

Alterações nas frações do carbono em um neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo

Edicarlo Damacena de Souza^{1*}, Marco Aurélio Carbone Carneiro², Helder Barbosa Paulino², Carlos Alberto Silva³ e Salatier Buzetti⁴

¹Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. ²Universidade Federal de Goiás, Campus Avançado de Jataí, Jataí, Goiás, Brasil. ³Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil. ⁴Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista (Unesp).

*Autor para correspondência. e-mail: edidamacena2000@yahoo.com.br

RESUMO. O conhecimento das frações do carbono orgânico do solo pode contribuir para inferir sobre o melhor manejo utilizado nos solos. Neste estudo, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes usos do solo nos compartimentos do carbono no solo como o carbono orgânico total, carbono da fração leve e pesada, carbono da biomassa e respiração microbiana do solo em um Neossolo Quartzarênico sob cerrado. O carbono orgânico total não foi influenciado pelo manejo do solo. Já o carbono da fração leve, carbono da biomassa microbiana e atividade microbiana foram diferentes entre os usos do solo. O carbono da fração pesada mostrou-se muito estável no solo em todas as áreas avaliadas. O carbono da fração leve e o carbono da biomassa microbiana podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo em curto prazo. A área, sob cerrado nativo, apresentou os maiores teores de carbono da fração leve e, conseqüentemente, maior atividade microbiana.

Palavras-chave: biomassa microbiana, fracionamento do carbono, neossolo quartzarênico, cerrado.

ABSTRACT. Alterations in carbon fractions in a Typic Quartzipisamment under different systems of soil management. The knowledge of soil organic carbon fractions can contribute to infer about the best soil management. This paper aimed to measure the effect of different soil managements on total organic carbon, light and heavy carbon fractions, microbial biomass and respiration in a Typic Quartzipisamment under Brazilian cerrados. Organic carbon was not influenced by soil management. However, the light fraction of carbon, microbial biomass and activity was different among crop systems. The heavy carbon fraction was very stable under the soil and crop systems used. Carbon of the light fraction and of microbial biomass can be used as indicators of soil quality in short term. Area under native cerrado showed higher carbon content in the low fraction and consequently higher microbial activity.

Key words: microbial biomass, carbon fraction, typic quartzipisamment, brazilian cerrados.

Introdução

Os solos da região dos cerrados foram incorporados aos sistemas de produção da agricultura moderna, com manejos intensivos nos solos e, mais recentemente, com a adoção do sistema de plantio direto. Esses solos, quando não são bem manejados, tendem a sofrer perdas significativas em seus atributos químicos, físicos e biológicos, provocando, em alguns casos, perdas drásticas na qualidade do solo em extensas áreas. Diversos estudos têm sido realizados nestes solos, principalmente nos Latossolos (D'Andréa, 2002; Rosa *et al.*, 2003). Poucos são, no entanto, os estudos em solos mais arenosos, visto que esses estão sendo incorporados aos sistemas de produção mais recentemente.

Os Neossolos Quartzarênicos são solos originados de depósitos arenosos, apresentando textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 m de

profundidade, com quantidade de argila menor que 15%. Esses solos são constituídos, essencialmente, de grãos de quartzo resistente ao intemperismo, e, por conseguinte, praticamente destituídos de minerais primários. São considerados de baixa aptidão agrícola e o uso continuado com culturas anuais pode levá-los rapidamente à degradação. São solos com baixa capacidade de agregação de partículas, baixos teores de argilas e de matéria orgânica e possuem baixa capacidade de retenção de água (Embrapa, 1999). Com isso, possuem alta lixiviação de nutriente e rápida decomposição da matéria orgânica (Correia *et al.*, 2004). Segundo Zancanaro (2004), esse solo deve, obrigatoriamente, sofrer manejo distinto devido às diferentes características que ele possui em relação aos Latossolos. Não é isto, entretanto, que se observa. Ao adotarem-se manejos semelhantes entre esses solos, provoca-se a degradação dos solos arenosos,

principalmente a erosão e, conseqüentemente, o assoreamento dos rios.

