

ATRIBUTOS INDICADORES DE QUALIDADE EM SOLOS DE CERRADO NO ENTORNO DO PARQUE NACIONAL DAS EMAS, GOIÁS

ATTRIBUTES QUALITY INDICATORS IN CERRADO SOILS SURROUNDING THE PARQUE NACIONAL DAS EMAS, STATE OF GOIÁS, BRAZIL

**Marco Aurélio Carbone CARNEIRO¹; Edicarlos Damacena de SOUZA²;
Helder Barbosa PAULINO³; Luiz Eduardo de Oliveira SALES⁴;
Laíze Aparecida Ferreira VILELA¹**

1. Professor, Doutor, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência do Solo/Laboratório de Microbiologia e Bioquímica de Solo, Lavras, MG, marcocarbone@dcs.ufla.br; 2. Professor, Doutor, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis, Rondonópolis, MT; 3. Universidade Federal de Goiás, Jataí, GO; 4. Centro Universitário de Mineiros, Mineiros, GO, *in memoriam*.

RESUMO: A incorporação de áreas nativas aos sistemas produtivos tem provocado alterações em ecossistemas, especialmente em regiões tropicais e, devido ao uso inadequado do solo, tem resultado na rápida perda do carbono orgânico. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto de sistemas de manejo e uso do solo sobre a biomassa e a atividade microbiana, assim como o estoque de carbono orgânico total e suas frações em um Latossolo Vermelho distrófico e um Neossolo Quartzarênico de Cerrado. Os sistemas de manejo e uso no Neossolo Quartzarênico foram: Cerrado nativo, integração lavoura-pecuária, pastagem, plantio direto 1 (soja/braquiária) e plantio direto 2 (milho/braquiária). No Latossolo Vermelho os sistemas foram: Cerrado nativo, integração lavoura-pecuária, plantio convencional, plantio direto 3 (soja/nabo/milho/nabo) e plantio direto 4 (soja/milho/sorgo/soja). Para ambos os solos avaliados, o sistema de integração lavoura-pecuária promoveu melhorias nos teores de carbono da biomassa microbiana e nos estoques de carbono do solo. No Neossolo Quartzarênico, os sistemas de plantio direto não foram capazes de promover incrementos no carbono da biomassa microbiana, na atividade da urease, na hidrólise do diacetato de fluoresceína e no estoque do carbono da fração leve. No Latossolo Vermelho, o sistema de plantio convencional promoveu redução no estoque de carbono orgânico total e no carbono da fração leve livre do solo. Além disso, os sistemas conservacionistas desse solo, apesar de incrementarem o estoque de carbono orgânico do solo, promoveram perdas de carbono da fração leve em relação ao Cerrado nativo.

PALAVRAS-CHAVE: Quociente metabólico. Integração lavoura-pecuária. Plantio direto. Plantio convencional. Atividade Microbiana.

INTRODUÇÃO

A incorporação de áreas nativas aos sistemas produtivos tem provocado alterações em ecossistemas e representam, principalmente nas regiões tropicais, uma importante causa do aumento da emissão de gases de efeito estufa, com efeitos sobre as alterações climáticas em escala global (SIQUEIRA NETO et al., 2011). No Brasil, no bioma Cerrado grande parte de sua vegetação nativa foi convertida em áreas de produção agrícola, principalmente nas chapadas (BROSSARD; BARCELLOS, 2005; FERREIRA et al., 2009), resultando na rápida perda de carbono orgânico devido ao uso inadequado do solo (RANGEL; SILVA, 2007), principalmente quando se adota manejo inadequado.

O sistema de cultivo convencional foi o mais utilizado no processo de ocupação do Cerrado brasileiro, com uso de arados e grades pesadas no preparo do solo (COSTA et al., 2006). Atualmente, esse sistema tem sido utilizado na abertura de novas áreas ou quando há necessidade de intervenção

antrópica no solo devido a problemas físicos (compactação) e químicos do solo (acidez na sub superfície do solo). O preparo convencional do solo foi substituído pelos sistemas conservacionistas de manejo, como plantio direto, em que se mantém a estrutura do solo, a redução da mobilização e a manutenção da cobertura do solo, com isso a utilização desse sistema de produção tem evoluído significativamente em termos de área cultivada no Brasil (SILVA et al., 2000).

Dentre os sistemas conservacionistas, a integração lavoura-pecuária (ILP) associado ao plantio direto tem merecido destaque, pois proporciona a diversificação e maximização da exploração da propriedade rural e contribui para a manutenção e melhoria da qualidade do solo (SALTON et al., 2001; KLUTHCOUSKI et al., 2003)

A definição de qualidade do solo, proposta por DORAN; PARKIN (1994) reflete a capacidade do solo em funcionar, dentro dos limites do ecossistema manejado ou natural, como sustento para a produtividade de plantas e animais, de manter

ou aumentar a qualidade da água e do ar e promover a saúde humana. Com o intuito de avaliar a qualidade do solo busca-se obter atributos sensíveis às alterações do solo pelos sistemas de manejo e que possam ser usados como indicadores de qualidade.

Existem alguns atributos que podem ser utilizados para o monitoramento e avaliação dos sistemas de manejo e uso do solo (LARSON; PIERCE, 1994). Um desses atributos é o carbono orgânico total (COT) que está diretamente ligado aos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. O solo tem alta capacidade de reter o COT a uma taxa de cerca de 1 Pg C ano^{-1} (JAGADAMMA; LAL, 2010), o que é benéfico não somente do ponto de vista de mitigação dos gases de efeito estufa, mas também por promover melhoria na produtividade e sustentabilidade agrícola (LAL, 2004). Dentre os outros atributos destacam-se os bioquímicos como a biomassa microbiana e atividade enzimática do solo (SOUZA et al., 2006; GARCIA; NAHAS, 2007; CARNEIRO et al., 2009).

