



NOTA CIENTÍFICA

Marcelo Silverio¹
Fabiane Machado Vezzani^{2*}
Jeferson Dieckow²
Julio Carlos Bittencourt Veiga Silva³

¹Primux Soluções Ambientais, Pinhais, PR, Brasil

²Universidade Federal do Paraná – UFPR,
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola,
Rua dos Funcionários, 1540, Juvevê, 80035-050,
Curitiba, PR, Brasil

³Instituto Paranaense de Assistência Técnica e
Extensão Rural, Rua da Bandeira, 500, Cabral,
80035-270, Curitiba, PR, Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: vezzani@ufpr.br

PALAVRAS-CHAVE

Densidade de raízes
Estabilidade de agregados
Preparo do solo
Riqueza de espécies cultivadas

KEYWORDS

Root density
Mean weight wet diameter
Soil tillage
Crop richness

Dinâmica de agregação do solo em sistemas orgânicos mono e policultivados com culturas de milho, feijão e abóbora

Dynamics of soil aggregation in mono- and poly-cultivating organic systems with maize, black bean, and pumpkin crops

RESUMO: Foi estudada a capacidade das plantas de milho, feijão e abóbora, em monocultivos e policultivos com duas e três espécies, em recuperar a macroagregação do solo após preparo convencional em sistemas orgânicos de produção. A distribuição dos agregados estáveis em água nas classes de diâmetro 8-4; 4-2; 2-0,25; < 0,25 mm, e o diâmetro médio ponderado úmido (DMPu), na camada de 0,00-0,10 m, foram avaliados em três épocas: t1) antes do preparo convencional do solo; t2) após o preparo, e t3) no final do ciclo das culturas. A dinâmica de agregação no tempo evidenciou o efeito negativo do preparo do solo com o rompimento dos macroagregados em todos os tratamentos, diminuindo o DMPu de 2,44 mm antes do preparo para 2,14 depois deste, mesmo sem ocorrer alteração no teor de carbono; observou-se o efeito positivo da ação das plantas na recuperação da agregação, durante o ciclo de 94 dias, quando o DMPu aumentou para 2,48 mm.

ABSTRACT: *In this study, we analyzed the ability of plants of maize, beans, and pumpkin, in mono and polycultures with two and three species, to recover soil macroaggregation after conventional tillage in organic production systems. We assessed the distribution of water stable aggregates in diameter classes of 8-4, 4-2, 2-0.25, < 0.25 mm and the mean weight wet diameter (MWDw) of the 0.00-0.10 m layer at three times: t1) before conventional tillage; t2) after tillage, and t3) at the end of the cropping cycle. The dynamics of soil aggregation over time showed the negative effect of tillage, which disrupted the macroaggregates in all treatments (MWDw of 2.44 before and 2.14 mm after tillage) even without C content variation; and it also showed the positive effect of the action of plants during the 94-day cropping cycle in recovering the MWDw, increasing it to 2.48 mm after soil tillage.*

1 Introdução

A dinâmica de agregação do solo depende das características intrínsecas do solo e da atividade dos agentes ligantes (TISDALL; OADES, 1982), cuja ação é afetada pelas práticas de manejo agrícola (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011). Segundo a teoria proposta por Tisdall e Oades (1982), os agregados são formados num processo hierárquico. Polissacarídeos e substâncias húmicas atuam na formação de microagregados, com diâmetro de até 0,25 mm (VERCHOT et al., 2011). As raízes em crescimento e hifas de fungos rizosféricos atuam na formação de macroagregados, com diâmetro > 0,25 mm (WILSON et al., 2009; BRANDÃO; SILVA, 2012). A diversidade vegetal influencia diretamente neste processo (BEARE et al., 1995), potencializando a formação de macroagregados durante o desenvolvimento das culturas (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011) em virtude da complexidade das relações ecológicas entre os sistemas radiculares de diferentes espécies vegetais (SEMCHENKO; JOHN; HUTCHINGS, 2007). Porém, em sua grande maioria, os sistemas agrícolas são monocultivados e, associado a isto, os sistemas orgânicos têm o revolvimento do solo como prática comum, com a finalidade de controlar as plantas espontâneas, o que destrói os macroagregados (LOSS et al., 2009; COSTA JUNIOR et al., 2012; KIHARA et al., 2012; QIU et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi estudar a dinâmica de agregação durante um ciclo de culturas em sistemas orgânicos com diferentes espécies vegetais, além de avaliar a capacidade das plantas em recuperar a macroagregação do solo, em uma estação de crescimento, após preparo convencional.

