

# ESTOQUE DE NUTRIENTES NO PERFIL DO SOLO INFLUENCIADOS POR DOSES DE PALHA E NITROGÊNIO NO MILHO EM SEMEADURA DIRETA<sup>1</sup>

ANDERSON LANGE<sup>2</sup>, JOSÉ CARLOS CRUZ<sup>3</sup> E JOÃO JOSÉ MARQUES<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Parte da Dissertação apresentada pelo primeiro autor ao DCS-UFLA para obtenção do título de M.Sc. em Agronomia

<sup>2</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Rodovia MT 208, km 147, Caixa Postal 324, Jardim Tropical, CEP 78580-000 Alta Floresta, MT. E-mail: andersonlange@unemat.br

<sup>3</sup> Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP. 35.701-970. Sete Lagoas, MG. E-mail: [zecarlos@cnpms.embrapa.br](mailto:zecarlos@cnpms.embrapa.br)

<sup>4</sup> Prof. DCS-UFLA, 37200-000, Lavras-MG. [jmarques@ufla.br](mailto:jmarques@ufla.br)

**RESUMO:** Plantas de cobertura são responsáveis por aumentar o teor de carbono no solo em áreas de semeadura direta. O monocultivo de milho sem rotação de culturas e a consequente aplicação de nitrogênio em cobertura durante um longo período pode alterar os atributos químicos do solo. Objetivou-se após dez anos de cultivo contínuo de milho avaliar as alterações no estoque de carbono, nutrientes no solo e os caracteres fenológicos da cultura do milho decorrentes da aplicação de doses de palha de milho e de nitrogênio em superfície em semeadura direta. Utilizou-se uma combinação de doses de palha de milho sobre o solo simulando aportes de palha provenientes de plantas de cobertura (0, 3, 6, 9 e 12 t ha<sup>-1</sup>), dispostas nas parcelas e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de uréia, em cobertura, dispostos nas subparcelas. Amostrou-se o solo nas profundidades de 0-2,5; 2,5-5; 5-10 e 10- 20 cm e, no milho foram avaliados as plantas acamadas, o estande e o número de espigas por hectare. A aplicação de até 12 t ha<sup>-1</sup> de palha aumentou os estoques de carbono apenas nos primeiros 2,5 cm e os estoques de potássio até 20 cm, não alterando os estoques de fósforo, cálcio e magnésio. As doses de N não alteraram os estoques de carbono e fósforo, porém provocaram redução significativa nos estoques de potássio, cálcio e magnésio no perfil do solo. Altas doses de nitrogênio reduziram acamamento de plantas e propiciaram maior estande e o número de espigas por hectare.

Termos para indexação: monocultivo; acúmulo de nutrientes; plantio direto; *Zea mays*.

## SOIL STOCK OF NUTRIENTS INFLUENCED BY STRAW AND NITROGEN LEVELS IN MAIZE UNDER NO-TILLAGE

**ABSTRACT:** Cover crops are responsible for increasing the carbon level in the soil of non-tilled areas. Maize monoculture without crop rotation and the consequent cover application of nitrogen for a long period can change the soil chemical features. The aim of this work was to evaluate the alterations in the soil stock of carbon and nutrients, in addition to the maize crop phenological characters, resultant of nitrogen and maize straw application on non-tilled surface after ten years of continuous maize cultivation. We used a combination between maize straw levels (0, 3, 6, 9, and 12 t ha<sup>-1</sup>) over the soil in order to simulate straw intake from cover crops, divided into plots, and cover nitrogen levels (0, 40, 80, 120, and 160 kg ha<sup>-1</sup>) in the form of urea, divided into subplots. Soil was sampled at 0-2.5; 2.5-5; 5-10; and 10-20cm depths and maize was evaluated as to lodged plants, stand and number of ears per hectare. The application of up to 12 t ha<sup>-1</sup> straw increased carbon stocks in the first 2.5 cm and potassium stocks up to 20 cm, not altering phosphorus, calcium and magnesium stocks. N levels did not alter carbon and phosphorus stocks but significantly decreased potassium, calcium and magnesium stocks in the soil profile. High nitrogen levels decreased plant lodging and led to larger stand and number of ears per hectare.

