

Estabilidade de agregados em sistemas de cultivo da soja em sucessão à *Urochloa* sp.⁽¹⁾

Jeander Oliveira Caetano⁽²⁾; Vinícius de Melo Benites⁽³⁾; Wander Cruvinel Ferreira Filho⁽⁴⁾; Getúlio Sousa Guimarães⁽⁵⁾; Josué Guimarães Evangelista Barcelos⁽⁶⁾ e Helder Barbosa Paulino⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fapeg, CNPq, IPI, Embrapa Solos e Comigo.

⁽²⁾ Bolsista de DCR FAPEG/CNPq; Programa de Pós-graduação em Agronomia; Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí; Rodovia BR 364, Km 192, nº 3.800, Parque Industrial, CEP 75801-615, Jataí, GO, jeandercaetano@gmail.com; ⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico 1024, Jardim Botânico, CEP 22.460-000, Rio de Janeiro, RJ. ⁽⁴⁾ Pesquisador, Centro Tecnológico Comigo, Anel viário Paulo Campos, s/n, Km 07, Zona Rural, CEP 75.902-261, Rio Verde, GO; ⁽⁵⁾ Graduando em Agronomia - bolsista Embrapa Solos; Fesurv - Universidade de Rio Verde, Caixa Postal 104, CEP 75901-970, Rio Verde, GO. ⁽⁶⁾ Graduando em Agronomia - bolsista Embrapa Solos, Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí; ⁽⁷⁾ Professor Adjunto, Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí.

RESUMO: O uso da *Urochloa* sp. como cobertura vegetal do solo na entressafra tem ocasionado o aumento do rendimento da soja em sucessão. O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade dos agregados, densidade do solo, porosidade do solo, matéria orgânica do solo e o rendimento da soja em um Latossolo Vermelho sob quatro sistemas de cultivo de entressafra em Rio Verde - GO, dentre os quais dois sistemas incluíram a *Urochloa* sp. O delineamento foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas 2x4 (as formas de correção do solo parcelada anual e total inicial e os tipos de cobertura de solo *Urochloa brizantha*, milho + *U. ruziziensis*, milho solteiro e pousio). A cultura da soja foi implantada em toda a área na safra 2011/2012. Durante a floração da soja realizou-se as amostragens de solo, na profundidade de 0 a 10 cm, para as determinações da estabilidade de agregados em água, densidade do solo, porosidade do solo e matéria orgânica do solo. Ao final do ciclo determinou-se o rendimento dos grãos de soja. O uso de *U. brizantha* em sucessão à soja, favorece o aumento da agregação entre 4,76 e 2,00 mm e reduz a densidade do solo, na camada de 0 a 10 cm de profundidade, quando comparado com as sucessões com milho + *U. ruziziensis*, milho solteiro e pousio. Isso provavelmente auxilia no maior rendimento da soja em sucessão à *U. brizantha*.

Termos de indexação: Cobertura do solo, *Brachiaria*, manejo do solo.

INTRODUÇÃO

O cultivo de plantas de cobertura, antecedendo a soja, tem proporcionado a melhoria dos atributos do solo nos Cerrados (Caetano, 2011; Vilela et al., 2011). Entre as plantas de cobertura utilizadas destaca-se o uso da *Urochloa ruziziensis* e da *U. brizantha*. A utilização dessas gramíneas na entressafra de soja tem demonstrado maiores

rendimentos nessa cultura, quando comparada com outras plantas de cobertura (Caetano, 2011; Vilela et al., 2011). Baseado nisso, ocorre a necessidade de se descobrir os fatores que ocasionam esse maior rendimento para auxiliar nas recomendações de manejo do solo da região.

A estrutura do solo possui grande importância para a agricultura, pois está relacionada com a disponibilidade de ar e água às raízes das plantas, com o suprimento de nutrientes e com o desenvolvimento do sistema radicular. A manutenção de uma boa condição de agregação e estabilidade é primordial para obter altas produtividades agrícolas (Corrêa, 2002). Como a *Urochloa* sp. produz forragem em condições de baixa disponibilidade hídrica, deixando maior quantidade de palha para o plantio direto e com abundante sistema radicular (Caetano, 2011; Loss et al., 2011; Vilela et al., 2011; Machado, 2012), ocorre a necessidade de verificação se isso influencia na maior agregação do solo, melhorando os seus atributos e assim auxiliando indiretamente no maior rendimento da cultura sucessora.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade dos agregados, densidade do solo, porosidade do solo, matéria orgânica do solo e o rendimento da soja em um Latossolo Vermelho, sob quatro sistemas de cultivo de entressafra em Rio Verde - GO, dentre os quais dois sistemas incluíram a *Urochloa* sp.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de longo prazo está sendo desenvolvido em Rio Verde, GO no Centro Tecnológico da Comigo (17°45'49"S e 51°01'56"O, altitude de 842 m), em um Latossolo Vermelho distrófico com textura argilosa. O clima da região é do tipo Aw (Köppen). A média anual de precipitação foi de 1350 mm ano⁻¹. A área experimental foi utilizada para cultivo de grãos em semeadura direta,

