

COMPORTAMENTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO COMO FONTE OU DEPÓSITO DE CARBONO EM RELAÇÃO À VEGETAÇÃO DE CERRADO⁽¹⁾

E. J. CORAZZA⁽²⁾, J. E. SILVA⁽³⁾, D. V. S. RESCK⁽³⁾ & A. C. GOMES⁽³⁾

RESUMO

Estudaram-se a distribuição, a acumulação de carbono orgânico (C) e o papel do solo como fonte ou depósito de C-CO₂ em perfis de Latossolo Vermelho-Escuro (LE) argiloso e muito argiloso. As avaliações foram realizadas nos campos experimentais da Embrapa Cerrados, Planaltina, Distrito Federal, em seis sistemas de manejo: vegetação típica de cerrado (CE), reflorestamento de eucalipto (EU), pastagem cultivada (PA), preparo com grade pesada (GP), preparo com arado de discos (AD), plantio direto (PD), estabelecidos por mais de doze anos, na região dos Cerrados. O C foi analisado em amostras de solo coletadas no perfil até à profundidade de 100 cm. O balanço de C dos outros sistemas em relação ao CE foi utilizado para analisar o comportamento do solo como fonte ou depósito de C-CO₂. As alterações mais importantes na dinâmica do C, no que se refere a adições, perdas e distribuição, ocorreram nas camadas superficiais. Em relação ao sistema natural (CE), verificou-se que a acumulação de C foi maior nos sistemas com menor intensidade de perturbação do solo (PD, PA e EU) e menor nos sistemas mais perturbados (AD e GP). Os solos sob PD, PA e EU funcionaram como depósito e os solos sob GP e AD como fonte de CO₂.

Termos de indexação: carbono orgânico, estoque de carbono, fonte ou depósito

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Universidade de Brasília, Brasília (DF), para obtenção de título em Agronomia. Trabalho apresentado na XII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Fortaleza (CE). Recebido para publicação em abril e aprovado em dezembro de 1998.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, Doutorando no Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. R. Alexandre Herculano, 137 Apto 32, Vila Monteiro, CEP 13416-670 Piracicaba (SP). E-mail: ecorazza.usp.br. Bolsista do CNPq.

⁽³⁾ Pesquisadores da Embrapa Cerrados. Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina (DF).

de C-CO₂, Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

SUMMARY: BEHAVIOR OF DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS AS A SOURCE OR SINK OF C-CO₂ IN RELATION TO CERRADO TYPE VEGETATION

Carbon storage and its distribution in the profile of clayey Oxisols were studied to evaluate the role of the soil as a sink or source of atmospheric CO₂ in the center of the cerrado region, Federal District, Brazil. Evaluations were carried out in six different management systems: a native cerrado type vegetation (CE), eucalypt reforestation (EU), introduced pasture (PA), heavy disk harrow tillage (GP), disk plow tillage (AD), no-tillage (PD), all of them having been established for more than twelve years. Organic carbon was analyzed in soil samples taken at a 100 cm depth. Carbon storage in all other five agroecosystems was compared to CE in order to analyze soil behavior as a source or sink of C-CO₂. The main important dynamic features related to C, such as additions and losses, were observed in the upper soil layers. Compared with CE, the agroecosystems without soil disturbance like PD, PA and EU showed higher carbon accumulation, thus working as a soil sink for atmospheric C-CO₂. Those with soil disturbance (AD and GP) showed lower carbon accumulation, thus working as a source of C to the atmosphere.

Index terms: organic carbon, carbon storage, sink or source of CO₂, clayey Dark-Red Latosol, savannas.

INTRODUÇÃO

O estoque global de carbono (C) distribui-se em quatro principais reservatórios: os oceanos, a atmosfera, os ecossistemas terrestres e as formações geológicas que contêm C fóssil e mineral, os quais estão em equilíbrio, podendo a alteração em um deles determinar mudanças nos outros (Lal et al., 1995a). O balanço total de C mostra que de 7,0 Pg ano⁻¹ (Pg = 10¹⁵ g) produzidos, 3,2 são encontrados na atmosfera e 2,0 são absorvidos pelos oceanos, restando 1,8 Pg ano⁻¹ como reservatório não identificado, sendo denominado C não balanceado (Lal et al., 1995a). Gifford (1994) estimou que o C não balanceado varia de 0,4 a 4,4 Pg ano⁻¹, bastante diferente das estimativas de Lal et al. (1995a).

