



Acta Scientiarum. Agronomy

ISSN: 1679-9275

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Silva Fernandes, Flávia Carvalho; Libardi, Paulo Leonel; Martins da Silva, Monica  
Efeito da adubação nitrogenada nas propriedades químicas de um Latossolo, cultivado com milho em  
sucessão à aveia-preta, na implantação do sistema plantio direto  
Acta Scientiarum. Agronomy, vol. 29, núm. 5, 2007, pp. 639-647

Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026576008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Efeito da adubação nitrogenada nas propriedades químicas de um Latossolo, cultivado com milho em sucessão à aveia-preta, na implantação do sistema plantio direto

Flávia Carvalho Silva Fernandes<sup>1\*</sup>, Paulo Leonel Libardi<sup>2</sup> e Monica Martins da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Av. Pádua Dias, 11, Cx. Postal 9, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, Brasil. <sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola, Departamento de Ciências Exatas, Piracicaba, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: flcsilva@esalq.usp.br

**RESUMO.** Avaliou-se o efeito de doses e do parcelamento do nitrogênio, aplicado como sulfato de amônio, nas características químicas do solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta, na implantação do sistema plantio direto. O experimento foi conduzido num Latossolo Vermelho Amarelo (Hapludox), com 14% de argila na camada de 0-0,20 m. O trabalho consistiu de dois cultivos de milho conduzidos na safra de 2003/04 e 2004/05 e um cultivo de aveia preta como planta de cobertura na entressafra de 2004. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em um esquema fatorial incompleto, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de doses de nitrogênio de 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, e uma testemunha sem nitrogênio, além dos parcelamentos com 30 ou 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e o restante em cobertura. Avaliou-se pH, Ca, Mg, K, P, H+Al, Al, matéria orgânica, CTC, soma de bases (SB) e saturação por bases (V%). A aplicação de sulfato de amônio em cobertura proporcionou uma diminuição do pH em todos os tratamentos após o 2º cultivo de milho e o aumento de níveis de N proporcionou um decréscimo nos teores de Ca, Mg e K no solo.

**Palavras-chave:** sucessão de culturas, doses, parcelamentos, acidez do solo.

**ABSTRACT.** Effect of levels and splittings of nitrogen on chemical properties of a Latosol cropped with maize in succession to black oats, under the introduction of the no-tillage system. The present study evaluated the effect of nitrogen levels and splittings on the chemical characteristics of a soil cropped with maize in succession to black oats at the establishment of the no tillage system. The experiment was carried out in a Red-Yellow Latosol (typic Hapludox), with 14% of clay in the 0-0.20 m soil layer. The work consisted of two maize crops (2003/04 and 2004/05) and a black oats one in between, as cover crop. The experimental design was randomized blocks in an incomplete factorial scheme, with four replications. Treatments consisted of nitrogen levels (60, 120 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) and one control without nitrogen, besides the splittings (30 or 60 kg ha<sup>-1</sup> at sowing, the balance in cover and 60 kg ha<sup>-1</sup> at sowing, remaining top dressed). The following soil variables were evaluated: Ca, Mg, K, organic matter, P, H+Al, Al, sum of bases, CEC, pH and base saturation V(%). Ammonium sulfate fertilization top dressed promoted a pH decrease in all treatments after the second maize crop and the increase in the level of N decreased the contents of soil Ca, Mg and K.

**Key words:** crops succession, levels, splittings, soil acidity.

## Introdução

O milho (*Zea mays* L.), em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, constitui-se num dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Com o aumento do seu cultivo no sistema plantio direto, várias espécies de inverno estão sendo avaliadas visando à obtenção de uma cobertura de solo que

beneficie o seu desenvolvimento em sucessão. A aveia preta (*Avena strigosa* Scheid) é a espécie de cobertura de solo mais utilizada no Sul do Brasil, no período de inverno, antecedendo ao cultivo do milho, plantado em sistema de semeadura direta, sendo também empregada no Estado de São Paulo como forrageira (Godoy e Batista, 1992). Isto se deve à elevada produção de massa seca, facilidade de

aquisição de sementes e de implantação, rusticidade, rapidez de formação de cobertura (Da Ros e Aita, 1996), eficiente reciclagem de N (Reeves, 1994) e ciclo adequado. Dentre seus benefícios, relacionam-se a melhoria das características físicas e químicas do solo e a satisfatória proteção do solo proporcionada por seus resíduos. No entanto, no milho semeado em sucessão à aveia preta, geralmente ocorrem reduções na absorção de N (Da Ros e Aita, 1996; Argenta et al., 1999a) e no rendimento de grãos (Sá, 1996; Argenta et al., 1999b), devido à alta relação C/N de seus resíduos. Para evitar a redução no rendimento de grãos, algumas alternativas vêm sendo estudadas para aumentar a eficiência de N durante o início do crescimento do milho em sucessão à aveia preta. Dentre elas, destacam-se o atraso da época de semeadura do milho após a dessecação da aveia, a aplicação de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da aveia e após a dessecação da aveia, ou seja, em pré-semeadura do milho e o aumento da dose de N a ser aplicada na semeadura do milho (Argenta e Silva, 1999). Santi et al. (2003) observaram que na maior dose de N aplicada ( $240 \text{ kg ha}^{-1}$ ), a ciclagem de P e K foi aumentada em, respectivamente, 70 e 88% em relação ao tratamento sem adubação, enquanto o rendimento de grãos aumentou.

