



Sistemas de manejo afetam a proteção física da matéria orgânica do solo

Murilo Veloso-Gomes⁽¹⁾; Cimélio Bayer⁽²⁾; Fernanda Timm⁽³⁾; Adriano Vilmar Garcia⁽³⁾

⁽¹⁾ Aluno de pós-graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, RS; murilo.veloso@ufrgs.br; Professor Adjunto do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, RS; cimelio.bayer@ufrgs.br; ⁽³⁾ Acadêmicos do curso de Agronomia da UFRGS e bolsistas de iniciação científica; Porto Alegre, RS; adriwilmar@gmail.com, fernanda.timm@yahoo.com.br

RESUMO: Práticas de manejo do solo alteram o acúmulo de carbono no solo (COT). Este estudo objetiva quantificar o impacto de sistemas de manejo na proteção física do C em agregados do solo. Dois métodos de preparo, preparo convencional (PC) e plantio direto (PD), e dois de culturas, aveia/milho (A/M) e aveia+ervilhaca/milho+caupi (AV/MC), foram avaliados em experimento conduzidos há 30 anos no Sul do Brasil. Amostras intactas e moídas de macroagregados grandes (>2mm), macroagregados pequenos (2-0,25 mm) e microagregados (<0,25 mm) estáveis em água foram incubadas a 25 °C, e o fluxo de CO₂ foi medido periodicamente. A diferença entre amostras moídas e intactas representa a proteção física exercida pelos agregados sobre o COT. Os sistemas sob PD dobraram a proteção física em macroagregados grandes em relação aos microagregados, enquanto que a participação dos macroagregados grandes na proteção física da MOS em PC foi praticamente um terço dos microagregados. PD AV/MC aumentou a proteção física da MOS em macroagregados grandes, deixando de ser emitido 1258 kg C-CO₂ ha⁻¹, valor 4,6 e 3,5 vezes maior que a proteção exercida por PC A/M e PC AV/MC, respectivamente. Macro-agregados pequenos é a classe de agregados responsável pela maior proteção física de C. Os sistemas sob PD dobram a proteção física em macroagregados grandes em relação aos microagregados.

Termos de indexação: agregados do solo, sistemas de cultura, métodos de preparo.

INTRODUÇÃO

A concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera tem aumentado de forma constante por causa de atividades antrópicas (IPCC, 2014). Os solos podem ser uma fonte ou dreno para os GEE na atmosfera, dependendo do uso e práticas de manejo utilizadas (Lal & Kimble, 1997). Preparo convencional, além de aumentar a aeração do solo, rompe agregados do solo e expõe o COT protegido fisicamente à decomposição microbiana (Balesdent et al., 2000), diminuindo teor de COT e estabilidade dos agregados. Por outro lado, cultivos

conservacionistas, como o plantio direto (PD), têm a capacidade de sequestrar C e N no solo (Denef et al., 2004; Lal & Kimble, 1997), por aumentar a agregação do solo diminuindo a mineralização do COT.

Estes processos de armazenamento de COT em agregados do solo ocorrem principalmente em solos onde este elemento é considerado importante agente de ligação, que estabiliza os agregados do solo (Tisdall & Oades, 1982). Uma estreita relação entre COT e estabilidade de agregados foi estabelecida para solos temperadas e tropicais (Six et al., 2002b). Em solos tropicais, óxidos e argilas 1:1 também podem influenciar a estabilidade dos agregados pela interação mineral (Zotarelli et al., 2005); no entanto, o mecanismo de proteção física do COT dentro de agregados é pouco compreendida.

Os objetivos deste estudo são compreender e quantificar o impacto de sistemas de manejo na proteção física do C em agregados do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS (EEA), no município de Eldorado do Sul – RS, cujas coordenadas são 30°06'S e 51°40'W. O clima é do tipo Cfa (Köppen), e o solo do experimento é classificado como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura franco-argilosa (220 g kg⁻¹ de argila), derivado de granito. Dois sistemas de preparo do solo foram avaliados: preparo convencional (PC) e plantio direto (PD). Cada sistema de preparo é composto por três sistemas de culturas: aveia (*Avena strigosa*)/milho (*Zea mays*) (A/M), ervilhaca (*Vicia sativa*)/milho (V/M) e aveia + ervilhaca/ milho + caupi (*Vigna unguiculata*) (AV/MC).