Atualmente, em decorrência dos problemas de emissão de gases (CO₂, N₂O, CH₄ e CFC) e do conseqüente efeito estufa, tem sido muito grande o interesse no estudo do comportamento dos solos quanto à sua capacidade de armazenar ou perder C, nas diversas condições de manejo existentes. A substituição de ecossistemas naturais por agroecossistemas com culturas introduzidas causa a redução no conteúdo e alteração na qualidade de C do solo (Duxbury et al., 1989; Feigl et al., 1995; Houghton, 1995). Entretanto, dependendo do manejo aplicado, pode ocorrer equilíbrio com recuperação e até mesmo acumulação, o que seria ecologicamente vantajoso, do ponto de vista da diminuição do CO₂ da atmosfera, reduzindo-se o efeito estufa e os impactos da atividade agrícola no ambiente (Siqueira, 1993; Lal et al., 1995b).

O carbono acumulado em ecossistemas terrestres tem sido analisado como uma das possibilidades para contabilizar a fração do C ainda não identificada no balanço do elemento na atmosfera (Gifford, 1994). Fisher et al. (1994) observaram que, em solos de pastagens, introduzidas nas savanas colombianas, ocorreu acúmulo de C no solo comparativamente à vegetação nativa, caracterizando o solo como local de depósito do C-CO₂ da atmosfera. Por outro lado, Silva et al. (1997) verificaram que, em algumas situações em que as pastagens eram manejadas inadequadamente, o solo sob essas gramíneas substituídas apresentou menor estoque de C em relação à vegetação nativa.

De acordo com Houghton (1995), o desmatamento e os cultivos de áreas de pastagens naturais estão entre as principais causas de emissão de gases que contribuem para o efeito estufa. Segundo Lal et al. (1995b), a magnitude da emissão e o tipo de gases que causam o efeito estufa, a partir dos processos de degradação do solo, dependem do uso da terra, sistemas de cultivo e manejo do solo. O manejo do solo afeta a dinâmica do C e a emissão de gases por meio da sua influência nos processos e propriedades do solo, dentre estes destacam-se os regimes térmicos, hídricos e de agregação.

Trabalhos recentes têm indicado que os solos de regiões tropicais podem desempenhar papel importante como depósito de C-CO₂ da atmosfera, reduzindo o efeito estufa (Lal et al., 1995a). Entretanto, na região dos Cerrados, além das queimadas, que liberam grande quantidade de CO₂ para atmosfera, há uma apreciável atividade de uso

do solo (culturas anuais, pastagens e reflorestamento), que também é responsável pela perda de C do solo. A comparação entre os estoques de C em diversos agroecossistemas, em relação aos do sistema natural existente, tem sido utilizada para avaliar o papel do solo como fonte ou depósito de C-CO₂.

O conhecimento dos estoques de C e de sua dinâmica no solo em sistemas naturais e agroecossistemas na região dos Cerrados é importante no desenvolvimento de tecnologias para estabelecer sistemas sustentáveis, bem como para analisar o papel do solo como fonte ou depósito do C-CO₂ da atmosfera.

Considerando a extensão e diversidade da região dos Cerrados e diferentes tipos de sistemas de manejo, objetivou-se, neste trabalho, estimar as quantidades de C armazenadas no solo em áreas de Latossolo Vermelho-Escuro (LE), comparativamente ao ecossistema natural.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos campos experimentais da Embrapa Cerrados, localizados no Distrito Federal, trabalhando-se em áreas de Latossolo Vermelho-Escuro (LE) (Quadro 1).