Index Terms: monoculture; nutrient accumulation; no-tillage; *Zea mays*.

## INTRODUÇÃO

O sistema de semeadura direta (SSD) modifica o comportamento dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo em relação ao preparo convencional, com o acúmulo de nutrientes na superfície, melhorando a agregação e aumentando a biota do solo. Os primeiros estudos realizados no Sul do país demonstraram algumas destas alterações (Muzilli, 1983; Sidiras & Pavan, 1985).

A concentração de nutrientes em diferentes profundidades é influenciada pelas características do sistema de semeadura, pelo grau de mobilidade de cada nutriente, pela classe de solo e pela dose aplicada de cada nutriente, o que implica em mudanças ao longo do tempo (Basso & Reinert, 1998; Campos et al., 1999; Schlindwein & Anghinoni, 2000).

Estocar carbono no solo via SSD tem sido objetivo de alguns estudos, como os de Lovato et al. (2004), que verificaram, após 13 anos de cultivo, aumento nos estoques de carbono orgânico no solo (ECOS) em SSD até a profundidade de 17,5 cm devido ao uso de diferentes combinações de plantas de cobertura no inverno e milho no verão, onde os maiores estoques ocorreram em sistemas que utilizaram cultivos com maior número de plantas de cobertura e conseqüente maior aporte de massa. O mesmo foi observado por Bayer et al. (2000) após nove anos de implantação do SSD. Porém Franchini et al. (2000), trabalhando com diferentes sistemas de rotação e plantas de cobertura não verificaram tal efeito. O sistema radicular das plantas utilizadas como adubo verde pode contribuir com os teores de COS na camada de até 0,10 m de profundidade (Foloni et al., 2006).

Uma das características dos solos do Cerrado é a baixa disponibilidade de fósforo, mesmo após adubações, em virtude da fixação desse nutriente no solo. No SSD, em que não existe revolvimento do solo, sua concentração tende a ser maior nos primeiros centímetros do solo, devido à redução no processo de fixação e ao acúmulo de resíduos na superfície, que se decompõem gradualmente (Sá, 1999).

No Brasil, entre as culturas de grãos, o milho ocupa papel de destaque, com aproximadamente 14,7 milhões de hectares cultivados (Conab, 2009).

Dentre os nutrientes exigidos pela cultura, o nitrogênio se destaca, superando em quantidade o fósforo e o potássio e a sua aplicação, em doses elevadas, tem como conseqüência a acidificação do solo e redução das bases trocáveis. Sá (1999) observou diminuição dos valores de pH do solo após cultivo da seqüência milho-trigo, o que, segundo o autor, foi decorrente da adição de 190 kg ha<sup>-1</sup> de N ao solo. O mesmo foi observado por Muzilli (1983) e Franchini et al. (2000) em seqüências de culturas que requeriam altas doses de N. Este efeito reflete diretamente na redução da CTC efetiva e das bases trocáveis do solo e no aumento do teor de Al trocável (Paiva, 1990). Segundo Pavan & Oliveira (1997) a aplicação de fertilizantes amoniacais causa acidificação do solo e faz com que parte das cargas do solo sejam ocupadas pelo Al, impedindo a adsorção de cátions básicos. Neste sentido, priorizar sistemas que utilizem a rotação de culturas e a adoção de plantas de cobertura que fixem N atmosférico, pode resultar em economia de fertilizantes nitrogenados (Gallo et

al., 1983; Amado et al., 2002), inclusive com ausência de resposta ao N em cobertura e, com isto, redução nos riscos de acidificação do solo e perdas de nutrientes por lixiviação.

