

Estoque de carbono nos macroagregados e relação de estratificação em um Latossolo Vermelho sob plantio direto de longa duração⁽¹⁾.

Lutécia Beatriz dos Santos Canalli⁽²⁾; João Carlos de Moraes Sá⁽³⁾; Aníbal de Moraes⁽⁴⁾; Josiane Bürkner dos Santos⁽⁵⁾; Clever Briedis⁽⁶⁾; Ademir de Oliveira Ferreira⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação Agrisus

⁽²⁾ Eng. Agr. Dra., Pesquisadora do Instituto Agronômico do Paraná, Ponta Grossa, Paraná. Email: lutecia@iapar.br;

⁽³⁾ Eng. Agr. Dr., Prof da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG); ⁽⁴⁾ Eng. Agr. Dr., Prof. da Universidade

Federal do Paraná (UFPR); ⁽⁵⁾ Eng. Agr. Dra., Pesquisadora do Instituto Agronômico do Paraná; ⁽⁶⁾ Eng. Agr., Dourando pela Universidade Estadual de Ponta Grossa; ⁽⁷⁾ Eng. Agr., Dourando pela Universidade Federal de Santa Maria

RESUMO: No sistema plantio direto (SPD), a ausência de revolvimento do solo e a adição contínua de resíduos culturais, propicia a formação de agregados e estes são eficientes na proteção física da matéria orgânica, alterando os estoques de carbono no solo. O objetivo deste estudo foi determinar o conteúdo e estoque de carbono (C) nos macroagregados e a relação de estratificação sob plantio direto de longa duração (18 anos). As amostras de solo foram coletadas em outubro/07, em três profundidades (0-2,5; 2,5-5 e 5-10 cm). Foram determinados carbono orgânico total (COT) em três classes de macroagregados (19-8; 8-4 e 4-2 mm). Foi calculada a relação de estratificação e os estoques de COT no solo. Observou-se relação linear significativa entre o conteúdo e o estoque de COT com a relação de estratificação na classe de macroagregados de 19-8 mm. Estes resultados confirmam a importância do sistema plantio direto que, pelo não revolvimento do solo e pelo aporte contínuo de resíduos culturais, propicia a formação de macroagregados grandes (19-8 mm) e mais estáveis, que favorecem a proteção física da matéria orgânica no seu interior, com consequente aumento no conteúdo e estoque de C no solo.

Termos de indexação: matéria orgânica, agregados, estratificação de C.

INTRODUÇÃO

A dinâmica da matéria orgânica em solos agrícolas é determinada pela diferença entre as quantidades de carbono aportadas e perdas (Dalal e Mayer, 1986). A decomposição lenta e gradual dos resíduos culturais libera compostos orgânicos que estimulam a formação e a estabilidade de agregados (Tisdall e Oades, 1982; Six et al., 2002). Em consequência, a matéria orgânica do solo (MOS) fica menos exposta aos processos microbianos, reduzindo a taxa de mineralização e resultando em menor fluxo de CO₂ para a atmosfera (Reicosky, 1995). Esse mecanismo proporciona a proteção física da matéria orgânica do solo que atua

como agente de ligação entre os microagregados na formação dos macroagregados (Six et al., 2002). A formação de agregados no SPD está associada com a taxa de macroagregação como o caminho para a proteção do C oriundo do fluxo contínuo da decomposição dos resíduos culturais (Diekow et al., 2009; Sá e Lal, 2009; Ferreira, 2012). A combinação de gramíneas com leguminosas em rotação forma a base do sistema plantio direto e parece proporcionar efeito intermitente na formação de macroagregados na camada superficial e direciona o solo a funcionar como um dreno de C (Sá e Lal, 2009). Dessa forma o solo torna-se um dreno de CO₂ atmosférico quando as adições de C são maiores que as perdas por oxidação.

A formação e a estabilidade dos agregados do solo estão estreitamente relacionadas com o conteúdo de COT no solo, e estes por sua vez dependem do manejo do solo e da rotação de culturas adotada. O objetivo deste estudo foi determinar o conteúdo e o estoque de COT em classes de macroagregados e a relação de estratificação em um Latossolo Vermelho sob plantio direto consolidado.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na Estação Experimental da Fundação ABC, localizada no município de Ponta Grossa, estado do Paraná, Brasil, situada geograficamente a 25°00' de Latitude Sul e 50°09' de Longitude Oeste, com altitude aproximada de 975 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, subtropical úmido, com temperatura média anual de 18°C e precipitação média anual de aproximadamente 1550 mm. O solo no local do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, A Moderado, relevo suave ondulado (Embrapa, 2006).