Um dos primeiros trabalhos objetivando diminuir o efeito negativo provocado pela alta razão C/N de restos culturais de gramíneas foi realizado por Sá (1989). Em um local do Paraná (Tibagi), os tratamentos com aplicação de N na semeadura somente foram vantajosos até a dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura, e na dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N não houve diferenças no rendimento de grãos entre os tratamentos com e sem N na semeadura (Sá, 1989). No Estado de São Paulo, Cantarella et al. (2003) obtiveram maior rendimento de grãos na safra 1999/00 quando aplicaram N nos períodos convencionais (semeadura e cobertura) e na safra 2000/01 a época de aplicação de N (antecipado – 45 dias antes da semeadura e convencional) não influenciou significativamente o rendimento de grãos. Outros resultados demonstram que há necessidade de aumento da dose de N no momento da semeadura para suprir a carência inicial em função da imobilização (Argenta e Silva, 1999). Pöttker e Wiethölter (2004), no Estado do Rio Grande do Sul, estudaram, por três anos, o rendimento de grãos de milho em função da época da aplicação de N e observaram em uma das safras (1999/00) uma queda substancial da produção quando a maior parte do N foi aplicado em pré-

semeadura após a rolagem da aveia preta ou no plantio do milho, em comparação com a obtida com a aplicação do N em cobertura. Já nos anos agrícolas 1997/98 e 2000/01, a aplicação de N na semeadura em cobertura proporcionou rendimento de milho estatisticamente semelhante às aplicações efetuadas em pré-semeadura e na semeadura. No entanto, Lange (2002) observou que o aumento das doses nitrogenadas no milho, na forma de uréia, cultivado após 10 anos de SPD, causou redução no pH, nos teores de cálcio, magnésio, CTC eficiente e potencial, soma de bases, saturação por bases e aumentou a acidez ativa e potencial e a saturação por alumínio, até a profundidade de 0,20 m. Campos (2004) concluiu que o uso de nitrogênio amoniacal provoca acidez e distúrbio nutricional no solo, entretanto essa acidificação é reduzida com o tempo pelo efeito da umidade e matéria orgânica do solo. Estes resultados demonstram que a recomendação da dose de N na semeadura do milho, implantado em semeadura direta em sucessão à aveia preta, deve partir de uma avaliação caso a caso (função do clima, por exemplo, não podendo ser utilizada receita única).

Tendo em vista que o aumento do rendimento da cultura do milho possa estar relacionado a alterações das propriedades químicas do solo causadas por diferentes doses e modos de aplicação de N e por sua condução em sucessão com culturas de cobertura sob plantio direto, esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses e parcelamentos de N nas propriedades químicas de um solo arenoso em cultivo sucessivo milho-aveia preta-milho, na implantação do sistema plantio direto.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido sob condições de campo, em área experimental da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade do Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são  $22^{\circ}42'30''$  de latitude sul,  $47^{\circ}38'00''$  de longitude oeste, e altitude de 546 m. Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima é do tipo Cwa, denominado “tropical de altitude”. É um clima mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a  $18^{\circ}\text{C}$  e a do mês mais quente ultrapassa  $22^{\circ}\text{C}$ . As médias anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa são de  $21,1^{\circ}\text{C}$ , 1.257 mm e 74%, respectivamente. O solo do local é um Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, textura arenosa – Typic Hapludox (Embrapa, 1999). Antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo das

camadas 0-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 e 0,60-0,80 m para determinação de características químicas e físicas da área (Tabelas 1 e 2). O método utilizado para a determinação das frações granulométricas nas amostras de solo coletadas foi o de Bouyoucos (densímetro), conforme as recomendações de Embrapa (1997) e a densidade do solo pelo método do anel, descrito em Kiehl (1979). Antes da implantação do sistema plantio direto (SPD), foi feito o preparo inicial do solo (uma subsolagem, uma aração e duas gradagens) aplicando-se, para uma melhor uniformização da área, 50% do calcário dolomítico antes da aração e 50% após a aração e antes da gradagem; a segunda gradagem foi realizada pouco antes da semeadura. A calagem foi realizada na camada 0-0,20 m, objetivando-se elevar a saturação por bases a 60%. O experimento constou de dois cultivos de milho, conduzidos nas safras 2003/04 e 2004/05. Na entressafra, foi cultivada a aveia preta. Em ambas as safras (2003/2004 e 2004/2005). Os cultivares utilizados foram híbridos simples, ciclo precoce (Fort e DKB 350, respectivamente) utilizado para produção de grãos e altamente resistente ao acamamento, a ferrugens (*Puccinia sorghi*, *P. polyspora* e *P. Physopella*), *Phaeosphaeria maydis*, fusariose, enfezamento e doenças de grãos. A semeadura do milho foi realizada manualmente em 11/12/2003 e 2/12/2004.

**Tabela 1.** Análise química do solo antes da instalação do experimento, nas camadas 0,00-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60 e 0,60-0,80 m.

Camada (m)	S (mg dm <sup>-3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )	MO (g dm <sup>-3</sup> )	P-resina (mg dm <sup>-3</sup> )	K .....mmol dm <sup>-3</sup>	Ca .....(pH 7)	Mg .....	H+Al .....	Al .....	CTC .....
0,00-0,20	13,1	4,8	20,0	10,0	1,616,013,0	31,0	2,0	61,6		
0,20-0,40	13,3	4,1	18,0	6,7	1,1 9,0	5,0	40,0	4,0	55,1	
0,40-0,60	13,4	3,6	11,0	1,5	0,9 6,0	1,0	50,0	11,4	57,9	
0,60-0,80	20,8	3,9	11,0	2,2	0,610,0 2,0	53,0	7,1	65,6		

**Tabela 2.** Densidade do solo, análise granulométrica e classe textural do solo, antes da instalação do experimento, nas camadas 0-0,20, 0,20-0,40, 0,40-0,60, 0,60-0,80 m.