durante os últimos 20 anos antes do inverno de 2007.

A introdução dos tratamentos da parcela principal, com as correções de solo total inicial e parcelada anual, ocorreu na instalação do experimento, em 18/10/2007 (**Tabela 1**). O solo do tratamento com correção total inicial foi gradeado com grade com discos de 28", e, posteriormente, foi efetuada uma calagem, com a aplicação de 1,7 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (295 g kg⁻¹ de CaO, 168 g kg⁻¹ de MgO e PRNT de 83%), incorporado por arado de aiveca a 30 cm de profundidade, somada a outra calagem de 1,7 Mg ha⁻¹ de calcário, incorporados com grade leve com discos de 22", totalizando 3,4 Mg ha⁻¹ de calcário. Nessa mesma época, o solo do tratamento com correção parcelada anual recebeu 0,85 Mg ha⁻¹ de calcário, aplicados em dose única sobre a superfície do solo. Em 02/10/2008, 13/10/2009 e 11/10/2010 aplicou-se novamente 0,85 Mg ha⁻¹ de calcário, conforme foi realizado anteriormente, igualando-se à dose de calagem do tratamento com correção total inicial.

Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4, com quatro repetições. Nas parcelas (3.840 m²) foram utilizadas as duas formas de correção do solo executadas durante o inverno de 2011: total inicial e parcelada anual; nas subparcelas (240 m²) foram utilizados os quatro tipos de cobertura vegetal: *U. brizantha*, pousio, milho + *U. ruziziensis* e milho solteiro, totalizando 32 unidades experimentais (**Tabela 1**). Os tratamentos com *U. brizantha* e *U. ruziziensis*, logo após a amostragem realizada no florescimento, eram roçados a 10 cm de altura, sem a realização de extração de sua biomassa vegetal ou pastoreio.

A soja cultivar M 7211 RR foi semeada no dia 20/10/2011. Durante o pleno florescimento da soja, em 16/12/2011, realizou-se as amostragens de solo, na profundidade de 0 a 10 cm no centro das subparcelas, para determinação da matéria orgânica do solo, estabilidade de agregados de 4,76-2,00 mm; 2,00-1,00 mm; 1,00-0,50 mm; 0,50-0,25 mm, 0,25-0,106 mm e < 0,106 mm, densidade do solo e porosidade do solo (Embrapa, 2011). Coletou-se anéis volumétricos de 8,6 x 3 cm com solo para determinação da sua densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade (Embrapa, 2011). Para a determinação da estabilidade de agregados foram coletadas amostras indeformadas com auxílio de enxadão, sem destruição dos torrões, que foram envoltos por filme plástico e acondicionados em caixas de papelão e, posteriormente, secos ao ar. O diâmetro médio ponderado dos agregados foi calculado a partir do somatório dos produtos entre o diâmetro médio de cada fração de agregado e a proporção da massa da amostra, que foi obtida pela divisão da massa de agregados retidos em cada peneira pela massa da

amostra corrigida, em termos de umidade. O diâmetro médio geométrico foi calculado segundo Schaller & Stockinger (1953). Em 08/02/2012 realizou-se a colheita da soja no centro de cada uma das subparcelas, para o espaçamento de 0,5 m, cinco linhas em dois metros lineares (área de 5 m²).