Alguns trabalhos têm identificado a mudança no estoque de nutrientes no perfil do solo em SSD, comparando sistemas de preparo de solo, tempo de adoção e sistemas de rotação de culturas (Mielniczuk et al., 2003; Lovato et al., 2004; Carvalho, 2006). Porém, estudos que levem em consideração a densidade do solo, a aplicação de doses de fertilizantes nitrogenados e o estoque de nutrientes no perfil, decorrente da acidificação do solo, não têm sido explorados. Com o uso da densidade do solo no cálculo dos estoques e a amostragem de solo em camadas, pode ser possível identificar, após dez anos de uso do SSD, se aportes de palha na superfície podem aumentar o estoque de carbono em profundidade.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as alterações nos estoques de carbono e nutrientes no perfil do solo, no número de plantas acamadas, no estande final e no número de espigas por hectare na cultura do milho em semeadura direta decorrentes da aplicação superficial de doses anuais de palha de milho e de nitrogênio em área cultivada apenas com milho por dez anos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na EMBRAPA-Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, em um Latossolo Vermelho distrófico típico A moderado textura muito argilosa (650 g kg<sup>-1</sup> de argila) fase cerrado tropical subcaducifólio. A área experimental está situada a 44°10'59"W e 19°27'21"S, a 790 m de altitude. O clima é do tipo Aw (tropical estacional de cerrado) na classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 22 °C e a precipitação média anual é de 1.340 mm.

A área experimental foi cultivada continuamente, durante dez anos, em SSD, sendo utilizado na safra de avaliação (2001/02), o híbrido triplo BRS 3150, no espaçamento de 70 cm entre linhas, com 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições, sendo avaliada a aplicação de palha em superfície na parcela principal de doses e nitrogênio na subparcela. A palha, proveniente de resíduos culturais de milho, que simulou a produção de palha por plantas de cobertura, foi distribuída anualmente, nas parcelas, de forma homogênea na superfície do solo, cerca de 20 dias antes da semeadura do milho, nas doses 0; 3; 6; 9 e 12 t ha<sup>-1</sup> de massa de matéria seca. Anualmente foi aplicada uréia (45% de N) em cobertura, nas seguintes doses: 0; 40; 80; 120 e 160 kg N ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi na superfície do solo próxima à linha de semeadura quando o milho apresentava seis ou sete folhas completamente expandidas. A aplicação de uréia em superfície, apesar das elevadas perdas (Lara Cabezas et al., 1997), é a prática adotada pela maioria dos produtores, neste sentido procurou-se reproduzir a realidade do campo. As dimensões das subparcelas foram de 7,0 × 7,2 m.

Em maio de 2001, após a colheita do milho, realizou-se uma amostragem de solo até a profundidade de 20 cm, de forma estratificada: 0-2,5; 2,5-5; 5-10 e 10- 20 cm. Para isto foram abertas mini-trincheiras (70 × 50 × 50 cm) na linha de semeadura do ano anterior, coletando-se amostras tanto na linha como na entrelinha de semeadura. Coletaram-se também amostras nas profundidades 0-5; 5-10 e 10-15 cm, com auxílio de anéis de Kopeck, para determinação da densidade do solo (DS).

A semeadura do milho foi realizada em 22/11/2001, utilizando-se 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 05-20-20+0,5% de Zn, sendo a mesma para todo o experimento.

As análises físicas e químicas de solo seguiram a metodologia descrita em EMBRAPA (1997) e Silva (1999), analisando-se no solo também os teores de nitrato e amônio na profundidade de 0-2,5 cm. Para os cálculos de estoque de nutrientes no solo, utilizou-se a densidade do solo de cada camada e os teores de nutrientes disponíveis no solo, sendo os dados transformados, conforme a CFSEMG (1999).

No momento da colheita foram avaliados o estande de plantas, número de plantas acamadas e número de espigas em quatro linhas centrais de cada subparcela, desprezando-se as bordaduras.