Camada (m)	Ds (kg m <sup>-3</sup> )	Arcia (g kg <sup>-1</sup> )	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	Classe Textural
0,00-0,20	1400	840	20	140	Arcia Franca
0,20-0,40	1591	800	20	180	Franco – arenosa
0,40-0,60	1600	760	40	200	Franco – argilo – arenosa
0,60-0,80	1652	760	40	200	Franco – argilo – arenosa

As sementes foram distribuídas com auxílio de uma régua, deixando-se a cada 0,20 m, duas sementes, desbastando-se para uma planta, duas semanas após a emergência (3/1/2004 e 8/12/2004) e espaçamento entre linhas de 0,80 m, para obtenção de uma população final de aproximadamente 62.500 plantas por hectare, ou seja, 5 plantas por metro de sulco. Em 19/2/2004 e 10/2/2005, as plantas de milho

atingiram o florescimento pleno e em 14/4/2004 e 6/4/2005 foi realizada a colheita de grãos. Após a colheita das culturas de milho, realizou-se a roçada dos restos culturais com triturador, simulando-se um rolo faca. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em um esquema fatorial incompleto, com 4 repetições. Os tratamentos constaram de uma testemunha e doses de nitrogênio na forma de sulfato de amônio (60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N), parceladas com 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e o restante em cobertura, no estádio de 6 a 8 folhas. A parcela experimental consistiu de uma área de 36 m<sup>2</sup> (5,0 x 7,2 m), com 9 linhas de milho, sendo a distância entre parcelas de 2,0 m. Para controle de cupins e lagartas foi aplicado o Furadan junto à semente. Durante o cultivo de milho, houve também um controle rigoroso de pragas, sendo pulverizado com lufenuron e para o controle de plantas daninhas foi utilizado, sempre que necessário, o herbicida em pós-emergência (glifosato). A aveia preta foi semeada em linha, manualmente, em 29/7/2004, após a colheita do milho. Para semear a aveia, foi feita a retirada de toda a palhada do milho, fez-se as linhas espaçadas de 0,20 m, empregando-se uma densidade para plantio (sementes) de 60 kg ha<sup>-1</sup> e, posteriormente, retornou-se a palhada novamente na parcela. Em 9/8/2004, as plantas de aveia emergiram e em 28/10/2004 atingiram o florescimento pleno. Foi realizado o manejo mecânico com triturador de palhas, simulando um rolo faca. A adubação básica (fosfatada e potássica), no sulco de semeadura, foi realizada em ambos os cultivos de milho na dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, e aplicados 5 cm ao lado e abaixo das sementes no momento da semeadura, para se evitar o contato direto com as sementes. Na aveia preta, a adubação básica foi de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, feita a lanço após a semeadura. As adubações nitrogenadas tiveram como fonte o sulfato de amônio. Foram realizadas manualmente no sulco de semeadura (adubação de plantio) e incorporadas em sulco superficial a 0,20 cm da linha da cultura (adubação de cobertura), quando as plantas de milho se encontravam no estádio de 6-8 folhas totalmente desdobradas.

Após os cultivos de milho (2003/2004 e 2004/2005) e aveia preta (2004) foram coletadas amostras de solo, com trado do tipo Uhland, da

camada de 0–0,20 m de profundidade para análises química de pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), acidez potencial (H+Al) a pH 7,0 e alumínio trocável (Al) no Laboratório de Solos do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Esalq/USP, segundo metodologia descrita em Raij et al. (2001). Foram retiradas 5 subamostras por parcela, ao acaso (mistura linha e entrelinha). Os teores disponíveis de cálcio, magnésio, potássio e fósforo foram extraídos pelo método da resina trocadora de íons e a quantificação de P por fotocolorimetria, do K por fotometria de chama e do Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; o pH foi medido com eletrôdo, na suspensão de solo em  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup> (1:2,5); a acidez potencial (H+Al), pelo método SMP, no qual o solo em contato com a solução tampão provoca decréscimo do valor original do pH da solução (7,5); a extração do Al trocável foi feita utilizando-se uma solução de KCl 1N, sendo a quantificação do Al realizada por titulação com solução NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>; a MO foi obtida de forma indireta, pelo método colorimétrico. Os dados foram submetidos à análise de variância, análise de contrastes ortogonais e comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Quando avaliados os efeitos de doses, utilizou-se a regressão e, entre cultivos, foi utilizado também comparação de médias pelo teste de Tukey.

## Resultados e discussão

Para MO no solo (Tabela 3), as diferenças não foram significativas nem para tratamentos e nem entre cultivos. Observa-se, porém, tendência de aumento no teor de MO quando se aumentam as doses de N, em todos os cultivos, mas este teor decresce no decorrer dos anos. Lange (2002) também observou que as diferentes doses de N aplicadas em cobertura durante dez anos de SPD não influenciaram os teores de MO ao final deste período, para as diferentes profundidades estudadas. No entanto, para a MO após a aveia preta (Tabela 3), os tratamentos diferiram significativamente entre si. O tratamento em que foram aplicados 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, no cultivo anterior de milho proporcionou o maior valor de MO após o cultivo de aveia preta, diferenciando apenas do tratamento sem aplicação de N. Provavelmente, este fato pode ser atribuído ao maior acúmulo de resíduos vegetais obtidos nesse tratamento, advindo da massa seca de plantas de milho do primeiro cultivo (22,36 t ha<sup>-1</sup>), com rendimento de aproximadamente 10 t ha<sup>-1</sup> e principalmente dos resíduos de aveia preta (14,20 t

ha<sup>-1</sup>). Aidar et al. (2000), quando estudaram cinco diferentes fontes de resíduos para cobertura morta, em Latossolo Vermelho de alta fertilidade, em Mato Grosso do Sul, verificaram que, dentre as principais culturas anuais, apenas os restos culturais do milho apresentaram quantidade suficiente, no que se refere à cobertura morta para a proteção adequada da superfície do solo. Contudo, observa-se, também, que os teores de MO do solo ficaram, praticamente, na faixa de 11,0 a 15,0 g dm<sup>-3</sup>, considerada abaixo da faixa média observada por Lopes (1984), que, em estudos de solo sob cerrados, verificou que a maioria das amostras apresentou valores entre 15 a 30 g dm<sup>-3</sup> e considerou esses níveis como médios. Não houve diferença significativa nos teores de fósforo (P) (Tabela 3) em relação aos tratamentos em todos os cultivos. Matowo et al. (1999) também não observaram redução nos teores de P no solo em função da aplicação de fertilizantes nitrogenados em SPD.