A matéria orgânica tem importante papel em diversas propriedades do solo (físicas, químicas e biológicas) e por isso tem-se procurado identificar sistemas de manejo do solo que favoreçam seu aumento e/ou mantenham suas concentrações. Mudanças no ambiente do solo, decorrentes de práticas de manejo inadequado, podem levar a um declínio no estoque de matéria orgânica, colaborando para o aumento de CO₂ na atmosfera (Lal, 1997). Diante disto, busca-se estudar os compartimentos da matéria orgânica do solo, a fim de criar estratégias de manejo do solo que reduzam o impacto da agricultura sobre o ambiente. A maioria dos estudos com o carbono orgânico total (COT) tem mostrado a pouca sensibilidade desse atributo em diferir sistemas de manejos do solo (Leite *et al.*, 2003). Como alternativa, têm-se utilizado a biomassa microbiana do solo que representa a parte viva da matéria orgânica e o carbono da fração leve que representa o compartimento lento, indicadores sensíveis aos efeitos do manejo do solo (Monteiro e Gama-Rodrigues, 2004).

O carbono da fração leve (CFL) é facilmente decomponível e por isso está ligado ao suprimento de resíduos orgânicos ao sistema solo (Christensen, 2000). É composta por materiais orgânicos advindos de restos vegetais, com quantidades variáveis de resíduos microbianos e da microfauna (Molloy e Speir, 1977). A sua quantidade e composição no solo apresentam grande variabilidade espacial e sazonal, em relação às demais frações (Spycher *et al.*, 1983). A relação CFL/COT é de grande importância na avaliação de áreas que estão sofrendo perdas de carbono do solo. Segundo Roscoe e Machado (2002), o CFL perfaz entre 2 e 35% do COT. Em solos com elevado nível de degradação a tendência é de o CFL ficar próximo a 2%, enquanto nos solos bem preservados e com elevado aporte de resíduos orgânicos esse valor pode chegar a 35%. Com isso, pode-se inferir qual o sistema de manejo que mais conserva as características originais do solo, quando se compara a uma área sem ação antrópica.

A biomassa microbiana constitui a fração ativa da matéria orgânica, na qual os organismos do solo são responsáveis não só por diversos processos biológicos e bioquímicos, mas também essenciais para garantir a sustentação do sistema (Moreira e Siqueira, 2003). Como possuem relação direta com as condições de solo, qualquer alteração no ecossistema afetará a densidade, diversidade e a atividade das populações microbianas do solo (Pankhurst *et al.*, 1995). O carbono na biomassa microbiana é o destino inicial do carbono que será

transformado no solo e funciona como energia armazenada para processos microbianos e, por responder rapidamente às alterações no solo, pode ser usado como identificador de alterações na matéria orgânica do solo em curto prazo (Rice *et al.*, 1996). A relação entre o carbono da biomassa e o carbono orgânico total demonstra processos importantes relacionados com aportes e transformações da matéria orgânica, assim como a eficiência de conversão do carbono desta em carbono microbiano (Sparling, 1992). A atividade da biomassa pode ser avaliada pela liberação de C-CO₂ do solo, em que a quantidade de carbono liberado é um indicativo do carbono lábil ou prontamente metabolizável do solo (Doran e Parkin, 1994).

Diante disso, fica evidente a importância e a necessidade de estudos a respeito do fracionamento do carbono nos solos para fornecer subsídios para o melhor manejo agrícola, a fim de reduzir o impacto da agricultura no ambiente e, principalmente, em solos de baixa aptidão agrícola, como é o caso do Neossolo quartzarênico.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes usos do solo nos compartimentos do carbono total em um Neossolo Quartzarênico sob cerrado.

