



## Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária

Carlos A. Chioderoli<sup>1</sup>, Luiz M. M. de Mello<sup>2</sup>, Paola J. Grigolli<sup>2</sup>,  
Carlos E. A. Furlani<sup>1</sup>, José O. R. Silva<sup>2</sup> & André L. Cesarin<sup>2</sup>

### RESUMO

Em virtude das altas taxas de decomposição do material orgânico em regiões tropicais, um dos problemas para a manutenção e sustentabilidade do sistema de plantio direto é a necessidade de produção de grandes quantidades de palha. Com o objetivo de identificar, no sistema de integração agricultura-pecuária, as variações dos atributos físicos do solo e a produtividade de grãos de soja sobre palhada de braquiárias, este trabalho foi conduzido na FEPE-UNESP de Ilha Solteira, SP, e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com nove tratamentos em esquema fatorial (3 x 3), com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três espécies de braquiárias e três modalidades de consórcio das braquiárias com o milho. Os atributos físicos foram determinados antes da implantação do projeto de pesquisa, após a colheita do milho consorciado com as forrageiras e depois da colheita da soja. Na safra de verão a cultura da soja foi semeada sobre a palhada dos consórcios de milho com braquiárias, no espaçamento de 0,45 m, com 14 linhas por parcela e área útil correspondente às 4 linhas centrais de 5 m cada uma. Os resultados permitiram concluir que a consorciação e a sequência de culturas proporcionaram aumento na macroporosidade e porosidade total do solo. A *Brachiaria brizantha* semeada na época de adubação de cobertura do milho e a *Brachiaria decumbens*, na linha do milho, promoveram maiores valores de produtividade de grãos de soja.

**Palavras-chave:** semeadura simultânea, cobertura do solo, palhada, sucessão de culturas

## Physycal properties of soil and yield of soybeans in corn braquiaria consortium

### ABSTRACT

In tropical regions, due to high rates of decomposition of the organic material, one of the problems for the maintenance and no tillage system sustainability is the necessity of production of great quantities of straw. With the objective to identify, in the pasture-agriculture integration system, the variations of soil physical attributes and yield of soybean on brachiaria straw, the present work was conducted at the FEPE-UNESP of Ilha Solteira, SP. The randomized block experimental design was used, with nine treatments in the factorial scheme 3x3, with four repetitions. The treatments consisted of three species of brachiaria and a consortium of the three types of brachiaria with corn. The physical properties of soil were determined before the installation of the experimente, after the harvest of corn intercropped with forage and after the harvest of soybeans. In summer the soybean crop was sown on the straw of corn and brachiaria spaced 0.45 m, with 14 lines per plot and area for data collection consisting of 4 lines of 5 m each. The results showed that intercropping and sequence of crops provided increase of soil macroporosity and total porosity. *Brachiaria brizantha* sown at the time of top-dressing of corn and *Brachiaria decumbens* sown in line promoted higher yields of soybeans.

**Key words:** simultaneous sowing, covering of the ground, straw, intercropping crops

<sup>1</sup> FCAV/UNESP, Bolsista FAPESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, CEP 14884-900 Jaboticabal, SP. E-mail: ca.chioderoli@uol.com.br; furlani@fcav.unesp.br

<sup>2</sup> Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos/UNESP, Rua Monção, 226, Zona Norte, C.P. 31, CEP 15385-000 – Ilha Solteira, SP. E-mail: malcolm@agr.feis.unesp.br; pajurca@hotmail.com; andre\_cesarin@hotmail.com; ze\_agrounesp@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

O estabelecimento da população de plantas de soja deve ser de forma adequada para proporcionar o desenvolvimento de caule, ramos, raízes e área foliar, de modo que produzam maior número de estruturas reprodutivas (Pires et al., 2000).

Além de oferecer as condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da cultura, a adoção de sistemas de preparo com mínimo revolvimento do solo e o uso de plantas de cobertura, fundamentam a sustentabilidade dos sistemas de produção (Cavaliere et al., 2006).

O sistema plantio direto e a integração agricultura-pecuária são alternativas de manejo que conciliam a manutenção e até mesmo a elevação da produção, com maior racionalidade dos insumos empregados (Santos et al., 2008). Além disso, melhoram as condições físicas do solo devido à maior produção de palha proporcionada pelo consórcio, favorecendo a infiltração de água, permitindo maior exploração do perfil do solo pelas raízes, diminuição do processo erosivo e, conseqüentemente, a manutenção da estabilidade do sistema.