**Tabela 3.** Médias e teste Tukey de tratamentos referentes à matéria orgânica (MO), fósforo (P), pH, alumínio (Al), na camada de 0–0,20 m.

Trat. 1 <sup>a</sup> 2 <sup>a</sup>	MO (g dm <sup>-3</sup> )		
	Após 1º Cultivo de milho	Após aveia preta	Após 2º cultivo de milho
- -	12,5 aA	11,2 bA	9,3 aB
30 30	12,1 aAB	12,2 abA	10,7 aB
60 00	12,1 aAB	12,6 abA	10,7 aB
30 90	12,1 aA	11,6 abAB	10,2 aB
60 60	14,9 aA	13,0 abB	10,2 aC
30 150	14,9 aA	13,5 abA	11,2 aB
60 120	12,6 aB	15,4 aA	11,2 aB
Parc. 1	13,0 a	12,5 a	10,7 a
Parc. 2	13,2 a	13,6 a	10,7 a
Épocas	13,0 A	12,8 A	10,5 B

  

Trat. 1 <sup>a</sup> 2 <sup>a</sup>	pH em CaCl <sub>2</sub>			
	Após 1º Cultivo de milho	Após Aveia preta	Após 2º Cultivo de milho	Após Cultivo preta
- -	14,2 aA	11,0 aA	6,1 aB	5,8 aA
30 30	16,8 aA	8,8 aB	2,6 aC	5,4 aA
60 00	17,3 aA	9,8 aB	4,6 aC	5,6 aA
30 90	15,2 aA	10,9 aB	3,3 aC	5,1 aA
60 60	15,9 aA	9,9 aB	5,3 aC	5,2 aA
30 150	13,7 aA	11,7 aA	4,2 aB	4,9 aA
60 120	12,8 aA	7,7 aB	3,9 aB	4,9 aA
Parc. 1	15,2 a	10,5 a	3,4 a	5,2 a
Parc. 2	15,4 a	9,2 a	4,6 a	5,3 a
Épocas	15,1 A	10,0 B	4,3 C	5,3 A

**Obs.:** Médias na mesma coluna e linha, seguidas por letras comuns minúscula e maiúscula, respectivamente, não diferem entre si em nível de significância de 5% pelo teste Tukey. 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> significam aplicação de N na semeadura e em cobertura, respectivamente. Parc. 1 e parc. 2 indicam, respectivamente, a aplicação de 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura; Trat. = Tratamentos.

Os teores obtidos variaram de 12,78 a 17,33 mg dm<sup>-3</sup> após o primeiro cultivo de milho, de 7,71 a 11,73 mg dm<sup>-3</sup> após o cultivo de aveia preta e de 2,63 a 5,26 mg dm<sup>-3</sup> após o segundo cultivo de milho. As faixas variaram de baixo a muito baixo (Raij et al., 1997), embora a adubação fosfatada tenha sido feita na adubação de base, na implantação de cada cultivo, de acordo com as recomendações de adubação para o

Estado de São Paulo (Raij *et al.*, 1997). Observa-se, entretanto, que, em todos os tratamentos, o teor de P decresce após cada cultivo, discordando de Falleiro *et al.* (2003) que, estudando diferentes sistemas de preparo, concluíram que o tratamento sob PD apresentou teores de P disponível superiores aos demais tratamentos, na média das três profundidades estudadas (0-5, 5-10 e 10-20 cm).

A redução drástica do teor de P observada entre os cultivos, pode estar ligada à menor ciclagem do nutriente pelo sistema milho-aveia-milho estudado no presente experimento, o que pode ter favorecido o processo de fixação de P por ferro ou alumínio ou até mesmo estar ainda na forma orgânica, pois segundo Cantarella *et al.* (1992), 1/2 a 2/3 do P total no horizonte superficial do solo encontra-se na forma orgânica, visto ainda que suas perdas por lixiviação são muito baixas, pois o fósforo é um nutriente muito pouco móvel no solo.

De modo geral, os valores de pH em  $\text{CaCl}_2$  (Tabela 3), encontrados nos tratamentos em que foram aplicados N, ficaram abaixo de 5,6, o que sugere, segundo Caíres *et al.* (2000), a necessidade de calagem superficial. Entretanto, segundo os critérios de Raij *et al.* (1997), a acidez encontrada nos tratamentos variou, para o primeiro cultivo de milho, de alta a baixa (4,92 a 5,80), após o cultivo de aveia preta, de alta a média (4,89 a 5,54), e para o segundo cultivo de milho, de muita alta a baixa (4,16 a 5,64). Verificou-se que os valores mais baixos de pH, após todos os cultivos, foram obtidos nos tratamentos em que foram aplicadas as doses de N de 180  $\text{kg ha}^{-1}$ . Entretanto, após o primeiro cultivo de milho (safra 2003/2004) e aveia preta (safra 2004), não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos. Contudo, após o segundo cultivo de milho, os tratamentos 30-150 e 60-120 resultaram em menores valores de pH, consequentemente maior acidez do solo, diferindo significativamente dos outros tratamentos. A ação acidificante de fertilizantes nitrogenados foi assinalada por vários autores, especialmente em áreas que se cultiva o milho associado a altas doses de N (Muzzili, 1983; Staley e Boyer, 1997; Matowo *et al.*, 1999; Franchini *et al.*, 2000; Campos, 2004). Entre os cultivos, os tratamentos 60-00 e sem aplicação de N indicaram uma redução de pH após aveia preta e, posteriormente (após o segundo cultivo de milho), houve, novamente, um pequeno acréscimo. Entretanto, nos tratamentos restantes (30-90, 60-60, 30-150 e 60-120) ocorreu um decréscimo de pH após cada cultivo, o que implica que a acidificação do solo arenoso é acentuada quando se aplica sulfato de amônio em cobertura, na cultura do milho.

