus teores (Quadro 4).

Em geral, os teores de cobre, manganês e zinco, decresceram em profundidade, sendo os menores teores verificados na camada de 10-20 cm, o que se atribui aos menores teores de carbono orgânico nessa camada. Esses resultados concordam com os obtidos por MAHLER et al. (1982) e CASTRO et al. (1992), que também notaram que os teores de cobre, manganês e zinco disponível (extrator DTPA) foram sempre maiores na semeadura direta em comparação com o sistema convencional; no entanto, as diferenças ficaram restritas à camada superficial do solo.

Considerando a camada de 0 a 20 cm do solo, observa-se que os maiores valores médios para os teores de cobre, manganês e zinco foram observados em SD, seguido dos tratamentos GP, GP+AA e GP+AD, enquanto os menores teores estavam presentes nos sistemas AA e AD (Quadro 3). A maior trituração e incorporação do material orgânico do solo nos tratamentos com grade, bem como incorporação ao longo do perfil promovido pelo arado de aivecas e arado de disco podem ter contribuído para os acréscimos dos teores dos referidos nutrientes nesses sistemas. Ainda no quadro 3, verifica-se que os teores médios (0-20 cm) de cobre, manganês e zinco decresceram em profundidade.

Houve homogeneidade na distribuição dos teores de cobre, manganês e zinco ao longo do perfil do solo nos sistemas AA, AD, GP+AA e GP+AD, em razão do revolvimento de solo proporcionado pelos mesmos (Quadro 3). Em contrapartida, justifica-se a heterogeneidade da distribuição dos teores dos referidos nutrientes nos sistemas SD e GP pelo não ou menor revolvimento de solo, bem como também pelo maior aporte de carbono orgânico em superfície existente nesses sistemas em relação aos outros sistemas em questão (Quadro 2).

Com relação aos teores de ferro observou-se resultado diferente ao ocorrido para o cobre, manganês e zinco, sendo os menores teores observados na camada superficial do solo (0-2,5 cm) sob os sistemas SD e GP (Quadro 3), onde os teores de carbono orgânico foram elevados (Quadro 2). Ressalta-se que em todos os sistemas de preparo os teores mais elevados de ferro foram encontrados nas maiores profundidades amostradas. De acordo com SHUMAN e HARGORVE (1985), embora o ferro seja reciclado em maior quantidade que zinco e manganês, seu aumento nas camadas superficiais não ocorre devido à rápida oxidação deste elemento ao ser liberado da matéria orgânica, e que pode justificar esses resultados.

Nos sistemas de preparo convencional a distribuição dos teores de ferro mostrou-se homogêneo ao longo do perfil do solo (Quadro 3). Na camada arável do solo, ou seja, 0-20 cm, os maiores teores de ferro foram verificados nos sistemas AA e, principalmente, naqueles envolvendo superpreparos (GP+AA e GP+AD), devido à maior trituração e incorporação de restos vegetais que esses sistemas promoveram em superfície, e certamente responsáveis pelo decréscimo dos teores de ferro.

Quadro 3. Valores médios dos teores de cobre, manganês, zinco e ferro (extraídos pelo Mehlich 1) em função de diferentes sistemas de preparo de solo e profundidades de amostragens

Tratamentos	Profundidade				Médias 0-20
	0-2,5	2,5-5	5-10	10-20	
Cobre, mg.dm ⁻³					
SD	2,3Aa	2,2Aa	1,5Ab	1,1Bc	1,7A
AA	1,0Db	1,3Ca	1,5Aa	1,4Aa	1,3C
AD	0,9Db	1,3Ca	1,5Aa	1,4Aa	1,3C
GP	1,9Ba	1,8Ba	1,4Ab	1,1Bc	1,5B
GP+AA	1,6Ca	1,5Ca	1,5Aa	1,5Aa	1,5B
GP+AD	1,6Ca	1,5Ca	1,5Aa	1,4Aa	1,5B
Médias	1,5ab	1,6a	1,5b	1,3c	-
Manganês, mg.dm ⁻³					
SD	8,6Aa	7,9Aa	6,0Ab	3,5CDc	6,5A
AA	3,1Cb	5,8CDa	5,8Aa	5,4Aa	5,0CD
AD	2,9Cb	5,6Da	5,7Aa	4,9ABa	4,8D
GP	7,4Ba	7,5Ba	5,5Ab	3,0Dc	5,8B
GP+AA	6,6Bab	6,6BCa	5,7Ab	4,1BCc	5,7B
GP+AD	6,4Ba	6,5CDa	5,1Aab	4,0BCDc	5,5BC
Médias	5,8b	6,6a	5,6b	4,1c	-
Zinco, mg.dm ⁻³					
SD	2,4Aa	2,3Aa	1,6Ab	1,1BCc	1,8A
AA	1,0Db	1,5Ca	1,6Aa	1,5Aa	1,4CD
AD	0,9Db	1,4Ca	1,6Aa	1,5Aa	1,4D
GP	2,1Ba	1,9Ba	1,5Ab	1,0Cc	1,6B
GP+AA	1,8BCa	1,6BCab	1,6Aab	1,4ABb	1,6B
GP+AD	1,7Ca	1,6BCab	1,6Aab	1,4ABb	1,6BC
Médias	1,7ab	1,7a	1,7b	1,3c	-
Ferro, mg.dm ⁻³					
SD	15,5Cd	27,0Ac	35,0Ab	43,3Aa	30,2B
AA	28,4ABb	29,0Ab	32,9Ab	38,9ABa	32,3AB
AD	27,0Bb	26,7Ab	31,6Ab	37,6Ba	30,7B
GP	20,6Cd	27,6Ac	33,7Ab	39,3ABa	30,3B
GP+AA	33,5Ab	31,0Ab	35,0Ab	40,6ABa	35,0A
GP+AD	32,1ABb	29,8Ab	33,9Ab	39,9ABa	33,9A
Médias	26,2d	28,5c	33,7b	39,9a	-

