



Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados e nos teores de carbono em um latossolo vermelho em Rio Verde, GO.

C. Costa Jr¹, M.C. Piccolo², M. Siqueira Neto³, M. Bernoux⁴, C.C. Cerri² & E. Scopel⁵

RESUMO – O objetivo desse estudo foi verificar a influência de diferentes manejos no carbono total (CT) e na estabilidade de agregados em um Latossolo Vermelho distrófico no Cerrado. O estudo foi realizado no município de Rio Verde (GO). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constando de quatro tratamentos com quatro pontos de amostragem, em três camadas (0-5, 5-10 e 10-20 cm). Os tratamentos avaliados foram: sistema nativo (Cerradão), sistema plantio convencional com 26 anos - (SPC); sistema plantio direto com 11 anos - (SPD 11) e sistema plantio direto com 15 anos - (SPD 15). A estabilidade de agregados foi expressa pelo índice diâmetro médio ponderado (DMP) e porcentagem de agregados maiores que 2,0 mm estáveis em água. Os tratamentos tiveram diminuição da estabilidade dos agregados maiores que 2,00 mm apenas na camada 0-5 e 10-20 cm em relação ao sistema nativo. Entre os sistemas agrícolas foi verificado, na camada 0-5 cm, maiores valores nos dois SPD, nas demais camadas, o SPC obteve valores semelhantes ao SPD 15. Os sistemas agrícolas tiveram seus DMP reduzidos em relação ao Cerrado. O SPC apresentou o menor DMP em todas as profundidades. Entre as idades dos SPD, o SPD 15 foi superior nas camadas 0-5 e 10-20 cm, sendo iguais na 5-10 cm. Houve correlações significativas entre o CT, DMP e agregados maiores que 2,00 mm apenas na camada 0-5 cm.

Introdução

O uso agrícola normalmente altera as propriedades do solo, de acordo com as condições edáficas e climáticas [1]. Dessa forma, diferentes sistemas de manejo resultam em mudanças na composição e arranjo dos constituintes do solo, que podem, em alguns casos, prejudicar a conservação desse recurso natural e reduzir a produtividade das culturas [2].

A matéria orgânica do solo (MOS) ocupa papel central no funcionamento de agroecossistemas e sua preservação é crucial para a prática sustentável da agricultura [3]. [4] aponta aspectos relacionados com o acúmulo da MOS como um dos atributos do solo mais

fortemente relacionados a sua qualidade, tendo sido utilizado como indicador. Com o aumento da MOS manifestam-se diversas propriedades como maior resistência à erosão, maior taxa de infiltração e retenção de água, ciclagem de nutrientes, na atividade e diversidade biológica, resistência a perturbações e sequestro de carbono atmosférico [5].

Os sistemas agrícolas conservacionistas, em particular o Sistema Plantio Direto (SPD), é considerado uma prática capaz de sequestrar carbono e promover a sustentabilidade de agroecossistemas temperados [6] e tropicais [7]. O aumento dos teores de carbono no SPD comparado com o Sistema Plantio Convencional (SPC), é concomitantemente observado com aumento da agregação do solo [8, 9, 10].

A agregação do solo é um processo fundamental para o aumento dos estoques de C do solo [11]. A agregação do solo, segundo [12], consistem na interação e ligação de partículas primárias do solo a MOS humificada ou complexos com cátions polivalentes, óxidos e aluminossilicatos em microagregados (< 0,25 mm). Esses microagregados, por sua vez, são unidos em macroagregados (> 0,25 mm), por agentes temporários, como raízes e hifas de fungos, e transilientes, como polissacarídeos derivados de plantas e microorganismos. Levando, através desse processo, ao acúmulo de C no solo.

O não revolvimento do solo e a adição dos resíduos das culturas na superfície do solo em PD desencadeiam inúmeros processos físicos, químicos e biológicos fortemente inter-relacionados, como é o caso que leva aos aumentos da estabilidade dos agregados e teores de C [13] sendo a magnitude deste efeito dependente do tipo de solo e condições climáticas [14]. Estabelece-se, assim, uma relação causa-efeito entre agregação e a MOS [15]. Por sua vez, o uso excessivo de arados e grades, no SPC, diminui a estabilidade dos agregados, causando sua quebra, que expõe a MOS à atividade microbiana, levando a redução do conteúdo de C do solo [16].