Com o desenvolvimento agrícola a modificação da biomassa vegetal constitui a primeira transformação de importância no solo, atuando diretamente na sua estrutura que, além das modificações na porosidade e densidade, provoca alterações que afetam a retenção de água e a resistência mecânica (Klein & Câmara, 2007; Vieira & Klein, 2007).

O sucesso desses sistemas no cerrado se deve ao fato de que a palhada acumulada pelas plantas de cobertura ou das pastagens e restos culturais de lavouras comerciais, proporciona um ambiente favorável à recuperação ou manutenção das propriedades do solo (Santos et al., 2008). Portanto, a presença de uma boa cobertura do solo é importante para promover melhoria das condições físicas e químicas em médio prazo e contribuir com a produção e o desenvolvimento das plantas.

Entre as modalidades de integração agricultura-pecuária utilizadas no Brasil, destaca-se o cultivo consorciado de espécies forrageiras tropicais, como *Brachiaria brizantha* que, devido à sua alta relação C/N, possibilita a longevidade da cobertura do solo (Portes et al., 2000; Jakelaitis et al., 2004).

A semeadura da soja sobre braquiária dessecada vem-se destacando como forma interessante de adoção do sistema plantio direto, haja vista que a pastagem apresenta excelente cobertura, podendo contribuir para o aumento da matéria orgânica do solo e permitir a rotação de culturas (EMBRAPA, 2006a). Portanto, uma das modalidades do emprego da palha de braquiária é a utilização dessa gramínea, como antecessora da semeadura da soja de verão.

O aspecto mais relevante para semear com sucesso sobre uma camada de restos culturais deixados na superfície do solo, é cortar a palha e colocar a semente e o fertilizante em contato com o solo (Abreu et al., 2004).

Secco (2003), constatou que diferentes estados de compactação do solo não afetaram a produção da cultura da soja cultivada em dois Latossolos (Vermelho distrófico e Vermelho distroférico), com valores de densidade de 1,62 e 1,54 Mg m<sup>-3</sup>, respectivamente. Portanto, a palhada pode proporcionar melhoria na cobertura do solo visando à realização da semeadura direta e, muitas vezes, ao aumento de produtividade na cultura sequente e/ou a antecipação da formação de pastagem.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi identificar, no sistema de integração agricultura-pecuária, as variações dos atributos físicos do solo e o efeito da palhada de braquiária consorciada com milho na produtividade de grãos da cultura da soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido ano agrícola de 2008/09, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia - UNESP - Ilha Solteira, situada no município de Selvíria, MS, nas coordenadas geográficas 51° 24' W e 20° 20' S, com altitude de 350 m. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006b) com declive médio de 4% e boa drenagem.

Na Tabela 1 se encontram os valores obtidos na análise química do solo, segundo metodologia descrita por van Raij & Quaggio (1983), realizada em março de 2008, antes da implantação do experimento de pesquisa, com o solo amostrado nas profundidades de 0,0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m.

A área experimental apresentava-se com palhada de milho e braquiária dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com nove tratamentos em esquema fatorial 3 x 3 e quatro repetições.

Os tratamentos foram constituídos por três espécies de braquiárias (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria ruzizienses*) e três modalidades de consórcio das braquiárias com o milho: MBL - Milho com braquiária na linha de semeadura, misturada com o adubo de base; MBE - Milho com braquiária semeada na entrelinha do milho, no mesmo dia da semeadura do milho, com a presença de uma linha de semeadura intermediária; MBC - Braquiária na entrelinha do milho semeada junto com o adubo de cobertura quando as plantas de milho estavam no estágio V<sub>4</sub>.

As parcelas experimentais foram constituídas por oito linhas de milho, espaçadas entre si por 0,90 m, com 23 m de comprimento. Nos meses de dezembro a março a cultura da soja foi semeada sobre a palhada dos 9 tratamentos anteriores (consórcios de milho e braquiária) no espaçamento de 0,45m, com 14 linhas por parcela e área útil correspondente às 4 linhas centrais de 5 m cada uma.

