

## Estabilidade de agregados em Latossolos sob plantas de cobertura em rotação com soja e milho

Wander Luis Barbosa Borges<sup>1</sup>, Isabela Malaquias Dalto de Souza<sup>2</sup>,  
Marco Eustáquio de Sá<sup>3</sup>, Marlene Cristina Alves<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, Rod. Péricles Beline, Km 121 + 6 Km (terra), CEP 15500-970, Votuporanga-SP, Brasil. Caixa Postal 61. E-mail: wanderborges@iac.sp.gov.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Rod. Anhanguera, Km 174, CEP 13604-900, Araras-SP, Brasil. E-mail: isadalto@hotmail.com

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Av. Brasil, 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira-SP, Brasil. E-mail: mesa@agr.feis.unesp.br; mcalves@agr.feis.unesp.br

### RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes coberturas sobre a estabilidade de agregados do solo em duas áreas de Latossolos, cultivadas em rotação com as culturas da soja e do milho. Os experimentos foram instalados em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, em março de 2008. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições e as seguintes plantas de cobertura, em diferentes gastos de sementes ha<sup>-1</sup>, constituíram os tratamentos: *Sorghum bicolor*, 6, 7 e 8 kg ha<sup>-1</sup>; *Pennisetum americanum*, 10, 15 e 20 kg ha<sup>-1</sup>; *S. sudanense*, 12, 15 e 18 kg ha<sup>-1</sup>; híbrido de *S. bicolor* com *S. sudanense*, 8, 9 e 10 kg ha<sup>-1</sup>; *Urochloa ruziziensis*, 8, 12 e 16 kg ha<sup>-1</sup>; além de tratamento controle com vegetação espontânea. Avaliou-se a produtividade de matéria seca das diferentes coberturas e foram separadas as classes de agregados do solo, sendo calculado o diâmetro médio ponderado. Constatou-se que as plantas de cobertura tiveram comportamentos semelhantes sobre a estabilidade dos agregados na camada superficial, e em maior profundidade, o *S. sudanense* foi mais eficiente na melhoria para a classe com diâmetro médio entre 2,0-1,0 mm, em Votuporanga, e o *P. americanum* foi mais eficiente entre 4,0-2,0 mm e 2,0-1,0 mm em Selvíria. Com menor gasto de sementes a estabilidade de agregados foi mais promissora.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, manejo sustentável do solo, *Zea mays*

### *Aggregate stability in Oxisols under cover crops in rotation with soybean and corn*

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of different covers on the stability of soil aggregates in two areas of Oxisols, grown in rotation with crops of soybean and corn. The experiments were installed in Votuporanga, São Paulo, Brazil and Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brazil in March 2008. The experimental design was a randomized block with four replicates and the following cover crops in different spending ha<sup>-1</sup> seeds, were the treatments: *Sorghum bicolor*, 6, 7 and 8 kg ha<sup>-1</sup>; *Pennisetum americanum*, 10, 15 and 20 kg ha<sup>-1</sup>; *S. sudanense*, 12, 15 and 18 kg ha<sup>-1</sup>; hybrid of *S. bicolor* and *S. sudanense*, 8, 9 and 10 kg ha<sup>-1</sup>; *Urochloa ruziziensis*, 8, 12 and 16 kg ha<sup>-1</sup>; plus, control treatment with spontaneous vegetation. We evaluated the dry matter yield of different covers and were separate classes of soil aggregates and calculated the average diameter. It is noted that the cover crops had similar behavior on aggregates stability in the surface layer, and in the greater depth, the *S. sudanense* was more efficient in improving the class mean diameter between 2.0-1.0 mm, in Votuporanga, and the *P. americanum* was more efficient from 4.0 to 2.0 mm and 2.0-1.0 mm in Selvíria. Lower spending seeds was more promising on aggregate stability.

**Key words:** *Glycine max*, sustainable soil management, *Zea mays*

## Introdução

A implantação de sistemas de manejo conservacionistas, que têm como princípio a manutenção de cobertura vegetal e seus resíduos sobre o solo, destaca-se como uma das estratégias eficazes para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas nas regiões tropicais e subtropicais (Caires et al., 2006).

Alguns atributos físicos do solo como densidade e espaço poroso podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo de acordo com o manejo a que o solo está sendo submetido. Uma contínua avaliação, no tempo, desses atributos físicos permite monitorar a eficiência ou não dos sistemas de manejo quando a estabilidade da estrutura do solo (Secco et al., 2005).

O manejo inadequado do solo afeta o conteúdo de matéria orgânica e a sua estrutura, diminuindo a disponibilidade de nutrientes e a agregação e, em consequência, sua porosidade (Santos et al., 2011).

Em sistema de semeadura direta o aporte de quantidades elevadas de resíduos vegetais sobre a camada superficial pode contribuir com a formação de agregados estáveis e por períodos mais longos (Santos et al., 2012).