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tempo de implantação do SPD sobre os teores de carbono e o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados de um Latossolo Vermelho distrófico, em comparação ao SPC no Cerrado na região do sudoeste goiano.

¹ Pós-graduando do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental - Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo. Av. Centenário, 303, CEP 13416-000, Piracicaba (SP). Bolsista FAPESP. E-mail: cinirojr@cena.usp.br.

² Pesquisadores do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental - Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo.

³ Doutor, Especialista de laboratório do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental - Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA).

⁴ Pesquisador do Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR SeqBio, SupAgro, 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 1 - France.

⁵ Embrapa Cerrados/Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Caixa Postal 08223, CEP 73310-970 Brasília, DF.

Palavras-Chave: Cerrado, sistema plantio direto, sistema plantio convencional.

Material e métodos

A Localização e características da área estudada

O estudo foi realizado no município de Rio Verde, sudoeste do estado de Goiás (51° 43' a 51° 19' O e 17° 50' a 18° 20' S), em um Latossolo Vermelho distrófico caulinitico. O clima foi caracterizado como AW (Köppen) – Tropical, com período úmido (novembro a maio) concentrado no verão e um período seco (junho a outubro) bem definido durante o inverno, com temperatura média anual de 23°C e precipitação anual variando entre 1500 a 1800 mm.

Foram amostradas: sistema nativo - Cerradão; sistema plantio convencional com 26 anos - (SPC); sistema plantio direto com 11 anos - (SPD 11) e sistema plantio direto com 15 anos - (SPD15). As áreas estão descritas na tabela 1. Os solos possuem teores de argila variam de 500 a 700 g kg⁻¹ e foram classificados com argilosos a muito argilosos [17].

B. Coletas, delineamento e determinações

As amostras foram coletadas na camada de 0-5, 5-10 e 10-20 cm na estação seca, em julho de 2006, com o auxílio de pá de corte e enxadão. As amostras foram acondicionadas em copos plásticos, para que não ocorresse o rompimento do monólito. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. As análises da separação dos agregados estáveis em água e dos teores de CT foram realizadas no Laboratório de Biogeoquímica do Solo do CENA (USP) em Piracicaba – SP.

C. Determinações

A estabilidade de agregados foi determinada pelo método de peneiramento úmido, conforme [18], em 50 g de agregados com dimensão $\leq 9,52$ mm, num jogo de peneiras de malhas 2, 0,25 e 0,053 mm. A estabilidade dos agregados foi representada pelo diâmetro médio ponderado (DMP), através da equação 1. Quanto maior o valor deste índice, maior é a estabilidade das unidades estruturais em água, mostrando sensibilidade às alterações estruturais advindas do manejo.

$$DMP = \sum x y \dots \dots \dots \text{Equação 1}$$

Onde x é a proporção de cada classe de agregados e y é o diâmetro médio do tamanho da classe (mm).

Os teores de C totais foram determinados por combustão a seco em um analisador elementar LECO CN-2000.

Resultados e Discussões

Os resultados da distribuição das classes de agregados maiores que 2,00 mm, do DMP e do CT são apresentados na tabela 2.

A introdução de sistemas agrícolas com a retirada do sistema nativo levou a diminuições significativas nos teores CT nas camadas 0-5 e 5-10 cm. Na camada 10-20 cm o SPC 21 permaneceu com menor valor, entretanto, foram verificados valores superiores ao sistema nativo nos dois SPD, sem diferença entre as idades. [19] estudando o comportamento de sistemas de manejo e CT no Cerrado, relatam essa redução, em decorrência do revolvimento do solo, que favorece a oxidação da MOS.

Esse maior teor de CT, na camada 10-20 cm, nos SPD em relação ao sistema nativo pode ocorrer, pois, os teores de C de solos deste sistema refletem o balanço entre as entradas e saídas de C condições originais (produção primária, umidade e temperatura), mas não necessariamente representam um limite superior do teor de CT no solo [20].