**Tabela 1.** Caracterização química da área experimental

Profundidades (m)	P <sub>resina</sub> mg dm <sup>-3</sup>	M. O. g dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							V %
				K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	
0-0,10	31	22	4,9	3,4	19	12	16	2	34,4	50,4	68
0,10-0,20	15	18	4,7	2,3	12	7	16	4	21,3	37,3	57

Antes da semeadura as braquiárias foram dessecadas com o herbicida glifosato (i.a) na dose de 2,160 kg ha<sup>-1</sup> para semeadura da soja, que foi realizada sobre a palhada das braquiárias. Utilizou-se a cultivar MSOY 7908 RR com poder germinativo de 80% e pureza 98%. Após 15 dias da semeadura realizou-se uma aplicação de 0,720 kg ha<sup>-1</sup> de Glifosato em área total, para eliminação das plantas daninhas remanescentes. A densidade de semeadura foi de 15 sementes m<sup>-1</sup>, com uma população aproximada de 334 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação base da soja foi de 250 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial (02-20-20). Para o tratamento de sementes foram utilizados 100 g de Carboxina (i.a), 50 g de Fipronil (i.a) para cada 100 kg de semente e 60 ml de inoculante líquido de marca comercial Nitragin (1.10<sup>9</sup> células g<sup>-1</sup>).

Para o controle de lagartas e percevejos o inseticida Lambda-cyhalothrin foi aplicado na dose de 15 g ha<sup>-1</sup> (i.a). Para o controle da ferrugem da soja foram aplicados 25 g ha<sup>-1</sup> de epoxiconazol (i.a) + 66,5 g ha<sup>-1</sup> de piraclostrobina (i.a). O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado pelo sistema de irrigação por Pivô Central.

Os atributos físicos do solo foram determinados com monólitos indeformados, coletados em anéis de volume conhecido (altura de 41 mm e diâmetro de 55,5 mm), retirados com amostradores de Uhland adaptados nas camadas de 0,0 – 0,10 m; 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m, segundo a metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997). Para as análises físicas do solo, foi utilizado o mesmo delineamento experimental descrito anteriormente, em blocos ao acaso, com esquema fatorial 3 x 3 x 3 e quatro repetições, sendo três espécies de braquiária; três modalidades de consórcio das braquiárias com o milho e três épocas de amostragem (antes da implantação do projeto de pesquisa, após a colheita do milho consorciado e após a colheita da soja).

Para determinação da população de plantas foram contadas todas as plantas da área útil da parcela e os valores extrapolados para número de plantas ha<sup>-1</sup>. A altura média de planta foi determinada pela medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta até a extremidade apical. Para a altura média de inserção de primeira vagem foi adotada a distância entre o colo da planta e a inserção da primeira vagem. Medidas de 10 plantas da área útil da parcela foram tomadas na época da colheita; enfim, o número de vagens por planta foi determinado nas mesmas plantas citadas anteriormente.

Com referência à produção de grãos de soja, as plantas contidas na área útil de cada parcela foram colhidas manualmente e depois submetidas a trilha mecânica e, após a debulha, os grãos foram pesados. A massa de grãos foi corrigida para o grau de umidade de 13% à base úmida e posteriormente transformada para kg ha<sup>-1</sup>. Para determinar a produção de massa seca da palhada de soja foram pesadas todas as plantas da área útil da parcela; após a trilha descontou-

se o peso dos grãos obtendo-se, assim, o peso da massa verde da palha de milho. Uma amostra foi submetida a secagem em estufa com circulação forçada de ar, durante 48 h e a 75 °C, determinando-se a % de matéria seca e o cálculo posterior da produção de massa seca de palha por hectare.

As análises dos resultados foram processadas através do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2003), realizando-se a análise de variância pelo teste F (p < 0,10) e, posteriormente, a comparação das médias pelo teste de Tukey, a 10% de probabilidade, uma vez que, para agricultura, esta porcentagem pode ser considerada economicamente viável.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 os valores mostram que nas camadas de 0,0 – 0,10 m, 0,10 – 0,20 m e 0,20 - 0,30 m, não houve influência das modalidades de semeadura para os valores de macroporosidade, porém ocorreu diferença significativa para as forrageiras e para as épocas de amostragem.

