



Acta Scientiarum. Agronomy

ISSN: 1679-9275

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Siqueira Neto, Marcos; Piccolo, Marisa de Cássia; Scopel, Eric; da Costa Junior, Cíniro; Cerri, Carlos Clemente; Bernoux, Martial

Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado

Acta Scientiarum. Agronomy, vol. 31, núm. 4, outubro-diciembre, 2009, pp. 709-717

Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026589024>

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

# Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado

**Marcos Siqueira Neto<sup>1\*</sup>, Marisa de Cássia Piccolo<sup>1</sup>, Eric Scopel<sup>2</sup>, Cíniro da Costa Junior<sup>1</sup>, Carlos Clemente Cerri<sup>1</sup> e Martial Bernoux<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Av. Centenário, 303, 13416-970, Piracicaba, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Cerrados, Planaltina, Distrito Federal, Brasil. <sup>3</sup>Institut de Recherche pour le Développement, Montpellier, França. \*Autor para correspondência: E-mail: msiqueir@cena.usp.br

**RESUMO.** A região do Cerrado representa uma das maiores áreas cultivadas do mundo. Os diferentes usos do solo empregados nesta região podem modificar efetivamente as quantidades de matéria orgânica e alterar a ciclagem dos nutrientes no solo. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo nas relações entre o carbono total e os atributos químicos de um Latossolo Vermelho distrófico no Cerrado na região de Rio Verde, Estado de Goiás. As áreas estudadas foram cerradão, pastagem de baixa produtividade, plantio convencional de soja e plantio direto de soja com milho em sucessão. Os valores mais baixos no pH, cátions trocáveis, P-disponível e enxofre foram observados no Cerradão, contudo foram encontrados os maiores teores de C-total, que apresentaram correlação elevada com os teores de H+AL e a CTC potencial. Nas demais áreas, foram encontradas concentrações mais elevadas de cátions trocáveis, P-disponível e enxofre. Nas áreas onde não ocorreu o revolvimento do solo e a aplicação do corretivo e dos fertilizantes foi superficial, a estratificação dos teores de C-total promoveu a retenção dos elementos mais próximos à superfície, o que proporcionou correlações significativas com os atributos químicos do solo.

**Palavras-chave:** fertilidade do solo, plantio direto, plantio convencional, pastagem, soja.

**ABSTRACT. Total soil carbon and chemical attributes under different land uses in the Brazilian savanna.** The Brazilian savanna region (Cerrado) is one of the largest cultivated areas of the world. The different land uses in the region can effectively change the quantities of soil organic matter and the cycling of nutrients. The objective of this study was to evaluate the effect of different land use management systems on the relationship between soil organic carbon and the soil chemical attributes of a Red Latosol (Oxisol) under Cerrado in Rio Verde (Goiás state). The treatments studied were native vegetation (cerradão), low-productivity pasture, conventional tillage with soybean, and no-tillage with soybean and maize. The smallest values for pH, available P, K, Ca and Mg were observed for the Cerradão treatment, even if the relatively high C levels increased the potential soil cation exchange capacity. The pasture, conventional tillage and no-tillage treatments showed higher K, Ca, Mg, available P, and S concentrations in the soil. In the areas where soil tillage did not take place and lime and fertilizers were applied superficially, the stratification of the soil organic carbon provides the retention of the elements near to the surface, with significant correlations with the soil chemicals attributes.

**Key words:** soil fertility, no-tillage, conventional tillage, pasture, soybean.

## Introdução

O bioma Cerrado é importante por sua abrangência, uma vez que ocupa aproximadamente um quarto do território nacional. Após a mudança da capital nacional para Brasília, políticas governamentais, como a abertura de estradas, criação de comunidades, incentivo à criação de gado e à expansão da área agrícola, causaram aumento massivo das alterações da paisagem na região.

Os solos do bioma Cerrado são naturalmente ácidos pela constituição do material de origem e pelo

elevado processo de intemperismo, normalmente apresentam baixos teores de cátions básicos (FAGERIA; GHEYI, 1999; SILVEIRA et al., 2000). A acentuada deficiência de cálcio, magnésio e fósforo e a elevada concentração de alumínio constituíam inicialmente a maior limitação para seu cultivo, sendo necessário o uso intensivo de corretivos e fertilizantes (FAGERIA, 2001). Contudo, a existência de uma estação seca e outra chuvosa definidas, que favorece o planejamento do plantio e colheita, os solos profundos com boa qualidade física e a topografia plana fizeram

do bioma Cerrado a maior fronteira agrícola brasileira nas décadas de 1970 e 1980.

Diante dessas características, como nos demais solos em regiões com clima tropical, a matéria orgânica do solo (MOS) é responsável por 75 a 85% da capacidade de troca de cátions (CTC), mesmo com teores significativamente inferiores aos teores de argila do solo (OORTS et al., 2003). Estes solos são amplamente dependentes da quantidade de MOS, que, juntamente com a caulinita e os óxidos de ferro e alumínio, constituem as superfícies de cargas negativas (SILVA; RESCK, 1997).

De maneira geral, pode-se considerar que a MOS é composta aproximadamente por 60% de carbono proveniente de material vegetal em diferentes estágios de decomposição e evolução. A quebra nas cadeias de C formam os radicais R-COH (carboxila) e R-OH (hidroxila) que com a elevada superfície específica da MOS, são os responsáveis pela geração das cargas (RAIJ, 1991).

A conversão do Cerrado, por meio da derrubada e queima da vegetação natural, em diferentes sistemas de manejo pode resultar na diminuição da MOS, da fertilidade do solo, do aumento da erosão (BERNOUX et al., 2004; LAL, 2003) e, consequentemente, no aumento dos custos de produção. Os efeitos do sistema de manejo sobre a MOS têm apresentado direta ou indiretamente alterações nas características químicas dos solos. Os sistemas de manejo que favorecem o incremento dos teores de C resultam no aumento da CTC do solo e da disponibilidade de nutrientes para as culturas (BAYER; MIELNICZUK, 1997).