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. (1) SD (semeadura direta); AA (arado de aivecas); AD (arado de disco); GP (grade pesada); GP+AA (grade pesada + arado de aivecas) e GP+AD (grade pesada+arado de disco).

Quadro 4. Valores de r para correlação linear entre os teores de carbono orgânico e os valores de pH em água e os teores de cobre, manganês, zinco e ferro em Argissolo Vermelho-Amarelo

Tratamentos	Variáveis				
	pH	Cobre	Manganês	Zinco	Ferro
SD	0,94**	0,96**	0,96**	0,95**	-0,90**
AA	0,30 ^{ns}	0,92**	0,97**	0,91**	0,36 ^{ns}
AD	0,16 ^{ns}	0,91**	0,98**	0,91**	0,33 ^{ns}
GP	0,95**	0,96**	0,96**	0,97**	-0,90**
GP+AA	0,61*	0,80**	0,87**	0,93**	-0,87**
GP+AD	0,57*	0,79**	0,88**	0,92**	-0,90**

ns: Não significativo. * e **: Significativos ao nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t.

(¹) SD (semeadura direta); AA (arado de aivecas); AD (arado de disco); GP (grade pesada); GP+AA (grade pesada + arado de aivecas) e GP+AD (grade pesada+arado de disco).

Esta correlação negativa ocorreu provavelmente devido ao poder complexante da matéria orgânica, como pode ser verificado no Quadro 4.

Apesar das alterações dos teores de micronutrientes ao longo do perfil do solo em função dos tratamentos utilizados, nota-se que os seus teores médios encontrados nos diferentes sistemas e profundidades estão dentro dos limites considerados adequados para o bom desenvolvimento das culturas (ÁLVAREZ et al., 1999).

4. CONCLUSÕES

1. Maiores valores de pH em água e teores de carbono orgânico, cobre, manganês e zinco foram verificados nos primeiros 5 cm do solo sob o sistema SD. Observou-se comportamento contrário para o ferro nos sistemas de preparo sem (SD) ou com mínimo revolvimento do solo (GP).

2. A distribuição dos teores de cobre, manganês, zinco e ferro ao longo do perfil apresentaram boa correlação com os teores de carbono orgânico nos diferentes sistemas de manejo e profundidades.

3. Nos sistemas onde o revolvimento de solo foi maior (AA, AD, GP+AA e GP+AD), a distribuição dos teores de carbono orgânico e dos micronutrientes ao longo do perfil do solo foi mais homogênea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados de análise de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ÁLVAREZ, V.H. (Eds.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p-25-32.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas, v.21, n.1, p. 105-112, 1997.

CASTRO, O.M.; CAMARGO, O.A.C.; CANTARELLA, H.; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C. Teores de zinco, cobre, manganês e ferro em dois Latossolos sob plantio direto e convencional. *Bragantia*, Campinas, v.51, n.1, p.77-84, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.3, p.533-542, 1999.

GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 13.ed. Piracicaba: Nobel/Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 1990. 460p.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.3, p.395-401, 1995.

HARGROVE, W.L.; REID, J.T.; TOUCHTON, J.T.; GALLAHER, R.N. Influence of tillage practices on the fertility status of an acid soil double-cropped to wheat and soybeans. *Agronomy Journal*, Madison, v.74, n.4, p.684-687, 1982.

MAHLER, R.J.; BINGHAN, F.T.; PAGE, A.L.; RYAN, J.A. Cadmium-enriched sewage sludge application to acid and calcareous soils: effect on soil and nutrition of lettuce, corn, tomato and swiss chard. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v.11, n.4, p.694-700, 1982.

MIYAZAWA, M., PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.3, p.411-416, 1993.

PAIVA, P.J.R.; VALE, F.R.; FURTINI NETO, A.E.; FAQUIN, V. Acidificação de um latossolo roxo do Estado do Paraná sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas, v.20, n.1, p.71-75, 1996.

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v.22, n.4, p.713-21, 1998.

SANTOS, H.P.; SIQUEIRA, O.J.W. Plantio direto e rotação de culturas para cevada: efeitos sobre a fertilidade do solo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas, v.20, n.1, p.163-169, 1996.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. Rotação de culturas para trigo, após quatro anos: efeitos na fertilidade do solo em plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.29, n.2, p.259-265, 1999.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O.; LHAMBY, J.C.B. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.2, p.449-454, 1995.

SHUMAN, L.M.; HARGROVE, L. Effect of tillage on the distribution of manganese, copper, iron and zinc in soil fractions. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.49, n.5, p.1117-1121, 1985.

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. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas, v.21, n.2, p.271-278, 1997.