Apesar do crescente interesse no melhor entendimento do funcionamento biológico do solo sob sistemas naturais e agrícolas, estudos sobre o monitoramento e impacto de diferentes sistemas de manejo e uso do solo na população e na atividade microbiana em solos de Cerrado são recentes (D'ANDRÉA et al., 2002; MENDES et al., 2003; FONSECA et al., 2007; CARNEIRO et al., 2008a), principalmente em sistema de integração lavoura-pecuária no bioma Cerrado.

O conhecimento e o monitoramento dos atributos de qualidade dos solos agrícolas são importantes para se evitar a degradação dos mesmos e proporcionar a manutenção da biodiversidade, principalmente no Bioma Cerrado. A região circunvizinha ao Parque Nacional das Emas tem sido submetida a intenso processo produtivo, o que vem causando uma pressão ecológica no parque e degradação do solo em alguns casos. Caso não haja avaliação e monitoramento dos sistemas de manejo e uso do solo pode-se colocar em risco grandes extensões de áreas dessa importante reserva biológica do Bioma Cerrado.

O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações na biomassa e atividade microbiana do solo e nos estoques de carbono orgânico total, promovidas por sistemas de manejo e uso de um Latossolo Vermelho e um Neossolo Quartzarênico no entorno do Parque Nacional das Emas em Goiás.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em duas áreas localizadas no Entorno do Parque Nacional das

Emas. A primeira área pertence ao município de Mineiros (GO) e está localizada na cabeceira do Rio Araguaia ($17^{\circ}54'58'' \text{ S}$ e $53^{\circ}06'00'' \text{ W}$ e altitude de 800 m), em um Neossolo Quartzarênico órtico típico ($930, 30$ e 40 g kg^{-1} de areia, silte e argila, respectivamente). A segunda área pertence ao município de Costa Rica (MS), localiza-se na cabeceira do Rio Sucuriú ($18^{\circ}22'54'' \text{ S}$ e $52^{\circ}47'07'' \text{ W}$ e altitude de 850 m), em um Latossolo Vermelho distrófico típico ($252, 125$ e 623 g kg^{-1} de areia, silte e argila, respectivamente), os quais a partir de 2001 foram submetidos aos mesmos tratamentos (Tabela 1) até o momento da coleta dos dados, com exceção do plantio convencional.

O clima foi caracterizado como Tropical Chuvoso (Aw), segundo a classificação de Köppen, com temperatura média de 31°C . A precipitação anual varia de 1400 a 1600 mm, concentrando-se nos meses de novembro a maio, podendo ocorrer veranicos de 10 a 15 dias de duração.

Em cada solo foram avaliados quatro sistemas de manejo e uso do solo e uma área de referência sem alteração antrópica (Tabela 1), com cinco repetições em delineamento inteiramente casualizado. As áreas avaliadas apresentavam-se contíguas, com topografia plana, mesma classe de solo e clima, diferindo-se portanto somente da implantação e condução dos sistemas de manejo e uso do solo. Os atributos físicos e químicos das áreas de estudo encontram-se na Tabela 2.

As coletas de solo foram realizadas no mês de abril/2006 na safrinha, após 5 anos do início do experimento, e em cada sistema de uso e manejo do solo foram demarcadas cinco parcelas georreferenciadas, de 150 m^2 , e dentro dessas parcelas foram coletadas 10 subamostras, em zig zag, na camada de 0-10 cm, formando uma amostra composta, a qual foi considerada uma repetição. Foram coletadas ainda amostras indeformadas com auxílio de um cilindro na profundidade de 0-10 cm para determinação da densidade do solo (EMBRAPA, 1997). As amostras de solo foram acondicionadas em caixas térmicas, e conduzidas imediatamente ao laboratório, as quais foram peneiradas (2 mm de abertura de malha) e armazenadas em sacos plásticos e conservadas sob refrigeração a 4°C .

O carbono da biomassa microbiana (C-BM) foi determinado pelo método da fumigação-extração (VANCE et al., 1987). A respiração microbiana foi estimada pelo CO_2 evoluído em amostras de solo incubado com $\text{NaOH } 0,05 \text{ mol L}^{-1}$ (ALEF; NANNIPIERI, 1995). A atividade da urease foi determinada conforme TABATABAI; BREMNER (1972) e atividade hidrolítica do diacetato de

fluoresceína (FDA) foi estimada segundo DICK et al. (1996) e quantificado por espectrofotometria com comprimento de onda de 490 nm. O quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi obtido pela relação entre

atividade microbiana (respiração) e carbono da biomassa microbiana e o quociente microbiano (C-BM/Corg) pela relação entre C da biomassa microbiana e C orgânico total do solo.

Tabela 1. Histórico da interferência antrópica e descrição das áreas estudadas no Neossolo Quartzarênico órtico típico e Latossolo Vermelho distrófico típico.