As áreas convertidas em pastagens e, posteriormente, abandonadas, ou com ausência de manejo e manutenção da produtividade, normalmente apresentam níveis de MOS abaixo dos encontrados originalmente em vegetação nativa (FUJISAKA et al., 1998), com reduzida ciclagem de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2004, SOUZA et al., 2008, VOLPE et al., 2008). Contudo, nas áreas de pastagens manejadas, a quantidade de MOS encontrada facilmente supera as quantidades encontradas nas áreas com vegetação nativa (CERRI et al., 2004; DESJARDINS et al., 2004).

Nas áreas agrícolas, o sistema convencional que emprega a aração e a gradagem no preparo para o plantio pode ser considerado o sistema mais agressivo para o solo, com grande poder de redução da MOS (BAYER; MIELNICZUK, 1999). Os solos do bioma Cerrado apresentam estrutura estável, portanto mecanização pesada e aplicações de altas doses de fertilizante podem acelerar a oxidação do C

e, consequentemente, reduzirem as quantidades de MOS (TORMENA et al., 2004).

No sistema plantio direto, o não-revolvimento do solo, a rotação de culturas e a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo proporcionam a decomposição lenta e gradual do material vegetal depositado que, associado com a fração mineral do solo, favorece o acúmulo da MOS (SÁ et al., 2001).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo nas relações entre o carbono total e os atributos químicos do solo no bioma Cerrado na região de Rio Verde, Estado de Goiás.

## Material e métodos

As áreas de estudo estão localizadas no município de Rio Verde, Estado de Goiás. O clima da região é do tipo Aw (Köppen), tropical, com chuvas concentradas no verão e período seco bem definido durante a estação de inverno. A média anual da precipitação é de 1.500 mm ano<sup>-1</sup> e a média anual da temperatura é de 23°C. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico caulinitíco de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), com vegetação original predominantemente arbórea, com fitofisionomia de Cerradão e mata seca subcaducifólia (EITEN, 1972).

Este trabalho compreende parte de um estudo maior cujo objetivo foi avaliar as alterações nos estoques de C do solo em uma cronicidade em plantio direto, tomando por base áreas em plantio convencional, pastagem e vegetação nativa.

Para isto, entre abril de 2001 e outubro de 2002, foi realizada a seleção de áreas com potencial interesse para a realização do deste trabalho. O critério de seleção envolveu entrevistas com produtores e técnicos sobre o manejo do solo e amostragens georreferenciadas preliminares de solo com o intuito de conhecer a textura, o tipo e o material de origem do solo em diversas áreas. Foi utilizada, ainda, a base de dados do projeto Radam Brasil (BRASIL, 1981) com informações sobre geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra.

Essas informações foram combinadas com o uso de técnicas de sensoriamento remoto e, assim, as áreas pré-selecionadas apresentaram homogeneidade em todos estes atributos, além da identificação dos pontos mais elevados da toposequência para evitar influência de microclima. Portanto, mesmo que as áreas estejam espacialmente dispersas, pode-se assumir que o meio atuou de forma uniforme em todas as unidades experimentais, de modo que os

atributos do solo e as condições climáticas são facilmente identificáveis como homogêneas para receber os tratamentos.

O delineamento experimental empregado para a análise dos resultados pode ser considerado inteiramente casualizado (DIC), constando de quatro áreas (consideradas como tratamentos), cada qual com cinco pseudo-repetições em diferentes sítios topográficos (HURLBERT, 1984).

As áreas amostradas foram: cerradão – CE ( $17^{\circ}39'07''$  de latitude sul e  $51^{\circ}02'49''$  de longitude oeste), com estrato arbóreo semidecidual e altura entre 15 a 25 m; pastagem – PA ( $17^{\circ}38'58''$  de latitude sul e  $51^{\circ}03'57''$  de longitude oeste), com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) por 17 anos, com aplicação de  $3,0 \text{ mg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico antes da implantação da pastagem e 80 kg de 04-20-18 a cada três anos; plantio convencional – PC ( $17^{\circ}41'36''$  de latitude sul e  $51^{\circ}10'56''$  de longitude oeste), que, após o desmatamento, foi cultivado com arroz (*Oryza sativa* L.) por dois anos, seguido por soja (*Glycine max* L. Merr.) alternada com milho, anualmente, por 26 anos, foram aplicados  $2,0 \text{ mg ha}^{-1}$  de calcário dois anos antes da realização do estudo; plantio direto – PD ( $17^{\circ}20'12''$  de latitude sul e  $51^{\circ}15'03''$  de longitude oeste), que, após o desmatamento, foi convertido em pastagem por cinco anos, seguida pelo cultivo de arroz em sistema convencional durante dois anos, depois milho e soja, alternadamente, por oito anos e posteriormente convertido para plantio direto, por 12 anos, de soja sucedido por milho ou sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Para esta área foram aplicados  $3,0 \text{ mg ha}^{-1}$  de calcário em superfície, seis anos antes da realização deste estudo; contudo para a manutenção dos teores de cálcio e magnésio, foram aplicados  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de silicato de cálcio e magnésio no ano anterior à realização do estudo.

Nas áreas sob plantio direto e plantio convencional, a soja recebeu  $450 \text{ kg ha}^{-1}$  de 02-20-18 na semeadura e cobertura de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl, com produtividade média de  $3.600 \text{ kg ha}^{-1}$ . A safrinha de milho foi realizada apenas na área em plantio direto, onde foram aplicados  $550 \text{ kg ha}^{-1}$  de 08-20-20 na semeadura e cobertura de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de uréia, com produtividade de  $7.500 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A coleta das amostras de solo foi realizada em junho de 2003. As amostras foram coletadas em cilindros de inox com  $0,085 \text{ m}$  de diâmetro e altura de  $0,05$  ou  $0,10 \text{ m}$ . Em cada área, foram coletadas as camadas  $0,00$  -  $0,05$ ;  $0,05$  -  $0,10$ ;  $0,10$  -  $0,20$ ;  $0,20$  -  $0,30$  e  $0,30$  -  $0,40 \text{ m}$ . No laboratório, foi determinada a massa total e

a umidade gravimétrica. A densidade do solo (BLAKE; HARTGE, 1986) e a caracterização granulométrica (EMBRAPA, 1997) para todas as áreas estão apresentadas na Tabela 1.