Os resultados foram submetidos à análise de regressão polinomial, considerando-se o efeito das doses de palha e de nitrogênio no solo para diferentes profundidades e nos caracteres do milho, com o nível de 5% de probabilidade. O programa utilizado para a análise estatística foi o SISVAR (Ferreira, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios do estoque de carbono orgânico do solo (ECOS) encontrados variaram de 6,7 t ha<sup>-1</sup> (0-2,5 cm) a 22,1 t ha<sup>-1</sup> (10-20 cm) nas profundidades avaliadas (Figura 1). As doses de palha aplicadas, simulando aportes anuais de plantas de cobertura, influenciaram apenas o ECOS para a camada superficial, demonstrando que a adição anual, durante dez anos seguidos de até 12 t ha<sup>-1</sup> na superfície do solo, parece não alterar este atributo além da superfície, sendo mais eficiente o acúmulo em função da decomposição de raízes de plantas.

Gonçalves & Ceretta (1999) trabalhando com plantas de cobertura no inverno e milho no verão, verificaram maior produção de massa de matéria seca para o tremoço como cultura de inverno e também maior quantidade de resíduos remanescentes sobre o solo após a colheita do milho na área de cultivo do tremoço, o que resultou em maior teor de C no solo na profundidade de 0-2,5 cm, sendo que para maiores profundidades não houve efeito dos tratamentos no teor de C, resultado este semelhante ao observado no presente estudo.

As doses de N não afetaram o ECOS. Isto pode ser explicado pelo fato de que as doses de N aplicadas não foram suficientes para aumentar a produtividade de palha no milho e nas espontâneas, ou seja aumentar o estoque de C e, em contrapartida, porque com o aumento das

doses de N, apesar de uma possível maior produção de palha por uma cultura, há também a possibilidade de alteração na taxa de decomposição da palha que estava sobre o solo, não alterando assim a entrada de C no solo, o que corrobora com algumas observações feitas por Vitti et al. (2008).

As doses de palha e de N não influenciaram os estoques de fósforo (P) disponível no perfil do solo. Em relação as doses de palha, a ausência de efeito significativo nos estoques de P se deve a elevada taxa de exportação de P pelo grão de milho que, segundo Andrade et al. (1975), chega a 80%, em relação ao total de P absorvido pela cultura. Notou-se que na camada de 0-10 cm houve maior estoque de P no perfil, pois dos 23 kg ha<sup>-1</sup> encontrados na camada de 0- 20 cm, 19 kg ha<sup>-1</sup> se encontram na camada de 0-10 cm, o que condiz com resultados de SSD estabilizado (Sá, 1999). Isto também comprova que o P não se movimenta no perfil do solo, devido a sua baixa mobilidade. Para potássio (K), a aplicação de até 12 t ha<sup>-1</sup> de palha aumentou os estoques até 20 cm de profundidade. Este resultado já era esperado, uma vez que a palha residual aplicada era proveniente da cultura do milho, a qual possui altos teores de K (Andrade et al., 1975), com aproximadamente 30 kg ha<sup>-1</sup> para cada tonelada de grão produzida, admitindo uma relação de 1:1 na matéria seca da cultura. Deve-se considerar também que o K é um elemento que se move no solo por difusão e se encontra na solução do solo, quando em altas concentrações. Assim, o aumento de K vindo da palha, mais o proveniente da adubação de manutenção e, considerando as condições ácidas do solo, devido a aplicação de uréia que diminui a CTC efetiva, era mesmo de se esperar maior estoque de K em profundidade. Para os demais parâmetros avaliados neste estudo não houve efeito da aplicação de palha.

A aplicação de N durante dez anos de cultivo de milho reduziu os estoques de potássio, cálcio e magnésio disponível no perfil do solo, em alguns casos até 10 cm de profundidade (Figura 2), devido ao complexo de troca do solo ser ocupado pelo Al tóxico, devido à acidificação (Pavan & Oliveira, 1997). Para K, apenas a camada de 2,5-5 cm foi influenciada pelas doses de N, sendo que na ausência da aplicação de N foram observados 57 kg ha<sup>-1</sup> de K disponível nesta camada e 37 kg ha<sup>-1</sup> na maior dose.