**Tabela 3.** Valores médios de macroporosidade avaliados nas camadas de 0,0 - 0,10, 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,30 m, em função da modalidade de semeadura, espécie forrageira e das épocas de m

Causas de variação		Profundidade (m)		
		0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
		Macroporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		
Modalidades	Linha	0,099	0,080	0,079
Semeaduras (M)	Entrelinha	0,082	0,077	0,071
	Cobertura	0,106	0,075	0,082
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	0,128 a	0,074	0,077 ab
	<i>B. decumbens</i>	0,073 b	0,074	0,071 b
	<i>B. ruzizienses</i>	0,087 ab	0,084	0,084 a
Época (E)	Antes Milho	0,073 b	0,063 b	0,074 b
	Após colheita Milho	0,074 b	0,083 a	0,066 b
	Após colheita Soja	0,141 a	0,085 a	0,092 a
Valor de F	M	0,534	0,294	1,946
	F	2,674*	1,275	3,076*
	E	4,992**	1,275**	13,137**
	M x F	0,180	0,837	2,392*
	M x E	0,582	0,973	0,910
	F x E	1,738	2,125*	0,406
	M x F x E	0,427	1,413	1,189
CV (%)		108,00	38,20	29,38
DMS		0,051	0,015	0,011

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 10% de probabilidade

Os resultados indicam que a *Brachiaria brizantha* proporcionou maiores valores de macroporosidade na camada de 0,0 – 0,10 m, quando comparada com a *Brachiaria decumbens*, não diferindo significativamente, no entanto, da

**Tabela 2.** Características dos equipamentos utilizados

Equipamento	Trator de pneus	Trator de pneus	Pulverizador	Adubador de cobertura	Semeadora-adubadora
Marca/Modelo	4x2	4x2 TDA	Jacto PJ – 600	MarchesanTatu	Marchesan/Cop Suprema
Órgãos Ativos/ Potência	54,4 kW no motor	77,28 KW no motor	24 pontas 110-02 espaçados por 0,5 m	4 discos duplos de 13" x 15"	7 fileiras (Soja) e 4 fileiras (Milho)

*Brachiaria ruzizienses* devido, provavelmente, à produção de maior quantidade de raízes pela *Brachiaria brizantha*, nesta camada.

Na camada de 0,10 - 0,20 m as forrageiras não apresentaram efeito significativo embora na camada de 0,20-0,30 m o tratamento com a presença de *Brachiaria ruzizienses* tivesse proporcionado maiores valores de macroporosidade também não diferindo significativamente dos valores proporcionados pela *Brachiaria brizantha*, o que pode ser devido ao fato do sistema radicular da *Brachiaria ruzizienses* ser mais desenvolvido nesta profundidade.

Analisando os dados referentes às épocas de amostragem, fica evidente a ocorrência de aumento da macroporosidade nas três camadas avaliadas; em função do tempo de consórcio os maiores valores foram encontrados após a colheita da soja em virtude de que, nas duas épocas anteriores, as raízes das braquiárias e do milho ainda não estavam totalmente em decomposição pois se trata de período de menores temperaturas e, após decorrido o tempo entre a colheita do milho (outubro) e a colheita da soja (março), as raízes das gramíneas já apresentavam estágio mais avançado de decomposição, coincidindo com a época de ocorrência de maiores temperaturas.

Os resultados obtidos evidenciam a importância das forrageiras na agregação, estruturação e permeabilidade do solo, podendo favorecer o desenvolvimento do sistema radicular e permitir a maior exploração do perfil do solo, facilitando o desenvolvimento do sistema radicular até as camadas mais profundas, proporcionando maior absorção de água e nutrientes, visando à melhor produção das culturas.

Os resultados encontrados neste trabalho discordam da observação de Pantano (2003) que, avaliando dois espaçamentos de milho consorciado com braquiária em diferentes modalidades, não obteve diferença significativa para os valores de macroporosidade nas camadas de 0,0 - 0,30 m, porém se ressalta que o autor realizou as avaliações imediatamente após a colheita do milho e as raízes das gramíneas ainda não estavam em decomposição. Verifica-se que ocorreu interação significativa na camada de 0,10 - 0,20 m entre as forrageiras e a época de amostragem, tal como na camada de 0,20 - 0,30 m entre a modalidade de semeadura e as forrageiras. O desdobramento das interações está apresentado nas Tabelas 4 e 5.