As amostras de solo foram secas ao ar, homogeneizadas e passadas em peneira de  $2,0 \text{ mm}$ . Em seguida, as amostras foram moídas a  $100 \text{ mesh}$ , e os teores de C-total foram determinados por combustão a seco em analisador elementar LECO CN 2000.

**Tabela 1.** Densidade aparente e textura do solo para as diferentes camadas em Cerradão, pastagem, plantio convencional e plantio direto em Rio Verde, Estado de Goiás. Os valores representam a média ( $n = 18$ ).

| Áreas                | Camadas     | Densidade do solo | Granulometria          |        |       |
|----------------------|-------------|-------------------|------------------------|--------|-------|
|                      |             |                   | — g kg <sup>-1</sup> — | Argila | Silte |
| Cerradão             | 0,00 – 0,05 | 0,87              | 461                    | 31     | 509   |
|                      | 0,05 – 0,10 | 1,01              | 488                    | 31     | 481   |
|                      | 0,10 – 0,20 | 1,19              | 510                    | 30     | 460   |
|                      | 0,20 – 0,30 | 1,20              | 521                    | 26     | 453   |
|                      | 0,30 – 0,40 | 1,23              | 530                    | 32     | 438   |
| Pastagem             | 0,00 – 0,05 | 1,23              | 627                    | 47     | 326   |
|                      | 0,05 – 0,10 | 1,25              | 643                    | 48     | 309   |
|                      | 0,10 – 0,20 | 1,19              | 654                    | 47     | 299   |
|                      | 0,20 – 0,30 | 1,23              | 671                    | 46     | 284   |
|                      | 0,30 – 0,40 | 1,21              | 670                    | 40     | 289   |
| Plantio convencional | 0,00 – 0,05 | 1,03              | 612                    | 52     | 336   |
|                      | 0,05 – 0,10 | 1,11              | 619                    | 58     | 323   |
|                      | 0,10 – 0,20 | 1,14              | 611                    | 57     | 332   |
|                      | 0,20 – 0,30 | 1,13              | 617                    | 59     | 324   |
|                      | 0,30 – 0,40 | 1,11              | 627                    | 67     | 306   |
| Plantio direto       | 0,00 – 0,05 | 0,91              | 625                    | 59     | 316   |
|                      | 0,05 – 0,10 | 1,04              | 641                    | 51     | 308   |
|                      | 0,10 – 0,20 | 1,10              | 647                    | 50     | 303   |
|                      | 0,20 – 0,30 | 1,11              | 660                    | 48     | 292   |
|                      | 0,30 – 0,40 | 1,05              | 641                    | 50     | 309   |

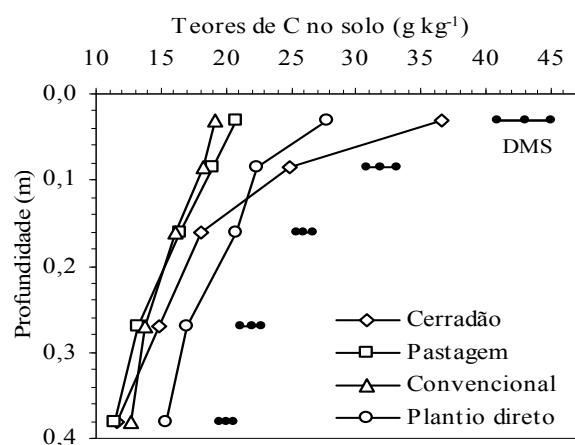
O pH-H<sub>2</sub>O e o pH-KCl ( $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ ) foram determinados usando a relação solo:solução de 1:2,5. O P-disponível e os cátions trocáveis ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ) foram extraídos em resina trocadora de íons (RAIJ; QUAGGIO, 1983). O P-disponível foi quantificado por espectrofotometria; os teores de  $K^+$ , por espectrometria de chama. Os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  foram determinados por espectrofotômetro de absorção atômica. O enxofre foi extraído em fosfato monocálcio ( $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ) e quantificado por colorimetria. A acidez potencial do solo foi determinada por meio da extração do H+Al em solução de  $Ca(OAc)_2$   $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  tamponada a pH 7,0 (EMBRAPA, 1997). A CTC a pH 7,0 (T) e a saturação por bases (V%) foram calculadas.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Para as correlações lineares foi aplicado o teste t ( $p < 0,01$  e  $0,05$ ).

## Resultados e discussão

Os teores de carbono do solo (Figura 1) apresentaram comportamento característico para o tipo de solo estudado, maiores teores em superfície e decréscimo com o aumento da profundidade (SISTI et al., 2004). No plantio convencional, esta característica não foi tão marcante na superfície, porém foi possível visualizar o fenômeno com o aumento da profundidade, onde as ferramentas de trabalho não alcançam.

No plantio direto, onde o revolvimento do solo foi somente na linha de plantio, a distribuição do carbono em profundidade aumentou como tendência de recuperar os teores originais semelhantes ao cerradão. (BAYER et al., 2006).



**Figura 1.** Teores de C ( $\text{g kg}^{-1}$ ) no solo em cerradão, pastagem, plantio convencional e plantio direto em Rio Verde, Estado de Goiás. Os valores representam a média ( $n = 5$ ); as barras horizontais, a diferença mínima significativa (DMS) pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os maiores teores de carbono no solo, para a camada 0,00 - 0,40 m ( $p < 0,05$ ), foram encontrados no cerradão ( $23 \text{ g kg}^{-1}$ ) e no plantio direto ( $20 \text{ g kg}^{-1}$ ), em relação à pastagem e ao plantio convencional ( $15 \text{ g kg}^{-1}$ ).