O aumento da estabilidade de agregados proporciona a melhor estruturação do solo provendo com espaços porosos e possibilitando melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas, da fauna do solo e do fluxo de ar e água (Salton et al., 2008).

De acordo com Moreira et al. (2009), as plantas de cobertura influenciam de forma diferenciada as características físicas do solo, tais como: estabilidade de agregados, diâmetro de poros e densidade do solo.

A interação das plantas de cobertura com as propriedades físico-hídricas do solo e a consequente produtividade das culturas está relacionada às características intrínsecas de cada espécie, ao manejo dos resíduos culturais e às condições edafoclimáticas de cada região (Sousa Neto et al., 2008).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de cinco plantas de cobertura, utilizadas para produção de grãos, sementes e forragem, em diferentes gastos de sementes por hectare, e da vegetação espontânea, sobre a estabilidade de agregados do solo em duas áreas de Latossolo, cultivadas em rotação com as culturas da soja e do milho.

## Material e Métodos

Os experimentos foram instalados em março de 2008, no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Seringueira e Sistemas Agroflorestais - IAC, estabelecido no município de Votuporanga, SP a 20°20'S de Latitude, 49°58'W de Longitude e 510 m de altitude, em área de solo classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico de textura arenosa (segundo o SiBCS, Santos et al., 2013). A segunda área é na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, MS, na Seção de Produção Vegetal, com coordenadas geográficas: Latitude 20°25'24" S e Longitude 52°21'13" W, e altitude média de 335 m, em Latossolo Vermelho Distroférico típico de textura argilosa (segundo o SiBCS, Santos et al., 2013).

No início do mês de maio de 2008, na bordadura dos experimentos, foram tomadas amostras de solo para análise granulométrica pelo método da pipeta, conforme Day (1965), nas camadas de 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m, utilizando-se trado de rosca. Foram retiradas dez amostras simples de cada local, as quais originaram uma amostra composta.

A granulometria indicou as seguintes quantidades de areia, silte e argila para a área de Votuporanga: 865, 10 e 125 g kg<sup>-1</sup>, na camada de 0,05-0,20 m; e 855, 5 e 140 g kg<sup>-1</sup>, na camada de 0,20-0,40 m.

Para o solo de Selvíria, Souza & Alves (2003) verificaram nas camadas de 0-0,20 e de 0,20-0,40 m, as seguintes quantidades de areia, silte e argila, respectivamente: 325; 120 e 555 g kg<sup>-1</sup> e, 290; 130 e 580 g kg<sup>-1</sup>.

Esses valores identificam os solos como de classes texturais Franco Arenoso em Votuporanga e Argiloso em Selvíria.

Também no início do mês de maio de 2008, na bordadura dos experimentos, se realizou amostragens de solo, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m, para avaliação inicial da estabilidade de agregados. Foram retiradas dez amostras simples de cada local, as quais originaram uma amostra composta. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

A coleta foi feita com auxílio de enxadão, sem destruição dos torrões, que foram acondicionados em sacos de plástico e, posteriormente, secados ao ar. No preparo das amostras, os torrões foram desmanchados manualmente, tomando-se cuidado para não destruir os agregados. Em seguida foram tamisados em peneiras de 6 mm e 4 mm, e os agregados retidos na menor peneira foram selecionados para a análise laboratorial via úmida (Embrapa, 1997).

Para a determinação da distribuição das classes de agregados, foi utilizado o tamisamento via úmida, com o aparelho preconizado por Yoder (1936), que foi calibrado para funcionar durante 10 min, com 30 oscilações por minuto.

Para a separação entre as classes de agregados determinaram-se as seguintes classes: agregados 6,0-4,0 mm (AG1); agregados entre 4,0-2,0 mm (AG2); agregados entre 2,0-1,0 mm (AG3); agregados entre 1,0-0,5 mm (AG4); agregados entre 0,5-0,25 mm (AG5) e agregados <0,25 mm (AG6). Após ser realizada a separação das classes de agregados calculou-se o diâmetro médio ponderado (DMP, em mm), conforme Kemper & Chepil (1965).

O clima da região Noroeste do Estado de São Paulo, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 24,5°C,

**Tabela 1.** Distribuição das classes de agregados do solo iniciais, avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m, em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, 2008

Profundidade (m)	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	DMP mm
Votuporanga, SP							
0-0,05	1,66	7,11	7,86	15,24	15,87	52,26	0,65
0,05-0,20	1,65	6,87	5,65	13,99	17,85	53,99	0,61
0,20-0,40	1,55	7,10	8,34	15,96	17,43	49,61	0,66
Selvíria, MS							
0-0,05	10,27	9,23	10,62	20,71	17,64	31,54	1,21
0,05-0,20	20,17	8,82	8,97	16,98	16,75	28,32	1,63
0,20-0,40	10,36	8,85	10,99	20,23	18,64	30,94	1,21

precipitação média anual de 1232 mm, umidade relativa média anual de 64,8% e déficit hídrico acentuado nos meses de junho a setembro (Hernandez et al., 1995).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, utilizando-se cinco plantas de cobertura, com três diferentes gastos de sementes ha<sup>-1</sup> de cada planta de cobertura e um tratamento controle com vegetação espontânea, totalizando dezesseis tratamentos, distribuídos ao acaso em parcelas de 2,7 m de largura por 10 m de comprimento cada.