Amostras indeformadas de solo, da camada de 0-5 cm, foram coletadas, e na condição friável, foram manualmente rompidas nos planos de fraqueza até toda a amostra passar em malha de 9,72 mm. Para compor a amostra de solo, proporções de agregados maior e menor que 2 mm de cada amostra foram considerados. A análise da estabilidade dos agregados em água foi feita, segundo Carpenedo & Mielniczuk (1980). As amostras foram dispostas em conjunto de peneiras de 4,76; 2,00; 0,50; 0,25; 0,053 mm. O material que



passou na última peneira foi floculado com Alúmen de potássio 5 g L^{-1} . Os agregados retidos nas peneiras de 4,76 e 2 mm foram reunidos, bem como os agregados retidos nas peneiras de 0,5 e 0,250 mm e fundo, formando os macroagregados grandes ($>2\text{mm}$), macroagregados pequenos (2-0,25mm) e microagregados ($<0,25 \text{ mm}$).

Dois procedimentos foram feitos em cada classe de agregados: agregados moídos em gral de ágata (eliminando a proteção física exercida pelos agregados) e agregados mantido intactos. Quatro gramas de amostras moídas e intactas foram colocadas em frascos de 23 mL com tampas e, incubados a $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Neste teste foram considerados quatro sistemas de manejo mais contrastantes: PC A/M, PC AV/MC, PD A/M, e PD AV/MC. O delineamento experimental foi DIC fatorial de $4 \times 3 \times 2$ (4 sistemas de manejo, 3 classes de agregados, 2 procedimentos). O CO_2 foi avaliado nas amostras de ar coletadas entre o dia 27/01/15 e 13/04/15, no laboratório de Biogeoquímica Ambiental da UFRGS, em equipamento Shimadzu GC 2014 modelo "Greenhouse" equipado com detector de ionização de chama (FID). Integrando-se os resultados de taxa de emissão obtidos ao longo do período de avaliação, a emissão acumulada de CO_2 por massa da classe de agregado avaliada nesse período foi obtida. Pela diferença entre a emissão de CO_2 das amostras intactas e as moídas foi obtida a quantidade de carbono estabilizado pela proteção física exercida pelos agregados do solo.

Após verificado a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, estes foram submetidos à análise de variância, e a diferença entre médias avaliada pelo teste Tukey a 5% de significância. As análises foram feitas no programa estatístico SAS 9.4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição dos agregados na camada de 0-5 cm ocorreu preferencialmente na classe dos macroagregados pequenos do que em macroagregados grandes e microagregados. O PD aumentou a proporção de macroagregados grandes (2,5 vezes) e diminuiu a de macroagregados pequenos (1,2 vezes) e microagregados (1,5 vezes) comparativamente ao PC. Apesar dos sistemas de culturas não influenciarem estatisticamente a proporção das diferentes classes de agregados, nota-se claramente a tendência do sistema AV/MC sob PD aumentar em 37% a proporção de macroagregados grandes em relação aos sistemas

A/M e V/M.

A fragmentação de agregados é induzida direta ou indiretamente pelas operações utilizadas em PC. O preparo do solo em PC, utilizando arado e grade, causa o rompimento dos agregados do solo, além de acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica do solo, grande responsável pela agregação do solo. Isto faz com que o "turnover", principalmente de macroagregados em PC seja maior que em PD, onde não há revolvimento do solo (Six et al., 2000). A conservação dos macroagregados é muito importante para o acúmulo de carbono e a qualidade do solo, visto dentro destes, além da proteção física do C ocorre a formação de microagregados (Angers et al., 1997).

A diferença na emissão de CO_2 , entre amostras intactas e moídas (28%), representa a proteção física exercida pelos agregados sobre a MOS. Ao considerarmos a proporção de macroagregados grandes e pequenos e microagregados na camada de 0-5 cm, notamos a diferença sobre a proteção física da MOS exercida por essas classes sob os diferentes sistemas de manejo do solo. Os sistemas sob PD dobraram a proteção física em macroagregados grandes em relação aos microagregados, enquanto que a participação dos macroagregados grandes na proteção física da MOS em PC foi praticamente um terço dos microagregados.

PD AV/MC aumentou a proteção física da MOS em macroagregados grandes, deixando de ser emitido $1258 \text{ kg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1}$, valor 4,6 e 3,5 vezes maior que a proteção exercida por PC A/M e PC AV/MC, respectivamente. A maior proteção física do C exercida pelos macroagregados é devido às suas estruturas complexas e diversificadas, possibilitando maior retenção de matéria e energia comparada aos agregados menores (Vezzani & Mielniczuk, 2008). A formação de micro dentro de macroagregados (Angers et al., 1997) indica a complexidade dessa estrutura, mostrando formas diversas de proteção do C pelos agregados, ocorrendo, em maior proporção, interações organominerais em micro e proteção física em macroagregados. Esse conjunto de fatores explica a maior capacidade de acumular carbono em macroagregados (Six et al., 2000). Assim, sistemas de manejo que favoreçam maior formação e menor turnover de macroagregados terão maior potencial de sequestro de C pelo solo.