2 Material e Métodos

O estudo ocorreu a campo na região metropolitana de Curitiba-PR sobre um Gleissolo Melânico de textura muito argilosa (186, 202 e 612 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente, na camada de 0,00-0,15 m), nas coordenadas geográficas 25° 25' S, 49° 08' W e altitude de 930 m, com temperaturas médias anuais entre 17 e 20 °C, e pluviosidade anual média de 1.200 mm. Entre 1997 e 2006, a área foi cultivada com hortaliças e adubos verdes em sistema orgânico, com revolvimento intenso do solo. O experimento foi instalado em outubro de 2006, com o solo apresentando na camada de 0,00-0,15 m: 6,3 pH CaCl₂; 0,0 cmol_c dm⁻³ de Al⁺³; 3,2 cmol_c dm⁻³ de H⁺+Al⁺³; 12,6 cmol_c dm⁻³ de Ca; 6,5 cmol_c dm⁻³ de Mg; 469,2 mg dm⁻³ de K; 82,3 mg dm⁻³ de P; 23,6 cmol_c dm⁻³ de CTC; 61,5 g dm⁻³ de C.

O delineamento experimental foi composto por cinco tratamentos distribuídos em blocos ao acaso, com três repetições, que constituíram os seguintes sistemas de culturas: monocultivos de milho (*Zea mays*) [M]; de feijão (*Phaseolus vulgaris*) [F]; de abóbora (*Cucurbita maxima*) [A]; policultivos com duas espécies (milho+feijão) [MF], e com três espécies (milho+feijão+abóbora) [MFA]. Nos monocultivos, o espaçamento entre linhas foi de 0,90 m para o milho, 0,45 m para o feijão e 3,0 m para a abóbora. Nos policultivos (MF e MFA), a disposição seguiu duas linhas de feijão para uma linha de milho, sendo o espaçamento entre linhas de 0,45 m para o feijão e de 1,35 m para o milho. No policultivo MFA, o espaçamento para a abóbora foi de 3,0 × 3,0 m. Não

houve aplicação de fertilizantes e agrotóxicos, e o solo foi preparado no sistema convencional, através de uma aração e três gradagens, antes da implantação das culturas de verão. No período de inverno, a área foi cultivada com aveia preta (*Avena strigosa*), em 2007, sendo mantida em pousio, em 2008 e 2009. No ciclo estudado, a última gradagem do solo havia sido realizada em 22/out./2009 e a semeadura das culturas deu-se oito dias depois. O campo nativo (CN), em três pontos de uma área adjacente, sem a interferência antrópica havia pelo menos 30 anos, também foi estudado como referência da condição original do ecossistema nativo.

Foi avaliada a distribuição dos agregados em classes de diâmetro e o diâmetro médio ponderado foi obtido por via úmida (DMPu), em três épocas: (t1) um mês antes do preparo convencional do solo; (t2) um dia após o preparo convencional do solo; e (t3) no final do ciclo das culturas milho, feijão e abóbora, com 94 dias após a semeadura. Em cada época, amostras indeformadas de solo foram coletadas na camada de 0,00-0,10 m, em dois pontos por parcela. As amostras foram destorroadas sobre peneira de malha 8 mm, respeitando os planos de fraqueza, e secas ao ar e na sombra. A proporção dos agregados em classes de diâmetro foi obtida após três procedimentos. O primeiro procedimento consistiu no peneiramento manual de uma amostra dos agregados secos ao ar, utilizando um conjunto de peneiras com abertura de malhas de 4; 2; 1; 0,50 e 0,25 mm, obtendo-se a proporção de agregados secos nas classes de diâmetro de 8-4; 4-2; 2-1; 1-0,50; 0,50-0,25 e < 0,25 mm. O segundo procedimento consistiu no peneiramento úmido de uma amostra de 50 g de agregados composta por subamostras ponderadas pela proporção de cada classe obtida no primeiro procedimento. As subamostras, após serem umedecidas separadamente por capilaridade por 12 h, foram colocadas nas suas respectivas malhas no conjunto de peneiras; procedeu-se então ao peneiramento úmido durante 20 min em aparelho do tipo Yoder, com 36 oscilações por minuto e amplitude de 25 mm. Os agregados retidos em cada peneira foram secos em estufa a 105 °C por 24 h. O terceiro procedimento consistiu em recompor a amostra no conjunto de peneiras com as classes de agregados separados no peneiramento em água, e, novamente, procedeu-se ao peneiramento manual, para obtenção da massa de agregados em cada classe. A classe de agregados com tamanho < 0,25 mm foi obtida por diferença. A massa de agregados de cada classe, obtida após os três procedimentos, foi utilizada para o cálculo do DMPu, por meio da Equação 1:

$$DMPu = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i) \quad (1)$$

Em que:

- x_i = diâmetro médio da classe;
- w_i = proporção de cada classe em relação ao total.

O carbono orgânico total e o nitrogênio total do solo foram determinados nas amostras coletadas na camada de 0,00-0,10 m logo após o preparo convencional do solo (t2) e ao final do ciclo das culturas (t3), por meio de combustão a seco (975 °C), em analisador Vario El III CHNOS Elemental Analyzer.

As raízes e a parte aérea foram amostradas por cultura, sendo que para o feijão e para o milho, a amostragem foi realizada no florescimento pleno dessas culturas; para a abóbora, essa amostragem foi feita quando houve a ocorrência

de pelo menos um fruto maduro em 50% das parcelas. Foram coletadas duas amostras de raízes por parcela, nas entrelinhas da cultura amostrada, a 12 cm da linha. Utilizou-se um anel de metal com 0,10 m de diâmetro interno e 0,10 m de altura. Cada cilindro de solo contendo raízes foi imerso por 24 h em um litro de solução de $\text{Na}_{16}\text{P}_{14}\text{O}_3$ (calgon) $1 \text{ mol L}^{-1} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 1 mol L^{-1} , para dispersão do solo. Após esse período, as raízes foram lavadas em água corrente e secas em estufa a 60°C para determinação da massa seca, obtendo-se a densidade de raízes. Para a determinação da massa seca da parte aérea do milho e do feijão, foram coletadas plantas em segmentos de 1,0 m linear de duas linhas (2 m no total). Para a abóbora, foi coletada a matéria vegetal contida em uma área de 3 m^2 . O material coletado foi seco em estufa a 60°C para determinação da massa seca por área, considerando-se a área ocupada por cada cultura.

Os dados foram corrigidos quanto à normalidade e submetidos à análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,10$) com auxílio do software R. A variável ‘tempo’ foi analisada como subparcela e o Campo Nativo foi utilizado como referência, não sendo incluído nas análises estatísticas.

3 Resultados e Discussão

A distribuição dos agregados em classes de diâmetro e o diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água (DMPu) não diferiram entre os sistemas orgânicos de culturas (valores de $p > F$ para as classes, em média, foi de 0,60 e, para o DMPu, 0,37), mas variaram entre as épocas amostradas (valores de $p > F$ para as classes, em média, foi de 0,0015 e, para o DMPu, 0,0009). Em função disso, os sistemas de culturas foram agrupados para análise da dinâmica de agregação no tempo.

Todas as classes de diâmetro de agregados foram afetadas pelo revolvimento do solo (Figura 1). Os macroagregados com diâmetro entre 8 e 2 mm foram parcialmente destruídos pelo preparo convencional, aumentando a proporção de macroagregados com diâmetro entre 2-0,25 mm e de microagregados (diâmetro $< 0,25 \text{ mm}$), entre os tempos t1 e t2 (Figura 1). Esses dados concordam com os obtidos por Loss et al. (2009), que observaram a maior proporção de agregados com diâmetro $< 2 \text{ mm}$ em Argissolo Vermelho-Amarelo sob preparo convencional em relação ao plantio direto cultivado em rotação de feijão e milho, respectivamente, por oito anos, em clima tropical do Rio de Janeiro. Kihara et al. (2012) também encontraram maior proporção de agregados com diâmetro $< 2 \text{ mm}$ em sistemas cultivados com milho e soja por cinco anos em preparo convencional comparado a preparo reduzido em solo oxidado, no ambiente subúmido do oeste do Quênia.