Foram utilizadas as seguintes plantas de cobertura com os seguintes gastos de sementes que constituíram os tratamentos: sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivar DKB 550, com 85% de germinação: 6, 7 e 8 kg ha<sup>-1</sup>; milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) cultivar BN 2, com 60% de germinação: 10, 15 e 20 kg ha<sup>-1</sup>; capim sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) com valor cultural (VC) de 43,5%, sendo corrigido para 100%: 12, 15 e 18 kg ha<sup>-1</sup>; híbrido de sorgo com capim sudão (*S. bicolor* (L.) Moench) com *S. sudanense* (Piper) Stapf cultivar Cover Crop, com germinação de 74%, sendo acrescido 10%: 8, 9 e 10 kg ha<sup>-1</sup> e *Urochloa ruziziensis* (Syn. *Brachiaria ruziziensis*) (cultivar comum), com VC de 50,7%, sendo acrescido 10%: 8, 12 e 16 kg ha<sup>-1</sup>.

Os diferentes gastos de sementes adotados foram baseados em recomendações dos detentores das sementes e de diferentes trabalhos da literatura. Os espaçamentos entre linhas utilizados foram: *S. bicolor*, 0,45 m; *P. americanum*, 0,225 m; *S. sudanense*, 0,225 m; híbrido, 0,45 m; e *U. ruziziensis*, 0,225 m.

O tratamento controle com vegetação espontânea era composto principalmente por *Cenchrus echinatus* L. e *Digitaria horizontalis* Willd, nos dois locais. As parcelas com o tratamento controle foram deixadas em pousio, após o preparo do solo, e após o cultivo da cultura da soja, no entanto receberam os mesmos tratos culturais das plantas de cobertura.

O manejo do solo e das culturas da soja, do milho e das plantas de cobertura e os dados climáticos de precipitação pluvial (mm) e temperatura média mensal (°C), em Votuporanga e Selvíria, no período estudado, entre março de 2008 a abril de 2010, estão apresentados em Borges et al. (2015).

As avaliações de fitomassa das coberturas foram realizadas em 2008 e 2009, no momento da colheita de grãos (*S. bicolor*), da colheita de sementes (*P. americanum*, *S. sudanense* e

tratamento padrão) e do corte (híbrido e *U. ruziziensis*), retirando-se duas amostras de 0,5 x 0,5 m por parcela, as quais foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa termoeletrica regulada a 65-70°C por 72 horas. Na Tabela 2 constam as produtividades acumuladas de matéria seca das diferentes coberturas, obtidas no momento do corte/colheita das coberturas e na pré-semeadura da cultura da soja e do milho.

Após a colheita do milho realizou-se nova amostragem do solo para a determinação da estabilidade de agregados, utilizando a mesma metodologia da amostragem inicial. Foram coletadas duas amostras simples por parcela para formar uma amostra composta, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,20 e 0,20-0,40 m.

Os dados da distribuição das classes de agregados do solo foram submetidos ao teste F e realizado o teste de Tukey (p<0,05) para comparação das médias.

## Resultados e Discussão

O experimento caracterizou-se pela fase inicial de implantação do sistema de semeadura direta, com preparo inicial do sistema por meio de semeadura convencional.

Em Votuporanga, as diferentes coberturas propiciaram diferenças em relação ao DMP na camada superficial de 0-0,05 m (Tabela 3), na agregação da classe AG6 na camada de 0,05-0,20 m (Tabela 4), e na agregação da classe AG3 na camada de 0,20-0,40 m (Tabela 5), sendo que somente o híbrido apresentou diferenças em relação ao gasto de sementes, com o gasto de 10 kg ha<sup>-1</sup> de sementes apresentando maior porcentagem de agregados na classe AG6 que os demais gastos de sementes, na profundidade de 0,05-0,20 m (Tabela 4).

Em Ilha Solteira, na camada superficial do solo de 0-0,05 m, as diferentes coberturas não diferiram entre si (p<0,05) em relação às diferentes classes de agregados e ao DMP (Tabela 6), corroborando com Sousa Neto et al. (2008), que trabalharam com as seguintes plantas de cobertura: *Crotalaria juncea*, *P. americanum* e *Dolichus lablab*, e constataram que as espécies apresentaram efeito semelhante na estabilidade de agregados.