Material e métodos

Localização e características da área estudada

O estudo foi realizado em área sob intervenção do projeto Agricultura e Conservação conduzido pelo Instituto de Conservação Ambiental - The Nature Conservancy do Brasil, localizado no município de Mineiros, Estado de Goiás, na cabeceira do rio Araguaia (18° 53' S 53° 06' W e altitude de 800 m), em um Neossolo Quartzarênico. A área está localizada no Entorno do Parque Nacional das Emas. O clima foi caracterizado como de Clima Tropical Chuvoso (Aw), segundo a classificação de Köppen, cuja temperatura média é de 31°C. A precipitação anual varia de 1400 a 1600 mm, concentrando-se nos meses de novembro a maio, podendo ocorrer veranicos que perduram em torno de 10 a 15 dias.

Coletas, delineamento e determinações

As amostras foram coletadas em áreas sob seis sistemas de uso do solo (Tabela 1) na camada de 0-10 cm no mês de março do ano de 2003. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições constituídas por 10 subamostras cada repetição. Cada repetição foi geo-referenciada com auxílio de GPS, para posteriores estudos. As análises do carbono da biomassa e a respiração microbiana foram realizadas entre os meses de abril e junho de 2003 no Laboratório de Solos da Universidade

Federal de Goiás – Campus Avançado de Jataí, Estado de Goiás. O fracionamento do carbono foi realizado nos meses de agosto e setembro de 2004 no Laboratório de Estudos da Matéria Orgânica do Solo na Universidade Federal de Lavras, Estado de Minas Gerais

Tabela 1. Descrição das áreas estudadas de um Neossolo Quartzarênico de cerrado, no município de Mineiros, Estado de Goiás.

Área	Descrição
Integração Agricultura-Pecuária (IAP)	Em 2001 foi realizado a aplicação de 2 t de calcário dolomítico e 400 kg de fosfato de Gafsa e plantio de soja aplicando 451 kg de NPK ha ⁻¹ da fórmula 08-20-18 + 0,3 % de Zn. Após a colheita da soja, foi semeado milho conjuntamente com <i>Brachiaria decumbens</i> (plantio safrinha) sendo adubado com 60 kg de NPK ha ⁻¹ na fórmula 30-00-10. Após a colheita do milho permitiu o crescimento da braquiária para formação do pasto aplicando 20 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ , o que perdura até o momento da amostragem.
Pastagem (PA)	Pastagem com <i>Brachiaria decumbens</i> cujo último revolvimento aconteceu no ano de 1993 e, em 2002, aplicação de 1,5 t/ha de calcário superficialmente.
Soja (SO)	Até 2001 pastagem (10 anos), sendo a braquiária dessecada e realizada e aplicado 2 t de calcário dolomítico e 400 kg de fosfato de Gafsa incorporando-se através de gradagem e plantio de soja aplicando 451 kg de NPK ha ⁻¹ da fórmula 08-20-18 + 0,3 % de Zn, aplicado. Na entressafra plantio de <i>Brachiaria decumbens</i> realizando seu dessecamento para plantio da soja em sistema de plantio direto utilizando-se a mesma adubação.
Milho(MI)	Até 2001 pastagem (10 anos), sendo a braquiária dessecada e realizada a aplicação de 2 t de calcário dolomítico e 400 kg de fosfato de Gafsa incorporando-se através de gradagem superficial e plantio de milho conjuntamente com <i>Brachiaria decumbens</i> aplicando 451 kg de NPK ha ⁻¹ da fórmula 08-20-18 + 0,3 % de Zn, aplicado. Após a colheita do milho, a <i>Brachiaria decumbens</i> estabelece realizando-se seu dessecamento para plantio do milho na safra seguinte em sistema de plantio direto utilizando a mesma adubação descrita acima.
Cerrado Nativo (CE)	Área de cerrado nativo com mata fechada apresentando serapilheira espessa e sem intervenção antrópica, utilizando-se como referência.
Cerrado Antropizado (CA)	Área de cerrado nativo composto principalmente por arbustos e gramíneas nativas. O solo sofreu degradação pela exploração pecuária inadequada, apresentando erosões laminares e em sulcos. Está em processo de reabilitação natural desde 2001.