Verifica-se, na Tabela 4, interação significativa das modalidades de semeadura e das espécies de forrageira sobre os valores de macroporosidade. A *Brachiaria brizantha*,

**Tabela 4.** Valores médios obtidos do desdobramento para macroporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ) na profundidade de 0,20 - 0,30 m, entre as espécies de forrageiras dentro das diferentes modalidades de semeadura

		Modalidade de semeadura (M)		
		Linha	Entrelinha	Cobertura
Forrageira (F)	<i>B. brizantha</i>	0,068 Bb	0,070 B	0,093 Aa
	<i>B. decumbens</i>	0,079 ab	0,067	0,066 b
	<i>B. ruzizienses</i>	0,089 a	0,077	0,085 a
DMS		0,019		

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 10% de probabilidade

**Tabela 5.** Valores médios obtidos do desdobramento para macroporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ) na profundidade de 0,10 - 0,20 m, entre as espécies forrageiras dentro das três épocas de amostragem

		Época		
		Antes	Depois do milho	Depois da soja
Forrageira (F)	<i>B. brizantha</i>	0,063	0,076	0,081 ab
	<i>B. decumbens</i>	0,070	0,082	0,070 b
	<i>B. ruzizienses</i>	0,056 B	0,091 A	0,104 Aa
DMS		0,025		

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 10% de probabilidade

semeada junto com a adubação de cobertura do milho, proporcionou maiores valores de macroporosidade, diferindo significativamente quando semeada na linha e entrelinha. Para as forrageiras dentro das modalidades de semeadura, os valores mostram efeito significativo para as forrageiras semeadas na linha e na época de adubação de cobertura do milho.

Os resultados evidenciam que a *Brachiaria ruzizienses*, semeada na linha e misturada com o adubo do milho, promoveu maiores valores de macroporosidade não diferindo significativamente, porém, da *Brachiaria decumbens*. Quando as forrageiras foram semeadas na época de adubação de cobertura do milho, a *Brachiaria brizantha* proporcionou maiores valores de macroporosidade, estatisticamente iguais aos valores apresentados pela *Brachiaria ruzizienses*. Esses resultados permitem afirmar que as forrageiras apresentam sistema radicular agressivo e proporcionam benefícios nos atributos físicos do solo, melhorando o desenvolvimento do sistema radicular e a produção das culturas utilizadas no sistema de integração agricultura-pecuária.

Conforme a Tabela 4, os valores mostram que no tratamento com *Brachiaria ruzizienses* os maiores valores de macroporosidade foram encontrados nas segunda e terceira épocas de amostragem, ou seja, após a colheita do milho e com maiores valores após a colheita da soja, mostrando que essa forrageira permitiu o aumento da macroporosidade ao decorrer do tempo, até mesmo nas camadas intermediárias do solo. No desdobramento das forrageiras dentro das épocas de amostragem, verifica-se que após a colheita da soja ocorreu efeito significativo pelo teste de Tukey ( $p < 0,1$ ). A *Brachiaria ruzizienses* foi a que proporcionou maiores valores de macroporosidade na camada de 0,10 - 0,20 m, porém estatisticamente iguais aos valores proporcionados pela *Brachiaria brizantha*.

Verifica-se, nas Tabelas 6 e 7, que a porosidade total apresentou comportamento semelhante ao indicado pela macroporosidade do solo, o que é coerente pois, como a porosidade total é constituída pela soma da macro e miroporosidade, espera-se que as tendências sejam semelhantes.

De acordo com a Tabela 8, observam-se diferenças significativas nos valores de densidade do solo, camada de 0,0 - 0,10 m, proporcionadas pelas espécies de forrageira e se nota que os menores valores de densidade ocorreram nas áreas com a presença da *Brachiaria brizantha*, evidenciando sua importância na melhoria das condições físicas do solo, concordando com os resultados obtidos por Fidalski et al.

**Tabela 6.** Valores médios de porosidade total, avaliados nas camadas de 0,0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,30 m em função da modalidade de semeadura, espécie forrageira e das épocas de amostragem

Causas de variação		Profundidade (m)		
		0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
Porosidade Total ( $m^3 m^{-3}$ )				
Modalidades	Linha	0,415	0,412	0,418
Semeaduras	Entrelinha	0,417	0,417	0,415
(M)	Cobertura	0,422	0,417	0,426
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	0,418	0,416	0,419
	<i>B. decumbens</i>	0,418	0,414	0,421
	<i>B. ruzizienses</i>	0,419	0,416	0,419
Época (E)	Antes Milho	0,413 b	0,408	0,426 a
	Após colheita Milho	0,407 b	0,422	0,400 b
	Após colheita Soja	0,434 a	0,416	0,432 a
Valor de F	M	0,484	0,379	2,149
	F	0,013	0,083	0,126
	E	7,571**	1,944	19,611**
	M x F	1,842	1,443	2,504*
	M x E	0,934	0,238	0,951
	F x E	0,696	0,570	0,396
	M x F x E	1,642	0,945	1,474
CV (%)		7,55	7,01	5,46
DMS		0,015	0,014	0,011