As amostras de solo foram coletadas em seis sistemas de manejo: (a) uma área com vegetação típica de cerrado (CE); (b) uma área reflorestada com eucalipto em 1982, não sofrendo nenhuma intervenção após o preparo do solo (aração e gradagem), adubação na cova e plantio das mudas

(EU); (c) uma área com pastagem de *Brachiaria decumbens* implantada em 1976, após o solo ter sido preparado com uma aração e duas gradagens. Em 1982, esta área foi cultivada com soja, após ter sido realizado o mesmo preparo de 1976, voltando à pastagem em 1983 (PA); (d) uma área de cultivo com soja no período chuvoso e trigo irrigado na época da seca foi instalada em 1982, após correção da acidez e fertilidade do solo. Até 1992, o preparo do solo foi realizado com grade pesada. A partir daí, a área ficou em pousio por dois anos, sendo colonizada por *Brachiaria decumbens* (GP); (e) e (f) as áreas para o plantio direto e arado de discos foram previamente submetidas à calagem, à fosfatagem e ao preparo do solo com arado de discos no ano de 1979/1980. Após a implantação, a área chamada de plantio direto (PD) não sofreu nenhum preparo de solo até a época da coleta das amostras. A área denominada arado de disco (AD) foi sempre preparada com este implemento antes do plantio das culturas e após a colheita, quando se procedia à incorporação dos restos culturais. O histórico da rotação de culturas dos campos experimentais de AD e PD está descrito em Resck et al. (1995).

As amostragens de solo foram realizadas em outubro de 1995, nas camadas de 0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-30; 30-40; 40-60; 60-80 e 80-100 cm, utilizando-se trado holandês. Em cada sistema de manejo, as amostras, com cinco repetições, foram coletadas na diagonal das parcelas que eram de formato retangular, medindo 100 x 50 m, para os tratamentos PA, EU; 50 x 25 m, para os tratamentos CE, AD, PD; e 34 x 6 m, para o tratamento GP, equidistantes uma da outra. Cada amostra foi composta por dez subamostras, por repetição e por

Quadro 1. Caracterização de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes áreas experimentais amostradas

Característica	Sistema de manejo ⁽⁴⁾					
	CE	EU	PA	GP	AD	PD
Cultivo	perene	perene	perene	anual	anual	anual
Preparo do solo	sem	sem	sem	com	com	sem
Adubação anual	sem	sem	sem	com	com	com
Cor seca ⁽¹⁾	3,5 yr 4/7	3,5 yr 4/8	2,5 yr 4/8	2,5 yr 4/8	2,4 yr 4/8	2,5yr 4/6
Cor úmida ⁽¹⁾	3,5 yr 4/6	3,5 yr 4/5	2,5 yr 4/5	2,5 yr 3/6	2,5 yr 3/6	2,5 yr 3/6
Argila (g kg ⁻¹) ⁽²⁾	490	720	590	530	410	410
Ds ⁽³⁾ (g cm ⁻³) ⁽²⁾	0,81	0,90	0,94	0,96	0,88	0,99
pH (H ₂ O) ⁽²⁾	5,0	5,0	5,5	5,93	5,85	5,60
S (cmol _c kg ⁻¹) ⁽²⁾	0,25	0,27	2,01	4,78	4,53	4,54
CTC (cmol _c kg ⁻¹) ⁽²⁾	9,83	8,62	9,99	10,35	10,48	12,53

⁽¹⁾ Determinada no horizonte B (camada de solo 60-80 cm). ⁽²⁾ Média das camadas de solo 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm. ⁽³⁾ Densidade do solo. ⁽⁴⁾ CE = vegetação típica de cerrado; EU = reflorestamento de eucalipto; PA = pastagem cultivada; GP = grade pesada; AD = arado de discos; PD = plantio direto.

profundidade, coletadas em torno do ponto central de amostragem. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm para separação de raízes grossas e procedimentos de análises posteriores de terra fina. Realizou-se a determinação da textura e da densidade do solo (Ds) de acordo com os procedimentos descritos por EMBRAPA (1979). A Ds foi determinada em amostras coletadas com um cilindro de 100 cm³, avaliando-se o peso da amostra após a secagem a 105°C. O carbono orgânico foi analisado pelo método modificado de Mebius, segundo Nelson & Sommers (1982). O C acumulado em cada camada foi determinado pela expressão: $Ca = C \times ds \times e$, em que $Ca = C$ acumulado em Mg ha⁻¹; $C =$ conteúdo de C em mg g⁻¹ de solo; $ds =$ densidade do solo em g cm⁻³; e $e =$ espessura da camada em cm.

