



## Estoque de carbono em frações físicas da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo<sup>(1)</sup>

**Caroline Amadori<sup>(2)</sup>; Paulo Cesar Conceição<sup>(3)</sup>; Carlos Alberto Casali<sup>(4)</sup>; Ademir Calegari<sup>(5)</sup>; Cíntia Boeira Batista<sup>(6)</sup>; Jeferson Dieckow<sup>(7)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da CAPES, UTFPR e IAPAR.

<sup>(2)</sup> Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal do Paraná; Curitiba, Paraná; carolamadori@gmail.com; <sup>(3)</sup> Professor; Universidade Tecnológica Federal do Paraná, paulocesar@utfpr.edu.br;

<sup>(4)</sup> Professor; Universidade Tecnológica Federal do Paraná, carloscasali@utfpr.edu.br; <sup>(5)</sup> Pesquisador; Instituto Agronômico do Paraná, calegari@iapar.br; <sup>(6)</sup> Doutoranda em Agronomia; Universidade Tecnológica Federal do Paraná, cintiabbatista@gmail.com; <sup>(7)</sup> Professor; Universidade Federal do Paraná, jefersondieckow@ufpr.br.

**RESUMO:** A matéria orgânica do solo (MOS) relaciona-se com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, sendo que seu estoque é influenciado pelos manejos do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do cultivo de plantas de cobertura e de sistemas de preparo, no estoque de carbono no solo e nas frações físicas da matéria orgânica. O experimento iniciou em 1986 no IAPAR, em Pato Branco, sob um Latossolo Vermelho aluminoférrico. Os tratamentos analisados são uma combinação entre plantas de cobertura de solo [aveia preta, nabo forrageiro e pousio], e sistemas de preparo [plantio direto (PD) e preparo convencional (PC)], dispostos em parcelas subdivididas com três repetições. As amostras de solo foram coletadas em novembro de 2012 na camada de 0-5 cm. A separação das frações físicas da MOS foi realizada através do método de fracionamento densimétrico da MOS. O carbono no solo foi determinado por combustão seca e a densidade do solo através de amostras indeformadas. O cálculo do estoque de carbono foi realizado considerando as camadas analisadas. O PD obteve os maiores estoques de carbono para as frações FLL, FLO e para o carbono total em relação ao PC. O nabo obteve o maior estoque de carbono em relação ao solo cultivado com aveia e o solo mantido em pousio hibernar com relação a FLL da MOS. Pode-se concluir que os sistemas de manejo interferem no estoque de carbono das frações leves da MOS, apesar de ser a FP a mais expressiva em estoque de MOS.

**Termos de indexação:** matéria orgânica do solo; plantas de cobertura; plantio direto.

### INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS), composta predominantemente de todo o carbono (C) orgânico presente no solo, está relacionada com a maioria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e do ambiente (Roscoe & Machado, 2002). Portanto, o sistema de manejo, as condições climáticas e o tipo

de solo interferem no estoque de C do solo, pois atuam tanto nos processos de adição e perda de MOS, como na estabilização desta no solo (Zotarelli et al., 2007), que pode ocorrer por três mecanismos de proteção sendo eles, recalcitrância molecular, interação organomineral e proteção física (Sollins et al., 1996; Six et al., 2002).

A recalcitrância molecular protege a MOS através da resistência dos compostos moleculares a decomposição microbiana (Sollins et al., 1996; Bayer et al., 2006), já a interação organomineral através da forte interação da MOS com minerais (Sollins et al., 1996; Conceição, 2006), e a proteção física, pela inacessibilidade dos microrganismos a MOS oclusa nos agregados (Sollins et al., 1996; Bayer et al., 2006).

O estudo dos mecanismos de proteção da MOS pode ser realizado pelo fracionamento densimétrico da MOS, o qual se baseia na diferença de densidade entre a fração orgânica e a mineral, separando as frações leve livre (FLL), leve oclusa (FLO) e pesada (FP), através de dispersão e separação de partículas (Golchin et al., 1994; Roscoe & Machado, 2002; Conceição et al., 2008).

