

# Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí

Maria da Conceição Bezerra da Silva Matias<sup>1</sup>, Adeodato Ari Cavalcante Salviano<sup>1</sup>, Luiz Fernando de Carvalho Leite<sup>2</sup> e Ademir Sérgio Ferreira de Araújo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Campus da Socopo, Rua Dirce de Oliveira, s/n, 64900-000, Teresina, Piauí, Brasil. <sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Meio Norte, Teresina, Piauí, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: asfaruaj@yahoo.com.br

**RESUMO.** O objetivo do trabalho foi verificar os efeitos de diferentes sistemas de manejo sobre a biomassa microbiana e os estoques totais de carbono orgânico e nitrogênio em um Latossolo Amarelo. Os sistemas de manejos avaliados foram: plantio direto (PD), preparo convencional (PC), além de uma área recém-desmatada (ARD) e uma com vegetação nativa (AVN). As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Nessas amostras, foram determinados os teores e estoques totais de C e N, a respiração basal, o carbono da biomassa microbiana (Cmic) e os quocientes microbiano (Cmic/COT) e metabólico ( $qCO_2$ ). A área sob plantio direto apresentou maiores teores de C e N, além de estoques de C na superfície do solo. Para os estoques de N, não houve diferenças entre as áreas avaliadas, em todas as profundidades. Os teores de carbono da biomassa microbiana (Cmic), observados no solo sob sistema PD, foram superiores aos observados no PC e ARD, em todas as profundidades. A adoção do sistema PD proporciona aumento na biomassa microbiana, C orgânico, N total e estoques de C do solo, indicando melhoria na qualidade do solo.

**Palavras-chave:** plantio direto, biomassa microbiana, respiração basal.

**ABSTRACT. Microbial biomass and C and N stocks in soil under different management systems in the 'Cerrado' of Piauí State.** The aim of this study was to verify the effects of different soil tillage systems on microbial biomass and the total organic C and N stocks in an Oxisol. The soil tillage systems evaluated were: no-tillage (PD) and conventional tillage (PC). A deforested area (ARD) and another with native vegetation (AVN) were used as references. The soil samples were collected in the 0-5, 5-10 and 10-20 cm depths, and in these soil samples were quantified the contents and total stocks of C and N, basal respiration, microbial biomass C (Cmic), and microbial (Cmic/COT) and metabolic ( $qCO_2$ ) quotients. The values of microbial biomass C (Cmic) in the soil under PD were higher than those observed in PC and ARD in all depths. The area under no-tillage (PD) showed larger contents of C and N, and stocks of C on the surface of the soil. For the stocks of N, there were no differences among the evaluated areas, in all depths. No-tillage adoption provides an increase in the soil microbial biomass and total C and N stocks, indicating improvement in soil quality.

**Key words:** no-tillage, microbial biomass, basal respiration.

## Introdução

No Piauí, o Cerrado ocupa mais da metade da área territorial, estando presente em toda a região Sudoeste e parte do extremo Sul do Estado. Os solos predominantes, nesta região, são os Latossolos que apresentam grande potencial agrícola, embora necessitem de correção da acidez e da fertilidade (AZEVEDO et al., 2007).

Geralmente, nos Cerrados, encontram-se solos com baixos estoques de matéria orgânica (SOUZA et al., 2006), principalmente, pela retirada da vegetação natural e subsequente preparo, pelo plantio

convencional, para implantação de culturas agrícolas. O preparo intensivo do solo promove a sua desestruturação e expõe a matéria orgânica ao ataque microbiano (SILVA et al., 2008; REIS; RODELLA, 2002). Por outro lado, o plantio direto, sem preparo do solo e com a permanência de resíduos agrícolas em cobertura, tem contribuído significativamente para o incremento da matéria orgânica e para a melhoria da qualidade do solo (BAYER et al., 2004).

A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade de um solo sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover

a saúde animal e vegetal (ARAÚJO et al., 2008). O monitoramento da qualidade do solo pode ser realizado a partir de indicadores microbiológicos, tais como a atividade e a biomassa microbiana. Estes indicadores podem fornecer informações sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, refletir sobre tendências de mudanças que estão ocorrendo em curto e longo períodos (D'ANDRÉA et al., 2004; ARAÚJO et al., 2008). A falta de informações sobre a biomassa microbiana e seu papel, na ciclagem de nutrientes nos Cerrados tropicais, contrasta com a abundância de informações nos ecossistemas das regiões temperadas e mesmo em outras regiões do Brasil (D'ANDRÉA et al., 2004). Em se tratando do Cerrado do Piauí, praticamente estes dados ainda são inexistentes.