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 10% de probabilidade

**Tabela 7.** Valores médios obtidos do desdobramento para porosidade total do solo ( $m^3 m^{-3}$ ) na profundidade de 0,10 – 0,20 m, com três espécies de forrageira consorciada em diferentes modalidades de semeadura

		Modalidade de semeadura (M)		
		Linha	Entrelinha	Cobertura
Forrageira (F)	<i>B. brizantha</i>	0,411 B	0,409 B	0,436 Aa
	<i>B. decumbens</i>	0,429	0,419	0,416 b
	<i>B. ruzizienses</i>	0,414	0,418	0,425 ab
DMS		0,019		

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 10% de probabilidade

(2009). Spera et al. (2009), trabalhando com sistema de integração lavoura-pecuária, implantado há 10 anos, obtiveram resultados semelhantes aos deste trabalho e Spera et al. (2004) afirmaram que todos os sistemas apresentaram melhorias do ponto de vista agrônomo em relação aos valores verificados dois anos antes, quando o experimento já contava com oito anos de duração.

Bertol et al. (2004) constataram que, em plantio direto, a densidade de solo é maior na camada superficial e decresce nas maiores profundidades e que a porosidade total se comporta de modo inverso, visto que são atributos dependentes entre si. O mesmo foi observado por Sarmiento et al. (2008), ao verificarem maior densidade do solo na camada superficial. Trintalio et al. (2005), notaram valores diferentes de densidade do solo com aumento da profundidade, com redução na porosidade total. Marchão et al. (2007), estudando a qualidade física de Latossolo em sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado, constataram maiores densidades de solo na camada de 0-0,05 m em área de braquiária associada com soja sob

**Tabela 8.** Valores médios de densidade do solo avaliados nas camadas de 0,0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,30 m em função da modalidade de semeadura, espécie forrageira e das épocas de amostragem

Causas de variação		Profundidade (m)		
		0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
Densidade ( $kg dm^{-3}$ )				
Modalidades	Linha	1,51	1,54	1,516
Semeaduras	Entrelinha	1,55	1,53	1,515
(M)	Cobertura	1,52	1,54	1,514
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	1,495 b	1,55	1,51
	<i>B. decumbens</i>	1,541 a	1,52	1,51
	<i>B. ruzizienses</i>	1,542 a	1,53	1,51
Época (E)	Antes Milho	1,509	1,55 b	1,47 b
	Após colheita Milho	1,547	1,48 c	1,55 a
	Após colheita Soja	1,522	1,58 a	1,53 a
Valor de F	M	1,281	0,016	0,005
	F	2,986*	1,476	0,150
	E	1,481	22,901**	10,081**
	M x F	0,598	0,900	1,021
	M x E	0,252	0,478	0,329
	F x E	0,763	1,128	1,366
	M x F x E	1,071	1,341	0,821
CV (%)		6,12	4,47	5,20
DMS		0,046	0,034	0,039

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 10% de probabilidade

plantio direto, demonstrando o efeito da compactação da camada superficial do solo e concluíram que, diferente do que ocorreu na pastagem, no sistema plantio convencional de soja durante quatro anos, a densidade do solo aumentou em profundidade, resultado este atribuído à compactação da subsuperfície, quando da aração do solo para implantação da cultura.

Mello (2001) afirma que, em áreas pastejadas no sistema de integração agricultura-pecuária, a densidade do solo aumenta na camada superficial porém não ultrapassa dez centímetros de profundidade e é facilmente rompida com o uso de sulcadores de haste por ocasião da semeadura das culturas produtoras de grão. O autor afirma, ainda, que decorrido o tempo suficiente para a decomposição das raízes das plantas dessecadas os valores de densidade e resistência à penetração do solo tendem a diminuir e os de porosidade, a aumentar, propiciando melhoria no condicionamento físico do solo.