As análises de variância foram efetuadas para os atributos avaliados. Os tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey a 5 % utilizando-se o Sisvar 5.1, submetendo-se as variáveis à análise de correlação com o rendimento da soja pelo Statistica 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de agregados estáveis em água de 4,76 a 2,00 mm, o diâmetro médio ponderado e o diâmetro médio geométrico foram superiores nas áreas com *U. brizantha*, seguida logo após por milho + *U. ruziziensis*, milho solteiro e pousio (**Tabela 2**). Ocorreu aumento na quantidade dos agregados de 4,76 a 2,00 mm sob cultivo com *U. brizantha* quando comparada ao pousio, enquanto ocorreu redução da quantidade dos agregados de 0,50 a 0,25 mm e 0,25 a 0,106 mm onde foi manejado com essa *Urochloa*, comparada também com o pousio (**Tabela 2**). Isso foi reflexo da quantidade de resíduos vegetais presentes na superfície do solo, pois conforme Caetano (2011), variaram de acordo com os tipos de cobertura vegetais na ordem pousio < milho solteiro < milho + *U. ruziziensis* < *U. brizantha*. Sistemas de preparo de solo associados à rotação de culturas influenciam a estabilidade e o tamanho de agregados (Salton et al., 2008; Loss et al., 2011). Essa maior quantidade de agregados 4,76 a 2,00 mm em áreas sob pastagem com *U. decumbens* foi verificado por Caetano et al. (2013) em áreas da região, quando comparadas com áreas sob plantio direto utilizando a sucessão de soja na safra verão e milho na entressafra. Quando uma das culturas do sistema é a pastagem, esses efeitos ocorrem de forma acentuada e relativamente rápida, provavelmente devido ao abundante sistema radicular formado pela pastagem logo após sua implantação (Salton et al., 2008). Esses autores também verificaram que nos sistemas com pastagens, seja de forma isolada ou em rotação com lavouras, ocorreu maior quantidade de agregados com tamanho superior a 4,76 mm e também maiores valores para o diâmetro médio ponderado.

O manejo com correção total inicial ocasionou uma maior densidade do solo, possivelmente ocasionado pela quebra dos agregados e rearranjo de partículas devido a aração e gradagem, porém isso não se refletiu nas análises de agregação e da porosidade do solo (**Tabela 2**). A densidade do solo foi menor sob manejo com *U. brizantha* (**Tabela 2**), o que pode ser ocasionado pela grande quantidade

de raízes e cobertura vegetal produzidas por essa gramínea, pois em anos anteriores foi a cobertura com maior rendimento de biomassa seca (Caetano, 2011). Apenas nas áreas sob cultivo com *U. brizantha* os valores ficaram mais distantes daqueles impeditivos ao crescimento radicular, que se situa em torno de 1,27 kg dm⁻³ para solos argilosos (Alvarenga et al., 1996). Os menores valores de densidade do solo são explicados pela maior presença de agregados de 4,76 a 2,00 mm no solo (**Tabela 2**), confirmados pela correlação negativa da densidade com esses agregados e pela sua correlação positiva com aqueles compreendidos entre 2,00 a 1,00 mm e 1,00 a 0,50 mm (**Tabela 3**).

A matéria orgânica do solo, atributo que é um poderoso agente de estabilização dos agregados em solos (Corrêa, 2002; Loss et al., 2011), apresentou uma tendência de elevação nas áreas sob *U. brizantha* (**Tabela 2**). Apesar dessa forma de manejo ter sido mantida por cinco anos, com o maior aporte de resíduos culturais, esse período ainda não foi suficiente para elevar significativamente os seus valores em relação aos demais manejos (**Tabela 2**). No entanto isso pode ser um dos fatores que estimulou a maior formação de agregados de 4,76 a 2,00 mm.

O manejo com *U. brizantha* proporcionou o maior rendimento de soja em cultivo subsequente (**Tabela 2**). Isso significou um ganho de cerca de 20% em relação aos demais tratamentos (**Tabela 2**). O rendimento da soja correlacionou-se positivamente com a porcentagem de agregados estáveis em água de 4,76 a 2,00 mm, diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico dos agregados e negativamente com os agregados compreendidos entre 2,00 e 0,106 mm e densidade do solo (**Tabela 3**). Isso indicou as variáveis que explicam o rendimento da soja e possivelmente aquelas que podem ser utilizadas em avaliações da qualidade do solo.

CONCLUSÕES

O sistema de plantio direto associado à integração lavoura-pecuária pelo período de cinco anos, com o uso de *U. brizantha* em sucessão à soja, favorece o aumento da agregação entre 4,76 e 2,00 mm e reduz a densidade do solo, na camada de 0 a 10 cm de profundidade, quando comparado com a sucessão de soja com milho + *U. ruziziensis*, milho solteiro e pousio.

Esse fato provavelmente auxilia no maior rendimento da soja em sucessão à *U. brizantha*, quando comparado aos demais sistemas de cultivo.