Nas análises estatísticas dos conteúdos totais de C por camada ou por tratamento, utilizou-se o pacote estatístico SAS (1989), adotando-se a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5%. Para a análise da distribuição do C no perfil, utilizou-se o método de comparação de curvas de respostas dos modelos de regressão de polinômios ortogonais, usando-se a profundidade de amostragem como variável independente. A vantagem da análise por polinômios ortogonais é permitir, no mesmo modelo, uma análise independente da média e das tendências. O modelo de regressão pode ser assim representado: $y = p_0 \pm p_1 X_L \pm p_2 X_Q \pm p_3 X_C$, em que p_0 representa o efeito médio dos tratamentos no perfil e os coeficientes da regressão p_1 , p_2 e p_3 representam a taxa linear, quadrática e cúbica de aumento ou redução dos teores de C por unidade de profundidade (cm). X_L , X_Q e X_C referem-se ao coeficiente linear, quadrático e cúbico dos polinômios ortogonais para a interpolação, obtidos por meio de um programa escrito em linguagem fortran (Quadro 2) (Colwell, 1994). Compararam-se os tratamentos pelos coeficientes p_0 , p_1 , p_2 e p_3 da regressão pelo teste t a 5%, quando significativos pelo teste F na análise de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição e acumulação de C nos diferentes sistemas de manejo

Analisando a figura 1, observa-se que as maiores alterações nos teores de C nos perfis de C ocorreram na camada de 0-20 cm. A partir dessa profundidade, os teores de C apresentaram uma tendência semelhante para todos os sistemas, decrescendo progressivamente com a profundidade. Até 20 cm de profundidade, o conteúdo de C variou de 16 a 30 mg g⁻¹ de solo, enquanto a camada de 80-100 cm apresentou conteúdos de C de 8 a 12,5 mg g⁻¹ de solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Brossard et al. (1997) e Silva & Resck (1997) em LE da região dos Cerrados.

Quadro 2. Coeficientes para interpolação de polinômios ortogonais para os diferentes sistemas de manejo

Profundidade	Linear (X _L)	Quadrático (X _Q)	Cúbico (X _C)
cm			
2,5	- 31,944440	+ 894,2758	- 20950,48
7,5	- 26,944440	+ 494,4108	- 3798,376
12,5	- 21,944440	+ 144,5459	+ 7661,685
17,5	- 16,944440	- 155,3190	+ 14179,71
25,0	- 9,444443	- 511,3663	+ 16331,06
35,0	+ 0,555557	- 811,0962	+ 8902,406
50,0	+ 15,555560	- 885,6909	- 12118,34
70,0	+ 35,555560	- 285,1509	- 27084,47
90,0	+ 55,555560	+ 1115,39	+ 16876,81

O modelo completo, representado na figura 1, mostra que ele se ajustou bem para representação dos resultados, visto que o coeficiente de determinação foi significativo para o modelo (acima de 0,9) em todos os tratamentos. A média dos conteúdos de C nos perfis (Figura 1), representado pelo p_0 , mostra que os sistemas não perturbados (CE, EU, PA e PD) apresentaram as maiores médias enquanto os perturbados (AD e GP) as menores. O EU apresentou a maior média (1,900 mg g⁻¹), seguido do CE, PA, PD (1,831, 1,822 e 1,808 mg g⁻¹) e as menores ocorreram no AD (1,634 mg g⁻¹) e GP (1,502 mg g⁻¹), sendo os quatro grupos estatisticamente diferentes entre si ($p < 0,001$).

A tendência linear de redução do C em profundidade, expressa pelo coeficiente p_1 (Figura 2), mostra que as maiores reduções foram observadas nos sistemas EU, CE e PD (-0,0205, -0,0198 e -0,0197 mg g⁻¹ cm⁻¹), a intermediária no AD (-0,0166 mg g⁻¹ cm⁻¹) e as menores reduções nos sistemas PA e GP (-0,0145 e -0,0138 mg g⁻¹ cm⁻¹), sendo os três grupos estatisticamente diferentes entre si ($p < 0,001$). A redução dos valores de p_1 , em todos os sistemas, indica que a acumulação de C foi maior na camada superficial e decresceu com a profundidade. Nos sistemas não perturbados pelo preparo do solo, a liteira das culturas permanentes (EU e CE) e os resíduos culturais de culturas anuais (PD) são depositados no solo e, após a decomposição, promovem o aumento do teor de C na camada superficial, o que também é complementado pela decomposição de raízes, mais abundantes na superfície. No caso dos sistemas GP e AD, os resíduos culturais são incorporados ao solo, distribuindo-se até a profundidade de atuação do implemento (10 a 12 cm para GP e 20 cm para AD), podendo também ocorrer um processo de diluição. Ao mesmo tempo, a destruição de agregados pela ação do implemento, expondo a matéria orgânica protegida fisicamente do ataque microbiano, promove a perda de C