Na camada de 0,05-0,20 m, assim como em Votuporanga, as diferentes coberturas propiciaram diferenças em relação à

**Tabela 2.** Matéria seca acumulada da parte aérea das plantas de cobertura e do tratamento controle, em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, em 2008 e 2009

Coberturas	Quantidade de sementes (kg ha <sup>-1</sup> )	Votuporanga		Selvíria	
		2008	2009	2008	2009
Mg ha <sup>-1</sup>					
<i>S. bicolor</i>	6	17,5	14,3	10,5	22,7
<i>S. bicolor</i>	7	20,0	16,0	9,5	21,7
<i>S. bicolor</i>	8	19,8	14,9	10,4	21,6
<i>P. americanum</i>	10	10,3	9,0	8,3	11,6
<i>P. americanum</i>	15	9,8	9,5	9,1	12,4
<i>P. americanum</i>	20	11,0	8,3	9,0	11,6
<i>S. sudanense</i>	12	19,5	14,6	22,2	21,7
<i>S. sudanense</i>	15	18,3	14,3	21,5	30,3
<i>S. sudanense</i>	18	19,1	15,5	22,0	28,2
Híbrido	8	26,1	16,3	17,4	28,3
Híbrido	9	31,4	14,2	14,2	30,4
Híbrido	10	28,5	16,6	14,5	27,8
<i>U. ruziziensis</i>	8	15,5	16,8	10,9	22,9
<i>U. ruziziensis</i>	12	15,7	17,0	12,0	24,6
<i>U. ruziziensis</i>	16	14,9	14,9	11,6	23,7
Controle	-	6,1	6,8	5,0	6,9

**Tabela 3.** Distribuição das classes de agregados do solo sob diferentes coberturas, na camada de 0-0,05 m, em Votuporanga, SP, 2010

Coberturas	Gasto de sementes (kg ha <sup>-1</sup> )	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	DMP mm
		%						
<i>S. bicolor</i>	6	23,51	15,03	8,39	14,77	18,02	20,28	1,96 ab
<i>S. bicolor</i>	7	18,59	11,21	5,95	20,16	20,05	24,03	1,61 ab
<i>S. bicolor</i>	8	23,41	9,87	4,94	12,42	28,34	21,01	1,77 ab
<i>P. americanum</i>	10	27,82	9,30	5,73	19,81	17,03	20,31	1,99 ab
<i>P. americanum</i>	15	28,68	11,00	6,40	14,37	20,42	19,13	2,07 ab
<i>P. americanum</i>	20	26,12	12,85	6,21	19,93	14,90	19,99	2,02 ab
<i>S. sudanense</i>	12	27,23	12,39	6,01	17,93	14,59	21,86	2,04 ab
<i>S. sudanense</i>	15	10,23	13,81	8,98	19,49	23,93	23,56	1,33 b
<i>S. sudanense</i>	18	21,17	11,90	6,05	15,50	20,43	24,95	1,73 ab
Híbrido	8	22,30	10,56	7,79	21,75	17,59	20,02	1,80 ab
Híbrido	9	16,34	10,59	7,24	21,60	23,12	21,11	1,52 ab
Híbrido	10	21,97	9,63	5,47	18,20	25,31	19,42	1,73 ab
<i>U. ruziziensis</i>	8	31,43	12,05	6,99	14,68	14,31	20,54	2,23 ab
<i>U. ruziziensis</i>	12	38,31	12,90	5,65	12,68	16,09	14,38	2,56 a
<i>U. ruziziensis</i>	16	35,27	10,02	4,95	12,81	14,37	22,59	2,32 ab
Controle	-	20,00	11,25	6,28	20,64	22,75	19,08	1,68 ab
DMS		28,62	9,89	5,27	18,38	20,25	13,80	1,18
CV (%)		45,35	33,27	31,87	41,40	40,56	25,89	24,32

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Distribuição das classes de agregados do solo sob diferentes coberturas, na camada de 0,05-0,20 m, em Votuporanga, SP, 2010

Coberturas	Gasto de sementes (kg ha <sup>-1</sup> )	AG1*	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	DMP mm
		%						
<i>S. bicolor</i>	6	10,46	9,51	8,81	18,76	27,78	24,68 b	1,22
<i>S. bicolor</i>	7	13,62	8,70	5,29	21,18	18,00	33,20 ab	1,29
<i>S. bicolor</i>	8	13,31	9,47	6,85	23,40	24,99	21,97 b	1,35
<i>P. americanum</i>	10	11,77	9,96	6,57	17,51	27,56	26,64 b	1,25
<i>P. americanum</i>	15	15,19	8,13	9,47	21,56	20,99	24,66 b	1,42
<i>P. americanum</i>	20	31,05	9,39	5,56	25,92	8,88	19,20 b	2,17
<i>S. sudanense</i>	12	15,98	10,31	8,15	19,67	20,34	25,55 b	1,49
<i>S. sudanense</i>	15	25,35	9,44	6,11	20,11	20,07	18,91 b	1,89
<i>S. sudanense</i>	18	20,49	11,31	9,75	20,94	13,58	23,93 b	1,75
Híbrido	8	24,41	8,09	5,24	19,10	22,37	20,79 b	1,79
Híbrido	9	18,45	10,74	6,95	15,90	21,67	26,29 b	1,58
Híbrido	10	3,57	11,46	5,78	6,37	20,88	51,94 a	0,80
<i>U. ruziziensis</i>	8	25,41	8,27	6,95	24,35	15,49	19,52 b	1,89
<i>U. ruziziensis</i>	12	14,97	11,36	6,38	30,85	13,22	23,21 b	1,50
<i>U. ruziziensis</i>	16	28,26	9,79	6,15	20,30	13,72	21,79 b	2,03
Controle	-	14,95	11,94	7,10	16,42	22,10	27,50 b	1,45
DMS		4,09	7,56	7,23	25,50	22,87	22,64	1,51
CV (%)		41,09	29,85	40,54	49,31	45,76	34,43	37,79