Análises químicas e físicas do solo

A determinação da análise granulométrica, proposta pela Embrapa (1997), foi realizada pelo método da pipeta, em amostras deformadas, assim como para determinação dos atributos químicos (pH, Al, Ca, Mg, K e P). Os resultados dos atributos químicos e físicos encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Atributos químicos e a granulométrica de um Neossolo Quartzarênico de cerrado, no município de Mineiros Estado de Goiás.

Área	pH H ₂ O	Al	Ca	Mg	K	P	Areia	Silte	Argila
		cmol _{cc} dm ⁻³			mg dm ⁻³				
CE	4,9	0,78	0,13	0,18	9,0	1,4	931	32	37
CA	4,7	0,60	0,20	0,15	4,4	1,7	936	36	28
IAP	5,7	0,09	1,01	0,59	10,9	16,6	925	32	43
PA	5,5	0,15	0,94	0,48	9,9	11,6	939	33	28
SO	5,8	0,17	0,69	0,53	9,6	11,1	901	48	51
MI	5,3	0,28	0,87	0,47	8,7	11,2	915	37	48

CE: cerrado nativo; CA: cerrado antropizado; IAP: integração agricultura-pecuária; PA:

pastagem; SO: soja; MI: milho.

Extração das frações do carbono do solo

As frações leves e pesadas da matéria orgânica foram obtidas por meio da metodologia proposta por Roscoe e Machado (2002). As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm para posterior execução do fracionamento.

Para extração da fração leve pesaram-se 5 g de terra fina seca ao ar num frasco de centrifuga, com três repetições por amostra. Adicionaram-se 35 ml de solução de NaI a cada frasco e estes foram agitados levemente por 30 segundos, visando dispersar os agregados instáveis e permitir que a fração leve-livre (FLL) atingisse a superfície da suspensão. A seguir, as amostras foram centrifugadas por 15 minutos a 9000 rpm, a fim de promover a sedimentação das partículas minerais do solo. A fração orgânica sobrenadante presente na solução (FLL) foi aspirada juntamente com solução de NaI e separada imediatamente por filtração a vácuo (Sistema Asséptico Sterifil, 47 mm – Millipore), contendo filtro de fibra de vidro 47 mm de diâmetro; 2 microns – Whatman tipo GF/A, previamente pesados. Após perfeita lavagem do material com água destilada o filtro contendo a FLL, foi transferido para uma estufa para secagem a 60°C. Em seguida, foi pesado com precisão de quatro casas decimais e finamente macerada em almofariz para posterior determinação do teor de carbono.

Para a extração da fração pesada juntou-se o solo que ficou no tubo da centrifuga (3 repetições), que foi bem lavado (água destilada) com filtração a vácuo. O solo foi transferido para um recipiente o seco em estufa de circulação forçada.

Determinações das frações do carbono do solo

Carbono orgânico total: determinado por meio de oxidação a quente com dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal (Embrapa, 1997).

Carbono orgânico da fração pesada: determinado através de digestão a frio com dicromato de sódio + ácido sulfúrico e determinação por colorimetria (Raij e Quaggio, 1983);

Carbono orgânico da fração leve: determinado pela utilização do aparelho Perkin-Elmer CHNS/O Analyser Series II 2400.

Determinação da atividade e do carbono da biomassa microbiana

O carbono da biomassa microbiana foi realizado pelo método da fumigação-extração, após incubação no escuro por 24h, extração com K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹, oxidação com K₂Cr₂O₇ 0,0667 mol L⁻¹ e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,0333 mol L⁻¹ (Vance *et al.*, 1987).