As avaliações do presente estudo foram realizadas em um experimento conduzido sob plantio direto de longo tempo (18 anos), onde são

avaliadas anualmente a produção de fitomassa de dez espécies de culturas de cobertura de inverno (aveia preta, aveia branca, azevém, ervilhaca, nabo forrageiro, centeio, triticale, canola, tremoço branco, tremoço azul) e as produtividades das culturas de verão (feijão, soja e milho).

Para o presente estudo selecionou-se as faixas com dimensão 10 x 50 m, onde foram semeadas as culturas de cobertura de inverno: aveia preta (*Avena strigosa* Schieb), ervilhaca (*Vicia sativa* Linnaeus) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* Linnaeus). Cada faixa foi dividida em três parcelas de 10 x 16,67 m, nas quais foram semeadas as culturas de verão: feijão (*Phaseolus vulgaris* Linnaeus), soja (*Glycine max* Linnaeus Merrill) e milho (*Zea mays* Linnaeus). Assim, ficaram constituídos os tratamentos com as sucessões de culturas: aveia preta-feijão (Ap-F); aveia preta-milho (Ap-M); aveia preta-soja (Ap-S); ervilhaca-feijão (Er-F); ervilhaca-milho (Er-M); ervilhaca-soja (Er-S); nabo forrageiro-feijão (Nb-F); nabo forrageiro-milho (Nb-M) e nabo forrageiro-soja (Nb-S). As subparcelas foram constituídas pela profundidade de amostragem do solo (0-2,5; 2,5-5 e 5-10 cm), coletadas em outubro de 2007, sendo 3 repetições. Esta estrutura constitui um delineamento em faixas com três repetições.

As amostras de agregados foram coletadas nas profundidades 0-2,5, 2,5-5 e 5-10 cm, com o auxílio de uma espátula e ainda no campo foram passadas por peneira de 19 mm, com a finalidade de estabelecer um diâmetro máximo para os agregados (Madari, 2004). Foram também coletadas amostras indeformadas para a determinação da densidade do solo e amostras integrais do solo nas mesmas profundidades.

Para cada amostra de agregado foi determinada a distribuição das classes de agregados por meio do tamisamento a úmido pelo método de Yoder (1936), adaptado por Castro Filho et al. (1998), considerando as peneiras de malha 8, 4 e 2 mm.

Nas amostras integrais e nas classes de macroagregados foi determinado o carbono orgânico total (COT) pelo método da combustão seca (Nelson & Sommers, 1982).

O cálculo do estoque de C para as amostras integrais foi determinado com os dados do conteúdo de COT em g kg⁻¹, transformados para kg Mg⁻¹, na densidade do solo (DS) determinada em g cm⁻³ e transformada para Mg m⁻³ e no volume da profundidade de amostragem (VPA) em m³. Os resultados finais foram expressos em Mg ha⁻¹ para cada profundidade amostrada, conforme a seguir:
Estoque de C (Mg ha⁻¹) = COT (kg Mg⁻¹) x DS (Mg m⁻³) x VPA (m³) x 1000.

A partir dos valores do estoque de C calculados para as amostras integrais foi determinado o

estoque de C para as classes de macroagregados, considerando a porcentagem correspondente a cada classe de agregado.

A relação de estratificação (RE) foi calculada conforme Franzluebbers (2002), onde o valor do conteúdo e do estoque de COT da camada superficial do solo (0- 2,5 cm) foi dividido pelo valor da camada subsuperficial (5- 10 m).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), aplicando-se o teste F para identificar as diferenças entre os tratamentos, através do software Statistica. Para os efeitos significativos foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Para a obtenção das curvas de resposta foi utilizado o procedimento da análise de regressão pelo programa JMP IN versão 3.2.1 (Sall et al., 2005), utilizando-se o teste F para identificar o nível de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem da classe de macroagregados de 19-8 mm foi significativamente superior as demais, e representou 71,9% na média das profundidades (**Tabela 1**). Esses resultados são similares aos obtidos por Ferreira (2012) em um Latossolo Vermelho na mesma região do presente estudo. Constatou-se também que a classe de macroagregados de 19-8 mm apresentou diferença significativa com o aumento da profundidade, sendo maior a porcentagem desses macroagregados nas profundidades de 2,5-5 e 5-10 cm (**Tabela 1**). Isto indica que o PD, sem revolvimento e com adição contínua de resíduos na superfície do solo resulta na formação de agregados maiores.

Tabela 1 - Porcentagem da classe de agregado em cada profundidade de amostragem, média das sucessões.