Para Ca e Mg, houve alteração significativa dos estoques até a profundidade de 10 cm, resultado da troca destes nutrientes no complexo sortivo por conta da acidez causada pela aplicação de N. Sem a aplicação de N, observou-se estoques de 228, 172 e 294 kg ha<sup>-1</sup> de Ca para as três primeiras camadas de solo. Já na maior dose de N observaram-se estoques de 165, 103 e 184 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, ou seja, uma redução de aproximadamente 63, 69 e 110 kg ha<sup>-1</sup> nos estoques, para cada camada de solo, ao longo dos dez anos de aplicação das doses de N. Isto pode ser explicado pela presença de alumínio tóxico ocupando a CTC e aumentando a lixiviação das bases; a presença de íons amônio que reduzem a adsorção de Ca e porque em maiores doses de N há também maior demanda por Ca pela cultura devido ao aumento da produtividade, reduzindo a quantidade disponível no solo ao longo dos anos, já que não foram realizadas adubações diferenciadas, buscando repor os nutrientes exportados.

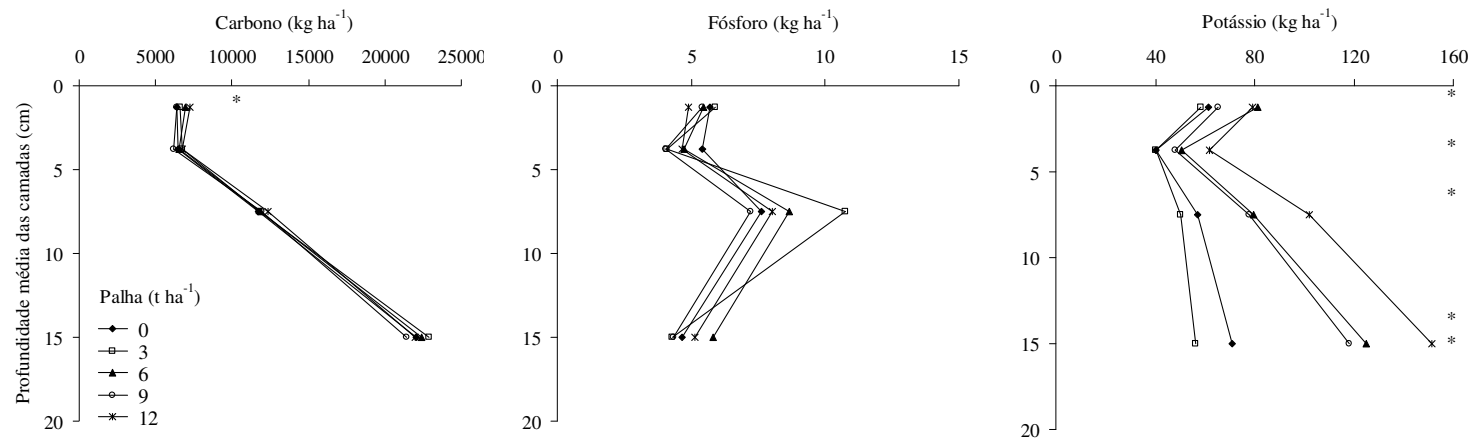


FIGURA 1. Influência da aplicação de doses de palha (t ha<sup>-1</sup>) por dez anos seguidos sobre o estoque de carbono, fósforo e potássio disponíveis (kg ha<sup>-1</sup>) em um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes camadas em semeadura direta na cultura do milho (\* = significativo a 5%).