A respiração microbiana foi estimada pelo CO₂ evoluído a partir de 20 g de solo durante 72h, com extração através de NaOH 0,05 mol L⁻¹ e titulação com HCl 0,05 mol L⁻¹ (Alef e Nannipieri, 1995).

O quociente metabólico (qCO_2) foi determinado pela relação (Respiração Microbiana/Biomassa Microbiana), segundo metodologia proposta por Anderson e Domsh (1993).

Análises estatísticas

A análise estatística constou da análise da variância dos dados originais e, quando significativo, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o pacote estatístico Sanest (Zonta e Machado, 1980) para comparação entre as médias.

Resultados e discussão

Os resultados referentes ao carbono orgânico total, carbono da fração leve, carbono da fração pesada e a relação carbono da fração leve/carbono orgânico total de um Neossolo Quartzarênico encontram-se na Tabela 3.

O COT não foi influenciado por nenhum sistema de uso do solo, não sendo observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Devido a não-observação de diferenças entre os tratamentos, fica evidente que este atributo não é muito sensível ao manejo no curto prazo, em que áreas com mais de 10 anos de interferência antrópica não diferiram da área de cerrado. Segundo Zancanaro (2004), aumentar o teor de COT é extremamente necessário em solos arenosos, pois o carbono contribui para maior retenção de umidade, para maior agregação do solo, para maior atividade microbiana e, conseqüentemente, para maior sustentabilidade do solo.

Tabela 3. Carbono Orgânico Total (COT), Carbono da Fração Leve (CFL), Carbono da Fração Pesada (CFP), Relação CFL/COT x 100 de um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes usos do solo.

Áreas	COT	CFL	CFP	CFL/COT
		g kg ⁻¹		%
CE	10,4 a	1,9 a	8,6 a	18 a
CA	8,0 a	0,7 b	7,3 a	9 b
IAP	10,0 a	0,9 b	8,8 a	9 b
PA	11,6 a	0,7 b	10,9 a	6 b
SO	8,9 a	0,6 b	8,6 a	7 b
MI	9,3 a	0,7 b	8,3 a	7 b

CE: cerrado nativo; CA: cerrado antropizado; ILP: integração agricultura-pecuária; PA: pastagem; SO: soja; MI: milho. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Quanto menor o teor de COT, menor será a qualidade do solo, maior o risco de erosão e perda de nutrientes. Daí a importância de se criar um sistema que consiga elevar o teor de carbono desses solos, ou empregar um sistema de uso que não diminua os teores de carbono do solo.

Em relação ao CFL, há mostras de diferenças significativas entre a área de cerrado e as demais. A

área sob cerrado mostrou-se com a maior quantidade de CFL e foi quase três vezes maior que a área com menor quantidade de CFL, representada pela área de soja. A maior quantidade de CFL na área sob cerrado era esperada, pois nessa área o aporte de resíduos orgânico é elevado, via necromassa e rizodeposição, sendo a decomposição de menor intensidade do que em áreas onde há alterações antrópicas. As demais áreas não mostraram diferenças significativas entre si. Segundo Christensen (2000), devido ao fato de a fração leve da matéria orgânica ser facilmente decomponível, está diretamente ligada ao suprimento de resíduos orgânicos do sistema e, por esse motivo, a sua quantidade no solo apresenta maior variabilidade espacial e sazonal que as demais frações. Estudos referentes (Freixo *et al.*, 2002; Roscoe e Buurman, 2003) ao fracionamento da matéria orgânica do solo estão iniciando e, por este motivo encontram-se dificuldades de determinar níveis adequados de CFL nestes solos.