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \* A análise estatística refere-se aos dados transformados em  $x = \sqrt{x}$ .

**Tabela 5.** Distribuição das classes de agregados do solo sob diferentes coberturas, na camada de 0,20-0,40 m, em Votuporanga, SP, 2010

Coberturas	Gasto de sementes (kg ha <sup>-1</sup> )	AG1*	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	DMP mm
		%						
<i>S. bicolor</i>	6	4,06	9,49	8,27 abc	30,41	23,57	24,21	0,96
<i>S. bicolor</i>	7	5,19	7,89	6,53 bc	21,34	29,69	29,36	0,90
<i>S. bicolor</i>	8	12,89	9,03	5,93 c	30,64	20,51	21,00	1,34
<i>P. americanum</i>	10	1,78	6,07	8,15 abc	34,39	29,20	20,41	0,79
<i>P. americanum</i>	15	5,46	10,84	7,27 bc	40,16	19,01	17,27	1,10
<i>P. americanum</i>	20	2,76	7,35	6,65 bc	21,34	33,75	28,15	0,78
<i>S. sudanense</i>	12	9,27	9,03	12,07 ab	23,20	23,46	22,97	1,21
<i>S. sudanense</i>	15	3,13	8,52	9,48 abc	32,79	22,39	23,69	0,91
<i>S. sudanense</i>	18	2,35	9,24	14,03 a	22,34	28,82	23,22	0,91
Híbrido	8	6,63	5,94	8,29 abc	23,65	31,95	23,53	0,96
Híbrido	9	7,22	10,69	7,80 bc	28,06	24,50	21,73	1,13
Híbrido	10	1,67	9,68	6,26 bc	31,77	26,01	24,61	0,83
<i>U. ruziziensis</i>	8	6,12	8,53	10,50 abc	32,03	19,70	23,12	1,06
<i>U. ruziziensis</i>	12	14,03	12,56	5,86 c	22,46	22,26	22,84	1,45
<i>U. ruziziensis</i>	16	13,18	8,17	8,43 abc	23,58	21,25	25,40	1,32
Controle	-	4,36	5,57	9,75 abc	23,72	32,55	24,04	0,86
DMS		2,69	7,73	6,12	30,29	31,89	12,88	0,87
CV (%)		46,97	34,79	28,22	42,73	48,65	21,37	32,90

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \* A análise estatística refere-se aos dados transformados em  $x = \sqrt{x}$ .

agregação da classe AG6 (Tabela 7), e na camada de 0,20-0,40 m, as diferentes coberturas apresentaram diferenças em relação à agregação da classe AG2, AG5 e AG6 (Tabela 8).

Em Votuporanga, as diferentes coberturas apresentaram maior DMP e maior porcentagem de agregados da classe AG1, na camada superficial em relação à camada de 0,20-

**Tabela 6.** Distribuição das classes de agregados do solo sob diferentes coberturas, na camada de 0-0,05 m, em Selvíria, MS, 2010

Coberturas	Gasto de sementes (kg ha <sup>-1</sup> )	AG1 AG2* AG3* AG4* AG5 AG6						DMP mm
		%						
<i>S. bicolor</i>	6	82,54	3,88	2,53	0,80	3,42	6,84	4,31
<i>S. bicolor</i>	7	56,34	11,72	5,37	7,44	6,70	12,43	3,35
<i>S. bicolor</i>	8	57,04	15,04	4,64	7,99	5,48	9,80	3,47
<i>P. americanum</i>	10	74,45	4,08	2,31	3,58	2,60	12,97	3,93
<i>P. americanum</i>	15	55,88	10,74	5,94	9,24	5,84	12,37	3,31
<i>P. americanum</i>	20	66,43	9,52	3,79	6,67	3,89	9,69	3,74
<i>S. sudanense</i>	12	68,89	7,53	3,77	7,40	3,83	8,57	3,81
<i>S. sudanense</i>	15	73,71	6,16	3,45	4,37	4,25	8,06	3,98
<i>S. sudanense</i>	18	61,11	8,08	6,10	7,73	8,41	8,57	3,49
Híbrido	8	59,26	13,76	4,02	5,85	6,52	10,59	3,52
Híbrido	9	67,37	7,11	3,75	5,78	7,05	8,93	3,72
Híbrido	10	59,98	10,29	5,76	7,31	6,38	10,28	3,49
<i>U. ruziziensis</i>	8	58,73	12,04	4,89	6,58	6,78	10,97	3,46
<i>U. ruziziensis</i>	12	76,98	5,89	2,96	3,76	3,39	7,02	4,12
<i>U. ruziziensis</i>	16	64,87	10,20	4,56	5,82	4,32	10,22	3,69
Controle	-	55,46	13,56	6,85	7,95	6,66	9,52	3,38
DMS		45,65	16,46	7,11	11,09	7,26	8,68	1,62
CV (%)		27,39	34,69	32,06	36,35	52,88	34,50	17,18