Em relação aos sistemas agrícolas, a prática do SPD permitiu um aporte de carbono maior em relação ao SPC em todas as profundidades. Entre as idades dos SPD não houve diferença significativa, embora o SPD 15 mostrou tendência superior ao SPD 11. [21] e [22], estudando latossolos de cerrado, em SPD com cinco e vinte e um anos e SPC com nove e vinte e um anos, respectivamente, encontraram resultados semelhantes. Enquanto [23], também estudando um latossolo de cerrado, não encontrou aumento no conteúdo de CT em SPD, relatando, até mesmo, uma tendência à diminuição, em SPD com quatro anos.

A porcentagem de distribuição dos agregados estáveis em água mostrou redução significativa nos diâmetro acima que 2,00 mm com o cultivo. Essa porcentagem aumenta significativamente em comparação do SPC com os SPD, que por sua vez, aumentam com o tempo de implantação. Porém, essas observações foram mais acentuadas na camada 0-5 cm. Na camada 5-10 cm foram encontrados valores semelhantes ao cerradão para o SPC e SPD 15 e menor valor no SPD 11. Na camada 10-20 cm, novamente foi observado menor porcentagem de agregados maiores que 2,00 mm nos sistemas agrícolas, comportando semelhante ao da camada 5-10 cm, maiores valores para o SPC e SPD15 e menor para o SPD11. [24] e [25], relatam que diferenças entre SPD e SPC, com respeito à distribuição de agregados e COT, são mais acentuadas na camada 0-5 cm.

Quando foi calculado o índice de agregação diâmetro médio ponderado (DMP), em todas as profundidades o sistema nativo apresentou o maior DMP, diferindo significativamente dos demais sistemas. Entre os sistemas agrícolas, o SPD 11 e o SPD 15 diferiram do SPC em todas as profundidades, porém, não houve diferença entre as idades.

Comparando esses resultados com os teores de CT, através de uma correlação simples entre variáveis (tabela 3), foi observada contribuição significativa do CT nos agregados maiores que 2 mm e no DMP, porém, apenas na camada 0-5 cm. Nas demais camadas não foi significativa a correlação do CT com os agregados maiores que 2 mm e o DMP, evidenciando existir outros fatores que levaram a

estabilidade dos agregados juntamente ao CT, como, por exemplo, a ação de óxidos de ferro [26] e os ciclos de umedecimento e secagem [27], nas demais camadas.

Essas observações indicam que o cultivo levou a diminuição de agregados maiores que 2,00 mm e do DMP, aumentando os agregados intermediários, que, dependendo do manejo, podem vir a se agregarem novamente.

Conclusões

O cultivo levou a diminuição dos agregados maiores que 2,00 mm e do teor CT nas camadas 5-10 e 10-20 e do DMP em todas as camadas.

O SPD proporciona maior teor de CT em todas as camadas e porcentagem de agregados e DMP apenas na camada 0-5 cm, em relação ao SPC.

O teor de CT, DMP e agregados maiores que 2,00 mm mostraram correlação apenas na camada 0-5 cm.

Agradecimentos

A Fundação Agrisus, a FAPESP (2004/15538-7), a FAPESP 06/52201-6 (pela concessão da bolsa de estudos), o Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), o Ministério das Relações Exteriores (SCAC-MAE) da França, e o acordo bilateral CAPES-COFECUB pelo financiamento do trabalho. Aos proprietários das Fazendas Alvorada, Barra Grande do Rio Verdinho e Dois-J-1 pela contribuição na execução do trabalho.