No cerradão, as quantidades elevadas de carbono no solo foram decorrentes do aporte constante de resíduos vegetais e não-perturbação do sistema. No plantio direto, contudo, a ausência de revolvimento do solo, a rotação de culturas e a permanência dos resíduos culturais na superfície (CONCEIÇÃO et al., 2005) favorecem a agregação que protege da mineralização e promove o aumento da MOS (SÁ et al., 2001).

O acúmulo de MOS no plantio direto ocorre lentamente (BAYER; MIELNICZUK, 1999), de modo que as comparações do sistema convencional com o plantio direto, na região do Cerrado,

geralmente não apresentaram diferenças significativas, fato atribuído à maior intensidade do processo de decomposição em altas temperaturas (FREITAS et al., 2000).

O acúmulo de C anual pode apresentar grande variabilidade entre regiões, principalmente pela diversidade de clima, solos e tipos de manejos e rotações adotadas. Corazza et al. (1999), em estudo realizado em um Latossolo Vermelho em Planaltina, Distrito Federal, encontrou taxa de acúmulo de  $8 \text{ g m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$  para a camada 0-40 cm. Em outras áreas de plantio direto no Brasil, foram encontrados valores variando entre  $-0,3$  a  $8,1 \text{ g m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$  para a camada 0-20 cm (BAYER et al., 2006). As variações nos valores também podem ser influenciadas pela ausência de trabalhos de longa duração, tipo de amostragem e camadas amostradas.

Na pastagem, por tratar-se de uma área de baixa produtividade, a ausência de manejo e o pastoreio intensivo causaram pouco aporte de resíduos vegetais e também redução na distribuição do sistema radicular, que justificam os baixos teores de carbono no solo. Silva et al. (2004) verificaram que pastagens de baixa produtividade em diversas regiões do Cerrado favoreceram a redução do carbono no solo.

O valor médio do pH-H<sub>2</sub>O (0,00 - 0,40 m) foi menor no cerradão, em relação às demais áreas (Tabela 2), e os baixos valores no pH são característicos dos latossolos no bioma Cerrado (LOPES, 1983). A pastagem, o plantio convencional e o plantio direto apresentaram valores médios de pH mais elevados, porém não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

Nas camadas superficiais (0,00 a 0,10 m), os valores de pH-H<sub>2</sub>O foram diferentes estatisticamente entre o cerradão e o plantio direto, contudo não foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre a pastagem e o plantio convencional (Tabela 2). Diferenças significativas para o pH-H<sub>2</sub>O, entre as camadas estudadas, foram encontradas somente para o plantio direto, com um gradiente decrescente em profundidade.

O uso intenso de fertilizantes nitrogenados, principalmente na forma amoniacal, favorece a acidificação do solo (CIOTTA et al., 2002). Estudo realizado em Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais, com aplicação de diferentes doses de uréia em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico em plantio direto, apresentou aumento da acidez do solo (LANGE et al., 2006).

**Tabela 2.** Valores de pH-H<sub>2</sub>O, pH-KCl, teores de fósforo disponível e enxofre (mg dm<sup>-3</sup>), cátions trocáveis (K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions potencial (T) e saturação por bases (V%) para as diferentes camadas do solo, em cerradão, pastagem, plantio convencional e plantio direto em Rio Verde, Estado de Goiás. Os valores representam a média (n = 5).