\*A análise estatística refere-se aos dados transformados em  $x = \sqrt{x}$ .

**Tabela 7.** Distribuição das classes de agregados do solo sob diferentes coberturas, na camada de 0,05-0,20 m, em Selvíria, MS, 2010

Coberturas	Gasto de sementes (kg ha <sup>-1</sup> )	AG1* AG2 AG3 AG4 AG5 AG6						DMP mm	
		%							
<i>S. bicolor</i>	6	36,40	12,54	10,72	17,19	7,77	15,38	ab	2,53
<i>S. bicolor</i>	7	24,00	19,52	13,31	14,57	12,19	16,41	ab	2,16
<i>S. bicolor</i>	8	34,62	13,46	8,48	15,22	10,52	17,69	ab	2,44
<i>P. americanum</i>	10	41,93	18,27	9,43	11,02	7,84	11,52	b	2,91
<i>P. americanum</i>	15	25,10	19,90	12,84	17,33	9,89	14,95	ab	2,23
<i>P. americanum</i>	20	14,87	18,74	12,26	17,06	13,45	23,61	a	1,70
<i>S. sudanense</i>	12	30,13	20,85	14,03	12,64	9,69	12,67	ab	2,49
<i>S. sudanense</i>	15	47,97	14,10	9,61	10,20	6,08	12,04	b	3,08
<i>S. sudanense</i>	18	51,87	14,45	10,93	7,88	4,88	9,99	b	3,28
Híbrido	8	41,53	15,97	10,51	11,31	7,96	12,72	ab	2,84
Híbrido	9	32,89	18,07	10,72	14,23	11,04	13,06	ab	2,51
Híbrido	10	44,38	15,55	8,48	10,00	8,67	12,92	ab	2,94
<i>U. ruziziensis</i>	8	40,55	18,16	13,34	10,08	5,20	12,67	ab	2,88
<i>U. ruziziensis</i>	12	28,30	20,62	12,30	14,43	11,08	13,28	ab	2,38
<i>U. ruziziensis</i>	16	39,39	14,96	9,12	12,12	9,21	15,21	ab	2,70
Controle	-	32,88	17,01	10,28	13,18	11,10	15,55	ab	2,47
DMS		43,62	16,43	9,52	14,73	9,10	11,10		1,67
CV (%)		47,97	37,62	33,65	44,05	38,71	30,14		25,10

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 8.** Distribuição das classes de agregados do solo sob diferentes coberturas, na camada de 0,20-0,40 m, em Selvíria, MS, 2010

Coberturas	Gasto de sementes (kg ha <sup>-1</sup> )	AG1* AG2 AG3 AG4 AG5 AG6						DMP mm			
		%									
<i>S. bicolor</i>	6	13,23	12,84	b	11,42	20,86	15,77	ab	25,88	a	1,47
<i>S. bicolor</i>	7	20,63	14,65	b	20,75	16,91	8,33	b	18,73	ab	1,96
<i>S. bicolor</i>	8	19,80	17,89	ab	13,69	19,25	14,39	ab	14,98	b	1,95
<i>P. americanum</i>	10	14,74	25,16	a	17,95	14,22	10,81	ab	17,13	ab	1,93
<i>P. americanum</i>	15	21,39	16,16	ab	12,89	16,52	16,20	ab	16,84	ab	1,95
<i>P. americanum</i>	20	18,44	14,31	b	16,24	20,63	14,33	ab	16,05	ab	1,82
<i>S. sudanense</i>	12	13,82	20,04	ab	10,75	23,72	11,90	ab	19,77	ab	1,70
<i>S. sudanense</i>	15	19,61	19,83	ab	17,35	15,52	10,98	ab	16,71	ab	2,01
<i>S. sudanense</i>	18	33,11	13,22	b	17,27	15,73	9,43	ab	11,24	b	2,48
Híbrido	8	23,56	13,80	b	15,32	21,26	11,38	ab	14,67	b	2,04
Híbrido	9	11,49	19,65	ab	12,58	22,05	17,66	a	16,58	ab	1,60
Híbrido	10	24,91	13,47	b	14,52	20,70	10,95	ab	15,45	b	2,08
<i>U. ruziziensis</i>	8	18,70	17,79	ab	14,17	18,41	14,86	ab	16,07	ab	1,90
<i>U. ruziziensis</i>	12	22,92	21,23	ab	14,11	15,89	12,32	ab	13,52	b	2,18
<i>U. ruziziensis</i>	16	9,88	20,20	ab	15,29	21,61	13,22	ab	19,79	ab	1,57
Controle	-	21,27	13,94	b	14,42	19,70	15,09	ab	15,58	b	1,92
DMS		25,01	9,86		13,22	11,80	9,08		10,10		1,06
CV (%)		50,70	22,43		34,52	24,28	27,28		23,41		21,71