Uso e manejo do solo	Descrição
Neossolo Quartzarênico órtico típico	
Cerrado Nativo	Área de Cerrado nativo sem interferência antrópica, apresentando mata fechada, com serapilheira espessa e utilizada como referência.
Integração Lavoura-Pecuária (ILP 1)	Inicialmente cultivada com pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> que encontrava-se degradada. Em agosto de 2001, foi incorporada ao processo produtivo aplicando-se 2 Mg ha ⁻¹ de calcário dolomítico e 400 kg ha ⁻¹ de fosfato de Gafsa. Nas primeiras chuvas, semeou-se milho, que foi dessecado em novembro para a semeadura de soja, aplicando 250 kg ha ⁻¹ de NPK (06-20-12 + 0,3 % de Zn). Após a colheita da soja, foi semeado milho em sistema de plantio direto conjuntamente com <i>B. decumbens</i> (plantio safrinha), adubado com 124 kg ha ⁻¹ de NPK (02-24-12) e cobertura com 163 kg ha ⁻¹ de NPK (30-00-10). Após a colheita do milho vedou-se a área para o crescimento da braquiária, que recebeu 20 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ de N e posterior inserção de bovinos, permanecendo por dois anos consecutivos com 1 UA ha ⁻¹ . Sequência: Soja/Milho+braquiária.
Pastagem	Pastagem com <i>B. decumbens</i> desde 1993, com uma única aplicação de 1,5 Mg ha ⁻¹ de calcário dolomítico em superfície. No momento da coleta de solo a mesma apresentava-se em pleno crescimento, no entanto, com sinais de degradação devido à baixa fertilidade do solo.
Plantio Direto 1 (PD 1)	Até 2001 a área foi ocupada por pastagem degradada. A braquiária foi dessecada aplicando-se 1,5 Mg ha ⁻¹ de calcário dolomítico em superfície. Na semeadura da soja (safra) foram aplicados 550 kg ha ⁻¹ de NPK (2-20-18). Na maturação da soja semeou-se <i>B. decumbens</i> a lanço permanecendo até a próxima safra, repetindo-se a cada ciclo, quando a braquiária foi dessecada com glifosato, e semeada a soja. Sequência: Soja/braquiária
Plantio Direto 2 (PD 2)	Até 2001 a área encontrava-se ocupada por pastagem com sinais de degradação devido ao manejo inadequado. Nesta área, a braquiária foi dessecada e aplicou-se de 2 Mg ha ⁻¹ de calcário dolomítico em superfície. Semeou-se milho conjuntamente com <i>B. decumbens</i> aplicando 451 kg ha ⁻¹ de NPK (08-20-18 + 0,3 % de Zn). Após a colheita do milho a <i>B. decumbens</i> foi estabelecida. Na próxima safra, a braquiária foi dessecada com glifosato, para semeadura de milho, portanto em sistema de plantio direto sempre utilizando milho na safra. Sequência: Milho/braquiária
Latossolo Vermelho distrófico típico	
Cerrado Nativo	Área com mata fechada com serapilheira espessa, sem intervenção antrópica, utilizado como referência.
Integração Lavoura-Pecuária (ILP 2)	Em 2001 foi incorporado 1 Mg ha ⁻¹ de calcário dolomítico. Semeou-se milho com aplicação de 300 kg ha ⁻¹ de NPK (08-20-20 + 0,3% de Zn) e cobertura de 372,25 Kg ha ⁻¹ de NPK (25-00-15). Após a colheita do milho semeou-se <i>B. decumbens</i> com aplicação de 60 kg ha ⁻¹ de KCl e 80 de kg ha ⁻¹ de N e entrada de bovinos com 2 UA ha ⁻¹ até a próxima safra. Sequência: Milho/Braquiária.
Plantio Convencional (PC)	Em 2001 foi realizada a aplicação de 1,0 Mg ha ⁻¹ de calcário dolomítico e semeadura do milho, aplicando-se 454 kg ha ⁻¹ de NPK (08-20-20 + 0,3% Zn) e como cobertura aplicou-se 340 Kg ha ⁻¹ de NPK (25-00-15). Após a colheita do milho semeou-se milho na safrinha para palhada. Em 2002, semeou-se soja aplicando 250 kg ha ⁻¹ de NPK (00-18-18). Após a colheita da soja semeou-se milho na safrinha em sistema de plantio convencional. Esta sequência foi utilizada durante todo período experimental. Sequência: Milho/Milheto/Soja/Milheto
Plantio Direto 3 (PD 3)	Em 2001 foi realizada a aplicação de 1,0 Mg ha ⁻¹ de calcário dolomítico e semeadura de soja aplicando-se 374 kg ha ⁻¹ de NPK (00-18-18). Após a soja, semeou-se nabo forrageiro na safrinha. Em 2002, semeou-se milho aplicando-se 389 kg ha ⁻¹ de NPK (08-20-20) e nabo na

safrinha em sistema de plantio direto.

Sequência: Soja/Nabo/Milho/Nabo. Esta sequência foi utilizada durante todo período experimental.

Plantio Direto 4 (PD 4)	Em 2001 foi realizada a aplicação de 1,0 Mg ha ⁻¹ de calcário dolomítico e plantio da soja na safra com adubação de 221 kg ha ⁻¹ de NPK (00-18-18). Em 2002, semeou-se milho (safra) com aplicação de 307 kg ha ⁻¹ de NPK (00-20-20 + 0,3% de Zn) e cobertura de 377 kg.ha ⁻¹ de NPK (25-00-15). Após a colheita do milho semeou-se sorgo (safrinha) com aplicação de 200 kg ha ⁻¹ de NPK (08-20-20) e soja na safra novamente. Sequência: Soja/Milho/Sorgo/Soja.
-------------------------	--

Tabela 2. Densidade do solo e atributos químicos do Neossolo Quartzarênico órtico típico e Latossolo Vermelho distrófico típico, na camada de 0 a 10 cm, nos diferentes sistemas de manejo e uso agrícola.