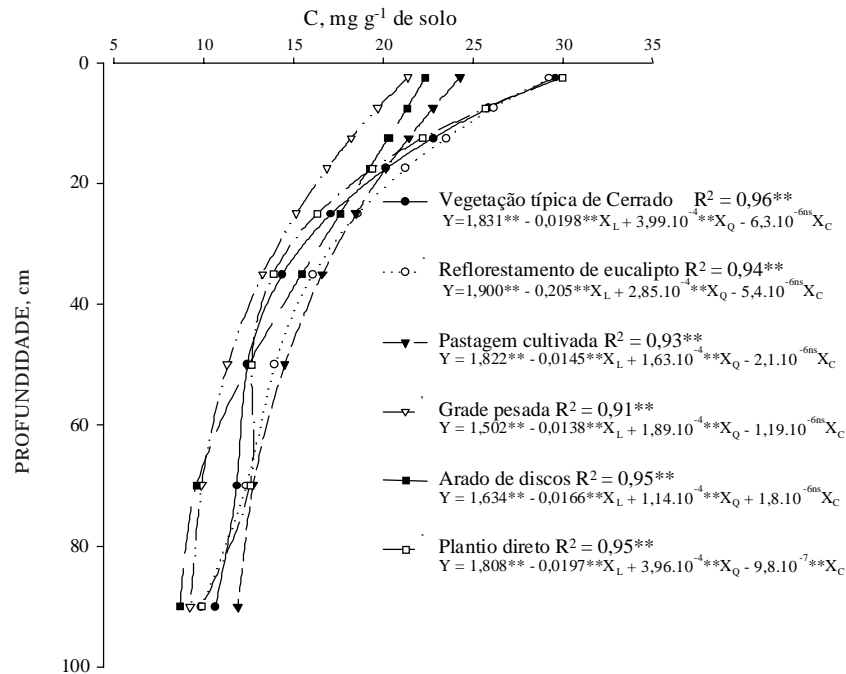


Figura 1. Distribuição dos conteúdos de C nos perfis dos diferentes sistemas de manejo conforme o modelo completo de regressão dos polinômios ortogonais. ** significativo a 1% e ^{ms} não-significativo.

(Cambardella & Elliott, 1993). Dessa forma, nos sistemas sem perturbação do solo, há maior diferencial no teor de C em profundidade, principalmente nas camadas mais superficiais, enquanto, nos sistemas com cultivos anuais, os teores de C são mais uniformes até a profundidade de atuação do implemento (Figura 1). Isto mostra que as alterações mais importantes na dinâmica do C, no que se refere a adições e perdas, ocorrem nas camadas superficiais para o período de tempo estudado.

No sistema com pastagem (PA), esperava-se que o conteúdo de C fosse mais elevado até 20 cm, igual ou superior ao dos sistemas não perturbados (Fisher et al., 1994). Isso pode ser atribuído ao pastejo intensivo e, conseqüentemente, ao adiantado processo de degradação, que promoveu pequena deposição de resíduos vegetais na superfície do solo. Nas camadas mais profundas, observa-se uma tendência de aumento do conteúdo de C, por causa do sistema radicular mais agressivo, quando comparado ao dos outros sistemas, embora a pastagem estivesse degradada.