Referências

- [1] SILVA, M. A.; S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ROSA, J. D.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. 2006. Soil physical properties and organic carbon concentration of a red Acrisol under different uses and management systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 30:329-337.
- [2] REINERT, D.J. 1998. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V., eds. *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p.163-176.
- [3] DENEFF, K.; ZOTARELLI, L.; BODDEY, R. M. & SIX, J. 2007. Microaggregate-associated carbon as a diagnostic fraction for management-induced changes in soil organic carbon in two Oxisols. *Soil Biology and Biogeochemistry*. 39: 1165-1172.
- [4] MIELNICZUK, J. 1999. Importância do estudo de raízes no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. In: *WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: metodologias e estudo de caso*, 1999, Aracaju, SE. Anais. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. p.13-17.
- [5] MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F. F. & DEBARBA, L. 2003. Manejo de solos e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. *Tópicos Em Ciência do Solo*, Viçosa, MG.. 3:209-248.
- [6] LAL, R., KIMBLE & J. FOLLETT, R. 1997. Soil quality management for carbon sequestration. In: *LAL, J. K. R. & FOLLETT, R. (EDS.), Soil Properties and Their Management for Carbon Sequestration*. United States Department of Agriculture, National Resource Conservation Services. National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska. p. 1-8.
- [7] BAYER, C.; MARTIN NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. & DIECKOW, J. 2006. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam.. 86:237-245.
- [8] SALTON, J. C. 2005. *Materia Orgânica e Agregação do Solo na Rotação Lavoura-Pecuária em Ambiente Tropical*. Tese de Doutorado, Curso de Pós Graduação em Ciência do Solo, UFRGS, Porto Alegre.
- [9] ZOTARELLI, L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; TORRES, E.; SANTOS, H. P.; PAUSTIAN, K.; BODDEY, R. M. & SIX, J. 2005. Impact of tillage and crop rotation on aggregate-associated carbon in two oxisols. *Soil Science Society of American Journal*. 69:4892-491.
- [10] JIAO, Y., WHALEN, J. K. & HENDERSHOT, W.H. 2006. No-tillage and manure applications increase aggregation and improve nutrient retention in a sandy-loam soil. *Geoderma*. 134:24-33.
- [11] SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C. & FEIGL, B. E. 2001. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal*, Madison. 65:1486-1499.
- [12] TISDALL, J.M. & OADES, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soil. *Journal of Soil Science*. 33:141-163.
- [13] COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. & WOBETO, C. 2003. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 27:527-535.
- [14] BALESDENT, J.; CHENU, C. & BALABANE, M. 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research*. 53:215-230.
- [15] SIX, J.; ELLIOT, E.T. & PAUSTIAN, K. 1999. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. *Soil Science Society of America Journal*. 63:1350-1358.
- [16] ZOTARELLI, L.; ALVES B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. & SIX, J. 2007. Impact of tillage and crop rotation on light fraction and intra-aggregate soil organic matter in two Oxisols. *Soil Tillage Research*. doi:10.1016/j.still.2007.01.002.
- [17] RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. 1997. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas. 285p.
- [18] CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. 1990. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolo Roxo submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 14:99-105.
- [19] CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & GOMES, A.C. 1999. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 23:425-432.
- [20] SIX, J.; CALLEWAERT, P.; LENDERS, S.; DE GRUYZE, S.; MORRIS, S. J.; GREGORICH, E. G. PAUL, E. A.; PAULSTIAN, K. 2002. Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation. *Soil Science Society of American Journal*. 66:1981-1987.
- [21] CORRÊA, J. C. 2002. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 37:203-209.
- [22] MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S. & GOMES, A. C. 2006. Biological properties of aggregates from a Cerrado Oxisol under conventional and no-till management systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 27:435-443.
- [23] WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S. & NEVES, J.C.L. 2005. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 40:487-494.
- [24] BEARE, M.H.; HENDRIX, P.F. & COLEMAN, D.C. 1994. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional- and no-tillage soils. *Soil Science Society of American Journal*. 58:777-786.
- [25] SIX, J.; PAUSTIAN, K.; ELLIOT, E.T. & COMBRINK, C. 2000. Soil structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate associated carbon. *Soil Science Society of American Journal*. 64:681-689.

- [26] BRONICK, C.J. & LAL, R. 2005. Soil structure and manegment: a review. *Geoderma*. 124:3-22.
- [27] OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M.; FIGUEIREDO, M.S. & REGAZZI, A.J. 1996. Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro latossolos Brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 20:509-515.