Sistemas	Ds kg dm ⁻³	pH	Ca	Mg	Al	K	P
			----- cmol _c dm ⁻³ -----				mg dm ⁻³
Neossolo Quartzarênico órtico típico							
Cerrado	1,43	4,47	0,19	0,12	1,13	0,05	2,28
Pastagem	1,56	5,75	1,54	0,76	0,09	0,12	7,77
PD1	1,55	5,86	1,63	0,78	0,16	0,10	21,72
PD2	1,53	6,43	2,50	0,70	0,03	0,13	15,74
ILP1	1,57	5,70	1,08	0,76	0,13	0,06	12,63
Latossolo Vermelho distrófico típico							
Cerrado	1,10	5,19	0,23	0,25	0,90	0,11	0,83
PD3	1,23	5,45	3,15	1,19	0,18	0,32	5,52
PD4	1,24	5,58	2,89	1,20	0,14	0,43	12,02
PC	1,20	5,30	3,78	1,74	0,09	0,16	6,23
ILP2	1,17	5,29	3,62	1,45	0,17	0,16	8,15

O carbono orgânico total (COT) do solo foi determinado por oxidação do dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,05 mol L⁻¹ (EMBRAPA, 1997). A determinação das frações da matéria orgânica foi obtida por metodologia proposta por ROSCOE; MACHADO (2002).

Os cálculos dos estoques de carbono do solo foram realizados utilizando o método da massa equivalente de solo. O método da massa equivalente de solo utiliza a massa do solo dos tratamentos em relação ao solo com a maior ou menor massa, o qual é tomado como referência (ELLERT; BETTANY, 1995). Para o presente trabalho, foi tomado como referência o solo da área sob Cerrado nativo localizada em cada solo estudado, os quais apresentaram menor densidade do solo e, conseqüentemente, menor massa.

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação das médias das áreas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A correlação de Pearson foi aplicada entre atributos de solo avaliados, sendo utilizado o programa estatístico SAEG 9.1 (UFV).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de manejo e uso no Neossolo Quartzarênico afetaram negativamente o carbono da biomassa microbiana do solo (C-BM) variando de 142 a 338 mg de C kg⁻¹ para a pastagem e a integração lavoura-pecuária (ILP 1), respectivamente (Tabela 3). Em relação à área de referência, o Cerrado, foram observadas reduções de 65, 48 e 59% nas áreas sob pastagem, PD1 e PD2, respectivamente. Na área sob ILP1, o C-BM não diferiu da área sob Cerrado Nativo. Apesar dos sistemas avaliados serem considerados conservacionistas como é o caso do sistema de plantio direto (PD1 e PD2), esses não foram capazes de promover a recuperação e a manutenção o C-BM em valores próximos à área nativa.

O Neossolo Quartzarênico é um solo extremamente frágil e, devido à sua textura arenosa (> 850 g kg⁻¹), possui baixa capacidade de estruturação e conseqüentemente redução no armazenamento e manutenção do carbono orgânico total (COT), fato comprovado pela correlação baixa

e não significativa entre C-BM e COT ($r = 0,40^{ns}$). Pelos resultados obtidos, a integração lavoura-pecuária (ILP-1) promoveu incremento no C-BM, o

que pode contribuir para sustentabilidade desse sistema, já que este solo é extremamente susceptível à degradação.

Tabela 3. Carbono da biomassa microbiana (C-BM, $\mu\text{g g}^{-1}$ de C), respiração basal (C-CO₂, $\text{mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de C-CO₂), quociente metabólico ($q\text{CO}_2$, $\text{mg CO}_2 \text{ mg}^{-1}$ de C $\text{dia}^{-1} \times 10^{-3}$), quociente microbiano ($q\text{Mic}$, %), urease ($\text{mg N-NH}_4^+ \text{ kg}^{-1}$ de solo h^{-1}) e hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA, mg kg^{-1}) nos dois solos estudados sob sistemas de manejo e uso.

Uso e manejo	C-BM	C-CO ₂	$q\text{CO}_2$	$q\text{Mic}$	Urease	FDA
Neossolo Quartzarênico órtico típico						
Cerrado	405 a	5,5 ^{ns}	13,6 c	5,1 a	1,3 ^{ns}	224 a
Pastagem	142 c	5,2	36,6 a	2,0 c	1,3	154 b
PD 1	210 b	5,4	25,7 b	3,4 b	1,1	116 b
PD 2	165 c	3,8	23,0 b	2,2 c	1,1	123 b
ILP 1	338 a	6,6	19,5 c	4,8 a	1,1	151 b
Latossolo Vermelho distrófico típico						
Cerrado	445 a	7,3 a	16,4 ^{ns}	1,5 ^{ns}	1,1 b	161 a
PD 3	326 b	4,6 bc	14,1	1,4	1,7 a	108 b
PD 4	267 c	3,5 c	13,1	1,3	1,1 b	95 b
PC	371 b	6,4 ab	17,2	1,6	0,8 b	110 b
ILP 2	422 a	7,4 a	17,5	1,5	0,8 b	138 b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ns: não significativo. PD1: soja/braquiária/soja; PD2: milho/braquiária/milho; ILP1: integração lavoura-pecuária; PD3: soja/nabo/milho/nabo; PD4: soja/milho/sorgo/soja; PC: plantio convencional; ILP2: integração lavoura-pecuária.

O aumento do C-BM na integração lavoura-pecuária deve-se, possivelmente, à adição de esterco e urina dos bovinos associada ao uso de diferentes espécies vegetais, os quais contribuem para o incremento da matéria orgânica, promovendo o estímulo à biomassa e atividade microbiana, conforme observado por outros autores (ALVES et al., 2011), além do sistema radicular da gramínea que se concentra nas camadas superficiais do solo e resulta em maior entrada de carbono no solo, via rizodeposição e resíduos de parte aérea, estimulando a atividade da microbiota do solo e o aumento da concentração de matéria orgânica (GUO; GIFFORD, 2002). Isto demonstra os efeitos benéficos da ILP para o Neossolo Quartzarênico, já que no mesmo tipo de solo, somente a pecuária (pastagem) ou a produção de grãos (PD1 e PD2) não apresentaram os resultados obtidos na ILP, possivelmente por não estarem ainda consolidados.