AGRADECIMENTOS

Ao convênio CNPq/Fapeg pela concessão de bolsa DCR para o primeiro autor. À Universidade Federal de Goiás e Universidade de Rio Verde pelo apoio a pesquisa. Ao International Potash Institute (IPI), por meio do Projeto Aduba Brasil (convênio IPI/Embrapa/Funarbe), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg) e à Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano (COMIGO) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W. & REGAZZI, A.J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20:319-326, 1996.
- CAETANO, J.O. Correção do solo e sistemas de rotação de culturas sobre a absorção de nutrientes e produção de soja. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 2011. 96p. (Tese de Doutorado em Agronomia: Solo e Água)
- CAETANO, J.O.; VERGINASSI, A.; ASSIS, P.C.R.; CARNEIRO, M.A.C. & PAULINO, H.B. Indicadores de qualidade de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Global Science and Technology*, 6:26-39, 2013.
- CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:203-209, 2002.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 230p.
- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.; GIACOMO, S. & PERIN, A. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46:658-767, 2011.
- MACHADO, L.A.Z. Misturas de forrageiras anuais e perenes para sucessão à soja em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47:629-636, 2012.
- 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*, 32:11-21, 2008.
- SCHALLER, F.W. & STOCKINGER, K.R. A Comparison of Five Methods for Expressing Aggregation Data. *Soil Science Society American Journal*, 17:310-313, 1953.
- VILELA, L.; JUNIOR, G.B.M.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; JÚNIOR, R.G.; PULROLNIK, K. & MACIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46:1127-1138, 2011.

Tabela 1 - Tratamentos empregados nas parcelas (formas de correção do solo) e subparcelas (tipos de cobertura vegetal) e histórico de manejo dos tipos de cobertura vegetal e grãos ao longo de cinco anos de cultivo (2007 a 2012).

Safrinha 2011/2012		Safrinha 2010/2011		Safrinha 2009/2010		Safrinha 2008/2009		Safrinha 2007/2008	
Verão	Inverno								
soja	Ubri	soja	M+Ubri	soja	Ubri	Ubri	Ubri	Ubri	total inicial/parcelada anual
soja	Pousio	soja	Pousio	soja	Vesp	soja	Vesp	milho	total inicial/parcelada anual
soja	M+Uruz	soja	M+Uruz	soja	Uruz	soja	Vesp	soja	total inicial/parcelada anual
soja	milho	soja	milho	soja	sorgo	soja	milheto	soja	total inicial/parcelada anual

Ubri - *Urochloa brizantha*, Uruz - *Urochloa ruziziensis*, Vesp - vegetação espontânea (vegetação espontânea até a safra 2009/2010 e pousio após esse período), M+Uruz - milho + *Urochloa ruziziensis* e milho - milho solteiro. Culturas semeadas em cada safra: milho 30K73 e soja M7908RR (safra 2007/2008), milheto ADR300 e soja M6101 (safra 2008/2009), soja M7908RR e sorgo D1G10 (safra 2009/2010), soja CD240RR e milho P4285H (safra 2010/2011), soja M7211RR e milho P4285H (safra 2011/2012).

Tabela 2 - Distribuição de tamanhos de agregados; diâmetro médio ponderado, diâmetro médio geométrico, matéria orgânica do solo, densidade do solo, porosidade total e rendimento de grãos da soja submetida a duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal (Safrinha 2011/2012).