O objetivo do trabalho foi quantificar os efeitos dos sistemas de manejo plantio direto e preparo convencional, além de uma área recém-desmatada e outra com vegetação nativa, sobre os teores e estoques totais de carbono orgânico e nitrogênio, respiração e biomassa microbiana, em Latossolo Amarelo distrófico da região do Cerrado do Piauí.

## Material e métodos

O estudo foi realizado na Fazenda Progresso, localizada no município de Uruçuí, mesorregião do Cerrado do Sudoeste do Estado do Piauí (7° 29' S, 44° 14' W e altitude de 470 m). O clima da região é do tipo Aw no sistema Köppen, com temperatura média de 26,5°C, precipitação anual de 1.200 mm, com estação chuvosa de outubro a abril, sendo janeiro a março o trimestre mais chuvoso, com ocorrência de veranicos. O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico, textura média.

Na propriedade, foram coletadas amostras de solo, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, em áreas em sistema de plantio convencional (PC) e plantio direto (PD). Além disso, foram coletadas amostras em duas áreas tomadas como referência: área recém-desmatada (ARD) e Cerrado nativo (CN). As características das áreas amostradas estão apresentadas na Tabela 1. A amostragem do solo foi realizada no ano agrícola de 2005/2006, durante a fase de desenvolvimento vegetativo da cultura da soja. Em cada área, foram abertos, aleatoriamente, quatro miniperfis com profundidade de 60 cm, 50 cm de largura e 80 cm de comprimento. Nas profundidades avaliadas, foram retiradas seis amostras simples para formar uma composta por profundidade.

**Tabela 1.** Histórico de uso e manejo de um Latossolo Amarelo distrófico da região do Cerrado, no Sul do Estado do Piauí.

Sistema de manejo	Símbolo	Histórico de uso e manejo
Plantio convencional	PC	Área desmatada há 20 anos e cultivada em sistema de preparo convencional com revolvimento intensivo do solo. A partir do ano agrícola 2001/2002, vem sendo cultivada com soja, utilizando no preparo do solo grade pesada, intermediária e niveladora, e, no ano agrícola 2002/2003, foi feita uma subsolagem. No ano agrícola 2001/2002, o solo foi corrigido com três toneladas de calcário (PRNT 75%) e, no ano seguinte, com uma tonelada de gesso. A adubação, nos últimos anos agrícolas, foram 400 kg ha <sup>-1</sup> de NPK 02-24-2 e 150 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O em cobertura (2003/2004) e 400 kg ha <sup>-1</sup> de NPK 00-20-02 (2004/2005 e 2005/2006).
Plantio direto	PD	Área com histórico de uso e manejo da área de preparo convencional até o ano agrícola 2001/2002. No ano agrícola 2002/2003, foi implantado o sistema plantio direto com o cultivo da soja, utilizando o milho na formação da palhada. No mesmo ano, a área foi adubada com 600 kg ha <sup>-1</sup> de superfosfato simples e 170 kg ha <sup>-1</sup> K <sub>2</sub> O em cobertura.
Área recém-desmatada	ARD	Área ainda não-cultivada, onde a coleta de amostras de solo foi feita 15 dias após o desmatamento.
Cerrado nativo	CN	Área com vegetação de Cerrado nativo, também selecionada para amostragem de solo, por se tratar de um sistema de referência.

As amostras de solo coletadas, para análises químicas e de carbono orgânico total e nitrogênio total, foram secas ao ar, destorroadas, maceradas e passadas em peneira de 2 mm de malha (TFSA). As características químicas das amostras do solo estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características químicas de um Latossolo Amarelo distrófico em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Sul do Estado do Piauí.

Sistemas de manejo	pH	P	K	Ca + Mg	Al	CTC
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>	---- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----			
			0-5 cm			
PC	5,22	60,9	0,32	3,70	0,19	15,3
PD	5,45	55,5	0,32	4,68	0,25	15,0
ARD	4,72	2,1	0,09	0,95	1,54	18,0
CN	4,75	3,0	0,04	2,20	1,74	14,9
			5-10 cm			
PC	5,15	64,1	0,23	3,40	0,20	13,2
PD	5,18	82,8	0,29	3,08	0,12	12,8
ARD	4,72	2,2	0,04	0,87	1,74	16,3
CN	4,85	2,0	0,04	1,11	1,59	13,1
			10-20 cm			
PC	5,08	22,0	0,18	2,32	0,45	11,2
PD	5,10	35,3	0,21	3,40	0,11	13,0
ARD	4,75	1,5	0,02	0,77	1,76	13,7
CN	4,80	3,0	0,04	1,09	1,81	15,2

PC: Preparo convencional; PD: Plantio direto; ARD: Área recém-desmatada; CN: Cerrado nativo.

O carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio na presença de ácido sulfúrico

concentrado (Walkley-Black) e titulação com sulfato ferroso amoniacal. O nitrogênio total (NT) foi quantificado por destilação Kjeldahl, e os valores obtidos foram utilizados para determinar a relação entre carbono orgânico total e nitrogênio total (relação C/N).

Os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total foram calculados conforme Leite et al. (2003). Para os estoques de C, em cada profundidade, foi utilizada a expressão:  $EstC = (COT \times Ds \times e)$ , em que: EstC é o estoque de carbono orgânico total em determinada profundidade; COT o teor de carbono orgânico total; Ds a densidade do solo em cada profundidade e e a espessura da camada considerada. O cálculo dos estoques de N total foi efetuado seguindo a seguinte expressão:  $EstN = (NT \times Ds \times e)$ , em que: EstN é o estoque de N total do solo em determinada profundidade e NT o teor de N total.

Para avaliação da respiração e biomassa microbiana, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos com suspiro e mantidas em baixa temperatura sob refrigeração ( $\pm 4^\circ C$ ), durante umas duas semanas. O carbono da biomassa microbiana do solo ( $C_{mic}$ ) foi determinado pelo método irradiação-extração, utilizando na eliminação dos microrganismos um forno de microondas com frequência de microondas de 2.450 MHz e energia a 900 W por 180 s (FERREIRA et al., 1999). Para quantificação do carbono da biomassa microbiana, foi utilizada a equação:  $C_{mic} = (C_1 - C_{NI}) / K_c = \mu g \text{ g}^{-1}$  de C no solo, em que:  $C_{mic}$  é o carbono da biomassa microbiana;  $C_1$  é o carbono da amostra irradiada;  $C_{NI}$  é o carbono da amostra não-irradiada e  $K_c = 0,33$  é o fator de correção para  $C_{mic}$ .

A respiração basal foi determinada pela quantificação do  $CO_2$ , conforme Alef (1995), durante sete dias. O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) foi calculado pela razão entre a taxa de respiração basal e o carbono da biomassa microbiana (SAMPAIO et al., 2008), sendo expresso em  $\mu g \text{ CO}_2 \mu g^{-1} C_{mic} \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Para refletir os aportes de carbono orgânico total e a conversão de substratos orgânicos para o carbono da biomassa microbiana, foi calculado o quociente microbiano ( $C_{mic}/COT$ ) de acordo com Sparling (1992).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias das variáveis em cada profundidade foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

A área sob plantio direto (PD) apresentou maiores conteúdos de COT e NT na superfície do solo (0-5 cm), sendo superiores ( $p < 0,05$ ) aos demais tratamentos (Tabela 3). Por outro lado, em subsuperfície, não houve diferenças entre todas as áreas, na profundidade de 5-10 cm (COT e NT), e entre o PD e o PC, na profundidade de 10-20 cm (COT).

**Tabela 3.** Teores e estoques totais de carbono orgânico (COT) e de nitrogênio (NT), relação C/N de um Latossolo Amarelo distrófico em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Sul do Estado do Piauí.

Sistemas de manejo	COT (g kg <sup>-1</sup> )	NT (g kg <sup>-1</sup> )	Est. C (mg ha <sup>-1</sup> )	Est. N (mg ha <sup>-1</sup> )	C/N
0-5 cm					
PC	20,3 b	1,0 b	11,7 bc	0,71 a	19,9 a
PD	28,3 a	1,8 a	16,2 a	0,70 a	17,9 a
ARD	17,0 b	0,9 b	13,1 b	0,86 a	18,7 a
CN	15,6 b	1,1 b	9,8 c	0,72 a	16,6 a
5-10 cm					
PC	14,6 a	1,0 a	8,0 a	0,61 a	14,2 a
PD	15,6 a	0,9 a	10,4 a	0,63 a	16,0 a
ARD	16,3 a	1,0 a	8,7 a	0,74 a	14,2 a
CN	13,3 a	0,9 a	8,2 a	0,53 a	13,6 a
10-20 cm					
PC	14,0 a	0,9 a	9,0 a	1,31 a	12,6 a
PD	14,6 a	0,9 a	11,0 a	1,29 a	15,1 a
ARD	11,3 b	0,8 a	10,1 a	1,40 a	16,0 a
CN	8,6 c	0,8 a	8,3 a	1,13 a	14,3 a