Essas informações foram evidenciadas na avaliação do quociente microbiano ($q\text{MIC}$). No Neossolo Quartzarênico, a área sob Cerrado e ILP apresentaram 5,1 e 4,8%, respectivamente, sendo estes resultados superiores aos demais manejos estudados, apresentando correlação positiva e significativa com o C-BM ($r = 0,98^{**}$), a respiração basal ($r = 0,72^*$), COT ($r = 0,60^*$) e o FDA ($r = 0,62^*$).

A respiração do solo (C-CO₂), atividade da urease e a hidrólise do diacetato de fluoresceína

(FDA) não foram capazes de diferenciar os manejo e uso estudados (Tabela 3). Já, para o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), o sistema ILP 1 apresentou o menor $q\text{CO}_2$ diferindo significativamente dos demais sistemas e uso do solo (Tabela 3), o que indica que neste sistema de manejo e uso do solo houve menores perdas de C, sendo o sistema mais eficiente na utilização do carbono, e que a longo prazo resultará em maiores incrementos no solo (FRANCHINI et al., 2007). O $q\text{CO}_2$ representa a respiração específica da biomassa microbiana e altos valores indicam que a população microbiana está consumindo quantidades maiores de C para sua manutenção devido a condições estressantes (ANDERSON; DOMSCH, 1993). Tal comportamento foi observado nos sistemas de pastagem, PD 1 e PD 2 que apresentaram baixa eficiência de incorporação de carbono no solo, resultando em aumento das emissões de CO₂, perda de carbono orgânico do solo e degradação do solo, corroborando com vários outros estudos (DILLY et al., 2001; SARMIENTO; BOTTFNER, 2002).

INSAM et al. (1991) afirmam que ocorre uma relação inversa entre o C-BM e o $q\text{CO}_2$, sugerindo que em maiores quantidade de COT pode ocorrer aumento do C-BM e diminuição da atividade metabólica, fato verificado neste estudo onde verificou-se correlação negativa e significativa obtida entre $q\text{CO}_2$ o C-BM ($r = -0,82^{**}$).

Para o Latossolo Vermelho, o C-BM apresentou maiores valores para a área submetida à integração lavoura-pecuária (ILP-2) e no Cerrado, diferindo significativamente dos outros manejos e uso do solo (Tabela 3). As áreas submetidas ao plantio direto em sucessão com soja/milho (PD4), soja/nabo forrageiro (PD3) e plantio convencional (PC) reduziram o C-BM em 40, 26 e 17 % quando comparado à área sob Cerrado, respectivamente, indicando que tais manejos e usos do solo não estão incorporando carbono no sistema via biomassa microbiana.

Estudo conduzido por LEITE et al. (2010) demonstra que o sistema de plantio convencional contribui para reduzir a quantidade de carbono orgânico total e a densidade e diversidade dos microrganismos do solo, resultando em menores concentrações de C-BM, em função da quebra da estrutura do solo e exposição da matéria orgânica protegida. Entretanto, recentes revolvimentos no solo promovem incorporação dos resíduos orgânicos superficiais, aumento temporário da aeração, morte de parte da biomassa microbiana do solo e exposição da matéria orgânica que estava protegida no interior dos agregados, ocasionando um crescimento inicial da população microbiana (SOUZA et al., 2006). Como consequência tem-se um aumento temporário do C-BM, fato este demonstrado no presente trabalho. CARVALHO et al. (2010) argumentam ainda que o aumento proporcionado pelo PC é temporário e rápido, e pode, em curto prazo, ocasionar redução do COT e consequentemente da própria biomassa microbiana do solo, sendo importante o monitoramento contínuo destes atributos, para se verificar o efeito desse sistema de manejo no solo em um período mais longo.

Além disso, há de se fazer uma análise mais aprofundada sobre o “sistema plantio direta” e de como vem sendo adotado nessa região do Cerrado, tendo em vista que, frequentemente, não há rotação de culturas e sim uma sucessão soja(safrá)/milho(safrinha) com revolvimento superficial do solo e, em algumas situações, com cobertura do solo inadequada e insuficiente. Assim o sistema de plantio direto adotado não tem garantido o aporte de resíduos orgânicos capazes de proporcionar aumentos significativos de matéria orgânica ao sistema, devendo para isso ser incorporado ao sistema culturas com o intuito de fornecer resíduos, voltado para as melhorias do sistema solo, reduzindo assim o tempo de recuperação dos atributos do solo. A rotação de culturas é fundamental para a manutenção a qualidade do solo, pois além da maior quantidade de

carbono aportado via resíduos e rizodeposição, promove maior diversidade de resíduos vegetais que são adicionados ao solo (AMADO et al., 2001; CARNEIRO et al., 2008b) e estes influenciarão diretamente na qualidade da matéria orgânica e, consequentemente, na atividade microbiana do solo (ASSIS et al., 2003).

No presente estudo foi observada nas áreas sob Latossolo Vermelho uma correlação positiva e significativa entre a concentração de C-BM e o COT ($r = 0,97^{**}$). Esse fato pode estar relacionado com a proteção física do COT promovida pelos agregados do solo, no caso do Latossolo, corroborando com o estudo de SIX et al. (2000).