Áreas ⁽¹⁾	Descrição
Cerradão	Área de cerrado nativo, transição entre a composição florística de Cerradão a Mata seca semidecídua. A vegetação é caracterizada por se encontrar longe de cursos d'água. O estrato arbóreo apresenta altura que varia entre 15 e 25 m.
SPC	Área desflorestada há 26 anos. Inicialmente cultivada com arroz por 2 anos, seguido do cultivo de soja (<i>Glycine max</i> [L.] Merr.) e a cada 2 ou 3 anos cultivo de milho este plano repetiu-se por 13 anos, e no período subsequente (últimos 11 anos) intercalou-se anualmente o cultivo de soja e milho.
SPD 11	Área desflorestada há 22 anos, cultivada em plantio convencional por dez anos (arroz por dois anos, dois anos em pousio, cultivo da soja por quatro anos, milho por dois anos e novamente soja por quatro anos, respectivamente). Posteriormente, plantio direto com 11 anos de soja seguido de milho, sorgo ou milheto. No momento da coleta: milheto.
SPD 15	Área desflorestada há 28 anos, inicialmente sendo convertido a pastagem com capim braquiária por 5 anos sem uso de fertilizante, em seguida cultivado em plantio convencional com arroz por 2 anos, depois milho e soja alternadamente por 6-8 anos e posteriormente convertido a plantio direto (15 anos) com o cultivo de soja seguido de milho, sorgo ou milheto. No momento da coleta: milho.

Tabela 1. Descrição das áreas estudadas.

Cerradão, usado como referência; SPC: área cultivada sob sistema de plantio convencional, com 21 anos de idade; SPD 11 e SPD 15: áreas cultivadas sob sistema plantio direto, com 11 e 15 anos de idade, respectivamente.

Tabela 2. Classes de agregados mm (%), diâmetro médio (mm) e carbono total (de um diferentes usos e manejos em Rio

Sistema de Manejo	Agregados > 2 mm	DMP	CT
	%	mm	%
0 - 5 cm			
Cerradão	63,98 a	4,03 a	3,66 a
SPC	29,54 d	2,29 d	1,91 d
SPD 11	42,71 c	2,96 c	2,42 bc
SPD 15	53,89 b	3,47 b	2,78 b
5 - 10 cm			
Cerradão	64,61 a	4,06 a	2,50 a
SPC	43,40 a	3,00 b	1,82 d
SPD 11	39,92 b	2,82 b	2,05 bc
SPD 15	45,24 a	3,06 b	2,25 b
10 - 20 cm			
Cerradão	63,82 a	4,02 a	1,81 b
SPC	46,97 b	3,17 b	1,61 c
SPD 11	27,91 c	2,23 c	1,98 a
SPD 15	43,27 b	2,96 b	2,09 a

estáveis em água maior que 2,00 ponderado (DMP) dos agregados Latossolo de cerrado submetido a Verde (GO).

Cerradão, usado como referência; SPC: área cultivada sob sistema de plantio convencional, com 26 anos de idade; SPD 11 e SPD 15: áreas cultivadas sob sistema plantio direto, com 11 e 15 anos de idade, respectivamente. ⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 3. Correlação simples entre variáveis entre as porcentagens de agregados maiores que 2,00 mm (> 2,00 mm), diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) e porcentagem de carbono orgânico total (CT) de um Latossolo Vermelho distrófico, em Rio Verde (GO).

Parâmetros	> 2,00 mm	DMP	CT
0 - 5 cm			
> 2,00 mm	1	0,99 ⁽¹⁾	0,97
DMP	*(2)	1	0,98
COT	*	*	1
5 - 10 cm			
> 2,00 mm	1	0,99	0,82
DMP	*	1	0,80
COT	ns	ns	1
10 - 20 cm			
> 2,00 mm	1	0,99	- 0,42
DMP	*	1	- 0,43
COT	ns	ns	1

⁽¹⁾ Coeficiente de correlação (r). ⁽²⁾ * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.