Acumulação de C e análise do comportamento do solo como fonte ou depósito

No quadro 3, os estoques de C (Mg ha⁻¹) calculados para cada camada de solo, nos diferentes sistemas, e o acumulado até 100 cm de profundidade mostram que, nos sistemas não perturbados (PA, EU e PD), o C acumulado é superior ao do CE, enquanto,

nos sistemas perturbados (GP e AD) há menor quantidade de C. Observa-se que, em todos os sistemas, do total de C acumulado até a profundidade de 100 cm, aproximadamente um terço encontra-se na camada de 0-20 cm, distribuindo-se o restante entre as demais camadas. Por outro lado, a distribuição percentual de C por camada de solo é semelhante nos diferentes sistemas de manejo.

A análise dos estoques de C permite avaliar o comportamento do solo como fonte ou depósito de C-CO₂ atmosférico. Com esse objetivo, compararam-se os estoques totais de C existente no sistema CE, que representa a vegetação nativa, com os agroecossistemas PD, AD, GP, PA e EU. Conforme apresentado no quadro 3, verifica-se que a quantidade de C no sistema GP foi estatisticamente menor do que em CE, indicando perda de C. O sistema AD não diferiu do CE e os sistemas não perturbados (EU, PA e PD) apresentaram valores significativamente maiores, indicando acúmulo. Dessa forma, após o período de 12 anos, o balanço do C indica que os solos sob os manejos EU, PA e PD funcionaram como depósito de C-CO₂ da atmosfera e os solos preparados com GP e AD são fonte de C-CO₂ para a atmosfera.

A substituição da vegetação nativa pelas culturas anuais, com revolvimento do solo como nos casos de AD e GP, causou redução no estoque de C acumulado no perfil do solo, conforme já observado por Duxbury et al. (1989); Feigl et al. (1995); Houghton (1995).

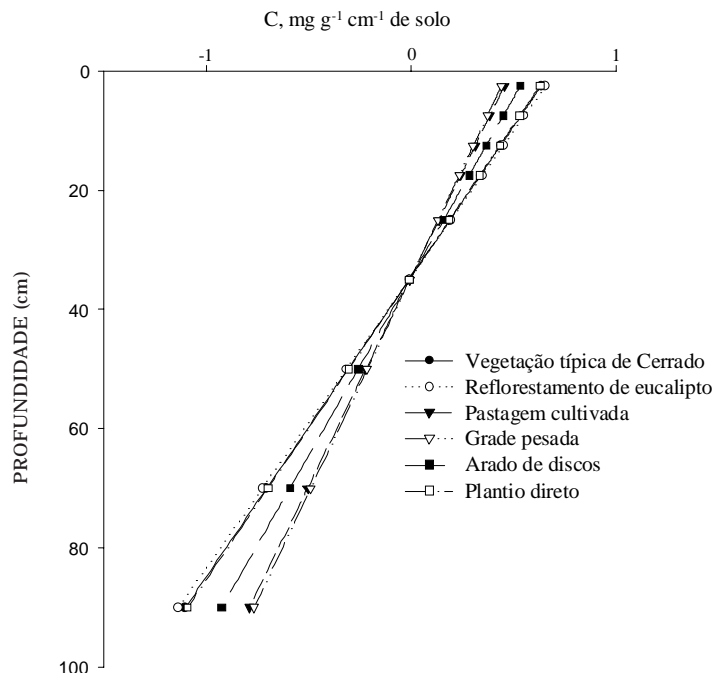


Figura 2. Tendência linear de redução do C em profundidade, expressa pelo coeficiente linear do modelo ($C = p_1 X_1$) para os diferentes sistemas de manejo.

Quadro 3. Conteúdos de C nas camadas de solo em diferentes sistemas de manejo

Camada de solo	Sistema de manejo ⁽³⁾					
	CE	EU	PA	GP	AD	PD
cm	Mg ha ⁻¹					
0-20	39,77 (30) ⁽¹⁾	44,87 (30)	42,18 (28)	36,51 (29)	37,34 (30)	47,35 (31)
20-40	30,09 (23)	33,50 (23)	32,59 (22)	28,76 (23)	29,25 (23)	33,79 (22)
40-100	63,72 (47)	69,81 (51)	75,44 (51)	60,00 (48)	62,23 (47)	73,83 (47)
Conteúdo total	133,59 b ⁽²⁾	148,18 a	150,22 a	125,28 c	128,81 bc	154,97 a

⁽¹⁾ Valores médios entre parênteses, nas colunas, representam o percentual de C por camada de solo no perfil. ⁽²⁾ Médias seguidas de letras diferentes, na linha do conteúdo total, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ⁽³⁾ CE = vegetação típica de cerrado; EU = reflorestamento de eucalipto; PA = pastagem cultivada; GP = grade pesada; AD = arado de discos; PD = plantio direto.