A respiração basal do Latossolo Vermelho foi maior nas áreas de Cerrado, PC e ILP2 diferindo das áreas sob plantio direto (PD3 e PD4), os quais apresentaram os menores valores (Tabela 3). Os menores valores observados nas áreas sob PD3 e PD4, indicam que os sistemas de plantio direto adotados não favoreceram a elevação da atividade microbiana no solo, valores estes que discordam dos dados obtidos na região sul do Brasil (LISBOA et al. (2012). No entanto, assim como observado por D'ANDRÉA et al. (2002), as áreas sob plantio direto (PD3 e PD4) são recentes, podendo a biomassa ainda estar em adaptação às condições de solo corroborando com os resultados apresentados neste trabalho.

O qCO_2 , no Latossolo Vermelho, não apresentou diferença significativa entre os sistemas de manejo e uso do solo (Tabela 3). O $qMic$ também não foi influenciado pelos sistemas de uso e manejo do Latossolo Vermelho (Tabela 3), no entanto correlacionou-se positivamente com o C-BM ($r = 0,74^*$), respiração basal ($r = 0,82^{**}$) e o carbono orgânico total ($r = 0,60^*$).

De acordo com MOREIRA; SIQUEIRA (2006) o C-BM representa cerca de 2 a 4% de carbono orgânico total do solo, entretanto, para o presente trabalho, os valores variaram de 2,0 a 5,1% para o Neossolo Quartzarênico e de 1,3 a 1,6% para o Latossolo Vermelho, evidenciando respostas diferentes aos manejos nos diferentes solos. Assim percebe-se a necessidade de se conhecer os efeitos dos sistemas conservacionistas, sobre os atributos bioquímicos do solo, para se garantir o monitoramento e a manutenção de suas funções.

A atividade da urease no Latossolo Vermelho foi maior na área sob PD3 em relação às demais, inclusive o Cerrado, indicando que o sistema de cultivo com plantas em rotação aliada ao não revolvimento do solo pode afetar diferentemente a atividade dessa enzima. Com relação à FDA este foi maior na área de Cerrado e

não foram observadas diferenças significativas entre os demais tratamentos (Tabela 3). Estes resultados mostram que este atributo não foi capaz de indicar as variações do solo submetido a diferentes sistemas de manejo.

Na área de Cerrado, a maior concentração de C-BM e da atividade da FDA para os dois solos estudados é resultado da deposição de substratos orgânicos facilmente oxidáveis de composição química variada decorrente da serapilheira, da própria rizosfera das plantas, além da atividade microbiana do solo (SILVA et al., 2010). A FDA representa a atividade metabólica da biomassa microbiana sendo realizada pelas enzimas esterases, proteases e amilases e indica a biomassa microbiana

ativa do solo, o que explica a correlação positiva e significativa ($p \leq 0,01$) observada entre FDA e o C-BM ($r = 0,75^{**}$) nos solos estudados.

Os estoques de COT do Neossolo Quartzarênico foram influenciados pelos sistemas de manejo e uso do solo, onde a área sob pastagem apresentou os maiores valores (Tabela 4). Em relação ao Cerrado, houve um incremento de 21% nos estoques de carbono na área sob pastagem e de 5% na área sob PD2. Os ganhos nos estoques de COT nos sistemas de plantio direto foram pequenos e pouco contribuíram para o aumento do seu conteúdo no solo, indicando que o sistema, neste solo e na região, necessita ser aprimorado para que incrementos significativos possam ser alcançados.

Tabela 4. Estoques de carbono orgânico total (COT), carbono na fração leve livre (C-FLL) e variação dos estoques de carbono e da relação entre estas variáveis em um Neossolo Quartzarênico órtico típico e Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo e uso do solo.

Sistemas de manejo e uso	COT Mg ha ⁻¹	Variação		C-FLL Mg ha ⁻¹	Variação		C-FLL/ COT %
		Mg ha ⁻¹	%		Mg ha ⁻¹	%	
Neossolo Quartzarênico órtico típico							
Cerrado	12,6 b	-	-	1,6 a	-	-	13
Pastagem	15,2 a	+2,6	21	1,0 b	-0,6	38	7
PD 1	12,2 b	-0,4	3	0,9 b	-0,7	42	8
PD 2	13,2 b	+0,6	5	1,0 b	-0,6	38	7
ILP 1	12,3 b	-0,3	2	1,2 a	-0,4	25	10
Latossolo Vermelho distrófico típico							
Cerrado	28,0 b	-	-	4,3 a	-	-	15
PD 3	34,2 a	+6,2	22	1,5 c	-2,8	65	4
PD 4	33,7 a	+5,7	20	2,1 b	-2,2	51	6
PC	26,3 b	-1,7	6	1,5 c	-2,8	65	6
ILP 2	37,7 a	+9,7	35	2,0 b	-2,3	53	5

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. PD 1: Soja/braquiária/soja; PD 2: Milho/braquiária/milho; ILP: Integração Lavoura-Pecuária; PD 3: Soja/nabo/milho/nabo; PD 4: Soja/milho/sorgo/soja; PC: plantio convencional; Integração Lavoura-Pecuária 2.

Nos resultados do estoque de C na fração leve livre (C-FLL) pode-se observar que o sistema de ILP1 no Neossolo Quartzarênico foi semelhante à área sob Cerrado nativo, entretanto, ainda resultou em 25% perdas de C-FLL no solo. Os demais sistemas de manejo e uso foram significativamente inferiores à área sob Cerrado resultando, em média, na perda de 39%, o que corresponde a 0,6 Mg ha⁻¹ de C-FLL (Tabela 4).

Na literatura, diversos trabalhos destacam os efeitos positivos de sistemas conservacionistas, principalmente o plantio direto, na manutenção e distribuição de carbono orgânico no solo (BERTOL et al., 2004; COSTA et al., 2008; HICKMANN et al., 2012; LISBOA et al., 2012), entretanto, esse comportamento não foi observado no Neossolo Quartzarênico, demonstrando que os sistemas de

manejo adotados nessas áreas têm resultado em perda da qualidade do solo e aumento da fragilidade do sistema.