O CFP não diferiu entre os tratamentos estudados, apresentando com 91,03%, 91,23%, 94,08%, 92,50% e 93,03% do carbono total nas áreas de integração agricultura-pecuária, cerrado antropizado, pastagem, milho e soja, respectivamente. Essa contribuição foi menor (82,10%) na área sob cerrado nativo. Constatações próximas a essas foram relatadas em outros estudos (Tiessem e Stewart, 1983; Freixo *et al.*, 2002). Com este resultado comprova-se a maior estabilidade do CFP, preservado nos agroecossistemas (Hassink e Whitnose, 1997) e menor em ecossistema não alterados. Excetuando-se a área sob cerrado, nas demais áreas o CFP foi superior a 90%, corroborando dados de diversos estudos (Christensen, 1992, 1996, 2000; Roscoe *et al.*, 2001). Com esses resultados pode-se inferir que o CFP não deve ser utilizado como um atributo de qualidade do solo no curto prazo, pois ele é pouco sensível ao manejo.

A relação CFL/COT apresentou a mesma tendência do CFL. A área sob cerrado apresentou 18% de carbono na fração leve, enquanto a pastagem com o menor valor, 6%. Segundo Roscoe e Machado (2002), o CFL perfaz entre 2 e 35% do COT. Em solos com elevado nível de degradação a tendência é de o CFL ficar próximo a 2%, enquanto nos solos bem preservados e com elevado aporte de resíduos orgânicos este valor pode chegar a 35%. Dificilmente se conseguirá atingir, em solos de cerrado, valores próximos a 35% de CFL devido ao clima e a própria vegetação da região. Esses valores tendem a ser intermediários como ocorreu na área sob cerrado no presente estudo. Esses resultados demonstram a alta sensibilidade do CFL em indicar a degradação do solo, podendo ser utilizado como um ótimo indicador, em curto prazo, do declínio de matéria orgânica do solo. Esta afirmação pode ser feita, porque, de acordo

com o COT, o solo não estava sofrendo nenhuma perda de carbono quando se compararam os sistemas, mas quando se utilizou uma fração do carbono que é uma das primeiras a ser afetada, juntamente com o carbono da biomassa microbiana, verificou-se que o solo estava tendo uma perda de carbono e que o COT poderá no futuro mostrar também diferenças.

A área de cerrado apresentou os maiores valores de carbono da biomassa microbiana, não diferindo somente da área sob soja (Tabela 4). A ausência de revolvimento e a diversidade florística são fatores que influenciam na alta biomassa microbiana no cerrado nativo (Matsuoka *et al.*, 2003). Na área com soja, verificou-se elevada concentração de carbono da biomassa microbiana. Isso se deve, provavelmente, à entrada de nitrogênio fixado pelas bactérias na cultura da soja. A única diferença entre as áreas de soja e milho são as culturas, pois anteriormente a elas há 13 anos existia pastagem que foi dessecada para o plantio dessas culturas, atuando principalmente na ciclagem de nutrientes. Essa alta concentração de carbono da biomassa microbiana é um fator importante, pois se tem a decomposição da matéria orgânica, com liberação de nutrientes para as plantas. A área sob pastagem mostrou o maior valor absoluto de COT. A biomassa microbiana, no entanto, foi uma das menores, evidenciando que essa área pode estar em processo de perda da qualidade do solo, porque a biomassa microbiana é o primeiro atributo biológico afetado em sistemas que sofreram ação antrópica (Carter, 1986). Nesse sentido, observou-se uma redução de 46% no carbono da biomassa microbiana em relação ao cerrado. O cerrado antropizado apresentou o menor valor de biomassa microbiana, mostrando que a ação antrópica, determinada pelo pastejo do gado na área, influenciou negativamente a concentração de carbono da biomassa microbiana e que, mesmo estando em processo de regeneração natural, isso levará anos, pois o aporte de carbono ao solo é feito somente através da queda de folhas e pela rizodeposição. Como a entrada é pequena, a regeneração será lenta. O carbono da biomassa microbiana geralmente compreende 2 a 4% do COT (Gama-Rodrigues, 1999). Valores menores que esses indicam perdas de carbono do sistema, pois, provavelmente o sistema estará carente de substrato para alimentação da biomassa microbiana. Com isso esta não terá aumento. No presente estudo, a porcentagem de carbono na biomassa microbiana indicou perdas de carbono do sistema. Essas perdas podem ser observadas na Tabela 4, em que as áreas sob cerrado, soja e milho obtiveram níveis adequados de carbono na Biomassa Microbiana, com valores de 3,7; 3,4 e 2,2%, respectivamente. Nas áreas de cerrado antropizado, integração lavoura-pecuária e pastagem ocorreram perdas de carbono da biomassa de 62,2; 51,4 e 54,1%, respectivamente, em relação à

área de cerrado.