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do cultivo de plantas de cobertura e de sistemas de preparo do solo após 27 anos, no estoque de carbono no solo e nas frações físicas da matéria orgânica.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Caracterização do experimento

O experimento, iniciado em 1986, localiza-se na Estação Experimental do Instituto Agronômico do Paraná, em Pato Branco. A região é caracterizada pelo clima subtropical úmido do tipo Cfb (Classificação de Köppen), com precipitação média entre 1200 e 1500 mm ao ano, relevo suave ondulado, e solo classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico (Calegari, 2006).

Os tratamentos são uma combinação de diferentes plantas de coberturas de inverno e



sistemas de preparo do solo. As parcelas utilizadas neste estudo referem-se às espécies, aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), além de uma parcela com vegetação espontânea denominada de pousio. As parcelas foram conduzidas sob preparo convencional (PC), com uma aração e duas gradagens, e plantio direto (PD).

As plantas de cobertura foram controladas na fase de pleno florescimento, por meio de rolo-faca ou pela aplicação de herbicidas. No verão, implantava-se milho ou soja, semeados alternadamente, em rotação.

O delineamento experimental adotado é blocos casualizados, em esquema fatorial de parcelas subdivididas, com três repetições, sendo as espécies de inverno a parcela principal (20 x 12 m) e os sistemas de preparo do solo as subparcelas (6 x 20 m).

#### Amostras de solo

As amostras de solo foram coletadas no ano de 2012 após o manejo das plantas de cobertura, na camada de 0 a 5 cm. Blocos de solo foram coletados e, ainda no campo, desagregados cuidadosamente até toda a porção de solo passar por uma peneira de 19 mm de malha, sendo posteriormente seca ao ar em ambiente protegido.

#### Fracionamento densimétrico da matéria orgânica

O fracionamento densimétrico da MOS foi realizado, mediante metodologia descrita por Conceição et al. (2008) adaptada para o tamanho de agregados deste estudo.

Uma amostra de 10 g de solo com granulometria < 19 mm foi adicionada a um tubo de centrífuga de 100 mL juntamente com 80 mL de solução de politungstato de sódio, com densidade de  $2,0 \text{ g cm}^{-3}$ . O tubo de centrífuga foi fechado com rolha e invertido lenta e manualmente por cinco vezes, para a liberação da FLL, sem que ocorresse o rompimento dos agregados. A suspensão foi centrifugada a 1591 g por 45 min, e o sobrenadante com a FLL foi filtrado, sob vácuo, em filtro Whatman GF/C, previamente quantificado quanto a sua massa. Após, o conjunto filtro + FLL foi lavado com água destilada para remoção do excesso de PTS, seco em estufa a 50 °C por 24 h e quantificado sua massa. Para obter a FLO, a solução de PTS retornou ao tubo de centrífuga que continha o pellet, que foi suspenso novamente e submetido a dispersão com ultrassom, mediante energia de  $1212 \text{ J mL}^{-1}$ , sendo este o nível de energia de máxima

dispersão deste solo em partículas primárias. Após a dispersão, a suspensão foi novamente centrifugada a 1414 g por 60 min, e posteriormente filtrada sob vácuo para obtenção da FLO, sendo o conjunto filtro + FLO lavado com água destilada e secado em estufa a 50 °C por 24 h para determinação de sua massa.

#### Estoque de Carbono

As concentrações de C nas frações da MOS, FLL e FLO, e nas amostras de solo integral, foram determinadas pelo método de combustão seca em analisador elementar CHNS Euro Vector EA3000. O teor de C da FP foi calculado pela diferença entre o C total do solo integral (CT) e o C da FLL + FLO. A densidade do solo foi determinada através de amostras indeformadas de solo coletadas em anéis volumétricos.

Os estoques de C nas frações da MOS e no solo foram calculados por camada equivalente de solo, utilizando a fórmula:

$$E = C \times Ds \times e \times 10$$

Onde, E = estoque de C na camada de solo ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ); C = concentração de C ( $\text{g kg}^{-1}$ ); Ds = densidade do solo ( $\text{g dm}^{-3}$ ); e = espessura da camada de solo analisada (m); 10 = fator de correção de unidades.

#### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o programa computacional Assisstat.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi verificada interação significativa entre os sistemas de preparo do solo e as plantas de cobertura. No entanto, as diferenças foram encontradas dentro dos sistemas de manejo e das plantas de cobertura.

Para os preparos do solo, o PD obteve os maiores estoques de C para as frações FLL, FLO e para o CT em relação ao PC. Além disso, o PD promoveu um incremento de  $4,98 \text{ Mg ha}^{-1}$  ao estoque de carbono total do solo em relação ao PC, na camada superficial (**Tabela 1**). Esse aumento do estoque de carbono ocorre devido a deposição dos resíduos vegetais na superfície do solo em PD, contrário ao revolvimento realizado no PC, o qual distribui o carbono adicionado a superfície na camada arável (Zanatta et al., 2007; Calegari et al., 2008; Dieckow et al.; 2009).

O maior estoque de C nas frações leves da MOS (FLL e FLO) indica a influência dos sistemas de manejo nessas frações, sendo que na FLL apenas a



recalcitrância promove a proteção da MOS e na FLO além deste mecanismo de proteção, há também a oclusão, no qual os macroagregados do solo protegem a MOS em seu interior, melhorando a agregação do solo e aumentando o estoque de C no solo (Pinheiro et al., 2004; Conceição et al., 2013).

**Tabela 1** – Estoque de carbono nas frações leve livre (FLL), leve oclusa (FLO), pesada (FP), e no solo (CT), em um solo sob preparo convencional (PC), plantio direto (PD), na camada de solo de 0-5 cm.

	FLL	FLO	FP	CT
	----- Mg ha <sup>-1</sup> -----			
PC	0,79 b	1,39 b	18,59 a	20,77 b
PD	1,56 a	2,34 a	21,85 a	25,75 a
CV (%)	35,72	21,11	18,03	14,55

Médias seguidas pela mesma letra para cada fração da matéria orgânica não diferiram entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Considerando as plantas de cobertura do solo, apenas o estoque de carbono na FLL da MOS apresentou diferença entre as coberturas, sendo que o solo cultivado com nabo obteve o maior estoque de carbono em relação ao solo cultivado com aveia e o solo mantido em pousio hiberna (Tabela 2).

**Tabela 2** – Estoque de carbono nas frações leve livre (FLL), leve oclusa (FLO), pesada (FP), e no solo (CT), em um solo sob plantas de cobertura, na camada de solo de 0-5 cm.

	FLL	FLO	FP	CT
	----- Mg ha <sup>-1</sup> -----			
Aveia	0,96 b	1,82 a	21,68 a	24,46 a
Nabo	1,46 a	1,91 a	16,89 a	20,26 a
Pousio	1,11 b	1,86 a	22,09 a	25,06 a
CV (%)	11,64	17,80	26,20	25,81

Médias seguidas pela mesma letra para cada fração da matéria orgânica não diferiram entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Considerando as frações da MOS, a FP foi a mais expressiva, pois mais de 80 % do estoque de carbono total do solo está na FP, ou seja interagindo com os argilominerais e óxidos de ferro e alumínio presentes do solo (Figura 1). Esses resultados indicam a importância da interação organomineral para a proteção da matéria orgânica neste tipo de solo. Contudo, o incremento ao estoque de C promovido pelo PD, indica que os sistemas

conservacionistas podem elevar o estoque de C do solo nas frações leves da MOS, as quais são importantes para o fornecimento de nutrientes as plantas e energia aos microrganismos, formação de agregados e CTC do solo (Mielniczuk, 2008).

## CONCLUSÕES

O uso do plantio direto por 27 anos promove maior estoque de carbono no solo e nas frações leve livre e leve oclusa da matéria orgânica em relação ao preparo convencional do solo na camada de 0-5 cm.

O cultivo de nabo forrageiro aumenta o estoque de carbono na fração leve livre da matéria orgânica do solo na camada de 0-5 cm, enquanto que o cultivo de aveia não difere do solo mantido sob pousio.

Independente do sistema de preparo de solo e da espécie de planta de cobertura cultivada, a fração pesada da matéria orgânica é a que armazena o maior estoque de carbono do solo em relação as frações leve livre e leve oclusa, devido a elevada interação da matéria orgânica com as partículas minerais do solo.