Considerando-se que a acidificação esperada do sulfato de amônio seja por volta de -5  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  para cada kg de N (Raij *et al.*, 1997), a dose total de N aplicada nos três cultivos (390  $\text{kg ha}^{-1}$ ) equivaleria a uma perda de aproximadamente 2.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , na camada de 0,00-0,20 m, ou 20  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$  de bases (Ca + Mg). Os teores de alumínio trocável (Al) e acidez potencial (Tabela 4) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos e nem entre os cultivos. Variaram de 11,0 a 18,0  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$  (H+Al) e de 1,30 a 3,55 (Al), valores considerados baixos para as condições de cerrado (Lopes, 1984), em solos sem cultivo ("virgens") e, discordando de resultados obtidos por Campos (2004), que observou que aplicação crescente de doses de N em cobertura, aumentou linearmente o teor de Al, provavelmente, devido a diferenças de textura entre os solos.

**Tabela 4.** Médias e teste Tukey de tratamentos referentes a alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), na camada de 0-0,20 m.

Trat.	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	Al ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ )		H+Al ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ )	
			Após 1º Cultivo de milho	Após Aveia preta	Após 2º Cultivo de milho	Após 1º Cultivo de milho
			Cultivo de milho	Aveia preta	Cultivo de milho	Cultivo de milho
-	-		2,5 aA	1,5 aA	2,1 aA	15,0 aA
30	30		2,7 aA	1,8 aA	2,5 aA	18,0 aA
60	00		2,6 aA	1,7 aA	2,1 aA	17,0 aA
30	90		2,8 aA	1,3 aA	3,5 aA	13,0 aA
60	60		3,0 aA	1,5 aB	1,9 aA	15,0 aA
30	150		3,5 aA	1,5 aB	3,8 aA	15,0 aA
60	120		3,6 aA	1,6 aB	2,9 aA	16,0 aA
Parc. 1			3,0 a	1,5 a	2,3 a	13,3 a
Parc. 2			3,0 a	1,6 a	3,2 a	13,0 a
Épocas			2,9 A	1,5 B	2,7 AB	10,5 A
Ca ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ )						
Trat.	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	Após 1º Cultivo de milho	Após Aveia preta	Após 2º Cultivo de milho	Após 1º Cultivo de milho
			Cultivo de milho	Aveia preta	Cultivo de milho	Cultivo de milho
			25,5 aAB	28,5 aA	24,0 abB	23,0 abA
-	-					23,5 aA
30	30		24,0 abA	25,5 abA	12,5 bcB	18,5 abcA
60	00		27,0 aA	29,5 aA	28,0 aA	24,5 aA
30	90		22,0 abA	25,0 abA	12,5 bcB	15,5 bcA
60	60		24,0 abB	27,5 abA	17,5 bcC	16,0 bcA
30	150		17,0 bA	19,0 bA	11,5 cB	14,0 cA
60	120		23,5 abA	26,5 abA	15,0 bcB	15,0 bcA
Parc. 1			21,0 b	23,2 a	12,2 b	16,0 a
Parc. 2			24,8 a	24,7 a	20,3 a	18,5 a
Épocas			23,3 A	25,9 A	17,4 B	8,6 B
Mg ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ )						
Trat.	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	Após 1º Cultivo de milho	Após Aveia preta	Após 2º Cultivo de milho	Após 1º Cultivo de milho
			Cultivo de milho	Aveia preta	Cultivo de milho	Cultivo de milho
			11,5 abB	9,0 abcB	12,5 aB	6,5 bcB
-	-					8,0 abcB
30	30					7,5 abcB
60	00					7,0 a
30	90					9,3 a
60	60					18,1 A

**Obs.:** Médias na mesma coluna e linha, seguidas por letras comuns minúscula e maiúscula, respectivamente, não diferem entre si em nível de significância de 5% pelo teste Tukey. 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> significam aplicação de N na sementada e em cobertura, respectivamente. Parc. 1 e parc. 2 indicam, respectivamente, a aplicação de 30 e 60  $\text{kg ha}^{-1}$  de N na sementada; Trat.= Tratamentos.

Devido aos valores baixos de Al, pode-se provavelmente descartar qualquer toxidez por Al pelas plantas. Entretanto, percebe-se uma diminuição do teor de Al e H+Al do primeiro cultivo de milho para o cultivo de aveia preta. Posteriormente (após o segundo cultivo de milho), os teores do elemento tornaram a aumentar, pois o

milho foi novamente fertilizado com sulfato de amônio e, de acordo com Anghinoni e Salet (1996), a reação dos adubos nitrogenados na superfície do solo formam uma “frente de acidificação” que aumenta com a profundidade e, paralelamente, ocorre um aumento do teor de Al trocável. A diminuição do Al e do H + Al, após o cultivo de aveia preta, pode ter ocorrido devido à capacidade de neutralização desses elementos pelos resíduos do adubo verde, pois estudos realizados por Cassiolato *et al.* (1999) e Miyazawa *et al.* (1999) concluíram que a intensidade da neutralização da acidez potencial e Al trocável de solo ácido por extratos vegetais foi maior quando se utilizaram os resíduos de nabo forrageiro, tremoço azul e aveia preta. Além disso, sistemas de manejo que aumentam a matéria orgânica do solo reduzem a atividade do Al na solução pela formação de complexos estáveis (Mielniczuk, 2004).