Formas de correção	Tipos de cobertura do solo					Tipos de cobertura do solo				
	Ubri	M+U. ruz	Milho	Pousio	média	Ubri	M+U. ruz	Milho	Pousio	média
	Agregados 4,76-2,00 mm, %					Agregados 0,50-0,25 mm, %				
Par.an.	64,19	63,97	61,98	50,38	60,13 a	11,78	13,08	13,29	18,28	14,11 a
Tot.in.	73,10	64,39	47,47	45,76	57,68 a	9,19	12,46	18,47	18,74	14,71 a
média	68,64 A	64,18 AB	54,72 BC	48,07 C		10,48 B	12,77 AB	15,88 AB	18,51 A	
	Agregados 2,00-1,00 mm, %					Agregados 0,25-0,106 mm, %				
Par.an.	4,93 AB a	3,85 B a	5,82 AB b	6,83 A a	5,36	6,23	6,92	6,75	8,69	7,15 a
Tot.in.	3,03 B b	5,13 B a	8,11 A a	8,16 A a	6,11	5,26	6,34	8,38	8,76	7,18 a
média	3,98	4,49	6,97	7,49		5,75 B	6,63 AB	7,57 AB	8,72 A	
	Agregados 1,00-0,50 mm, %					Agregados <0,106 mm, %				
Par.an.	6,71 AB a	5,72 B a	6,26 AB b	9,52 A a	7,05	6,17	6,46	5,89	6,31	6,21 a
Tot.in.	4,18 B a	7,50 B a	11,28 A a	10,92 A a	8,47	5,25	4,19	6,29	7,67	5,85 a
média	5,44	6,61	8,77	10,22		5,71 A	5,33 A	6,09 A	6,99 A	
	Diâmetro médio geométrico					Densidade do solo, g cm⁻³				
Par.an.	1,54	1,53	1,46	1,19	1,43 a	1,21	1,27	1,26	1,26	1,25 b
Tot.in.	1,83	1,61	1,14	1,07	1,41 a	1,17	1,30	1,29	1,28	1,26 a
média	1,68 A	1,57 AB	1,30 BC	1,13 C		1,19 B	1,29 A	1,28 A	1,27 A	
	Diâmetro médio ponderado					Porosidade total, %				
Par.an.	2,35	2,33	2,30	1,97	2,24 a	48,77	47,87	49,59	47,69	48,48 a
Tot.in.	2,60	2,37	1,90	1,84	2,18 a	48,24	50,68	50,37	49,79	49,77 a
média	2,47 A	2,35 AB	2,10 BC	1,90 C		48,50 A	49,27 A	49,98 A	48,74 A	
	Matéria orgânica do solo, g kg⁻¹					Rendimento de grãos da soja, kg ha⁻¹				
Par.an.	24,53	24,65	23,60	24,07	24,21 a	3.317,36	2.805,91	2.523,20	2.782,42	2.857,22 a
Tot.in.	24,24	22,75	23,85	22,00	23,21 a	3.343,56	2.635,91	2.630,79	2.699,82	2.827,52 a
média	24,38 A	23,70 A	23,73 A	23,04 A		3.330,46 A	2.720,91 B	2.576,99 B	2.741,12 B	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. Par.an - parcelada anual, Tot.in. - total inicial, Ubri - *Urochloa brizantha*, Pousio - vegetação espontânea até a safra 2009/2010 e pousio após esse período, Milho - milho solteiro, M+Uruz - milho + *Urochloa ruziziensis*.

Tabela 3 - Correlação de Pearson entre os atributos físicos e o rendimento de grãos da soja (n=32).

	Agregados 4,76-2,00 mm	Agregados 2,00-1,00 mm	Agregados 1,00-0,50 mm	Agregados 0,50-0,25 mm	Agregados 0,25-0,106 mm	Agregados <0,106 mm	Diâmetro médio geométrico	Diâmetro médio ponderado	Matéria orgânica do solo	Densidade do solo	Porosidade total
Agregados 2,00-1,00 mm	-0,71 **										
Agregados 1,00-0,50 mm	-0,89 **	0,82 **									
Agregados 0,50-0,25 mm	-0,97 **	0,57 **	0,80 **								
Agregados 0,25-0,106 mm	-0,93 **	0,53 **	0,75 **	0,96 **							
Agregados <0,106 mm	-0,64 **	0,13 ns	0,34 ns	0,62 **	0,60 **						
Diâmetro médio geométrico	0,97 **	-0,62 **	-0,80 **	-0,95 **	-0,93 **	-0,74 **					
Diâmetro médio ponderado	1,00 **	-0,66 **	-0,87 **	-0,97 **	-0,94 **	-0,68 **	0,98 **				
Matéria orgânica do solo	0,12 ns	-0,34 ns	-0,21 ns	-0,07 ns	-0,02 ns	0,14 ns	0,01 ns	0,09 ns			
Densidade do solo	-0,38 *	0,58 **	0,44 *	0,29 ns	0,34 ns	0,04 ns	-0,35 ns	-0,35 *	-0,16 ns		
Porosidade total	-0,16 ns	0,30 ns	0,33 ns	0,08 ns	0,08 ns	-0,11 ns	-0,10 ns	-0,13 ns	-0,35 *	0,08 ns	
Rendimento de grãos da soja	0,43 *	-0,50 **	-0,43 *	-0,39 *	-0,36 *	-0,13 ns	0,39 *	0,41 *	0,31 ns	-0,67 **	-0,07 ns

ns - efeito não significativo, * - efeito significativo 5% e ** efeito significativos 1%.