

ESTOQUES DE CARBONO EM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO EM SINOP (MT)

Siqueira Neto, M.⁽¹⁾; Perrin, A. S.⁽²⁾; Bernoux, M.⁽³⁾; Pavei, M. A.⁽¹⁾; Scopel, E.⁽⁴⁾; Douzet, J. M.⁽⁴⁾; Seguy L.⁽⁴⁾; Bouzinac, S.⁽⁴⁾; Piccolo, M. C.⁽¹⁾; Feller, C.⁽³⁾; Maronezzi, A. C.⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Laboratório de Biogeoquímica Ambiental – Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo. Caixa postal 96, CEP. 13400-970, Piracicaba, SP. e-mail: msiqueir@cena.usp.br

⁽²⁾ Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, França.

⁽³⁾ IRD - Institut de Recherche Pour Le Développement, França.

⁽⁴⁾ CIRAD - Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, França.

⁽⁵⁾ Agronorte Pesquisas, Sinop, MT.

A Região do Cerrado é importante pela sua abrangência uma vez que ocupa 204 milhões de hectares, perfazendo um quarto do território nacional. Este tipo de ecossistema encontra-se principalmente nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e parte dos estados de São Paulo, Bahia, Maranhão e Piauí (Fundação Pró-Cerrado, 2003). Esta região representa uma das últimas fronteiras agrícolas do mundo. Porém, a mudança do Cerrado natural para sistemas agrícolas com diferentes manejos podem alterar efetivamente a quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo (Lal, 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar nos sistemas de manejo do solo (plantio direto com cobertura viva e plantio convencional) as variações na densidade do solo e os estoques de carbono do solo em comparação com o sistema natural (floresta).

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental de Agronorte, município de Sinop (MT) em setembro de 2002. O solo da região é classificado como Latossolo Amarelo hidratado sobre rocha ácida, e o clima da região é o Aw (Köppen). Os sistemas estudados encontram-se situados em uma zona de transição entre Floresta Amazônica e o Cerrado, sendo: floresta (F), plantio convencional de soja (PC), plantio direto de soja com cobertura de tifton (PD-T) e plantio direto de soja com cobertura de eleusine (PD-E).

O tratamento PC, corresponde a uma monocultura com soja durante 10 anos após desmatamento em 1992 da floresta. A parcela de PD-T foi cultivada somente a partir de 1998/99 após um pousio de 4 anos após o desmatamento em 1994. A partir de 1999 esta parcela foi cultivada com soja em alternância com tifton. A parcela de PD-E foi inicialmente cultivada durante 5 anos com uma monocultura de soja em plantio convencional, e a partir de 1997 ela foi usada com plantio direto arroz (1997/1998), soja associado com sorgo (1998/1999), sorgo (rebrota) e arroz (1999/2000), soja/milho e braquiária, e finalmente soja com eleusina.

Para cada tratamento foram amostradas 3 sub-parcelas, e em cada sub-parcelas foram abertas 6 mini-trincheiras para amostrar as camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. A amostragem foi realizada empregando-se anéis de aço inox com diâmetro de 9,6 cm e alturas de 5 cm para as camadas de 0-5 e 5-10 cm, e altura de 10 cm para as camadas 10-20; 20-30 e 30-40 cm (Blake & Hartge, 1986). Este tipo de amostragem permite a determinação da densidade aparente do solo após determinação da umidade do solo. Em seguida, para determinação dos teores de C total, as amostras foram secas ao ar, homogeneizadas, moídas, passadas em peneiras a 100 mesh e analisadas por combustão a seco pelo equipamento LECO CN-2000, no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (CENA-USP). O cálculo do estoque de C baseou-se nos teores de C em g kg⁻¹, nas densidade e alturas das respectivas camadas, e os resultados finais foram expressos em Mg ha⁻¹.

A densidade aparente do solo sob floresta estão de acordo com os resultados obtidos por Roscoe et al. (2001), para o mesmo tipo de solo (Latossolo) com teores de argila em torno de 80%. Na floresta a densidade apresentou-se próxima a $0,70 \text{ g cm}^{-3}$ na camada 0-5 cm com os valores aumentando com a profundidade até a camada 10-20 cm onde apresentou o valor mais elevado ($1,00 \text{ g cm}^{-3}$), voltando a diminuir nas camadas 20-30 e 30-40 cm. (Tabela 1).