O efeito do revolvimento do solo do presente estudo refletiu no DMPu, que decresceu entre as coletas realizadas nos tempos t1 e t2, respectivamente, antes e depois do preparo convencional do solo (Figura 1). Esse efeito negativo do revolvimento sobre o DMPu também foi observado por Bhattacharyya et al. (2009), quando compararam sistemas de rotação de culturas com soja, trigo, lentilha e ervilha conduzidos por quatro anos, em preparo convencional e plantio direto, na camada de 0 a 15 cm, na região subtropical da Índia. Da mesma forma, Costa

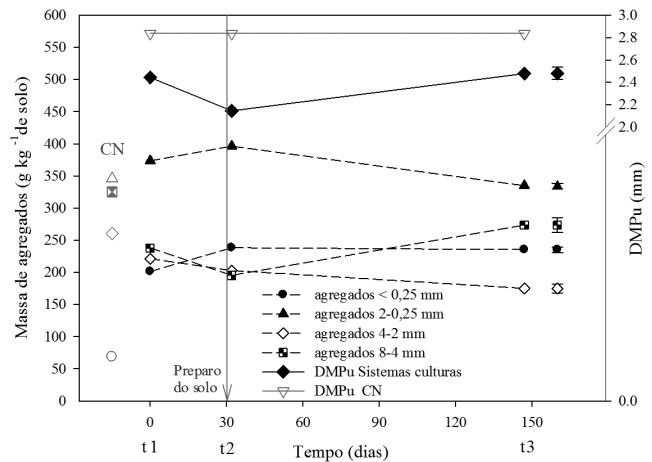


Figura 1. Massa de agregados por classes de diâmetro de um Gleissolo Melânico sob sistemas orgânicos de culturas e diâmetro médio ponderado de agregados por peneiramento via úmida (DMPu), no tempo, na camada de 0,00-0,10 m, e dados do mesmo solo sob campo nativo (símbolos cinza). Tempo: (t1) antes do preparo convencional do solo; (t2) após o preparo convencional do solo; (t3) final do ciclo das culturas, 94 dias após a semeadura. CN = campo nativo, sistema referência. Médias de cinco tratamentos e três repetições. Barras verticais representam a diferença mínima significativa (DMS) para cada classe de diâmetro de agregados e DMPu no tempo pelo Teste de Tukey ($p < 0,10$), exceto classe agregados 4-2 mm em que $p > 0,10$. Coeficiente de variação classes de agregados: 8-4 mm = 43%; 4-2 mm = 30%; 2-0,25 mm = 28%; $< 0,25 \text{ mm}$ = 22%; coeficiente de variação DMPu = 28%.

Junior et al. (2012), no clima tropical de Goiás, concluíram que o DMPu de sistema em preparo convencional de soja e milho em rotação, por 29 anos, foi 60% menor em relação ao plantio direto de soja sucedida por milho ou sorgo, por 15 anos, em um Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa. Fuentes et al. (2012), nas condições subtropicais das terras altas do semiárido do México Central, em solo franco siltoso, determinaram menor DMPu (1,2 mm) em sistemas com 16 anos de monocultivo de trigo em preparo convencional, em relação ao mesmo sistema em plantio direto (1,8 mm).

Ao comparar, no tempo, as classes de diâmetro de agregados e o DMPu dos sistemas cultivados com o sistema referência Campo Nativo (Figura 1), observa-se que os sistemas cultivados estão organizados em outro patamar de agregação, principalmente nas duas classes de diâmetro extremas (8-4 e $< 0,25 \text{ mm}$).