| Camada m             | pH-H <sub>2</sub> O  | pH-KCl               | P-disp.<br>— mg dm <sup>-3</sup> — | S        | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | H+Al<br>— mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> — | SB                  | T        | V %      |
|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|----------|----------------|------------------|------------------|--|---------------------|----------|----------|
| Cerradão             |                      |                      |                                    |          |                |                  |                  |  |                     |          |          |
| 0,00 - 0,05          | 4,72 aB              | 4,25 aA              | 9,7 aB                             | 6,0 aA   | 1,5 aB         | 1,0 aC           | 1,3 aC           | 79,3 abA                                       | 3,8 a <sup>ns</sup> | 83,1 aA  | 4,6 aC   |
| 0,05 - 0,10          | 4,66 aB              | 4,18 aA              | 5,7 aB                             | 6,3 aA   | 0,9 aA         | 1,0 aB           | 1,7 aC           | 80,7 aA  | 3,5 a <sup>ns</sup> | 84,2 aA  | 4,2 aC   |
| 0,10 - 0,20          | 4,82 aA              | 4,22 aB              | 5,0 aB                             | 5,7 aA   | 0,8 aA         | 1,0 aB           | 1,0 aB           | 77,3 abA                                       | 2,8 a <sup>ns</sup> | 80,1 aA  | 3,5 aC   |
| 0,20 - 0,30          | 4,92 aA              | 4,18 aB              | 2,0 aA                             | 4,3 aA   | 0,9 aA         | 1,0 aA           | 2,3 aB           | 69,3 abA                                       | 4,2 a <sup>ns</sup> | 73,5 aA  | 5,7 aC   |
| 0,30 - 0,40          | 5,08 aA              | 4,32 aA              | 1,5 aA                             | 5,7 aC   | 0,8 aA         | 1,0 aA           | 1,5 aA           | 61,0 bA  | 3,3 a <sup>ns</sup> | 64,3 aA  | 5,2 aC   |
| 0,00 - 0,40          | 4,88 a <sup>ns</sup> | 4,23 a <sup>ns</sup> | 4,0 B                              | 5,5 C    | 0,9 BC         | 1,0 B            | 1,6 C            | 71,9 A   | 3,5 C               | 75,4 A   | 4,6 C    |
| Pastagem             |                      |                      |                                    |          |                |                  |                  |  |                     |          |          |
| 0,00 - 0,05          | 5,96 aAB             | 5,41 aA              | 15,0 aB                            | 6,3 aA   | 1,2 aB         | 10,7 abB         | 13,0 aA          | 30,0 aB  | 24,8 a              | 54,8 aB  | 45,3 aA  |
| 0,05 - 0,10          | 6,08 aAB             | 5,55 aA              | 4,0 abB                            | 6,3 aA   | 0,9 aA         | 13,3 aA          | 10,3 abA         | 31,0 aB  | 24,6 a              | 55,6 aB  | 44,2 aA  |
| 0,10 - 0,20          | 6,11 aA              | 5,67 aA              | 6,0 abB                            | 5,3 aA   | 0,5 aA         | 9,7 abA          | 8,3 bA           | 29,0 aB  | 18,5 ab             | 47,5 aB  | 38,9 abA |
| 0,20 - 0,30          | 6,06 aA              | 5,63 aA              | 2,3 bA                             | 7,0 aA   | 0,5 aA         | 6,0 bcA          | 9,0 bA           | 27,0 aB  | 15,5 ab             | 42,5 aB  | 36,4 abA |
| 0,30 - 0,40          | 6,03 aA              | 5,18 aA              | 1,3 bA                             | 7,5 cAB  | 0,6 aA         | 2,3 cA           | 4,0 cA           | 31,0 aB  | 6,9 bc              | 37,9 aA  | 18,2 bA  |
| 0,00 - 0,40          | 6,06                 | 5,49                 | 4,8 B                              | 6,5 C    | 0,6 C          | 7,5 A            | 8,3 A            | 29,4 C   | 16,4 A              | 45,8 B   | 35,8 A   |
| Plantio convencional |                      |                      |                                    |          |                |                  |                  |  |                     |          |          |
| 0,00 - 0,05          | 5,52 aAB             | 4,92 aA              | 17,0 aB                            | 11,0 bA  | 3,5 aA         | 10,0 aB          | 2,3 aC           | 41,0 aB  | 15,8 a              | 56,8 AB  | 27,9 aAB |
| 0,05 - 0,10          | 5,47 aAB             | 4,89 aA              | 13,3 abB                           | 13,7 bA  | 1,8 bA         | 11,3 aA          | 3,0 aBC          | 39,3 aB  | 16,2 a              | 55,5 aB  | 29,1 aAB |
| 0,10 - 0,20          | 5,49 aA              | 5,12 aAB             | 3,7 bB                             | 30,3 bA  | 1,3 bA         | 8,0 abA          | 2,3 aB           | 31,0 aB  | 11,6 a              | 42,6 aB  | 27,3 aAB |
| 0,20 - 0,30          | 5,28 aA              | 4,87 aAB             | 3,7 bA                             | 28,0 bA  | 1,2 bA         | 5,7 abA          | 1,7 aB           | 34,3 aB  | 8,6 ab              | 42,9 aB  | 20,0 aAB |
| 0,30 - 0,40          | 5,18 aA              | 4,76 aA              | 2,0 bA                             | 69,3 aB  | 1,1 bA         | 2,3 bA           | 1,0 aA           | 33,0 aB  | 4,4 b               | 37,4 aA  | 11,8 aA  |
| 0,00 - 0,40          | 5,36                 | 4,91                 | 6,1 B                              | 35,0 A   | 1,6 A          | 6,7 A            | 1,9 BC           | 34,6 BC  | 10,2 B              | 44,8 B   | 22,7 B   |
| Plantio direto       |                      |                      |                                    |          |                |                  |                  |  |                     |          |          |
| 0,00 - 0,05          | 6,38 aA              | 5,44 aA              | 28,3 aA                            | 9,7 bA   | 2,5 aA         | 24,5 aA          | 9,0 bB           | 33,3 aB  | 36,0 a              | 69,3 aAB | 51,9 aA  |
| 0,05 - 0,10          | 6,35 abA             | 5,42 aA              | 27,7 aA                            | 13,3 bA  | 1,5 abA        | 12,5 bA          | 5,5 bB           | 38,0 aB  | 19,5 ab             | 57,5 aB  | 33,9 aA  |
| 0,10 - 0,20          | 5,92 bcA             | 5,36 aAB             | 32,0 aA                            | 13,3 bA  | 1,2 abA        | 9,0 bcA          | 3,0 bB           | 49,0 aB  | 13,2 b              | 62,2 aAB | 21,2 bAB |
| 0,20 - 0,30          | 6,12 abA             | 5,37 aAB             | 4,0 bA                             | 23,3 abA | 0,9 bA         | 3,5 cA           | 2,5 bB           | 40,3 aB  | 6,9 bc              | 47,2 aB  | 14,6 cB  |
| 0,30 - 0,40          | 5,78 cA              | 4,94 aA              | 2,3 bA                             | 35,0 aA  | 0,9 bA         | 2,3 cA           | 2,0 bA           | 36,7 aB  | 5,2 bc              | 41,9 aA  | 12,5 cA  |
| 0,00 - 0,40          | 6,04                 | 5,27                 | 16,6 A                             | 20,8AB   | 1,2 AB         | 8,3 A            | 3,7 B            | 40,4 B   | 13,3 B              | 53,7 B   | 24,7 B   |

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre as profundidades e maiúscula entre os tratamentos não diferem estatisticamente no teste de Tukey (p < 0,05); ns = não-significativo.

O plantio direto pode minimizar os efeitos acidificantes dos fertilizantes nitrogenados, por meio do aumento da MOS, que proporciona a formação de compostos de caráter anfótero, os quais atuam como tampão nas alterações do pH do solo (FALLEIRO et al., 2003), e do aumento da força iônica da solução do solo pelo incremento de bases trocáveis na camada superficial (CADAVID et al., 1998).