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*A análise estatística refere-se aos dados transformados em  $x = \sqrt{x}$ .

0,40 m, corroborando com Andrade et al. (2009), que citaram que as plantas de cobertura, especialmente as gramíneas, favoreceram a agregação do solo na camada superficial, mantendo-a ou a aumentando em relação a apresentada pelo solo sob vegetação nativa, e com Souza et al. (2005), que observaram, nos dois solos, maior

agregação na camada de 0,0-0,10 m em relação à de 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m.

Segundo Garcia & Rosolem (2010), a quantidade de restos vegetais na superfície do solo tem grande influência na maior agregação do solo, pois mesmo que não haja revolvimento da camada arável no sistema de semeadura direta, a mobilização da camada superficial, no processo de semeadura, atua na incorporação de quantidade considerável de resíduos vegetais e influencia a maior agregação dos constituintes sólidos do solo nessas camadas superficiais.

*O. S. bicolor* e a *U. ruziziensis* também apresentaram maior DMP e maior porcentagem de agregados da classe AG1 em relação à camada de 0,05-0,20 m.

Em Selvíria, as diferentes coberturas apresentaram maior DMP e maior porcentagem de agregados da classe AG1 na camada superficial em relação às camadas de 0,05-0,20 e 0,20 e 0,40 m, corroborando com Santos et al. (2012), que verificaram que na camada 0-0,10 m, todas as plantas de cobertura propiciaram maiores valores, tanto na agregação da classe AG2 quanto do DMP, quando comparados com os da camada 0,10-0,20 m, e enfatiza a importância do sistema radicular das gramíneas no processo de agregação das partículas do solo.

Santos et al. (2012) também constataram haver correlação linear positiva (porém com  $R < 0,6$ ) entre o DMP e matéria orgânica do solo, e citaram que este resultado indica que o aporte de material orgânico na superfície do solo por meio do sistema de semeadura direta, associado ao desenvolvimento do sistema radicular das diferentes culturas de cobertura pode ter contribuído para a elevação na estabilidade dos agregados de maior diâmetro melhorando a qualidade estrutural do solo das áreas avaliadas.

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2010) e por Portela et al. (2010), que constataram expressiva melhoria na qualidade dos atributos físicos do solo e citaram que isso deveu-se ao contínuo aporte de material vegetal ao solo, principalmente por meio das raízes das culturas.

No entanto, no presente estudo, o *S. sudanense* com o gasto de sementes de 15 kg ha<sup>-1</sup>, em Votuporanga, propiciou o menor DMP na camada superficial de 0-0,05 m, mesmo tendo apresentado elevada quantidade de matéria seca acumulada, superior a 18 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

Em Votuporanga, os três gastos de sementes da *U. ruziziensis*, na camada superficial de 0-0,05 m, apresentaram os maiores valores de DMP e maior porcentagem de agregados da classe AG1, corroborando com Salton et al. (2008), que também verificaram o potencial das gramíneas forrageiras em melhorar a estrutura do solo.

Em Selvíria, o maior valor de DMP e maior porcentagem de agregados da classe AG1, entre todas as coberturas e em todas as profundidades, foi constatado com o gasto de 6 kg ha<sup>-1</sup> do sorgo, corroborando com Moreira et al. (2009), que também verificaram que o sorgo apresentou os maiores valores, em todas as profundidades, para o DMP e agregados da classe AG2, em relação às outras plantas de cobertura.

Em relação aos valores iniciais, todas as coberturas proporcionaram aumento no DMP nas três camadas avaliadas e nos dois locais, evidenciando a melhoria na estabilidade de agregados.

## Conclusões

As diferentes coberturas proporcionaram melhor estabilidade de agregados na camada superficial e aumento do DMP para os dois Latossolos.

De forma geral as plantas de cobertura estudadas tiveram comportamentos semelhantes sobre o efeito na estabilidade dos agregados na camada superficial dos dois Latossolos.

Para o Latossolo de Votuporanga em maior profundidade o *Sorghum sudanense* foi mais eficiente na melhoria da estabilidade de agregados para a classe com diâmetro médio entre 2,0-1,0 mm.