Todos os sistemas de culturas com diferentes riquezas vegetais interferiram positivamente na agregação, com aumento significativo da proporção dos agregados da classe de diâmetro de 8-4 mm durante os 94 dias de desenvolvimento das culturas, refletindo no aumento do DMPu entre t2 e t3 (Figura 1). O aumento proporcional da massa de agregados desta classe deu-se pela união das classes de agregados com diâmetro $< 2 \text{ mm}$, especialmente da classe de 2-0,25 mm, que decresceu significativamente neste mesmo período. Esses resultados concordam com os obtidos por Verchot et al. (2011), no clima subúmido do oeste do Quênia em solo de textura argiloarenosa, que observaram a incorporação dos agregados $< 0,053 \text{ mm}$ aos agregados $> 0,212 \text{ mm}$ após o

Tabela 1. Densidade de raízes e matéria seca da parte aérea das culturas em monocultivo de milho (M), feijão (F) e abóbora (A), e policultivo com duas espécies (MF) e com três espécies (MFA) sobre Gleissolo Melânico.

Cultura	Monocultivo	Policultivo		CV	DMS
		MF	MFA		
Densidade de raízes ($p > 0,05$)					
		g dm ⁻³		%	g dm ⁻³
Milho (M)	0,85	0,65	0,46	54	0,66
Feijão (F)	0,44	0,65	0,54	69	0,60
Abóbora (A)	0,62	-	0,56	67	0,45
Matéria seca parte aérea ($p > 0,05$)					
		kg ha ⁻¹		%	kg ha ⁻¹
Milho (M)	3.983	3.006	2.792	20	1.120
Feijão (F)	817	865	614	55	343
Abóbora (A)	346	-	231	48	411

Coefficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) pelo Teste de Tukey ($p < 0,10$). Dados são médias de três repetições.

Tabela 2. Carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) do solo nos sistemas estudados e no campo nativo (CN), sistema referência, sobre Gleissolo Melânico. Médias de dois tempos (t2 e t3) e três repetições.

	Monocultivo ¹			Policultivo		CN
	M	F	A	MF	MFA	
COT (g kg ⁻¹)	48,8	48,1	47,7	47,8	47,1	52,0
NT (g kg ⁻¹)	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,8

¹M: milho; F: feijão; A: abóbora; MF: milho+feijão; MFA: milho+feijão+abóbora. Coeficiente de variação para COT: 1,4% e para NT: 0,3%; diferença mínima significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,10$) para COT: 0,63 g kg⁻¹ e para NT: 0,06 g kg⁻¹.

cultivo de culturas em sistema agroflorestal, por sete anos. A formação de macroagregados no solo sob cultivo é atribuído à união de microagregados e de partículas orgânicas e minerais, promovida pelas raízes das plantas cultivadas durante seu crescimento e aos fungos rizosféricos, conforme o conceito de hierarquia de agregados proposto por Tisdall e Oades (1982) e observado por Salton et al. (2008); Garcia e Rosolem (2010); Vezzani e Mielniczuk (2011), e Brandão e Silva (2012), em solos e sistemas agrícolas, pastoris e nativos, das Regiões Centro-Oeste, Sudeste, Sul e Nordeste do Brasil. Os dados entre t2 e t3 (Figura 1) evidenciam a ação das raízes das plantas cultivadas durante o período de 94 dias na formação dos macroagregados logo após o preparo convencional, destacando a contribuição fundamental deste agente ligante tanto no entrelaçamento mecânico como no estímulo à população microbiana, especialmente os fungos rizosféricos que, juntamente com as raízes, são os principais agentes de formação de estruturas maiores e mais complexas no solo.

Porém, os sistemas de culturas foram equivalentes em recompor a agregação do solo após o preparo. Este resultado pode ser explicado pela densidade de raízes (DR) de cada cultura, que não diferiu estatisticamente quando cultivadas em mono ou policultivos (Tabela 1). Na avaliação da matéria seca da parte aérea das culturas, também não foi observada diferença significativa quando as culturas foram cultivadas em mono ou policultivos com duas ou três espécies (Tabela 1). Os teores de carbono orgânico total do solo (COT) e nitrogênio total do solo (NT) confirmaram que os sistemas de culturas estudados estão em condições equivalentes (Tabela 2).