A densidade do solo nos demais tratamentos apresentaram, de maneira geral, valores mais elevados aos observados na floresta, principalmente nas camadas 5-10 e 10-20 cm. Os valores elevados foram observados no plantio convencional, seguido do plantio direto com tifton e plantio direto com eleusina.

Tabela 1. Densidade aparente média do solo (g cm^{-3}) nos tratamentos: floresta, plantio convencional, plantio direto com tifton e plantio direto com eleusina.

Tratamento Camada	Densidade média do solo* (g cm^{-3})							
	Floresta		Plantio convencional		Plantio direto c/ tifton		Plantio direto c/ eleusina	
0-5 cm	0,76	$\pm 0,07$	1,10	$\pm 0,07$	1,05	$\pm 0,07$	1,12	$\pm 0,07$
5-10 cm	0,95	$\pm 0,09$	1,18	$\pm 0,08$	1,10	$\pm 0,06$	1,13	$\pm 0,05$
10-20 cm	1,00	$\pm 0,08$	1,17	$\pm 0,05$	1,09	$\pm 0,10$	1,15	$\pm 0,07$
20-30 cm	0,98	$\pm 0,10$	1,09	$\pm 0,04$	1,05	$\pm 0,06$	1,14	$\pm 0,08$
30-40 cm	0,94	$\pm 0,07$	1,06	$\pm 0,06$	1,00	$\pm 0,07$	1,04	$\pm 0,03$

* Média (n=18) \pm erro padrão

A comparação das médias por tratamentos estudados indicaram a existência de três grupos homogêneos (teste HSD de Tukey, $p < 0,05$) sendo: Floresta (densidade média = $0,93 \text{ g cm}^{-3}$); plantio direto com tifton (densidade média = $1,06 \text{ g cm}^{-3}$) e um grupo constituído de plantio convencional e plantio direto com eleusina (densidade média = $1,12 \text{ g cm}^{-3}$).

Este resultado indica que se precisa tomar em conta esta compactação na ocasião da confrontação dos estoques de C. Assim, por exemplo, a camada 0-10 cm de um sistema cultivado corresponde a uma massa de solo inicialmente contida sob floresta numa camada maior que 10 cm. Ou ainda, uma mudança de estoque calculada entre um sistema cultivado e a floresta será superestimada caso não corrija-se os estoques de carbono de acordo com as densidades (Ellert & Bettany, 1995). Neste resultados, aparece que o efeito do uso do solo está mais ligado com a sua duração (10 anos para PC e PD-E; e 4 anos para PD-T) tempo de cultivo do que o tipo de uso (PC ou PD).

Os resultados sobre os perfis médios das teores de C apresentam um padrão clássico: decréscimo com a profundidade. As diferenças são mais importantes para as camadas superficiais e diminuem para as camadas 20-30 e 30-40 cm. O perfil obtido sob floresta é característico do decaimento do tipo exponencial observado pelos Latossolos da Amazonia (Bernoux et al., 1998).

Nos resultados sem correção o sistema que estoca menos C na camada 0-40 cm é a floresta ($7,67 \text{ kg m}^{-2}$), enquanto após correções passa a ser o sistema convencional ($7,22 \text{ kg.m}^{-2}$) (Tabela 2).

Os dados apontam que a distribuição vertical dos estoques de C foram alterados pelo uso da terra. O trabalho do solo (10 anos de soja em sistema convencional, mas igualmente durante alguns anos para os demais tratamentos), pode ter provocado uma homogeneização das camadas superficial, principalmente as 0-5 e 5-10 cm. As mudanças nos sistemas radiculares implicaram mudanças na localização das entradas (exsudados radiculares e decomposição de raízes mortas) nas camadas mais profundas. Assim a parte do C estocado na camada 0-10 cm em relação a camada (0-40 cm) é respectivamente de 42%, 37%, 35% e 32% para os sistemas F, PD-T, PD-E, e PC.

O estoques de C (0-30 ou 0-40 cm) não são estaticamente diferentes entre a floresta e os sistemas cultivados. Os sistemas de PD apresentam estoques mais elevados daquele sob floresta (mas sem significância estatística), enquanto o sistema PC apresenta estoque menor. Porém a diferença ($1,07 \text{ kg C m}^{-2}$) é significativa entre o PC e PD-E. Observa-se igualmente que a variabilidade é menor sob floresta (CV variando de 8 a 15%) e maior nos sistemas PD-T (CV variando de 12 a 20%).