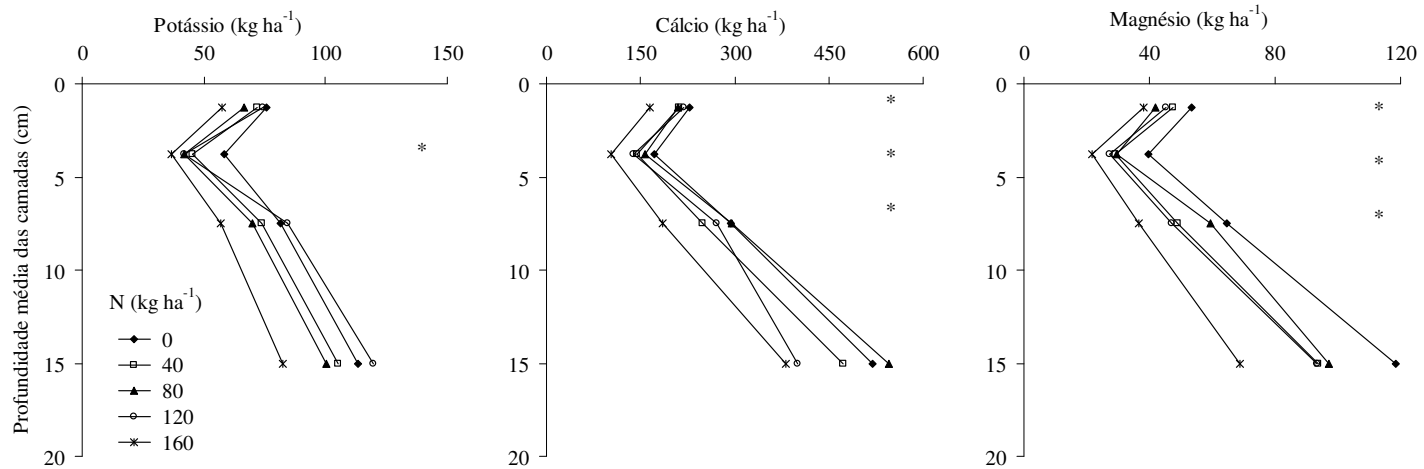


FIGURA 2. Influência da aplicação de doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) por dez anos seguidos sobre o estoque de potássio, cálcio e magnésio disponíveis (kg ha<sup>-1</sup>) em um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes camadas em semeadura direta na cultura do milho (\* = significativo a 5%).

Para Mg, o comportamento foi semelhante ao observado para Ca, com estoques de 53, 40 e 65 kg ha<sup>-1</sup> na ausência da aplicação de N em cobertura, enquanto que na maior dose de N os estoques diminuíram para 38, 22 e 37 kg ha<sup>-1</sup>, nas profundidades de 0-2,5; 2,5-5 e 5- 10 cm, respectivamente. Assim, a aplicação de altas doses de fertilizantes nitrogenados durante um longo período, sem a um correto sistema de rotação e sem calagem, diminui a CTC efetiva do solo e, deste modo, reduz as bases trocáveis.

Para o estoque de Ca no perfil do solo, admitindo-se que a cultura exporte em torno de 5,4 kg ha<sup>-1</sup> do nutriente para cada tonelada de grãos produzida (Bull, 1993) e, supondo uma produtividade média, ao longo dos dez anos, de 4,0 e 9,0 t ha<sup>-1</sup> de grãos para as doses 0 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, isto resultaria numa exportação de aproximadamente 216 e 486 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, respectivamente. Neste sentido ainda, o Ca acumulado na camada de 0-2 cm, na ausência de N em cobertura, foi de 1215 kg ha<sup>-1</sup> e para a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> foi igual a 832 kg ha<sup>-1</sup>, o que ocasionou uma diferença de 383 kg ha<sup>-1</sup> de Ca ausente no sistema, na maior dose de N. Entretanto, esta quantidade difere da supostamente exportada pela cultura na maior dose (486 – 216 = 270 kg ha<sup>-1</sup>), o que demonstra que houve perda de Ca por lixiviação, provenientes da acidificação do solo, mesmo contando com a maior exportação na maior dose. Assim, a aplicação de N durante um longo período, sem um correto sistema de rotação de culturas e sem a prática da calagem resulta em redução nos teores desse nutriente no perfil do solo.