Profundidade (cm)	Classe de Agregado (%)		
	19-8 mm	8-4 mm	4-2 mm
0 - 2,5	65,65 bA	5,32 B	3,16 aB
2,5 - 5	72,88 aA	5,22 B	2,90 abC
5 - 10	77,10 aA	4,70 B	2,55 bC

Tratamento com letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Castro Filho et al. (1998) reporta que o aumento de C-orgânico resultou no aumento dos índices de agregação pela diminuição das classes de agregados de menor diâmetro e aumento das classes de maior diâmetro. Madari (2004) enfatiza a

importância de se considerar a classe de agregados 19-8 mm para o estudo de agregados no solo, principalmente para o sistema plantio direto, pois o mesmo propicia a formação de agregados maiores e mais estáveis em água quando comparado ao sistema de plantio convencional. Além disso, essa classe de agregados é muito influenciada pelo efeito dos resíduos culturais e dos agentes de agregação temporários (Six et al., 2006).

Independente das sucessões, o conteúdo de COT (g kg^{-1}) e o estoque de COT (kg ha^{-1}) na classe de agregados 19-8 mm foi significativamente superior as demais classes de agregados em todas as profundidades (**Tabela 2**). Com relação à profundidade, o conteúdo de COT (g kg^{-1}) para todas as classe de agregados foi significativamente superior na camada de 0-2,5 cm e decresceu em profundidade, sendo significativamente inferior na camada de 5-10 cm (**Tabela 2**), indicando uma relação de estratificação entre as camadas do solo.

A relação linear significativa entre o conteúdo e o estoque de COT com a relação de estratificação (RE, 0-2,5:5-10 cm) indica que o aumento do estoque de COT está sendo representado pelo aumento da estratificação do COT nos macroagregados de 19-8 mm (**Figura 1**). Este comportamento resume o princípio do SPD que integra as adições contínuas de C através dos resíduos culturais com o processo de decomposição, no qual parte do C é convertido em COT no solo e o restante retorna à atmosfera na forma de CO_2 . Estes resultados confirmam os argumentos apresentados por outros autores (Amado et al, 2006; Bayer et al, 2006; Cerri et al, 2007) de que o SPD consolidado está direcionando o solo para atuar como um dreno de C. Sendo assim, a adição contínua de C pelos resíduos culturais vai enriquecendo a camada superficial do perfil do solo, promovendo o aumento da relação de estratificação e do potencial de sequestro de C no solo (Sá e Lal, 2009). Estes macroagregados propiciam a proteção física da matéria orgânica, reduzindo a oxigenação e a ação microbiana, favorecendo a decomposição lenta e gradual dos resíduos culturais, com conseqüente aumento da concentração e do estoque de C no solo.

Segundo Franzluebbers (2002) e Sá e Lal (2009) a alta relação de estratificação de C do solo representa a alta qualidade da camada superficial do solo, direcionando para uma maior estabilidade de agregados. No presente estudo ficou demonstrado que a RE acompanhou o aumento de estoque de COT nos macroagregados, confirmando a hipótese sobre o uso deste parâmetro como indicador do sequestro de C sob plantio direto de longa duração.

CONCLUSÕES

A maior porcentagem da classe de macroagregados de 19-8 mm (71,9%) e o maior conteúdo e o estoque de COT nesta classe de agregados em todas as profundidades, evidência a importância do sistema plantio direto para a formação de agregados maiores e mais estáveis no solo, os quais são eficientes na proteção física da matéria orgânica do solo.

O conteúdo de COT (g kg^{-1}) para cada classe de agregados foi significativamente superior na camada de 0-2,5 cm e decresceu em profundidade, indicando uma relação de estratificação entre as camadas do solo.

A relação linear significativa entre o conteúdo e o estoque de COT com a relação de estratificação entre as camadas do solo para a classe de agregados de 19-8 mm, demonstrou que a RE acompanhou o aumento do estoque de COT no solo, confirmando assim a hipótese sobre o uso deste parâmetro como indicador do sequestro de C sob plantio direto de longa duração.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; et al. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in Southern Brazil. *J. Environ. Qual.*, 35:1599-1607, 2006.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; et al. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil Tillage Res.*, 86:237-245, 2006.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. & PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:527-538, 1998.
- CERRI, C.E.P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; et al. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigations options. *Sci. Agric.*, 64:83-99. 2007.
- DALAL, R.C. & MAYER, R.J. Long-term trends in fertility of soils under continuous conservation and cereal cropping in Southern Queensland. II. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. *Australian Journal of Soil Research*, 24:281-292, 1986b.
- DIECKOW, J.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; et al. Land use, tillage, texture and organic matter stock and composition in tropical and subtropical Brazilian soils. *European Journal of Soil Science*, 60:240-249, 2009.
- FERREIRA, A.O.; SÁ, J.C.M.; HARMS, M.G.; et al. Relação de estratificação como indicador do sequestro de

carbono em macroagregados de Latossolo sob plantio direto. Rev. Ciência Rural, 42:645-652, 2012.