Para o Latossolo de Selvíria em maior profundidade no solo o *Pennisetum americanum* foi mais eficiente na melhoria da estabilidade de agregados para a classe com diâmetro médio entre 4,0-2,0 mm e 2,0-1,0 mm.

De forma geral a quantidade de sementes usadas na semeadura das plantas de cobertura não influenciou na estabilidade de agregados, salientando-se que com menor gasto de sementes a estabilidade de agregados foi mais promissora.

## Agradecimentos

À Fundação AGRISUS - Agricultura Sustentável pelo apoio financeiro para instalação e condução da pesquisa científica.

Ao Prof. Dr. Walter Veriano Valério Filho, do Departamento de Matemática da FEIS/UNESP, pela colaboração nas análises estatísticas, e a todos os funcionários do Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Sringueira e Sistemas Agroflorestais, do Instituto Agrônomo - IAC, e da Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da FEIS/UNESP, pelo apoio na instalação e condução dos campos experimentais.

## Literatura Citada

- Andrade, R.S.; Stone, L.F.; Silveira, P.M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.4, p.411-418, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000400007>>.
- Borges, W.L.B.; Freitas, R.S.; Mateus, G.P.; Sá, M.E.; Alves, M.C. Plantas de cobertura para o noroeste do estado de São Paulo. *Ciência Rural*, v.45, n.5, p.799-805, 2015. <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131018>>.
- Caires, E.F.; Garbuio, F.J.; Alleoni, F.; Cambri, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia-preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, n.1, p.87-98, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000100010>>.
- Day, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: Black, C.A.; Evans, D. D.; White, J. L.; Ensminger, L. E.; Clark, F. E. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison: ASA/SSSA, 1965. Chap. 43, p.545-567. (*Agronomy Monograph* 9.1). <<http://dx.doi.org/10.2134/agronmonogr9.1.c43>>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análises de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p.

- Garcia, R.A.; Rosolem, C.A. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.12, p.1489-1498, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010001200021>>.
- Hernandez, F. B. T., Lemos Filho, M. A. F., Buzetti, S. Software Hidrisa e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira: UNESP/FEIS, 1995. 45p. (Área de Hidráulica e Irrigação. Série Irrigação, 1).
- Kemper, W.D.; Chepil, W.S. Size distribution of aggregates: In: Black, C.A.; Evans, D. D.; White, J. L.; Ensminger, L. E.; Clark, F. E. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.* Madison: ASA/SSSA, 1965. Chap 39, p.499-510. (Agronomy Monograph 9.1). <<http://dx.doi.org/10.2134/agronmonogr9.1.c39>>.
- Moreira, J.A.A.; Aguiar, R.A.; Stone, L.F.; Bernardes, T.G.; Pereira Filho, I.A.; Cruz, J.C. Efeito de diferentes plantas de cobertura do solo sobre alguns atributos do solo em sistema de produção orgânico. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.4, n.2, p.3748-3751, 2009. <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/9238>>. 05 Nov. 2015.
- Oliveira, V.S.; Rolim, M.M.; Vasconcelos, R.F.B.; Pedrosa, E.M.R. Distribuição de agregados e carbono orgânico em um Argissolo Amarelo distrocoeso em diferentes manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.9, p.907-913, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000900001>>.
- Portela, J.C.; Cogo, N.P.; Bagatini, T.; Chagas, J.P.; Portz, G. Restauração da estrutura do solo por sequências culturais implantadas em semeadura direta, e sua relação com a erosão hídrica em distintas condições físicas de superfície. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.4, p.1353-1364, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000400032>>.
- 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, n.1, p.11-21, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100002>>.
- Santos, G.G.; Marchão, R.L.; Silva, E.M.; Silveira, P.M.; Becquer, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.1, p.1339-1348, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000030>>.
- Santos, G.G.; Silveira, P.M.; Marchão, R.L.; Petter, F.A.; Becquer, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.11, p.1171-1178, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012001100005>>.
- Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.Á.V.; Lumbrales, J.F.; Coelho, M. R.; Almeida, J.A.; Cunha, T.J.F.; Oliveira, J.B. *Sistema brasileiro de classificação de solos.* 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- Secco, D.; Ros, C.O.; Secco, J.K.; Fiorin, J.E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.3, p.407-414, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000300011>>.
- Sousa Neto, E.L.; Andrioli, I.; Beutler, A.N.; Centurion, J.F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.2, p.255-260, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000200015>>.
- Souza, Z.M.; Beutler, A.N.; Melo, V.P.; Melo, W.J. Estabilidade de agregados e resistência à penetração em Latossolos adubados por cinco anos com biossólido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.1, p.117-123, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000100013>>.
- Souza, Z.M.; Alves, M.C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.25, n.1, p.27-34, 2003. <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v25i1.2339>>.
- Yoder, R.E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal of America Society of Agronomy*, v.28, n.5, p.337-357, 1936. <<http://dx.doi.org/10.2134/agronj1936.00021962002800050001x>>.