As doses de palha não influenciaram o teor de amônio no solo, o estande, o acamamento e o número de espigas por hectare na cultura do milho. Observou-se uma variação entre 14 e 22 mg kg<sup>-1</sup> de amônio no solo que aumentou proporcionalmente em função das doses de N aplicadas (Figura 3). Os teores de nitrato não foram afetados, possivelmente devido a precipitações após a aplicação do fertilizante (535 mm entre os meses de janeiro a abril de 2002). E como o nitrato é bastante móvel no solo, a percolação de água no perfil pode ter provocado um fluxo descendente de nitrato para abaixo da área de amostragem.

O aumento das doses de N reduziu o acamamento de plantas, o que manteve um estande adequado e resultou em um maior número de espigas por hectare, o que corrobora com os resultados de Sangoi & Almeida (1994) e Escosteguy et al. (1997). O maior número de plantas acamadas nas menores doses de N é resultado da deficiência deste nutriente (Lange et al., 2006), o qual reduz o diâmetro de colmo e sua resistência ao vento, além do menor desenvolvimento do sistema radicular, provocando sua queda. A carência de N nas menores doses reduziu o estande, em função de uma competição, alterando assim o número de espigas também. A dose de N calculada para a máxima eficiência agrônômica foi próxima a 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, para o estande e número de espigas, respectivamente, o que está de acordo com as recomendações técnicas para essa cultura no Estado de Minas Gerais, em relação à dose de N que deve ser utilizada em cobertura (Alves et al., 1999).

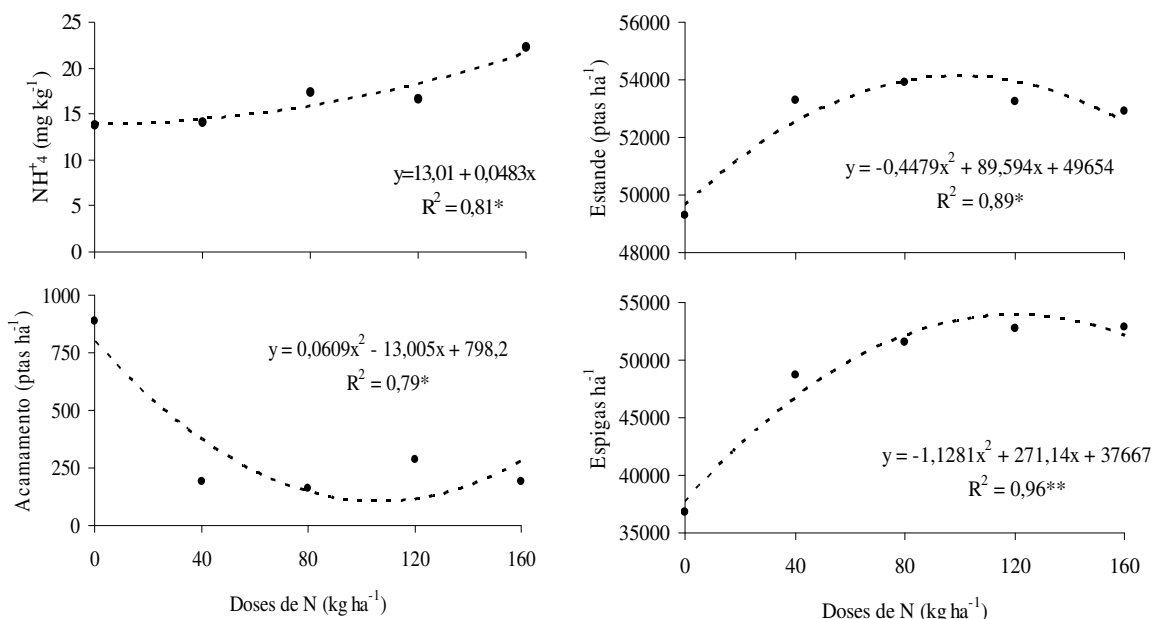


FIGURA 3. Teores de amônio ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) na profundidade 0 a 2,5 cm, número de plantas acamadas, estande final e número de espigas por hectares em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura na cultura do milho, em semeadura direta num Latossolo Vermelho Cerrado. (\*\*, \* = significativo a 1 e 5%, respectivamente).