O pastejo em Latossolo Vermelho aumentou a densidade e reduziu a porosidade mas não influenciou o rendimento da soja após o pastejo (Flores et al., 2007); no entanto, de acordo com Rezaei et al. (2006), a manutenção da qualidade física do solo é necessária para manter elevada a produtividade das culturas. Nas profundidades de 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,30 m os valores de densidade mostraram diferenças significativas para a época de amostragem. Na profundidade de 0,10 – 0,20 m os maiores valores foram encontrados após a colheita da soja e menores com a amostragem realizada após a colheita do milho, sendo estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,1$ ). Verifica-se, na profundidade de 0,20 – 0,30 m, que ocorreu aumento da densidade do solo durante o ensaio, cujos maiores valores foram obtidos na amostragem de solo após a colheita da soja não diferindo da segunda amostragem e os

**Tabela 9.** Valores médios de população final, produção de grãos e de massa seca de palha de soja sobre palhada de milho consorciado com três espécies de forrageiras semeadas em diferentes modalidades

Causas de variação		Parâmetros avaliados		
		População final (plantas ha <sup>-1</sup> )	Produção de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa seca de palha de soja (kg ha <sup>-1</sup> )
Forrageiras (F)	<i>B. brizantha</i>	205185	3969	4614
	<i>B. decumbens</i>	210926	4331	4960
	<i>B. ruzizienses</i>	201111	4043	4985
Modalidades Semeaduras (M)	Linha	204630	4072	5127
	Entrelinha	213333	3997	5023
	Cobertura	199259	4273	4409
Valor de F	F	0,639	1,364	0,623
	M	1,325	0,761	2,121
	F x M	1,844	2,503*	0,316
CV (%)		10,39	13,77	19,02
DMS		18806	498,67	812,341

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 10% de probabilidade

menores valores foram mostrados antes da semeadura do milho. Esses resultados podem ser explicados pelo tráfego de máquinas e equipamentos na área, causando compactação nas áreas mais profundas em virtude da pressão dos rodados sobre o solo.

A Tabela 9 contém os valores de população, produção de grãos e massa seca de palha da soja. Observa-se que a população não foi influenciada pelos tratamentos. Não houve diferenças significativas na produção de grãos quando os tratamentos foram analisados isoladamente, porém foi notória a interação significativa entre as espécies de forrageiras e as modalidades de semeadura para a variável produção de grãos, cujo desdobramento está apresentado na Tabela 10.

**Tabela 10.** Valores médios obtidos do desdobramento para produção de grãos de soja (kg ha<sup>-1</sup>) nos sistemas de consorciação de braquiárias com milho, em diferentes modalidades de semeadura

		Modalidade de semeadura (M)		
		Linha	Entrelinha	Cobertura
Forrageira (F)	<i>B. brizantha</i>	3569 Bb	3625 B	4713 A
	<i>B. decumbens</i>	4531 a	4345	4116
	<i>B. ruzizienses</i>	4116 ab	4023	3991
DMS		863,7		

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 10% de probabilidade

No tratamento com palhada de *Brachiaria brizantha* os maiores valores de produção de grãos de soja foram obtidos no tratamento em que a braquiária foi semeada na época de adubação de cobertura do milho, em razão da maior disponibilidade de nutrientes e maior porosidade do solo.

Em relação às modalidades de semeadura, no tratamento com palhada de braquiária semeada na linha do milho, a *Brachiaria decumbens* propiciou maior produção de soja, estatisticamente maior que a produção observada no tratamento com *Brachiaria brizantha*, que mostrou menores valores de produção.

Em referência às outras modalidades de consórcio, não houve diferenças estatísticas significativas na produção de grãos de soja entre as espécies de forrageiras. Resultados obtidos por Broch (1997) evidenciam o aumento da produção

de grãos de soja para as cultivares FT Líder, em palhada de *Brachiaria brizantha*, atingindo produções de 3,0 ton ha<sup>-1</sup>, discordando dos resultados deste estudo, em que a produção de grãos da cultivar MSOY 7908 RR foi menor sobre palhada de *Brachiaria brizantha*.

De forma geral, a produção de grãos atingiu valores acima da média regional para lavoura de alta tecnologia, com média geral de 4114 kg ha<sup>-1</sup>, considerada alta quando comparada com as médias de produção de soja consorciada com braquiárias (Kluthcoushi et al., 2000). A produção de massa seca de palha de soja não mostrou diferenças significativas em função dos tratamentos empregados.

## CONCLUSÕES

1. A consorciação e a sequência de culturas praticada proporcionaram aumento na macroporosidade do solo nas camadas de 0,0-0,10 m e de 0,0-0,10 e 0,20-0,30 m para porosidade total do solo.

2. A *Brachiaria brizantha* semeada na época de adubação de cobertura do milho e a *Brachiaria decumbens* semeada na linha, promoveram maiores valores de produtividade de grãos de soja.