No Latossolo Vermelho, o estoque de C na área nativa foi inferior aos sistemas de manejo do solo (Tabela 4). Os maiores estoques foram observados nas áreas sob ILP2, PD3 e PD4 representando aumentos em relação ao Cerrado de 9,7 (35%), 6,2 (22%) e 5,7 Mg ha⁻¹ (20%), respectivamente (Tabela 4). Os valores de COT indicam que o comportamento dos sistemas conservacionistas no Neossolo Quartzarênico (PD1, PD2 e ILP1) não proporcionaram aumentos significativos, diferentemente do Latossolo Vermelho, no qual foram observados aumentos expressivos no estoque de COT.

CARVALHO et al. (2010) comentam que a conversão de áreas nativas para sistemas agrícolas geralmente promove maior emissão de CO₂ e, conseqüentemente, menores acúmulos de C no solo. Entretanto, os mesmos autores observaram que em solo sob pastagem por 11 anos em Rondônia houve incrementos nos estoques de C na ordem de 0,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ em relação à área nativa. Diversos outros estudos têm demonstrado efeito benéfico da introdução de pastagem no aumento dos estoques de C no solo (DESJARDINS et al., 2004; MAIA et al., 2009).

A conversão de vegetação nativa para a agricultura, em plantio convencional, favorece a redução nos estoques de C do solo, e sua intensidade depende de diversos fatores, entre eles, os sistemas de manejo, as culturas utilizadas e a intensidade de uso do solo (BAYER et al., 2006). Nesse estudo nota-se perdas de COT no Latossolo Vermelho com a adoção do plantio convencional na ordem de 1,7 Mg ha⁻¹ em relação aos demais uso e manejo estudados neste solo (Tabela 4).

O estoque de C-FLL no Latossolo Vermelho foi negativamente influenciado pelos sistemas de manejo e uso, resultando em perdas de 51 a 65% no PD4 e PC, respectivamente (Tabela 4). As perdas de C-FLL verificadas no Latossolo Vermelho foram relativamente superiores às perdas observadas no Neossolo Quartzarênico, indicando que a fração livre da matéria orgânica apresenta comportamento diferenciado para os dois solos e os diferentes sistemas de manejo.

Estudos demonstram que em áreas nativas, a elevada diversidade de plantas e quantidade de serapilheira favorecem aumentos nos estoques de C-FLL (RANGEL; SILVA, 2007), assim como observado no presente estudo. Ainda, o uso de pastagens e culturas anuais podem promover a diminuição nos estoques de C-FLL em solos argilosos (ROSCOE; BUURMAN, 2003) e em solos arenosos (ZINN et al., 2002), demonstrando ser essa fração bastante sensível ao manejo e uso do solo. Mesmo não havendo reduções nos estoques totais de C, o C-FLL na maioria dos sistemas de manejo diminuiu nos dois solos estudados, o que pode, em longo prazo, provocar redução nos estoques de C. O sistema de integração lavoura-pecuária, nos dois

solos estudados, promoveu a recuperação do C-BM, em relação aos demais manejos antrópicos, e do estoque de carbono do solo somente no Latossolo em relação ao Cerrado nativo, o que demonstra ser um potencial sistema conservacionista.

O C-BM foi capaz de discriminar os efeitos dos manejos e uso nos dois solos estudados, demonstrando qual manejo e uso do solo possui potencial para aumentar o estoque de COT e o C-FLL. O Neossolo Quartzarênico, pela sua fragilidade e comportamento dos atributos estudados, deve ser avaliado com relação aos indicadores para que seja mantida a função ecológica do solo no tempo.

CONCLUSÕES

Para ambos os solos avaliados, o sistema de manejo conservacionista com a introdução de animais em pastejo (integração lavoura-pecuária) promoveu melhorias nos teores de carbono da biomassa microbiana e nos estoques de carbono do solo;

No Neossolo Quartzarênico, os sistemas de plantio direto não foram capazes de promover incrementos no carbono da biomassa microbiana, na atividade da urease, na hidrólise do diacetato de fluoresceína e no estoque de carbono da fração leve;

No Latossolo Vermelho, o sistema de plantio convencional promoveu redução no estoque de carbono orgânico total e no carbono da fração leve livre do solo. Além disso, os sistemas conservacionistas, apesar de incrementarem o estoque de carbono orgânico do solo, promoveram perdas de carbono da fração leve em relação ao Cerrado nativo.

AGRADECIMENTOS

Aos produtores rurais Milton Fries (Mineiros, GO) e Eduardo Peixoto (Costa Rica, MS) por cederem suas propriedades e pelo apoio logístico para realização deste estudo. Ao Prof Dr. Luiz Eduardo de Oliveira Sales pela sua dedicação e esforço para realização deste estudo. Ao CNPq pelo suporte financeiro (processo n° 577559/2008-7) e a CAPES pela concessão de bolsas de pós-graduação.

ABSTRACT: Incorporation of native areas to production systems induced changes in ecosystems, especially in tropical regions, due to inappropriate land use, resulting in the rapid loss of organic carbon. This study aimed to evaluate impact of soil management and land use on biomass and microbial activity, as well as soil organic carbon and its fractions in an Oxisol and Quartzipsamment in Cerrado. Management and land use systems in Quartzipsamment were native vegetation, crop-livestock integration, pasture, no-till 1 (soybean/*Brachiaria*) and two no-till 2 (corn/*Brachiaria*). In Oxisol the systems were native vegetation, crop-livestock integration, conventional tillage, no-till 3 (soybean /radish/corn

/radish) and no-till 4 (soybean/ corn/sorghum/soybean). Both soils evaluated, integrated crop-livestock improved the microbial biomass levels and soil carbon pools. In Quartzipsamment, management and land use systems not increased microbial biomass carbon, urease activity, hydrolysis of fluorescein diacetate and the carbon stock of the light fraction. In Oxisol, conventional tillage system decreased soil organic carbon and total carbon in the free light fraction soil. Furthermore, although it increased the organic carbon soil losses, the soil conservation systems enhanced the light fraction carbon in relation to native vegetation.