### CONCLUSÃO

A adição de palha de milho na superfície do solo aumentou os estoques de carbono apenas na camada superficial e os de potássio em maiores profundidades, não sendo observado efeito nos estoques de fósforo, cálcio e magnésio.

A aplicação de nitrogênio no milho durante dez anos reduziu os estoques de potássio, cálcio e magnésio no perfil do solo, em alguns casos, até 20 cm de profundidade, mas não afetou o estoque de fósforo.

O aumento das doses de nitrogênio no milho reduziu o acamamento das plantas, melhorou o estande e aumentou o número de espigas por hectare.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, V.M.C.; VASCONCELLOS, C.A.; FREIRE, F.M.; PITTA, G.V.E.; FRANÇA, G.E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J.M.; VIEIRA, J.R.; LOUREIRO, J.E. Milho. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. p.314-316.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.1, p.241-248, 2002.

ANDRADE, A.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; SARRUGE, J.R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.)I. Acumulação de macronutrientes. **Anais da E. S. A. “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.32, n.1, 1975, p.115-149.

BASSO, C.J.; REINERT, D.J. Variação da agregação induzida por plantas de cobertura de solo no inverno e plantio direto de milho em um Podzólico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.4, p.567-571, 1998.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; LOVATO, T. Potencial de acúmulo de matéria orgânica no solo em sistemas conservacionistas de manejo na região sul do Brasil. In: SIMPÓSIO DE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 1., 2000, Piracicaba- SP. **Anais...** Piracicaba, 2000a. 1 CD-ROOM.

BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L.C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.383-391, 1999.

CARVALHO, J.L.N. **Conversão do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no solo e no ambiente**. 95p. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura de Piracicaba Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2006.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999, 359p.

CONAB. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, 2009. **Acompanhamento da safra 2008/09**. Quinto levantamento fev/2009. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/5graos\\_08.09.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/5graos_08.09.pdf). Acesso em: fev. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. 212p.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.2, n.1, p.71-77, 1997.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para análise de variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000.

FOLONI, J.S.S., LIMA, S.L.; BULL, L.T., Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.1, p.49-57, 2006.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.459-467, 2000.

GALLO, P.B.; SAWASAKI, E.; HIROCE, R.; MASCARENHAS, H.A.A. Produção de milho afetada pelo nitrogênio mineral e cultivos anteriores com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.2, p.149-152, 1983.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.307-313, 1999.

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura do milho: II Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.3, p.489-496, 1997.

LANGE, A.; CARVALHO, J.L.; DAMIN, V.; CRUZ, J.C.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J. Doses de nitrogênio e de palha em sistema plantio direto de milho no Cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, v.53, n.302, p.171-178, 2006.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.175-187, 2004.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo de solos e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v.3, p.209-248, 2003.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, 1983.

PAIVA, P.J.R. **Parâmetros de fertilidade de um solo do Paraná sob diferentes sistemas de manejo**. 1990. 55p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L. **Manejo da acidez do solo**. Londrina: IAPAR, 1997. p.86 (IAPAR. Circular, 95)

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição do solo**. Lavras: UFLA, DCS, 1999. p.267-310.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.13-24, 1994.

SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.4, p.611-617, 2000.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3, p.249-254, 1985.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 370p.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E.; OTTO, R. TRIVELIN, M.O.; TOVAJAR, J.G. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-çúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.32, Número Especial, p.2757-2762, 2008.

★★★★★