PC: Preparo convencional; PD: Plantio direto; ARD: Área recém-desmatada; CN: Cerrado nativo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Esses valores de COT e NT, na profundidade de 0-5 cm no PD, indicam que, inicialmente, a adoção do sistema está promovendo aumento na matéria orgânica na camada superficial do solo. Por outro lado, a semelhança dos valores de COT e NT, em profundidade, entre o PD e o PC pode estar relacionada ao tempo de adoção do plantio direto (apenas quatro anos) e aos aportes de plantas de cobertura (milheto) que não foram suficientes para promover alterações positivas nos conteúdos de COT e NT do solo em profundidade, conforme observado por D'Andréa et al. (2004), em áreas com soja no Cerrado do Estado de Goiás. Segundo Leite et al. (2003), os resíduos orgânicos depositados no solo, após a decomposição, são essenciais no processo de adição de carbono orgânico ao longo do tempo. O aumento de carbono orgânico é importante para a sustentabilidade do sistema, pela influência da matéria orgânica nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SPARLING, 1997).

O valor de estoque de C, na profundidade de 0-5 cm, foi superior ( $p < 0,05$ ) no PD, comparado com o PC, ARD e CN (Tabela 3). Dessa forma, o PD contribuiu para aumentar os estoques de C pela

contribuição da cobertura vegetal. Os menores valores de estoque de C no PC podem estar relacionados ao longo período de utilização deste sistema, o que contribuiu para aumento da oxidação do C do solo, conforme observado por Machado e Silva (2001) em solos do Cerrado. Por outro lado, em relação ao CN, provavelmente, o aporte dos resíduos vegetais não tenha sido suficiente para aumentar os estoques de C, confirmando os resultados observados para o COT nesta área.

Para os estoques de N, não houve diferenças entre as áreas avaliadas, em todas as profundidades. No caso das áreas cultivadas (PC e PD), a fertilização nitrogenada contribui para manutenção dos estoques de N no solo. Em relação às áreas ARD e CN, a ausência de queimadas e a quantidade de argila contribuem para evitar perdas de N por volatilização e lixiviação, respectivamente. Os valores de relação C/N, em todas as áreas, foram menores que 20 indicando que o processo dominante é a mineralização, que favorece a decomposição e a liberação de N para o solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os solos amostrados, no PC e ARD, apresentaram maior respiração basal ( $p < 0,05$ ) que o solo amostrado no CN (Tabela 4), indicando maior atividade da biomassa microbiana naqueles solos. Alta atividade microbiana pode significar rápida transformação de resíduos orgânicos em nutrientes para as plantas (TU et al., 2006) ou pode ser indicativo de estresse sobre a biomassa microbiana pela perturbação no solo, principalmente pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas durante as atividades no PC e o desmatamento na ARD. Por outro lado, a baixa respiração do solo do CN indica estabilidade da mata nativa (BALOTA et al., 1998).

Os valores de carbono da biomassa microbiana (Cmic) observados no solo sob sistema PD foram superiores ( $p < 0,05$ ) aos observados no PC e ARD, em todas as profundidades (Tabela 4). Isso indica que o revolvimento do solo, durante as atividades agrícolas no PC, e o desmatamento na ARD provocaram diminuição na quantidade da biomassa pelo dano direto às células microbianas, similarmente ao observado por D'Andréa et al. (2002) e Mercante et al. (2008). Já no PD, a deposição de resíduos vegetais em cobertura favoreceu o aumento no Cmic, principalmente em superfície, sendo reflexo do aumento no COT observado nesta área. Dessa forma, no sistema plantio direto, com a utilização de sistemas de manejo conservacionistas, é possível aumentar e/ou conservar a biomassa microbiana.

**Tabela 4.** Respiração basal, carbono da biomassa microbiana (Cmic), quociente microbiano (Cmic/COT) e quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) de um Latossolo Amarelo distrófico em diferentes sistemas de manejo, em quatro profundidades.