Tabela 4. Carbono na biomassa microbiana (BM), relação BM/COTx100, respiração microbiana (C-CO₂) e quociente metabólico (qCO₂) de um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso e manejo do solo.

Áreas	BM µg C g ⁻¹ solo	BM/COT %	C-CO ₂ mg C-CO ₂ g ⁻¹ h ⁻¹	qCO ₂
CE	386 a	3,7	5,9 a	0,0153 ab
CA	109 c	1,4	2,9 ab	0,0266 b
IAP	180 bc	1,8	3,2 ab	0,0178 ab
PA	199 bc	1,7	3,9 ab	0,0198 b
SO	305 ab	3,4	2,3 b	0,0076 a
MI	205 bc	2,2	1,1 b	0,0052 a

CE: cerrado nativo; CA: cerrado antropizado; IAP: integração agricultura-pecuária; PA: pastagem; SO: soja; MI: milho. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação à respiração microbiana, a área sob cerrado nativo apresentou alta taxa de respiração, o que pode ser explicado devido ao grande aporte de serapilheira, favorecendo a grande quantidade de microrganismos, comprovada pelo maior carbono na biomassa microbiana nessas áreas. Cattelan e Vidor (1990) também encontraram resultados próximos aos obtidos no presente estudo. O cerrado nativo diferiu somente das áreas sob soja e milho. As áreas com soja e milho apresentaram baixa taxa respiratória, o que é benéfico, pois de acordo com D'Andréa (2001), elevados valores de respiração nem sempre indicam condições desejáveis, uma vez que significam rápida liberação de nutrientes para as plantas e, a longo prazo, perda de COT do solo. Nesse sentido, somente a respiração pouco auxilia na explicação do comportamento das áreas em estudo.

Encontraram-se diferenças em relação ao qCO₂ entre as áreas estudadas (Tabela 4), o sob soja e milho em que se apresentaram os menores valores. Isso mostra que essas áreas estão próximas ao equilíbrio, pois a população microbiana está gastando menos carbono para se manter e, com isso, pode estar ocorrendo um acúmulo de carbono no solo por meio da biomassa microbiana. O quociente metabólico é considerado importante na avaliação dos efeitos das condições ambientais sobre a população microbiana do solo (Anderson e Domsh, 1993). Observam-se maiores valores em condições ambientais estressantes, em que a Biomassa Microbiana gasta mais carbono para sua manutenção. Segundo Gama-Rodrigues (1999), à medida que a Biomassa Microbiana se torna mais eficiente, menos carbono é perdido como CO₂, pela respiração e uma fração significativa de carbono é incorporado ao tecido microbiano. Assim, solos com baixo qCO₂ estão próximos ao estado de equilíbrio.

Conclusão

O carbono da fração leve, o carbono da biomassa microbiana e o quociente metabólico foram os atributos que melhor indicaram o declínio de carbono

do sistema e por isso podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo;

A biomassa microbiana foi afetada negativamente, em relação ao cerrado, nas áreas sob cerrado antropizado, integração agricultura-pecuária e pastagem demonstrando assim perdas de carbono;

O carbono da fração pesada foi sempre superior a 80%, mostrando a estabilidade dessa fração no solo;

A área sob cerrado nativo apresentou os maiores teores de carbono da fração leve, consequentemente, maior atividade microbiana.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro para a condução deste projeto, à Secretaria de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia do Município de Jataí, Estado de Goiás, pela concessão de bolsa de iniciação científica e aos produtores Milton Fries e Eduardo Peixoto pelo apoio logístico e liberação das áreas em estudo.