Por outro lado, o PD A/V e PD AV/MC diminui pela metade a proteção física exercida por microagregados comparado a PC A/M e PC AV/MC,



respectivamente. Somando a proteção física da MOS das três classes de agregados, os sistemas com leguminosas (PC e PD AV/MC) tiveram maior acúmulo de C. A maior contribuição para o acúmulo de carbono em solo não revolvido sob sistemas com leguminosas e alto aporte de resíduos, reflete a quantidade de C protegido fisicamente nesses sistemas. Sistemas de culturas com leguminosas, ao fornecerem N ao solo durante sua decomposição, aumentam o suprimento para gramíneas, o que contribui para a maior adição de C via biomassa ao solo (Mielniczuk et al., 2003).

Tabela 1 – Proteção física exercida por macroagregados grandes (MA), macroagregados pequenos (MP) e microagregados sobre o COT em Argissolo submetido a Plantio Direto (PD) e Preparo Convencional (PC) em combinação com dois sistemas de cultivo: aveia/milho (A/M) e aveia+ervilhaca/milho+caupi (AV/MC). Letras diferentes indicam diferença pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, dentro de classe de agregado.

Classe	Sistema de manejo			
	PC		PD	
	A/V	AV/MC	A/V	AV/MC
MA	274,0 c	355,5 bc	692,0 ab	1258,2 a
MP	1157,4 a	1864,9 a	637,9 a	1760,4 a
Micro	621,7 a	1029,5 a	361,4 a	581,3 a
	2053,1 b	3249,9 a	1691,3 b	3599,9 a

CONCLUSÕES

Macro-agregados pequenos é a classe de agregados responsável pela maior proteção física de COT.

Os sistemas sob PD dobram a proteção física em macroagregados grandes em relação aos microagregados, enquanto que em PC, macroagregados pequenos e microagregados são os principais responsáveis por essa proteção. Sistemas de culturas com alto aporte de resíduos e leguminosas na rotação contribuem para maior proteção física do COT em relação a sistemas apenas com gramíneas.

A estabilização do COT em macroagregados pode determinar o potencial de sequestro de carbono no solo em sistemas conservacionistas. Cabe avaliar se essa proteção ocorre em macroagregado ou em microagregados que se formam dentro de macroagregados.

REFERÊNCIAS

ANGERS, D. A.; RECOUS, S.; AITA, C. Fate of carbon and nitrogen in water-stable aggregates during decomposition of (CN)-C-13-N-15-labelled wheat straw in situ. *European Journal of Soil Science*. 48:295-300, 1997.

BALESDENT, J.; CHENU, C. & BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil Tillage and Research*, 53:215–230, 2000.

BANDYOPADHYAY, K. K. & LAL, R. Effect of land use management on greenhouse gas emissions from water stable aggregates. *Geoderma*, 232–234:363–372, 2014.

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 14, 99–105, 1990.

DENEF, K.; SIX, J.; MERCKX, R. & PAUSTIAN, K. Carbon sequestration in micro-aggregates of no-tillage soils with different clay mineralogy. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68, 1935–1944, 2004.

IPCC. 2014. Climate Change 2014. Synthesis report. Disponível em: < http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_SPMcorr2.pdf>. Acesso em: 25/02/15.

LAL, R. & KIMBLE, J. M. Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 49:243–253, 1997.

SIX, J.; ELLIOTT, E. T. & PAUSTIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology & Biochemistry*, 32:2099-2103, 2000.

TISDALL, J. M. & OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33:141–163, 1982.

ZOTARELLI, L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; TORRES, E.; DOS SANTOS, H.P.; PAUSTIAN, K.; BODDEY, R. M. & SIX, J. Impact of tillage and crop rotation on aggregate-associated carbon in two Oxisols. *Soil Science Society of American Journal*, 69:482–491, 2005.