## AGRADECIMENTOS

A CAPES pelo apoio financeiro mediante bolsa de mestrado.

A unidade do IAPAR de Pato Branco - PR, pelo apoio à coleta das amostras de solo.

## REFERÊNCIAS

BAYER, C. et al. C and N stocks and the role of molecular recalcitrance and organomineral interaction in stabilizing soil organic matter in a subtropical Acrisol managed under no-tillage. *Geoderma*, 133:258-268, 2006.

CALEGARI, A. et al. Impact of long-term no-tillage and cropping system management on soil organic carbon in an Oxisol: a model for sustainability. *Agronomy Journal*, 100: 1013-1019, 2008.

CALEGARI, A. Sequestro de carbono, atributos físicos e químicos em diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Argiloso do Sul do Brasil. 2006. 191f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

CONCEIÇÃO, P.C. Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). 155f. 2006 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CONCEIÇÃO, P.C. et al. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da matéria orgânica em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:541-549, 2008.

CONCEIÇÃO, P.C. et al. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. *Soil & Tillage Research*, 129:40-47, 2013.

DIECKOW, J. 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.

GOLCHIN, A. et al. Soil-structure and carbon cycling. *Australian Journal of Soil Research*, 32:1043-1068, 1994.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S.da.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.de.O. (eds). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Metrópole, 2008.

PINHEIRO, E.F.M. et al. Fracionamento densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de

manejo e cobertura vegetal em Paty do Alferes (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28: 731-737, 2004.

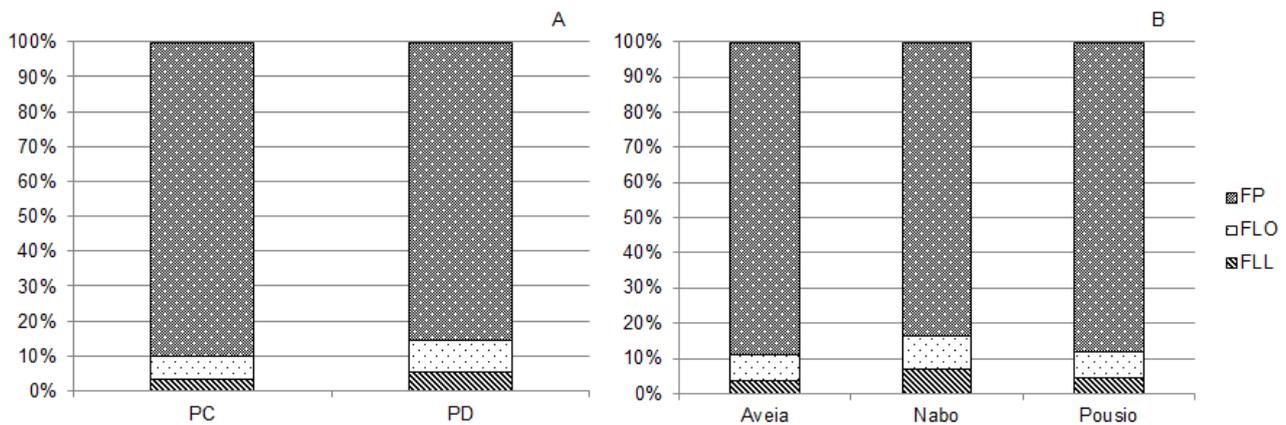
ROSCOE, R. & MACHADO, P.L.O.de.A. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.

SIX, J. et al. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soil. *Plant and Soil*, 241:155-176, 2002.

SOLLINS, P. et al. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*, 74:65-105, 1996.

ZANATTA, J.A. et al. Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. *Soil & Tillage Research*, 94:510-519, 2007.

ZOTARELLI, L. et al. Impact of tillage and crop rotation on light fraction and intra-aggregate soil organic matter in two Oxisols. *Soil & Tillage Research*, 95:196-206, 2007.



**Figura 1** – Distribuição em percentagem das frações físicas da matéria orgânica do solo, fração pesada (FP), fração leve oclusa (FLO) e fração leve livre (FLL) para os sistemas de preparo convencional (PC) e plantio direto (PD) em (A); e para as plantas de cobertura em (B).