KEYWORDS: Metabolic quotient. Integration crop-livestock, No-tillage. Conventional tillage. Microbial activity.

REFERÊNCIAS

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995, 576 p.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; NETO, N. E.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

AMADO, T.; BAYER, C.; ELTZ, F.; BRUM, A. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto ea melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (*q*CO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil biology & biochemistry**, Elmsford, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

ASSIS, É. P. M.; CORDEIRO, M. A. S.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada de sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 2, p. 107-112, 2003.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, n. 2, p. 237-245, 2006.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.; LEITE, D.; AMARAL, A.; ZOLDAN JUNIOR, W. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, 2004.

BROSSARD, M.; BARCELLOS, A. D. O. Conversão do cerrado em pastagens cultivadas e funcionamento de latossolos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 153-168, 2005.

CARNEIRO, M. A. C.; CARVALHO MELO, L. B.; ASSIS, P. C. R.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SILVEIRA NETO, A. N. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 276-283, 2008a.

CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008b.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. D.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. D. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. R. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; WRUCK, F. J.; CERRI, C. C. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 110, n. 1, p. 175-186, 2010.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. D. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, 2006.

COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 323-332, 2008.

D'ANDRÉA, A.; SILVA, M.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J.; CARNEIRO, 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**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 913-924, 2002.

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, ecosystems & environment**, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 365-373, 2004.

DICK, R. P.; BREAKWELL, D. P.; TURCO, R. F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**.: SSSA Special Publication. Madison: Soil Science Society of America, v. 49, 1996. p. 247-271. 15 cap.

DILLY, O.; WINTER, K.; LANF, A.; MUNCH, J.; C. Energetic eco-physiology of the soil microbiota in two landscapes of southern and northern Germany. **Journal of Plant Nutritional and Soil Science**, Temuco, v. 164, n.4, p. 407-413, 2001.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, D. C.; COLEMAN, D. F.; BEZDICEK, B. A.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. . Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-22. (SSSA Special Publication, 35).

ELLERT, B.; BETTANY, J. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 75, n. 4, p. 529-538, 1995.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa em Solos/Embrapa Solos, 1997.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, M. E.; ROCHA, G. F.; NEMAYER, M.; FERREIRA, N. C. Dinâmica agrícola e desmatamentos em áreas de cerrado: uma análise a partir de dados censitários e imagens de resolução moderada. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 2, p. 117-127, 2009.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C.; DA COSTA, A. R.; DE OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 22-30, 2007.

FRANCHINI, J.; CRISPINO, C.; SOUZA, R.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 92, n. 1, p. 18-29, 2007.

GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 269-276, 2007.

GUO, L.; GIFFORD, R. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. **Global change biology**, Oxford, v. 8, n. 4, p. 345-360, 2002.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M. D.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, R. B. A.; ANDRADE, C. D. L. T. ATRIBUTOS FÍSICO-HIDRICOS E CARBONO ORGÂNICO DE UM ARGISSOLO APÓS 23 ANOS DE DIFERENTES MANEJOS. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 128-136, 2012.

INSAM, H.; MITCHELL, C.; DORMAAR, J. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three ultisols. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 23, n. 5, p. 459-464, 1991.

JAGADAMMA, S.; LAL, R. Distribution of organic carbon in physical fractions of soils as affected by agricultural management. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 46, n. 6, p. 543-554, 2010.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão 2003.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, Washington, v. 304, n. 5677, p. 1623-1627, 2004.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 37-51. (SSSA Special Publication, 35).

LEITE, L. F.; GALVÃO, S. R.; HOLANDA NETO, M.; ARAÚJO, F. S.; IWATA, B. F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1273-1280, 2010.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; DA SILVEIRA, A. O.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, Viçosa, n. 1, p. 45-55, 2012.

MAIA, S. M.; OGLE, S. M.; CERRI, C. E.; CERRI, C. C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 149, n. 1, p. 84-91, 2009.

MENDES, I.; SOUZA, L.; RESCK, D.; GOMES, A. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 435-443, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006, 729 p.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, 2007.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 70, n. 2, p. 107-119, 2003.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa em Solos/Embrapa Solos, 2002, 86 p.

SALTON, J.; FABRICIO, A.; HERNANI, L. Rotação lavoura pastagem no sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 92-99, 2001.

SARMIENTO, L.; BOTTNER, P. Carbon and nitrogen dynamics in two soils with different fallow times in the high tropical Andes: indications for fertility restoration. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 19, n. 1, p. 79-89, 2002.

SILVA, R. R. D.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. D. S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 5, 2010.

SILVA, V. D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 191-199, 2000.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. D. C.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Greenhouse gas emission caused by different land-uses in brazilian Savannah. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 63-76, 2011.

SIX, J.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E.; COMBRINK, C. Soil structure and organic matter I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. **Soil Science Society of America Journal**, Washington, v. 64, n. 2, p. 681-689, 2000.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. 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**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

TABATABAI, M.; BREMNER, J. Assay of urease activity in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 4, n. 4, p. 479-487, 1972.

VANCE, E.; BROOKES, P.; JENKINSON, D. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

ZINN, Y. L.; RESCK, D. V.; SILVA, J. E. Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* In the Cerrado region of Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, n. 1, p. 285-294, 2002.