Os valores de pH-KCl apresentaram as mesmas tendências do pH-H<sub>2</sub>O, ou seja, no cerradão, foram encontrados menores valores em relação às demais áreas (Tabela 2). No entanto, não foram observadas diferenças significativas (p < 0,05) entre as camadas do solo. O Δ pH, em todas as áreas, variou entre -0,5 a -1,0 caracterizando o predomínio de cargas negativas nos complexos de trocas do solo. Em solos com cargas variáveis, o aumento dos grupos carboxílicos da MOS é responsável pela formação de 80% das cargas (OORTS et al., 2003).

O pH-H<sub>2</sub>O e KCl apresentaram correlações negativas com o C-total no cerradão, confirmando que a decomposição dos resíduos vegetais promoveu a acidificação do solo (SEEBER et al., 2006). As demais áreas apresentaram baixos valores nas correlações, pela correção do solo realizada, atuando como um fator independente do aumento da MOS (Tabela 3).

Os valores médios de P-disponível na camada 0,00 - 0,40 m para as áreas em cerradão, pastagem e

plantio convencional não apresentaram diferença significativa. O plantio direto apresentou o maior teor médio de P-disponível no solo (p < 0,05) (Tabela 2).

Nas áreas em pastagem, plantio convencional e plantio direto, foram observados teores mais elevados de P-disponível na camada 0,00 - 0,05 m (Tabela 2). Isto foi possível, pois, nestes solos, após o corte e queima da vegetação nativa, antes do cultivo, foi realizada a fosfatagem em área total.

A quantidade média de P-disponível na camada 0,00 - 0,20 m, em todas as áreas, foi de 85% quando comparada até 0,40 m no perfil do solo. Em estudo realizado em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, cultivado em plantio direto em Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais, foi verificado que 70% do P-disponível encontravam-se na camada 0,00 - 0,10 m (LANGE et al., 2006).

O acúmulo de P-disponível em superfície no plantio direto pode ser atribuído à aplicação do fósforo em superfície aliada ao não-revolvimento do solo, como também à baixa mobilidade do elemento no perfil do solo, que favorece a redistribuição de formas orgânicas do elemento (BAYER; BERTOL, 1999). Além disso, a redução do contato P-argila diminui a adsorção do elemento pelos óxidos de Fe e Al (ADDISCOT; THOMAS, 2000).

Os teores de P-disponível aumentaram com o C no solo em todas as áreas (Tabela 3). Isto

demonstrou que os compostos orgânicos podem disponibilizar o elemento para as plantas evitando a adsorção nos complexos do solo em formas indisponíveis com outros elementos como o ferro, alumínio e cálcio (SANTOS; TOMM, 2003). Em solos com elevados teores de MOS, ocorre também competição entre os íons orgânicos e o P no processo de adsorção (AFIF et al., 1995).

Os menores teores de enxofre no solo foram verificados no cerradão e pastagem ( $p < 0,05$ ), em relação ao plantio convencional e plantio direto, com as maiores concentrações desse elemento nas camadas mais profundas do solo (Tabela 2). As correlações dos teores de enxofre com os teores de C do solo foram negativas em todas as áreas (Tabela 3). Isto ocorreu, pois o enxofre se apresenta na forma aniónica no solo e, na presença das cargas do solo e na concorrência com o fósforo, o elemento pode ser repelido da camada superficial (SILVA et al., 1999).

As maiores concentrações de potássio foram observadas na camada superficial em todas as áreas (Tabela 2). Diversos autores (KLEPKER; ANGHINONI, 1995; BAYER; BERTOL, 1999; DEMARIA et al., 1999) verificaram os maiores teores de K na camada superficial do solo, porém não encontraram diferença significativa com diferentes sistemas de manejo do solo. Os menores teores médios do elemento para a camada 0,00 - 0,40 m foram encontrados no Cerradão e pastagem; no plantio convencional, foram observados valores significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2).

O cerradão apresentou os menores teores de cálcio ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2), provavelmente pela imobilização deste elemento na biomassa aérea (JONHSON et al., 2001), sobretudo na vegetação formada por árvores de grande porte. Os latossolos que compõem o bioma Cerrado normalmente apresentam baixa disponibilidade de cálcio, com exceção às regiões com material de origem formada por carbonatos (LOPES, 1983).

Os maiores teores médios de cálcio para a camada 0,00 - 0,40 m foram observados na pastagem, plantio convencional e plantio direto, mas não apresentaram diferença significativa entre si ( $p < 0,05$ ). O plantio convencional e o plantio direto apresentaram maiores teores de cálcio, principalmente na camada superficial. (Tabela 2).

Por tratar-se de um elemento catiônico, o cálcio apresenta maiores concentrações nas camadas superficiais do solo, onde os teores de MOS e a CTC foram mais elevadas, diminuindo com o aumento da profundidade. A quantidade do elemento até 0,20 m foi de 80%, considerando o

total até 0,40 m. Além disso, o cálcio é um elemento pouco móvel no solo e os maiores teores na camada superficial podem ser atribuídos à ciclagem dos nutrientes com a decomposição dos resíduos culturais na superfície do solo (FALLEIRO et al., 2003).

A dinâmica do magnésio foi semelhante à do cálcio. As maiores concentrações de magnésio foram observadas na camada superficial do solo, com decréscimo no perfil do solo. A quantidade do elemento para a camada 0,00 a 0,20 m foi superior a 70% na pastagem, plantio convencional e plantio direto (Tabela 2). Em Lages, Estado de Santa Catarina, em um Cambissolo Húmico Álico, não foram encontrados aumentos nos teores de magnésio em profundidade, comparando plantio direto e plantio convencional (ALMEIDA et al., 2005).

A correlação entre cálcio e magnésio foi altamente significativa ( $p < 0,01$ ) para as áreas em pastagem, plantio convencional e plantio direto. Os coeficientes de correlação ( $r$ ) encontrados foram 0,65 na pastagem, 0,82 no plantio convencional e 0,75 no plantio direto. No cerradão, não foi observada correlação significativa entre os teores desses elementos. A relação Ca:Mg permaneceu abaixo de 1:1 no cerradão e na pastagem, enquanto que, no plantio convencional, foi 3,5:1 e, no plantio direto, 2,5:1. Sousa e Lobato (2002) indicaram que a aplicação do calcário no plantio direto deve ser realizada na razão Ca:Mg de 1:1 a 10:1.