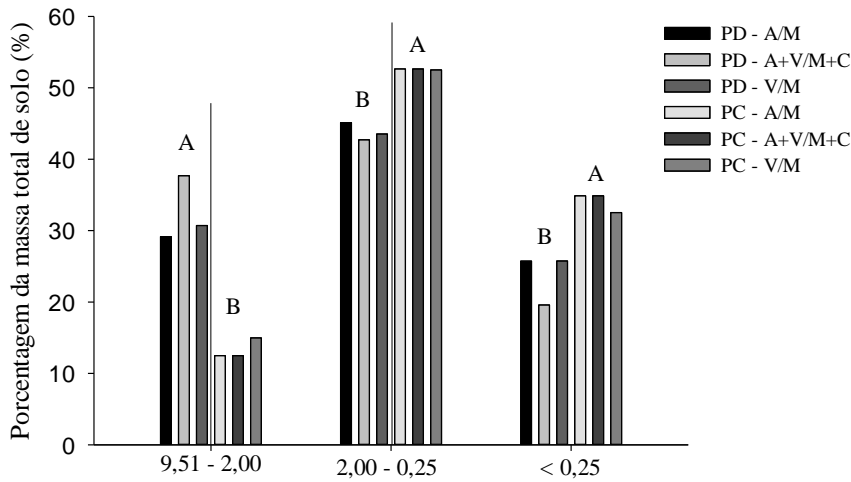


Figura 1 – Porcentagem de agregados estáveis em água de um Argissolo submetido a Plantio Direto (PD) e Preparo Convencional (PC) em combinação com três sistemas de cultivo: aveia/milho (A/M), aveia+ervilhaca/milho+caupi (AV/MC) e ervilhaca/milho (V/M). Letras diferentes indicam diferença pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, entre sistemas de preparo do solo, dentro de classe de agregados.

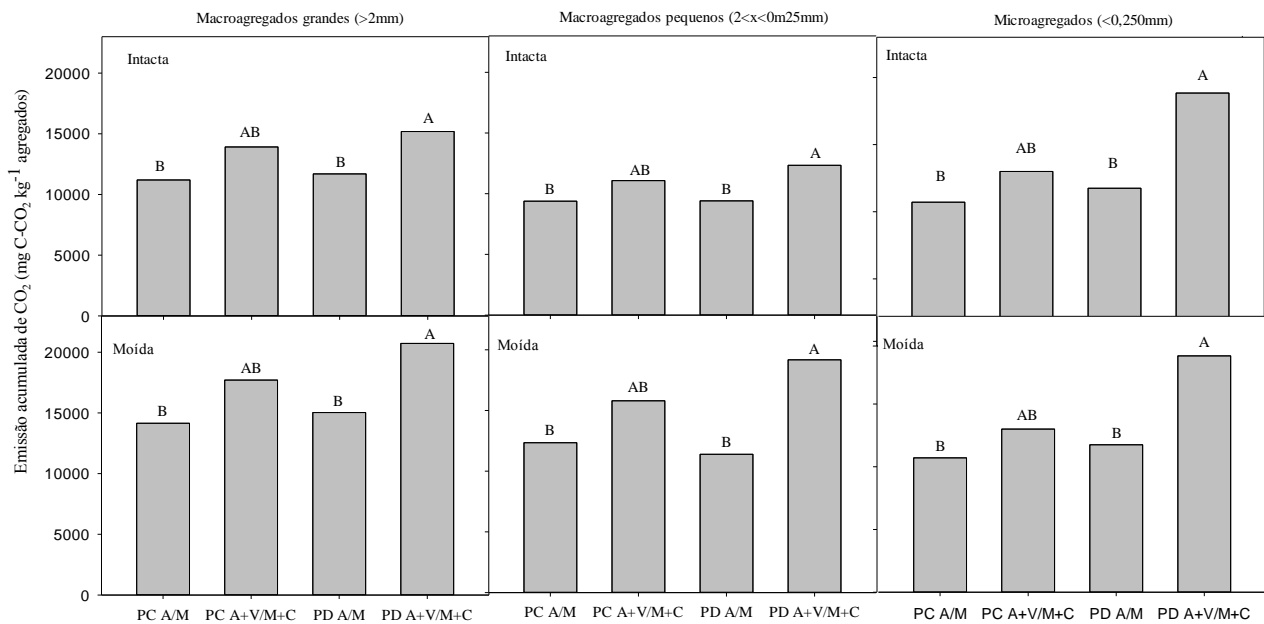


Figura 2 – Emissão acumulada de CO₂, entre os dias 27/01/15 e 13/04/15, a partir de macroagregados grandes, macroagregados pequenos e microagregados de um Argissolo submetido a Plantio Direto (PD) e Preparo Convencional (PC) em combinação com dois sistemas de cultivo: aveia/milho (A/M) e aveia+ervilhaca/milho+caupi (AV/MC). Letras diferentes indicam diferença pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, dentro de classe de agregados.