Franchini *et al.* (1999) afirmaram que a redução da toxidez de Al após a aplicação de resíduos vegetais ocorre por dois processos químicos: reversão da hidrólise devido ao aumento de pH e complexação por ácidos orgânicos.

Os teores de cálcio (Ca) e de magnésio (Mg) para os diferentes tratamentos estão apresentados na Tabela 4. O tratamento 30-150 diferiu significativamente somente dos tratamentos 00-00 e 60-00, após todos os três cultivos, exceto para o Mg, após o cultivo de aveia preta. Lange (2002) também observou que diferentes doses de N aplicadas em superfície influenciaram significativamente os teores de Ca até 0,10 m e os de Mg até 0,20 m de profundidade. Os maiores valores de Ca e Mg disponíveis foram observados nos tratamentos que não receberam o fertilizante nitrogenado em cobertura. Campos (2004) verificou uma redução linear de teores de Ca e Mg 30 dias após a cobertura nitrogenada do milho à medida que aumentaram as doses de N em cobertura. E os menores valores de Ca e Mg obtidos, para todos os cultivos, foram nos tratamentos com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura (maiores doses de N). Isto é um reflexo de acidificação do solo provocado pela adubação nitrogenada. Segundo Muzilli (1983), Vale *et al.* (1997) e Franchini *et al.* (2000), a aplicação de fertilizantes amoniacais causa acidificação do solo e faz com que cargas negativas do solo sejam bloqueadas pelo Al, impedindo a adsorção de cátions básicos, tais como o Ca e Mg. Assim, esses cátions serão mais facilmente perdidos por lixiviação, o que resulta em menores teores de

Ca e Mg nas maiores doses de N aplicadas. O comportamento do Ca e Mg entre os cultivos foi semelhante ao do Al e H+Al, ou seja, os teores dos nutrientes apresentaram-se menores após o primeiro cultivo de milho, posterior à cultura de aveia preta houve um acréscimo e após o segundo cultivo de milho novamente ocorreu um decréscimo dos teores de Ca e Mg. O aumento dos teores após os cultivos de aveia foi, provavelmente, devido à redução do teor de Al e H+Al nesse período, pois como já discutido, a aveia preta possui uma alta capacidade de neutralização de acidez do solo. Contudo, os teores médios de Ca presentes no solo estiveram em concentrações entre 11,50 e 28,50 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e os teores médios de Mg observados variaram de 5,50 e 25,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, teores muito altos se comparados aos citados por Raij *et al.* (1997). Quanto às doses de N, após o segundo cultivo do milho, o Ca e Mg responderam linearmente, demonstrando que, com o aumento da dose de N, os teores de Ca e Mg diminuíram. Por outro lado, os resultados de Matowo *et al.* (1999) não condizem com os observados, pois esses autores não encontraram redução nos teores de Ca em função do aumento da aplicação de N, provavelmente, o solo não apresentaria resultados de acidez (pH baixo), como o solo do presente experimento. Entretanto, Paiva (1990) também observou redução significativa nos teores de Mg, na profundidade de 0 a 0,02 m, em função da aplicação de fertilizantes nitrogenados, após 7 anos de cultivo.

Na Tabela 5, observa-se que, no primeiro cultivo de milho, o teor de potássio (K) no solo foi maior nos tratamentos 30-150 e 60-120 que diferiram significativamente dos tratamentos 30-30, 60-00 e sem aplicação de N, discordando de Silva *et al.* (1999), pois os dados de K obtidos em seus experimentos não foram influenciados pelos parcelamentos e doses de N. Estes teores também aumentaram do primeiro cultivo para o cultivo de aveia preta. O acréscimo de teor de K no solo deveu-se, provavelmente, a uma maior absorção do elemento pela cultura do milho, nos tratamentos em que se aplicou 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, juntamente com N, já que N e K são os dois nutrientes mais absorvidos pela cultura do milho (Yamada, 1997). A maior parte do K presente no tecido das plantas se encontra na forma iônica, sem participar na formação de compostos orgânicos estáveis (Bartz, 2005), por isso este nutriente pode ser extraído (lavado) facilmente dos tecidos, tanto pela água das chuvas como pela própria umidade do solo, sem a necessidade de mineralização dos resíduos, o que pode ter gerado, no primeiro cultivo, teores baixíssimos de K na

camada de 0-0,20 m. Por outro lado, o decréscimo do teor de K entre os cultivos de aveia preta e segundo cultivo de milho, em todos os tratamentos, e ao teor próximo de 0, nos tratamentos 30-150 e 60-120, após o segundo cultivo, pode ter sido em decorrência da redução de pH, causado pela aplicação de N. Consequentemente, a diminuição dos valores de pH podem ter estimulado a perda de K pelo processo de lixiviação. Esses resultados evidenciam a rapidez do esgotamento desse nutriente em função da baixa capacidade de retenção de água em solo de textura arenosa. Entretanto, todos os tratamentos apresentaram resultados considerados muito baixos para os solos do Estado de São Paulo (Raij *et al.*, 1997), exceto os teores de K dos tratamentos 30-90 e 60-60, obtidos após a aveia preta. Para Falleiro *et al.* (2003), a diminuição do K disponível na camada superficial do solo em SPD 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.