Referências

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press, 1995.
- ANDERSON, J.P.E.; DOMSH, K.H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.
- CARTER, M.R. Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, v. 7, p. 29-40, 1986.
- CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 14, n. 2, p. 133-142, 1990.
- CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Adv. Soil Sci.*, New York, v. 20, p. 1-90, 1992.
- CHRISTENSEN, B.T. Matching measurable soil organic matter fractions with conceptual pools in simulation models of carbon turnover: revision of model structure. In: POWLSON, D.S.; SMITH, J.V. *Evaluation of soil organic matter models*. Berlin: Springer-Verlag, 1996, p. 143-159 (NATO ASI Series, v. 1, n. 38)
- CHRISTENSEN, B.T. Organic matter in soil: structure, function and turnover. Tijele: DIAS, 2000. (DIAS Report. Plant Production, 30).
- CORREIA, J.B. et al. Solo e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. Brasília: Embrapa, 2004, p. 29-61.
- D'ANDRÉA, A.F. *Atributos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no sul de Goiás*. 2001. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- D'ANDRÉA, A.F. et al. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 913-924, 2002.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. (Ed.). *Defining soil quality for sustainable environment*. *Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, v. 35, p. 3-21, 1994. (Special Publication).
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.
- FREIXO, A.A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 26, p. 425-434, 2002.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 227-244.
- HASSINK, J.; WHITMORE, A.P. A model of the physical protection of organic matter in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 61, p. 131-139, 1997.
- LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂ enrichment. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, v. 43, p. 81-107, 1997.
- LEITE, L.F.C. et al. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, p. 821-832, 2003.
- MATSUOKA, M. et al. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, p. 425-433, 2003.
- MOLLOY, L.F.; SPEIR, T.W. Studies on a climosequence of soil in tussock grasslands. 12. Constituents of the soil light fraction. *New Zealand J. Soil Sci.*, Wellington, v. 20, p. 167-177, 1977.
- MONTEIRO, M.T.; GAMA-RODRIGUES, E.F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 28, p. 819-826, 2004.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2003. 626 p.
- PANKHURT, C.E. et al. Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health. *Aust. J. Exp. Agric.*, Collingwood, v. 35, p. 1015-1028, 1995.
- RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J.A. *Métodos de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983.
- RICE, C.W. et al. Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). *Methods for assessing soil quality*. *Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, v. 49, p. 203-215, 1996. (SSSA Special Publication.)
- ROSA, M.E.C. et al. Formas de carbono em latossolo vermelho eutroférico sob plantio direto no sistema

- biogeográfico do cerrado. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, p. 911-923, 2003.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. *Soil Till. Tes.*, Amsterdam, v. 70, p. 107-119, 2003.
- ROSCOE, R. *et al.* Soil organic matter dynamics in density and particle-size fractions as revealed by the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. *Geoderma*, Amsterdam, v. 104, p. 185-202, 2001.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P.L.O. de A. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Dourados: Embrapa agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.
- SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Aust. J. Soil Res.*, Collingwood, v. 30, p. 195-207, 1992.
- SPYCHER, G. *et al.* Carbon and nitrogen in the light fraction of a forest soil: vertical distribution and seasonal patterns. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 51, p. 1390-1393, 1983.
- TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B. Particle-size fractions and their use in studies of soil organic matter. II Cultivation effects on organic matter composition in size fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 47, p. 509-514, 1983.
- VANCE, E.D. *et al.* An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 9, n. 6, p. 703-707, 1987.
- ZANCANARO, L. Manejo de solos arenosos. In BOLETIM TECNICO DA SOJA. Rondonópolis: Fundação MT, 2004.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. SANEST-Sistema de Análise Estatística. São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1980. (Software).

Received on April 19, 2005.

Accepted on August 16, 2006.