FRANZLUEBBERS, A.J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil & Tillage Research Res., 66:95-106, 2002.

MADARI, B. E. Procedimento para uma estimativa compartimentada do seqüestro de carbono no solo. In: Matéria Orgânica do Solo - Comunicado Técnico Embrapa nº 22, 2004.

REICOSKY, D.C.; KEMPER, W.D.; LANGDALE, G.W.; et al. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. J. Soil Water Conservation. 50:253-261, 1995.

SÁ, J. C. M & R. LAL. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. Soil & Tillage Research. Res., 103:46-56, 2009.

SIX, J.; Frey, S.D.; THIET, R.K. & BATTEN, K.M. Bacterial and Fungal Contributions to Carbon Sequestration in Agroecosystems. Soil Sci. Soc. Am. J., 70:555-569, 2006.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; et al. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils: effect of no-tillage. Agronomie, 22:755-775, 2002.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. Soil Sci., 33:141-163, 1982.

Tabela 2 - Média das sucessões para COT em função das classes de macroagregados e profundidades

Profundidade de Amostragem (cm)	Conteúdo de COT (g kg ⁻¹)			Estoque de COT (Mg ha ⁻¹)		
	19-8 mm	8-4 mm	4-2 mm	19-8 mm	8-4 mm	4-2 mm
0 - 2,5	23,68 aA	2,00 aB	1,25 aB	9,91 A	0,87 B	0,54 B
2,5 - 5	23,71 aA	1,69 aB	0,99 bB	9,42 A	0,71 B	0,42 B
5 - 10	19,42 bA	1,22 bB	0,66 cB	15,38 A	0,99 B	0,54 B

Tratamento com letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

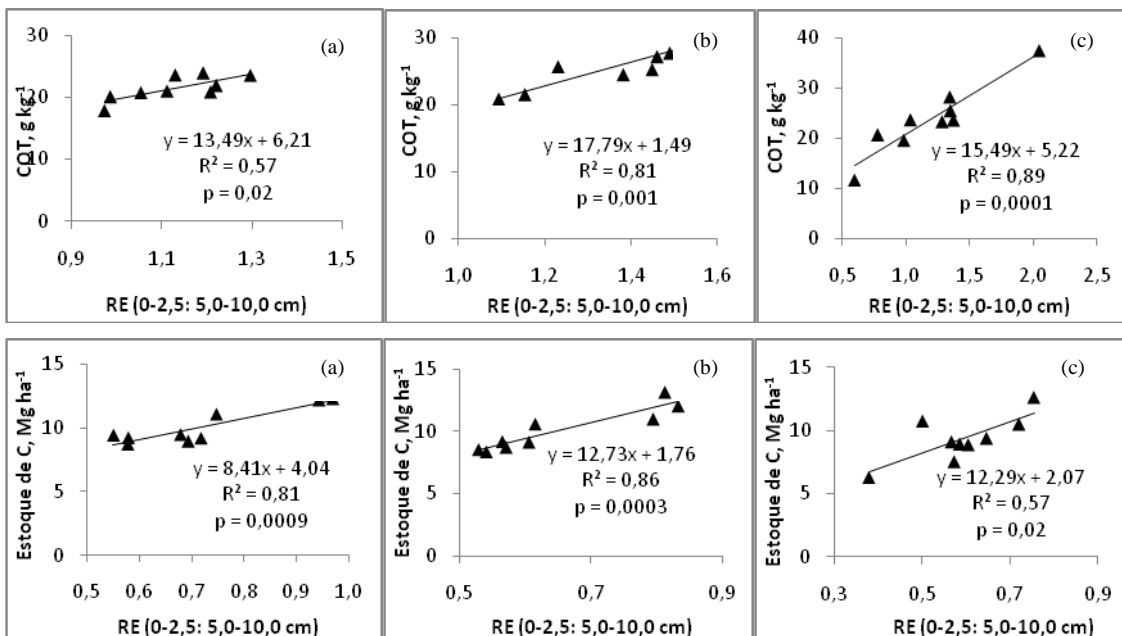


Figura 1 - Relação entre conteúdo de COT (g kg⁻¹) e estoque de COT (Mg ha⁻¹) com a relação de estratificação (RE), 0-2,5: 5-10 cm, para a classe de agregado de 19-8 mm nas sucessões com: (a) Feijão, (b) Milho e (c) Soja.



XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO

28 de julho a 2 de agosto de 2013 | Costão do Santinho Resort | Florianópolis | SC