**Tabela 5.** Médias e teste Tukey de tratamentos referentes a potássio (K), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%) na camada de 0-0,20 m.

Trat. 1 <sup>a</sup> 2 <sup>a</sup>	K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		
	Após 1º Cultivo de milho	Após Aveia preta	Após 2º Cultivo de milho	Após 1º Cultivo de milho	Após Aveia preta	Após 2º Cultivo de milho
- -	0,2 cB	0,7 bA	0,5 aA	48,7 abA	52,7 aA	36,0 abB
30 30	0,1 cB	0,4 bB	0,4 aA	42,6 abcA	44,9 aA	21,9 abB
60 00	0,2 bcb	0,6 bA	0,4 aA	51,7 aA	55,1 aA	40,9 aB
30 90	0,4 abB	1,2 aA	0,5 aB	37,9 bcA	42,4 aA	19,0 bB
60 60	0,4 abB	1,4 aA	0,5 aB	40,5 bcA	45,0 aA	25,0 abB
30 150	0,4 aA	0,4 bA	0,0 bB	31,4 cA	35,7 aA	17,5 bB
60 120	0,5 aA	0,5 bA	0,0 bB	38,9 bcA	44,9 aA	24,0 abB
Parc. 1	0,3 a	0,7 b	0,3 a	37,3 b	41,0 a	19,4 b
Parc. 2	0,3 a	0,8 a	0,3 a	43,7 a	48,3 a	30,0 a
Épocas	0,3 B	0,7 A	0,3 B	41,7 A	45,8 A	26,3 B
CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						
Trat. 1 <sup>a</sup> 2 <sup>a</sup>	Após 1º Cultivo de milho	Após Aveia preta	Após 2º Cultivo de milho	Após 1º Cultivo de milho	Após Aveia preta	Após 2º Cultivo de milho
- -	59,2 abA	64,7 aA	46,0 abA	82,3 aA	80,9 aA	78,2 abA
30 30	55,1 abA	57,4 aA	36,4 abA	77,2 abA	78,4 aA	60,1 bcB
60 00	63,2 aA	66,1 aA	50,4 aA	81,7 aA	83,4 aA	81,1 aA
30 90	52,9 abcA	54,4 aA	32,0 bA	71,0 bA	78,3 aA	62,4 abcB
60 60	55,0 abA	58,4 aA	38,0 abA	74,6 abAB	77,4 aA	66,0 abcB
30 150	43,9 cA	48,2 aA	31,0 cA	70,9 bA	73,8 aA	54,5 cB
60 120	51,9 bcA	57,5 aA	37,0 abA	73,8 abA	76,8 aA	64,3 abcB
Parc. 1	50,6 b	53,4 a	33,1 b	73,0 b	76,8 a	59,0 b
Parc. 2	56,7 a	60,6 a	41,8 a	76,7 a	79,2 a	70,5 a
Épocas	54,4 A	58,1 A	38,7 B	75,9 A	78,4 A	66,7 B

**Obs.:** Médias na mesma coluna e linha, seguidas por letras comuns minúscula e maiúscula, respectivamente, não diferem entre si em nível de significância de 5% pelo teste Tukey. 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> significam aplicação de N na semeadura e em cobertura, respectivamente. Parc. 1 e parc. 2 indicam, respectivamente, a aplicação de 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura. Trat. = Tratamentos.

O decréscimo de K no solo com aumento da dose de N, após o segundo cultivo de milho foi, provavelmente, devido à acidificação do solo causada pelo aumento da aplicação do fertilizante nitrogenado, pois, de acordo com Malavolta (1980), o decréscimo do pH diminui a disponibilidade de K

para as plantas.

Os teores médios de soma de bases (SB) (Tabela 5) variaram de 17,4 a 55,06 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (0-0,20 m) para os diferentes tratamentos. Os dados relativos aos teores de capacidade de troca catiônica (CTC) constam na Tabela 5, variando de 31,0 a 66,06 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Os resultados em cada tratamento diferiram significativamente, para valores obtidos após o primeiro e segundo cultivos de milho. A variação de valores obtidos em SB ocorreu, devido, principalmente, aos teores de Ca e Mg, e também H+Al para CTC, proporcionando similaridade de comportamento entre essas propriedades, uma vez que os teores de K no solo (praticamente insignificantes), no primeiro cultivo de milho e após aveia preta, não foi diminuído com o aumento das doses de N. Paiva (1990) também observou que a aplicação anual de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, como sulfato de amônio, na cultura do milho em SPD, provocou redução significativa nos valores de SB até 0,20 m de profundidade, após sete anos de cultivo. Os menores valores de SB e CTC, após o primeiro e segundo cultivos de milho foram sempre observados na maior dose de N, reflexo da acidificação provocada pela adubação nitrogenada e consequente perda de Ca para o primeiro cultivo e Mg para o segundo cultivo de milho, por remoção pelas culturas ou por lixiviação.

Resultados semelhantes são documentados por Juo *et al.* (1995), que observaram redução de CTC pela aplicação de adubos nitrogenados em solos cultivados sob plantio direto. Os teores médios de saturação por bases (V%) estão na Tabela 5. Os valores encontrados variaram de 74 a 82% (após o primeiro cultivo de milho), 74 a 83% (após a aveia preta) e 55 a 81% (após o segundo cultivo de milho), revelando resultados maiores de V%, em todos os cultivos, nos tratamentos que não receberam N em cobertura (0-0 e 60-00). Já os menores teores foram observados nas maiores doses de N. Essa tendência foi observada para Ca, Mg, K, SB e CTC, que são responsáveis pela maior ou menor saturação por bases nos solos.