Sistemas de manejo	Respiração basal ( $\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ )	Cmic ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ )	Cmic:COT (%)	$q\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g CO}_2 \text{ Cmic dia}^{-1}$ )
0-5 cm				
PC	27,4 a	212,0 b	1,1 a	1,7 a
PD	10,5 b	420,6 a	1,0 a	0,8 b
ARD	19,4 a	70,0 c	1,3 a	2,0 a
CN	2,3 c	269,6 b	1,5 a	0,1 c
5-10cm				
PC	30,8 a	154,3 c	1,6 a	2,0 a
PD	18,2 b	256,9 a	2,3 a	0,7 b
ARD	23,6 ab	183,4 bc	1,8 a	1,6 a
CN	0,7 c	210,3 ab	1,6 a	0,04 c
10-20cm				
PC	38,4 a	131,5 c	1,0 a	1,1 a
PD	15,0 b	365,1 a	1,2 a	0,7 b
ARD	28,8 a	178,4 c	1,5 a	1,3 a
CN	7,6 c	247,3 b	1,4 a	0,03 c

PC: Preparo convencional; PD: Plantio direto; ARD: Área recém-desmatada; CN: Cerrado nativo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores de quociente microbiano (Cmic/COT) foram superiores a 1,0 em todas as áreas estudadas e em todas as profundidades (Tabela 4). Estes resultados são diferentes dos observados por Marchiori Júnior e Melo (2000), que verificaram valores de Cmic:COT inferiores a 1,0. Esses valores de quociente microbiano sugerem que o C orgânico está disponível para a microbiota do solo, uma vez que a relação Cmic:COT é um indicador de disponibilidade da matéria orgânica para os microrganismos, e um alto quociente microbiano indica matéria orgânica muito ativa e sujeita a transformações (SAMPAIO et al., 2008).

O  $q\text{CO}_2$  indica a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono disponível para biossíntese (SAVIOZZI et al., 2002). Os valores de quociente respiratório ( $q\text{CO}_2$ ) foram maiores ( $p < 0,05$ ) nas áreas de PC e ARD (Tabela 4). Estes maiores valores são indicativos de estresse sobre os microrganismos, uma vez que a reparação dos danos causados por distúrbios no solo requer desvio de energia do crescimento e reprodução para a manutenção celular. Portanto, durante estresse na biomassa microbiana, haverá direcionamento de mais energia para a manutenção celular, em lugar do crescimento, de forma que uma proporção de carbono da biomassa será perdida como  $\text{CO}_2$ .

## Conclusão

A adoção do sistema PD proporciona aumento nos conteúdos de C microbiano e orgânico, N total e estoques de C do solo, indicando melhoria na qualidade do solo. O solo sob PC apresentou maior respiração basal (liberação de  $\text{CO}_2$ ) e quociente respiratório, o que sugere que as práticas agrícolas deste

sistema proporcionam maiores perdas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de produtividade de pesquisa a Luiz F. C. Leite e Ademir S. F. Araújo.

### Referências

- ALEF, K. Estimation of soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Ed.). **Methods in soil microbiology and biochemistry**. New York: Academic Press, 1995. p. 464-470.
- ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, B. B.; MONTEIRO, R. T. R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 44, n. 2, p. 225-230, 2008.
- AZEVEDO, D. M. P.; LEITE, L. F. C.; TEIXEIRA NETO, M. L.; DANTAS, J. S. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no Cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 32-40, 2007.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 641-650, 1998.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.
- D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 5, p. 913-923, 2002.
- D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e formas de nitrogênio mineral em solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.
- FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 6, p. 991-996, 1999.
- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, P. L. O. A.; MATOS, E. S. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic forest zone, Southeastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 41, n. 4, p. 717-730, 2003.
- MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, C. A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special

reference to Brazil. **Nutrients Cycling in Agroecosystems**, v. 61, n. 1-2, p. 119-130, 2001.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1177-1182, 2000.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 4, p. 479-485, 2008.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.

REIS, T. C.; RODELLA, A. A. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p. 619-626, 2002.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 353-359, 2008.

SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALD, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: a laboratory study. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, n. 2, p. 96-101, 2002.

SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 5, p. 725-731, 2008.

SPARLING, G. P. Ratio microbial biomass carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v. 30, n. 2, p. 195-207, 1992.

SPARLING, G. P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Ed.). **Biological indicators of soil health**. Cambridge: CAB International, 1997. p. 97-120.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

TU, C.; RISTAINO, J. B.; HU, S. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 2, p. 247-255, 2006.

*Received on January 9, 2008.*

*Accepted on May 2, 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.