Para os cátions trocáveis (potássio, cálcio e magnésio) no plantio direto, as correlações apresentaram comportamentos semelhantes, ou seja, os teores desses elementos aumentaram com o C do solo (Tabela 3). Este comportamento reflete a aplicação do fertilizante e do calcário em superfície, como também a estratificação que ocorre no sistema pela decomposição dos resíduos e pelo não-revolvimento do solo (ALMEIDA et al., 2005; ANDREOTTI et al., 2008; DE MARIA et al., 1999; FREIRIA et al., 2008; SANTOS; TOMM, 2003).

Os maiores valores de H+Al foram encontrados em todo o perfil do solo no cerradão (Tabela 2) ( $p < 0,05$ ). A pastagem, o plantio convencional e o plantio direto apresentaram teores próximos à metade dos valores encontrados no cerradão, mas não apresentaram diferenças significativas entre si ( $p < 0,05$ ). Franchini et al. (1999) verificaram que 90% do Al no solo permaneceu ligado a compostos orgânicos após a aplicação de resíduos culturais, em todas as camadas do solo (BAYER; BERTOL, 1999).

**Tabela 3.** Correlação ( $r$ ) entre os teores de C e os atributos químicos do solo (pH-H<sub>2</sub>O; pH-KCl, fósforo disponível, enxofre, potássio, cálcio, magnésio, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions potencial (T) e saturação por bases (V%) no cerradão (CE), pastagem (PA), plantio convencional (PC) e plantio direto (PD), em Rio Verde, Estado de Goiás.

| Áreas <sup>1</sup> | pH H <sub>2</sub> O <sup>3</sup> | pH KCl             | P      | S                   | K                  | Ca                 | Mg                 | H+Al                | SB                 | T      | V%                  |
|--------------------|----------------------------------|--------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------|---------------------|
| CE                 | -0,43**                          | -0,23**            | 0,52*  | 0,35 <sup>ns</sup>  | 0,70**             | 0,42 <sup>ns</sup> | 0,38 <sup>ns</sup> | 0,91**              | 0,66**             | 0,91** | -0,37 <sup>ns</sup> |
| PA                 | -0,27**                          | 0,41**             | 0,80** | -0,11 <sup>ns</sup> | 0,48 <sup>ns</sup> | 0,79**             | 0,72**             | 0,25 <sup>ns</sup>  | 0,84**             | 0,89** | 0,73**              |
| PC                 | 0,32**                           | 0,24*              | 0,56*  | -0,61*              | 0,50 <sup>ns</sup> | 0,33 <sup>ns</sup> | 0,36 <sup>ns</sup> | 0,60*               | 0,43 <sup>ns</sup> | 0,63*  | 0,21 <sup>ns</sup>  |
| PD                 | 0,25*                            | 0,14 <sup>ns</sup> | 0,66** | -0,68*              | 0,83**             | 0,89**             | 0,83**             | -0,18 <sup>ns</sup> | 0,90**             | 0,66** | 0,82**              |
| Total <sup>2</sup> | -0,65**                          | -0,24**            | 0,34*  | -0,36 <sup>ns</sup> | 0,20*              | 0,22 <sup>ns</sup> | 0,16 <sup>ns</sup> | 0,64*               | 0,62**             | 0,80** | 0,22*               |

<sup>1</sup>Correlações para cada área amostrada (n = 25); <sup>2</sup>Total = correlações considerando todas as áreas amostradas; <sup>3</sup>valores de correlação seguidos de \*\* = significância de p < 0,01; \* = significância de p < 0,05 e <sup>ns</sup> = não-significativo.

No cerradão foi encontrado o menor valor médio na SB ( $p < 0,05$ ), pelos baixos teores de cátions trocáveis e pela elevada acidez potencial (Tabela 2). Nos Latossolos do bioma Cerrado, a saturação por bases normalmente possui valores inferiores a 50%, cuja principal causa é a deficiência natural dos materiais de origem em nutrientes e o alto grau de intemperismo desses solos (REATTO et al., 1998).

Os valores da CTC potencial (T), assim como a SB, apresentaram os maiores valores nas camadas superficiais (Tabela 2), onde foram verificados os maiores teores de C no solo, e decrescem com a profundidade. O maior valor médio da CTC potencial foi encontrado no cerradão ( $p < 0,05$ ). Mesmo com a CTC potencial elevada, isto não se reflete na presença de bases trocáveis, visto os baixos valores da SB. Portanto, os valores de V% foram muito baixos nessa área, em todas as camadas, pelos elevados teores de H+Al, confirmados pelos baixos valores no pH do solo (Tabela 2).

O coeficiente de correlação entre o C do solo e a CTC potencial foi altamente significativo ( $p < 0,01$ ) no cerradão, na pastagem e no plantio convencional. No plantio direto, a correlação foi significativa ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3). A saturação por bases pode ser considerada como reflexo do aumento das bases trocáveis no solo, por isso, no cerradão, não foram encontradas correlações significativas onde os teores de C no solo não ocasionaram a presença de nutrientes, o que, em situações de vegetação nativa, apresenta ciclagem na biomassa aérea (Tabela 3).

#### Conclusão

Os maiores teores de C do solo proporcionaram maiores CTC potencial em todas as áreas. Isto mostra a importância da MOS como condicionador de cargas em solos de clima tropical.

O solo em cerradão, mesmo com os maiores teores de C e CTC potencial, apresentou os menores teores de nutrientes (cátions trocáveis, P-disponível e enxofre). Nessa área, também foi encontrada a maior acidez potencial, representada pelos menores valores de pH e saturação por bases (V%).