## Conclusão

A aplicação de sulfato de amônio em cobertura proporcionou uma diminuição do pH do solo; após o segundo cultivo de milho, os teores de Ca, Mg e K decresceram com o aumento de níveis de N; o cultivo de aveia preta reduziu o teor de alumínio trocável e acidez potencial do solo; a aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura aumentou, após o segundo cultivo de milho, os teores de Ca, pH, SB, CTC e V(%).

## Referências

- AIDAR, H. et al. Bean production and White mould incidence under no till system. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.*, East Lansing, v. 43, p. 150-151, 2000.
- ANGHINONI, I.; SALET R. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo no sistema plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1996. Castro. Anais... Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 1996. p. 279-290.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 29, p. 745-754, 1999.
- ARGENTA, G. et al. Manejo do nitrogênio em milho em semeadura direta, em dois ambientes. I. Efeito sobre a absorção de N. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 29, p. 577-586, 1999a.
- ARGENTA, G. et al. Manejo do nitrogênio em milho em semeadura direta, em dois ambientes. II. Efeito sobre o rendimento de grãos. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 29, p. 587-593, 1999b.
- BARTZ, H.R. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistemas de produção sob plantio direto, 2005. Disponível em: <<http://www.rau.edu.uy/agro/uepp/siembra6.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2005.
- CAIRES, E.F. et al. Calagem na superfície em sistema plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.
- CAMPOS, A.X. Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens*. 2004. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- CANTARELLA, H. et al. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: GUERRINI, I.A.; BÜLL, L.T. (Ed.). *Encontro sobre a matéria orgânica do solo: problemas e soluções*. Botucatu: Faculdade de Ciências agronômicas, 1992. p. 63-122.
- CANTARELLA, H. et al. Antecipação de N em milho em sistema de plantio direto usando <sup>15</sup>N-ureia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. Resumos... Ribeirão Preto: SBCS, 2003. CD-Rom.
- CASSIOLATO, M.E. et al. A laboratory method to estimate the efficiency of plant extract to neutralize soil acidity. In: CONGRESO LATINO AMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., 1999, Puerto-Temuco. Resumos... Temuco: Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, 1999. CD Rom.
- DA ROS, A.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 20, p. 135-140, 1996.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: CNPS, 1999.
- FALLEIRO, R.M. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.
- FRANCHINI, J.C. et al. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2267-2276, 1999.
- FRANCHINI, J.C. et al. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 459-467, 2000.
- GEE, S.W.; BAUDER, J.C. Particle size analysis. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Physical and mineralogical methods, Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 383-412.
- GODOY, R.; BATISTA, L.A.R. Avaliação do potencial de produção de grãos de germoplama de aveia forrageira na região de São Carlos, SP. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 27, p. 1.253-1.257, 1992.
- JUO, A.S.R. et al. Acidification of a kaolinitic alfisol under continuous cropping with nitrogen-fertilization in west-Africa. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 171, n. 2, p. 245-253, 1995.
- KIEHL, E.J. *Manual de edafologia*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.
- LANGE, A. *Palhada e nitrogênio afetando propriedades do solo e rendimento de milho em sistema plantio direto no cerrado*. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- LOPES, A.S. *Características, propriedades e manejo*. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1984.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.
- MATOWO, P.R. et al. Soil chemical properties as influenced by tillage and nitrogen source, placement, and rates after 10 years of continuous sorghum. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, v. 50, p. 11-19, 1999.
- MIELNICZUK, J. Interações manejo do solo-química. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., 2000, Santa Maria. Reunião. Trabalhos... Viçosa: SBCS, 2004. CD-Rom.
- MIYAZAWA, M. et al. Efeito residual dos compostos orgânicos hidrossolúveis liberados na decomposição da aveia na química de superfície em solo ácido. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3., Santa Maria. 1999. Resumos... Santa Maria: UFSM, 1999. p. 303-395.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 7, p. 95-102, 1983.
- PAIVA, P.J.R. *Parâmetros de fertilidade de um solo do Paraná sob diferentes sistemas de manejo*. 1990. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1990.

- PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1015-1020, 2004.
- RAIJ, B. Van. et al. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. (Boletim técnico, 100).
- RAIJ, B. Van. et al. *Análise química para avaliação de fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agronômico, 2001.
- REEVES, D.W. Cover crops and rotations. In: HATFIELD, J.L.; STEWART, B.A. (Ed.). *Crop residues management*. Boston: J. Wiley, 1994. p. 125-172.
- SÁ, J.C. Efeito de doses de épocas de aplicação de nitrogênio na produção de milho, após resteva de aveia preta (*Avena strigosa*), sob plantio direto. In: Fundação ABC. *Resultados de Pesquisa 88/89*. Castro: Fundação ABC, 1989. p. 61. (Boletim Técnico, 4).
- SÁ, J.C. *Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996.
- SANTI, A. et al. Adubação nitrogenada na aveia preta. I – Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, p. 1075-1083, 2003.
- SILVA, F.C. et al. Adubação nitrogenada e potássica na cultura do milho. In: CONGRESO LATINO AMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., 1999, Temuco. *Anais...* Temuco: Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, 1999. CD Rom.
- STALEY, T.E.; BOYER, D.G. Short-term carbon, nitrogen and pH alterations in a hill-land Ultisol under maize silage relative to tillage method. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, v. 42, n. 1/2, p. 115-126, 1997.
- VALE, F.R. et al. *Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes de plantas*. Lavras: UFLA/Faepe, 1997.
- YAMADA, T. *O nitrogênio e o potássio na adubação da cultura do milho*. Piracicaba: Potafós, 1997. (Informações Agronômicas, 78).

Received on June 13, 2006.

Accepted on May 29, 2007.