Para discutir objetivamente as mudanças dos estoques, é preciso considerar o tempo e tipo de uso: 10 anos de trabalho de solo no PC, 4 anos de cultivo para SD-T após pousio de 3-4 anos depois do desmatamento, e 10 anos de cultivo para PD-E sendo 5 anos de trabalho convencional. Para a camada 0-40 cm, durante os 10 anos de trabalho para o sistema PC, registra-se um decréscimo de $0,44 \text{ kg C m}^{-2}$ e para os sistemas PD um aumento de $0,63 \text{ kg C m}^{-2}$. Pode-se concluir que o sistema PD-E apresenta uma tendência de aumento de C, pois pode considerar-se que os estoques podem ter diminuído durante os primeiros 5 anos de trabalho convencional. Fazendo-se a hipótese (simplista e verdade) que as mudanças foram lineares, calcula-se uma perda de $0,044 \text{ kg C m}^{-2}$ por ano de trabalho convencional. Aplicando este valor no sistema PD-E, teríamos então nos 4 anos subsequente um ganho equivalente a: $0,63 + 5 \leftrightarrow 0,044$ ou seja $0,85 \text{ kg C m}^{-2}$ durante os 5 anos, ou ainda $0,17 \text{ kg C m}^{-2}$ (isso é $1,7 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Este cálculo é simples e rápido, mas tem a grande vantagem de fixar uma grandeza dos níveis de estocagem deste sistema.

Tabela 2. Estoques de C nas camadas amostradas, acumulado por camada e corrigido com a densidade do solo (kg m^{-2}), nos tratamentos: floresta, plantio convencional, plantio direto com tifton e plantio direto com eleusina.

Tratamento	Camada (cm)	Estoque de C*		Camada (cm)	Estoque de C acumulado	Estoque de C acumulado e corrigido	
Floresta	0-5	1,89	$\pm 0,27$	0-5	1,89	1,87	$\pm 0,28$
	5-10	1,36	$\pm 0,21$	0-10	3,24	3,24	$\pm 0,39$
	10-20	1,84	$\pm 0,22$	0-20	5,08	5,10	$\pm 0,48$
	20-30	1,43	$\pm 0,14$	0-30	6,53	6,52	$\pm 0,54$
	30-40	1,15	$\pm 0,34$	0-40	7,67	7,66	$\pm 0,74$
Plantio convencional	0-5	1,50	$\pm 0,24$	0-5	1,50	1,05	$\pm 0,16$
	5-10	1,56	$\pm 0,24$	0-10	2,97	2,33	$\pm 0,32$
	10-20	2,10	$\pm 0,35$	0-20	4,91	4,37	$\pm 0,75$
	20-30	1,52	$\pm 0,26$	0-30	6,43	5,90	$\pm 0,73$
	30-40	1,30	$\pm 0,29$	0-40	7,74	7,22	$\pm 0,92$
Plantio direto c/ tifton	0-5	1,70	$\pm 0,36$	0-5	1,70	1,23	$\pm 0,24$
	5-10	1,65	$\pm 0,36$	0-10	3,39	2,72	$\pm 0,49$
	10-20	1,90	$\pm 0,38$	0-20	5,26	4,72	$\pm 0,56$
	20-30	1,41	$\pm 0,29$	0-30	6,77	6,26	$\pm 0,96$
	30-40	1,12	$\pm 0,20$	0-40	7,86	7,40	$\pm 1,14$
Plantio direto c/ eleusina	0-5	1,97	$\pm 0,28$	0-5	1,97	1,35	$\pm 0,20$
	5-10	1,72	$\pm 0,22$	0-10	3,70	2,90	$\pm 0,42$
	10-20	2,53	$\pm 0,59$	0-20	6,19	5,34	$\pm 0,78$
	20-30	1,65	$\pm 0,24$	0-30	7,81	7,02	$\pm 0,96$
	30-40	1,29	$\pm 0,25$	0-40	9,08	8,29	$\pm 1,06$

* Média (n=18) \pm desvio padrão

Referências:

- Blake G.R., Hartge K.H.** 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Pt.1. 2.ed. Madison: ASA, 1986. p.364-367. (Agronomy, 9).
- Bernoux M., Arrouays D., Cerri C., Bourennane H.** Modeling vertical distribution of carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia). *Soil Science*. 1998, 163, 12: 941-951.
- Ellert B.H., Bettany J.R.** 1996. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Can J. Soil Sci.*, 75,4:529-538.
- Fundação Pró-Cerrado.** 2003. [http:// www.fpc.org.br/](http://www.fpc.org.br/) (24/03/2003).
- Lal R.** 2003. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. *Critical Review in Plant Sciences*, 22, 151-184.
- Roscoe R., Buurman P., Velthorst E.J., Vasconcellos C.A.** 2001 Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the C-13/C-12 isotopic ratio in a Cerrado's oxisol. *Geoderma* 104 (3-4): 185-202.

QUANTIFICAÇÃO DO CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA E DO CO₂ LIBERADO EM PLANTIO DIRETO E CULTIVO MÍNIMO SUBMETIDOS À DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO

Garcia, M. R. L.^{1}; Mello, L. M. M.²; Cassiolato, A. M. R.²*

^(1*)Aluna do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Unesp/Ilha Solteira;

⁽²⁾Docentes do Depto. de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP, Av. Brasil, 56, Cx. Postal 31, 15.385-000, Ilha Solteira, S.P., Brasil - Projeto financiado pela FAPESP - anamaria@bio.feis.unesp.br

Palavras-chave: biomassa microbiana, manejo, calagem, plantio direto, micorrizas arbusculares

Introdução

O plantio direto, um manejo conservacionista, visa reduzir substancialmente o processo de degradação em curso, auxiliando na recuperação e manutenção da sustentabilidade do agrossistema (Silva & Resck, 1997). A proteção da superfície do solo com resíduos vegetais é um dos meios mais efetivos para reduzir as perdas por erosão devidas à diminuição do impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, redução no selamento dos poros e na velocidade de escoamento da enxurrada e aumento na infiltração da água (Mannering & Meyer, 1963). Este manejo, por evitar o revolvimento do solo, também proporciona a conservação da umidade, a melhoria na estruturação do solo, a redução da temperatura do solo (variações mais estáveis e de menor amplitude), a reserva de nutrientes, entre outros, beneficiando não apenas o solo mas as plantas que serão ali cultivadas. Além dos benefícios sobre o agrossistema, este tipo de plantio também requer cuidados devido às alterações que ocorrem no solo. Entre os cuidados a serem adotados está a calagem que visa a correção da acidez do solo (Sá, 1997). A quantidade de material orgânico que permanece no solo de plantio direto é a mesma que no convencional, porém no primeiro, esse material fica na superfície e no segundo é enterrada. A incorporação favorece o arejamento que, concomitante à introdução dos resíduos vegetais, acelera a atividade microbiana e a decomposição. No plantio direto a material orgânico fica à superfície compactada, o que reduz o contato com os microrganismos, com isso a taxa de decomposição é menor e a atividade microbiana, maior. Os microrganismos, além de sua função na decomposição da matéria orgânica, contribuem para a agregação e estruturação do solo (Almeida, 1985). Numerosos processos bioquímicos ocorrem no solo devido à atividade microbiana, com efeitos sobre as propriedades físicas e químicas do solo e reflexos sobre o desenvolvimento das plantas, a produtividade agrícola e a qualidade do ambiente. A biomassa microbiana representa o compartimento central do ciclo de carbono no solo e, de acordo com as condições edafoclimáticas do ecossistema e da composição dos resíduos vegetais sobre sua superfície, pode funcionar como compartimento de reserva (nutrientes facilmente disponíveis) ou como um catalisador na decomposição da matéria orgânica. Tanto a quantidade como a qualidade dos resíduos vegetais nos sistemas produtivos provocam alterações na comunidade microbiana, e microrganismos sensíveis às estas modificações, tornam-se adequados como indicadores biológicos. Estimativas a respeito da biomassa microbiana possibilitam associar a quantidade de nutrientes imobilizados com a fertilidade e potencial produtivo (Mercante, 2001). Este trabalho objetivou quantificar o carbono da biomassa microbiana e do CO₂ liberado em um plantio direto de 20 anos submetido a escarificação e calagem de superfície em diferentes doses.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2002 (cultivo de inverno), na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia, UNESP-Campus de Ilha Solteira, situada no município de Selvíria-MS. A temperatura média anual foi 23,5°C e a média anual pluviométrica foi de 1.370 mm. O