Nas áreas onde não ocorreu o revolvimento do solo e a aplicação de corretivo e fertilizante foi

superficial (pastagem e plantio direto), a estratificação da MOS promoveu a retenção dos elementos mais próximos à superfície favorecendo a absorção pelas plantas.

#### Agradecimentos

Aos proprietários e funcionários das fazendas Alvorada, Barra Grande do Rio Verdinho e Dois-J-1; ao Gapes (Grupo de Apoio à Pesquisa de Rio Verde), ao Fond Français pour l'environnement Mondial (FFEM-Agroécologie), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação Agrisus (Project 116/04), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp - Project 2004/15538-7), ao French Ministry of Foreign Affairs (MAE) e a The Global Environmental Facility (GEF - Project GFL-2740-02-43-81).

#### Referências

- ADDISCOT, T. M.; THOMAS, D. Tillage, mineralization and leaching: phosphate. *Soil and Tillage Research*, v. 53, n. 3-4, p. 255-273, 2000.
- AFIF, E.; BARRÓN, V.; TORRENT, J. Organic matter delays but does not prevent phosphate sorption by cerrado soils from Brazil. *Soil Science*, v. 159, n. 3, p. 207-211, 1995.
- ALMEIDA, J. A. A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLTAN JUNIOR, W. A. Propriedades químicas de um Cambissolo húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 3, p. 437-445, 2005.
- ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um Latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de

- cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 1, p. 105-112, 1997.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênesis, 1999. p. 1-26.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil Tillage and Research**, v. 86, n. 2, p. 237-245, 2006.
- BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A.; PERRIN, A.; SCOPEL, E.; BLAVET, D.; PICCOLO, M. C. Influence du semis direct avec couverture végétale sur la séquestration du carbone et l'érosion au Brésil. **Bulletin du Réseau Erosion**, v. 23, p. 323-337, 2004.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: ASA, 1986. pt.1, p. 364-367. (Agronomy, 9).
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**: folha SE.22-x-r Rio Verde-GO: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981. (Levantamento dos recursos naturais, 25).
- CADAVID, L. F.; EL-SHARKAWY, M. A.; ACOSTA, A.; SÁNCHEZ, T. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. **Field Crops Research**, v. 57, n. 1, p. 45-56, 1998.
- CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; CHAPLT, V.; VOLKOFF, B.; VICTÓRIA, R. L.; MELILLO, J. M.; PAUSTIAN, K.; CERRI, C. C. Modeling changes in soil organic matter in Amazon Forest to pasture conversion with the Century model. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 815-832, 2004.
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.
- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, n. 5, p. 777-788, 2005.
- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte e depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 425-432, 1999.
- DE MARIA, I. C.; NABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferrasol in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 51, n. 1-2, p. 71-79, 1999.
- DESJARDINS, T.; BARROS, E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C.; MARIOTTI, A. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 103, n. 2, p. 365-373, 2004.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.
- FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, 2001.
- FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Efficient crop production**. Campina Grande: UFPB, 1999.
- FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.
- FRANCHINI, J. C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 533-542, 1999.
- FREIRIA, A. C.; MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; YAGI, R. Alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 285-291, 2008.
- FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRE-LARROUY, M. C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 157-170, 2000.
- FUJISAKA, S.; CASTILLA, C.; ESCOBAR, G.; RODRIGUES, V.; VENEKLAAS, E. J.; THOMAS, R.; FISHER, M. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 69, n. 1, p. 17-26, 1998.
- HURLBERT, S. H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecological Monograph**, v. 54, n. 2, p. 187-211, 1984.
- JOHNSON, C. M.; VIEIRA, I. C. G.; ZARIN, D. J.; FRIZANO, J.; JOHNSON, A. H. Carbon and nutrient storage in primary and secondary foresting eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 147, n. 2-3, p. 245-252, 2001.
- KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de

- adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 3, p. 395-401, 1995.
- LAL, R. Global potential of carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. **CRC Critical Review in Plant Science**, v. 22, n. 2, p. 151-184, 2003.
- LANGE, A.; CARVALHO, J. L. N.; DAMIN, V.; CRUZ, J. C.; MARQUES, J. J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 460-467, 2006.
- LOPES, A. S. **Solos sob cerrado**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1983.
- OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pasture in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 103, n. 2, p. 289-300, 2004.
- OORTS, K.; VANLAUWE, B.; MERCKX, R. Cation exchange capacities of soil organic matter fractions in a Ferric Lixisol with different organic matter inputs. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 100, n. 2-3, p. 161-171, 2003.
- RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991.
- RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. (Circular, 63).
- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 47-83.
- SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, A. W.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of American Journal**, v. 65, n. 5, p. 1486-1499, 2001.
- SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 477-486, 2003.
- SEEBER, J.; SCHEU, S.; MEYER, E. Effects of macro-decomposers on litter decomposition and soil properties in alpine pastureland: a mesocosm experiment. **Applied Soil Ecology**, v. 34, n. 2-3, p. 168-175, 2006.
- SILVA, C. A.; ANDRESON, S. J.; VALE, F. R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois Latossolos submetidos à calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 593-602, 1999.
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. p. 467-524.
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; CORAZZA, E. J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in the "cerrado" region, Brazil. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 103, n. 2, p. 357-363, 2004.
- SILVEIRA, P. M.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SILVA, S. C.; CUNHA, A. A. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 2057-2064, 2000.
- SISTI, C. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 76, n. 1, p. 39-58, 2004.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrados**: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.
- SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 4, p. 589-596, 2008.
- TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num latossolo vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1023-1031, 2004.
- VOLPE, E.; MARCHETTI, M. E.; MACEDO, M. C. M.; ROSA JUNIOR, E. J. Renovação de Pastagem degradada com calagem, adubação e leguminosa consorciada em Neossolo Quartzarênico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 131-138, 2008.

Received on January 31, 2008.

Accepted on June 1, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.