3. Todos os tratamentos produziram boa quantidade de palha, suficiente para manutenção da estabilidade do sistema de semeadura direta.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro ao projeto.

## LITERATURA CITADA

Abreu, S. L.; Reichert, J. M.; Reinert, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.519-531, 2004.

- Bertol, I.; Albuquerque, J. A.; Leite, D.; Amaral, A. J.; Zoldan Junior, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.28, p.155-163, 2004.
- Broch, D. L. Soja PD em brachiária. Direto no Cerrado, v.2, p.8-9, 1997.
- Cavaliere, K. M. V.; Tormena, C. A.; Vidigal Filho, P. S.; Gonçalves, A. C. A.; Costa, A. C. S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.137-147, 2006.
- EMPRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 1997. 212p. Documentos, 1
- EMPRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja: Região central do Brasil 2007. Londrina: EMBRAPA, 2006a. 225p. Sistema de Producao, 11
- EMPRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação dos solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2006b. 306p.
- Ferreira, D. F. Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos. Lavras: UFLA, 2003.
- Fidalski, J.; Barbosa, G. M. C.; Auler, P. A. M.; Pavan, M. A.; Beraldo, J. M. G. Qualidade física do solo sob sistemas de preparo e cobertura morta em pomar de laranja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.76-83, 2009.
- Flores, J. P. C.; Anchinoni, I.; Cassol, L. C.; Carvalho, P. C. F.; Leite, J. G. B.; Fraga, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.771-780, 2007.
- Jakelaitis, A.; Silva, A. A.; Ferreira, L. R.; Silva, A. F.; Freitas, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). *Planta Daninha*, v.22, p.553-560, 2004.
- Klein, V. A.; Câmara, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.221-227, 2007.
- Kluthcouski, J.; Fancelli, A. L.; Dourado Neto, D.; Ribeiro, C. M.; Ferraro, L. A. Manejo do solo e o rendimento da soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Scientia Agrícola*, v.57, p.97-104, 2000.
- Marchão, R. L.; Balbino, L. C.; Silva, E. M.; Santos Júnior, J. D. G.; Sá, M. A. C.; Vilela, L.; Becquer, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.873-882, 2007.
- Mello, L. M. M. Integração agricultura-pecuária em plantio direto: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico. Ilha Solteira: UNESP, 2001. 72p. Tese Livre Docência
- Pantano, A. C. Semeadura de braquiária em consorciação com milho em diferentes espaçamentos na integração agricultura-pecuária em plantio direto. Ilha Solteira: UNESP, 2003. 60p. Dissertação Mestrado
- Pires, J. L. F.; Costa, J. A.; Thomaas, A. L.; Maehler, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.1541-1547, 2000.
- Portes, T. A.; Carvalho, S. I. C.; Oliveira, I. P.; Kluthcouski, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.1349-1358, 2000.
- Rezaei, S. A.; Gilkes, R. J.; Andrews, S. S. A minimum data set for assessing soil quality in rangelands. *Geoderma*, v.136, p.229-234, 2006.
- Santos, G. G.; Silveira, P. M.; Marchão, R. L.; Becquer, T.; Balbino, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um latossolo vermelho do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.115-122, 2008.
- Sarmento, P.; Rodrigues, L. R. A.; Cruz, M. C. P.; Lucão, S. M. B.; Campos, F. P.; Centurion, J. F.; Ferreira, M. E. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.183-193, 2008.
- Secco, D. Estados de compactação de dois Latossolos sob plantio direto e suas implicações no comportamento mecânico e na produtividade de culturas. Santa Maria: UFSM, 2003. 108p. Tese Doutorado
- Spera, S. T.; Santos, H. P.; Fontaneli, R. S.; Tomm, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solos e na produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.533-542, 2004.
- Spera, S. T.; Santos, H. P.; Fontaneli, R. S.; Tomm, G. O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.33, p.129-136, 2009.
- Trintinalio, J.; Tormena, C. A.; Oliveira Júnior, O.; Machado, L.; Constantini, J. Alterações nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho distrófico por diferentes manejos na entrelinha da cultura da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). *Acta Scientiarum, Agronomy*, v.27, p.753-759, 2005.
- van Raij, B.; Quaggio, J. A. Métodos de análise de solos para fins de fertilidade. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. Boletim Técnico, 81
- Vieira, M. L.; Klein, V. A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1271-1280, 2007.