A maior riqueza de plantas nos policultivos utilizados neste estudo pode não ter oferecido maior aporte quantitativo de carbono, quando comparado ao monocultivo, mas certamente aumentou a diversidade da constituição do material orgânico depositado sobre o solo e das relações ecológicas entre as raízes e o solo (BEARE et al., 1995), trazendo benefícios para o sistema. O aumento da diversidade da comunidade vegetal promovido pelos policultivos MF e MFA interfere positivamente em todos os nichos ecológicos que ocorrem no solo pela influência que as plantas exercem sobre os componentes do solo e suas complexas interações (SEMCHENKO; JOHN; HUTCHINGS, 2007; VEZZANI; MIELNICZUK, 2011), potencializando os ciclos biológicos no sistema produtivo.

4 Conclusões

A dinâmica de agregação do solo em sistema orgânico de produção agrícola evidenciou que o preparo convencional foi determinante para conduzir a massa de agregados para as classes de tamanho menor.

As raízes das plantas durante um ciclo de 94 dias auxiliaram na recuperação dos macroagregados do solo após preparo convencional, independentemente da riqueza de espécies vegetais cultivadas.

Referências

BHATTACHARYYA, R.; PRAKASH, V.; KUNDU, S.; SRIVASTVA, A. K.; GUPTA, H. S. Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas under different tillage and crop

regimes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 132, p. 126-134, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2009.03.007>

BEARE, M. H.; COLEMAN, D. C.; CROSSLEY JUNIOR, D. A.; HENDRIX, P. F.; ODUM, E. P. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. *Plant and Soil*, v. 170, p. 5-22, 1995. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02183051>

BRANDÃO, E. D.; SILVA, I. F. Formação e estabilização de agregados pelo sistema radicular de braquiária em um Nitossolo Vermelho. *Ciência Rural*, v. 42, p. 1193-1199, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000700009>

COSTA JUNIOR, C.; PICCOLO, M. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P. B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no Bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 1311-1321, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000400025>

FUENTES, M.; HIDALGO, C.; ETCHEVERS, J.; DE LEON, F.; GUERRERO, A.; DENDOOVEN, L.; VERHULST, N.; GOVAERTS, B. Conservation agriculture increased organic carbon in the top-soil macro-aggregates and reduced soil CO₂ emissions. *Plant and Soil*, v. 355, p. 183-197, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-011-1092-4>

GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, p. 1489-1498, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010001200021>

KIHARA, J.; MARTIUS, C.; BATIONO, A.; THUITA, M.; LESUEUR, D.; HERRMANN, L.; AMELUNG, W.; VLEK, P. L. G. Soil aggregation and total diversity of bacteria and fungi in various tillage systems of sub-humid and semi-arid Kenya. *Applied Soil Ecology*, v. 58, p. 12-20, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.03.004>

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SHULTZ, N.; FERREIRA, E. P.; SILVA, E. M. R.; BEUTLER, S. J. Distribuição dos agregados e carbono orgânico influenciados por manejos agroecológicos. *Acta*

Scientiarum Agronomy, v. 31, p. 523-528, 2009. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagr.v31i3.322>

QIU, L.; XIAORONG, W.; ZHANG, X.; CHENG, J.; GALE, W.; GUO, C.; LONG, T. Soil organic carbon losses due to land use change in a semiarid grassland. *Plant and Soil*, v. 355, p. 299-309, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-011-1099-x>

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 11-21, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100002>

SEMCHENKO, M.; JOHN, E. A.; HUTCHINGS, M. J. Effects of physical connection and genetic identity of neighbouring ramets on root-placement patterns in two clonal species. *New Phytologist*, v. 176, p. 644-654, 2007. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02211.x>

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, v. 33, p. 141-146, 1982.

VERCHOT, L. V.; DUTTAUR, L.; SHEPHERD, K. D.; ALBRECHT, A. Organic matter stabilization in soil aggregates: understanding the biogeochemical mechanisms that determine the fate of carbon inputs in soils. *Geoderma*, v. 161, p. 182-193, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.12.017>

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 213-223, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000100020>

WILSON, G. W. T.; RICE, C. W.; RILLIG, M. C.; SPRINGER, A.; HARTNETT, D. C. Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi: results from long-term field experiments. *Ecology Letters*, v. 12, p. 452-461, 2009. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01303.x>