Por outro lado, conforme pode ser visto pelo resultado de acumulação de C em PD, EU e PA, a ocupação do solo por atividades agrícolas com intensidade reduzida de preparo ou mesmo sem preparo indica que podem ocorrer recuperação e até mesmo acumulação superior à da vegetação nativa, conforme já observado por Lal et al. (1995a).

Os resultados do balanço de C obtidos pelo cálculo das diferenças de estoque de C no perfil entre os outros sistemas e o CE mostraram que houve acumulação de 21,4, 16,6 e 14,6 Mg ha⁻¹, respectivamente, no PD, PA e EU e perda de 8,3 e

4,8 Mg ha⁻¹, respectivamente, no GP e AD. Dividindo estes resultados pelo tempo de implantação de cada sistema, tem-se a taxa de adição ou de perda anual média (Quadro 4). Os resultados obtidos demonstraram que os sistemas PD, EU e PA proporcionaram taxas de adição de C no solo, sendo o sistema PD 17 e 55% mais eficiente do que EU e PA, respectivamente. Por outro lado, os sistemas AD e GP apresentaram taxas de perda de C no solo, tendo o GP perdido 116% a mais do que AD.

Os resultados obtidos indicam uma tendência consistente com a proposta de Lal et al. (1995a), ou

Quadro 4. Estimativa da taxa de adição ou perda anual de C dos sistemas de manejo em relação ao CE

Sistema ⁽¹⁾	Estoque de C atual	Tempo	Taxa de adição ou perda anual de C
	Mg ha ⁻¹	ano	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹
EU	+ 14,6	12	+ 1,22
PA	+ 16,6	18	+ 0,92
GP	- 8,3	12	- 0,69
AD	- 4,8	15	- 0,32
PD	+ 21,4	15	+ 1,43

⁽¹⁾ EU = reflorestamento de eucalipto; PA = pastagem cultivada; GP = grade pesada; AD = arado de discos; PD = plantio direto.

seja, sistemas não perturbados (PD, PA, EU) podem acumular C e sistemas perturbados (GP e AD) perdem C. Entretanto, os resultados levantam alguns questionamentos quanto à contribuição de cada sistema para o balanço de C, uma vez que há grande diversidade quanto ao manejo do solo (adubação de estabelecimento, manutenção, condução) e manejo das culturas.

Assim, no caso de extrapolar os resultados para os solos LE, na região dos Cerrados, a maior acumulação de C no PD e EU mostra que esses sistemas são promissores na remoção do C-CO₂. Entretanto, considerando a relativa pequena extensão em área cultivada de ambos os sistemas, estimativas de 1,5 e 2 milhões de ha de área cultivada na região dos Cerrados (Macedo, 1994; Silva & Resck, 1996) fazem deles pequenos contribuintes. Por outro lado, verifica-se que a grande extensão da área com pastagens faz desse sistema o maior responsável pela remoção de C-CO₂. Mas, de acordo com Macedo (1995), grande parte da área (50 milhões de ha) com pastagens na região dos Cerrados encontra-se em processo de degradação. Silva et al. (1997) observaram que pastagens com baixa produção de biomassa (provável indicador de degradação) apresentaram balanço negativo de C em relação à vegetação nativa. Isso significa que se pode estar superestimando a remoção de C-CO₂ da atmosfera e que a contribuição final pode ser ainda menor. Contudo, nas savanas colombianas, Fisher et al. (1994) verificaram que pastagens com alto potencial produtivo apresentaram balanço de C superior àquele encontrado neste trabalho, ressaltando, assim, a diversidade de situações que fazem o solo funcionar como fonte ou depósito de C-CO₂.

A extrapolação, com segurança, para a região dos Cerrados, seria prematura. Isso se deve, principalmente, à diversidade de textura, variabilidade climática e à necessidade de levantamentos mais precisos das áreas com os

diferentes sistemas. Em função disso, mais pesquisas serão necessárias para confirmar e melhorar os resultados obtidos em diferentes locais e solos na região dos Cerrados.

CONCLUSÕES

1. As alterações mais importantes na dinâmica do C, no que se refere à distribuição, adições e perdas, ocorreram nas camadas superficiais do solo.

2. Em relação ao sistema natural (CE), verificou-se que a acumulação de C foi maior nos sistemas sem perturbação do solo (PD, PA e EU) e menor nos sistemas perturbados (AD e GP), que atuaram como depósito e fonte de C-CO₂ para a atmosfera, respectivamente.

3. O sistema PD apresentou a maior taxa de adição de C no solo e o sistema GP apresentou a maior taxa de perda.

LITERATURA CITADA

- BROSSARD, M.; LOPES ASSAD, M.L.; CHAPUIS, L. & BARCELOS, A.O. Estoques de carbono em solos sob diferentes fitofisionomias de Cerrados. In: LEITE, L.L. & SATO, C.H., orgs. Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado. Brasília:Universidade de Brasília, 1997. p.272-277. (Trabalhos selecionados do 3º Congresso de Ecologia do Brasil, 6 a 11 de outubro de 1996)
- CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, E.T. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57:1071-1076, 1993.
- COLWELL, J.D. Estimating fertilizer requirements: a quantitative approach. Oxon: CAB International, 1994. 262p.
- DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S. & DORAN, J.M. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & UEHARA, G. eds. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu, University of Hawaii, 1989. p.33-67.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e conservação do Solo. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, 1979. Não paginado.
- FEIGL, B.J.; MELILLO, J. & CERRI, C.C. Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction in Rondônia (Brazil). *Plant Soil*, 175:21-29, 1995.
- FISHER, M.J.; RAO, I.M.; AYARZA, M.A.; LASCANO, C.E.; SANZ, J.L.; THOMAS, R.J. & VERA, R.R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature*, 371:236-238, 1994.
- GIFFORD, R.M. The global carbon cycle: a viewpoint on the missing sink. *Aust. J. Plant Physiol.*, 21:1-15, 1994.
- HOUGHTON, R.A. Changes in the storage of terrestrial carbon since 1850. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A. eds. Soils and global change. Boca Raton, CRC Lewis Publishers, 1995. p.45-65.

- LAL, R.; KIMBLE, J. & STEWART, B.A. World soils as a source or sink for radiatively-active gases. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A., eds. Soil management and greenhouse effect. Boca Raton, CRC Lewis Publishers, 1995a. p.1-7.
- LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & WHITMAN, C. Towards improving the global data base on soil carbon. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A. eds. Soils and Global Change. Boca Raton, CRC Lewis Publishers, 1995b. p.433-436.
- MACEDO, J. Prospectives for the rational use of the brazilian cerrados for food production. An. Acad. Bras. Ci., 66:159-165, 1994.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens no Ecossistema Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPOSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. Anais... Brasília, SBZ, 1995. p.28-62.
- NELSON, P.W. & SOMMERS, C.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L., ed. Methods of soil analysis. Madison: SSSA, 1982. Pt. 2, p.539-579. (SSSA, Agronomy Monograph, 9)
- RESCK, D.V.S.; FERREIRA, C.A.; GOMES, A.C. & SILVA, J.E. Efeito do plantio direto e do arado de discos nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob vegetação de Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. Resumos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995. v.4. p.1840-1841.
- SAS Institute. SAS/STAT: User's guide, version 6, 4.ed. Cary, 1989. v.1. 943p.
- SILVA, J.E. & RESCK, D.V.S. Plantio direto no cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1., Ponta Grossa, 1996. Anais... Ponta Grossa, IAPAR, PRP/PG, 1996. p.158-184.
- SILVA, J.E. & RESCK, D.V.S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M., eds. Biologia dos solos do cerrado. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1997. p.465-524.
- SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; CORAZZA, E.J.; VILELA, L. & BARCELLOS, A. Carbon storage under introduced pastures in a clayey Oxisol in the cerrado region. In: ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, 89., Anaheim, 1997. Agronomy Abstracts. Madison, ASA/CRSSA/SSSA, 1997. p.303.
- SIQUEIRA, J.O. Biologia do solo. Lavras, ESAL/FAEPE, 1993. 230p.