

Produtividade da soja sobre palhada de forrageiras semeadas em diferentes épocas e alterações químicas no solo

Nídia Raquel Costa¹, Marcelo Andreotti², Nelson de Araújo Ulian³, Bruno Sorati Costa², Cristiano Magalhães Pariz³, Francielli Aparecida Cavasano³, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho²

¹ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Rua Doutor José Barbosa de Barros, 1780, Jardim Paraíso, CEP 18610-307, Botucatu-SP, Brasil. E-mail: nidiarcosta@gmail.com; nelsinho_ulian@yahoo.com.br; sorati2@hotmail.com

² Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Avenida Brasil Centro, 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira-SP, Brasil. Caixa Postal 31. E-mail: dreotti@agr.feis.unesp.br; sorati2@hotmail.com; mcmtf@yahoo.com.br

³ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Fazenda Lageado, Distrito de Rubião Júnior, CEP 18618-970, Botucatu-SP, Brasil. E-mail: nelsinho_ulian@yahoo.com.br; cmpzoo@gmail.com; fran_cavasano@yahoo.com.br

RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a produtividade de massa seca (PMS) de forrageiras em função de épocas de semeadura e seu efeito sobre os componentes da produção e produtividade de grãos (PG) da soja cultivada em sucessão, sob condições irrigadas, além das alterações nos atributos químicos do solo, durante dois anos agrícolas. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 4 repetições, em arranjo fatorial 3 x 3, ou seja, 3 espécies de plantas forrageiras: sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) e capim Xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés) e 3 épocas de semeadura (14/09/09 (E1), 29/09/09 (E2) e 14/10/09 (E3)), manejadas aos 45 dias após emergência. Para o segundo ano agrícola as épocas de semeadura foram: 10/09/10 (E1), 27/09/10 (E2) e 20/10/10 (E3). As maiores PMS foram obtidas com o milheto e sorgo forrageiro. Independente da espécie forrageira, a melhor época de semeadura foi a E3. As maiores PG de soja foram obtidas sob a palhada do sorgo forrageiro e do capim Xaraés, sendo as melhores opções em cultivo antecessor à soja, desde que semeadas em final de setembro ou meados de outubro (E2 e E3). Na E3 houve aumento dos valores de H+AI e CTC. A semeadura em E3 do capim Xaraés e milheto propiciou menores teores de MO, no primeiro cultivo.

Palavras-chave: *Glycine max*, *Pennisetum glaucum*, sistema plantio direto, *Sorghum bicolor*, *Urochloa brizantha*

Soybean yield on straw forages sown at different times and changes in chemical soil

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the dry mass yield (PMS) of forages due to sowing times, with the crop components and grain yield (PG) of soybean cultivated in succession to forages under irrigated conditions and alterations in the soil chemical properties. The experimental design was a randomized block with four repetitions in a factorial scheme 3 x 3, being: 3 species of forage plants: forage sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) and Xaraés grass (*Urochloa brizantha* Xaraés) and three sowing times (14/09/09 (E1), 29/09/09 (E2) and 14/10/09 (E3)) managed at 45 days after emergence. For the second growing season, the sowing dates were: 10/09/10 (E1), 27/09/10 (E2) and 20/10/10 (E3). The highest PMS were obtained for pearl millet and sorghum. Regardless of the forage species, the best sowing time was E3. The higher PG soybeans were obtained under forage sorghum straw and Xaraés grass, being the best options in the soybean crop predecessor since sown in late September or middle of October (E2 and E3). In the E3 there was increase in the values of H+AI and CTC. Sowing in E3 of Xaraés grass and pearl millet propitiated lower contents of OM, in the first cultivation.

Key words: *Glycine max*, *Pennisetum glaucum*, no tillage system, *Sorghum bicolor*, *Urochloa brizantha*

Introdução

No cerrado brasileiro as características edafoclimáticas se tornam um dos principais entraves na implantação de espécies forrageiras quando o objetivo é a formação de palhada e, principalmente, a permanência dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo (Pacheco et al., 2008). Assim sendo, para o sucesso do sistema plantio direto (SPD), um dos requisitos indispensáveis é a boa formação da palhada, em que a escolha correta da espécie a ser utilizada é extremamente importante, uma vez que devem ser considerados os fatores climáticos característicos de cada região e tipo de solo.

Neste contexto, culturas como o milheto, o sorgo forrageiro e capins do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) nesta região (Pariz et al., 2011a; Costa et al. 2012) são consideradas excelentes opções para utilização em sistemas conservacionistas, como o SPD. Essas espécies vêm sendo bastante utilizadas durante o período de outono à primavera, no fornecimento de forragem e/ou formação de palhada nesses sistemas produtivos.

Pacheco et al. (2008) verificaram, avaliando a produtividade de espécies forrageiras no sistema plantio direto, verificaram que as forrageiras do gênero *Urochloa* foram mais produtivas que o milheto e os híbridos de sorgo forrageiro; entretanto, todas apresentaram produção satisfatória de biomassa. As forrageiras do gênero *Urochloa* também foram mais eficientes na supressão de plantas daninhas e resultaram em maior produtividade de soja quando utilizadas em sistemas de manejo que as empregam em sucessão à cultura de verão (Pacheco et al., 2009). Garcia et al. (2014), porém, não verificaram diferença na produção total de massa seca de palha das forrageiras *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, *Urochloa ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. Tanzânia e Mombaça, após cinco cortes das forrageiras e na produtividade da soja em sucessão. Chioderoli et al. (2012) também não constataram diferença na produção de grãos de soja sobre as palhadas da *U. brizantha*, *U. ruziziensis* e *U. decumbens*.

Os resíduos vegetais que permanecem sobre a superfície do solo funcionam como uma espécie de reservatório de

nutrientes que são liberados pela ação de microrganismos, aumenta a estabilidade estrutural do solo e ainda o protegem contra a erosão. A palhada também pode promover aumento no teor de matéria orgânica do solo devido à decomposição dos resíduos vegetais, aumentando a fertilidade de solos ácidos com cargas dependentes de pH associadas à matéria orgânica (Rheinheimer et al., 1998). Segundo Teixeira et al. (2011), o milheto (cultivar ENA 2) tem menor taxa de decomposição de biomassa que o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), razão por que é mais interessante para utilização como planta de cobertura e recicladora de nutrientes em ambiente tropical.

Ante o exposto e considerando que o crescimento e a decomposição/mineralização das plantas forrageiras são muito influenciados pelo clima, objetivou-se avaliar, em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico sob condições irrigadas no Cerrado, a produtividade de massa seca do sorgo forrageiro, milheto e capim Xaraés em função de diferentes épocas de semeadura, sobre os componentes da produção e produtividade da cultura da soja cultivada em sucessão às forrageiras e as alterações nos atributos químicos do solo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas safras de 2009/2010 e 2010/2011, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, pertencente à Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira (FE/Unesp), área de Produção Vegetal, localizada no município de Selvíria, MS, (20°18'S e 51°22'W, altitude de 370 m). O tipo climático é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Na Figura 1 estão apresentados os dados de precipitação pluvial, temperatura máxima, média e mínima, além do fotoperíodo durante o tempo de realização do experimento.

O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, classificado conforme Embrapa (2006). Com o objetivo de caracterizá-lo antes da implantação dos tratamentos, foi efetuado um levantamento do estado da compactação e da fertilidade do solo. As análises dos atributos

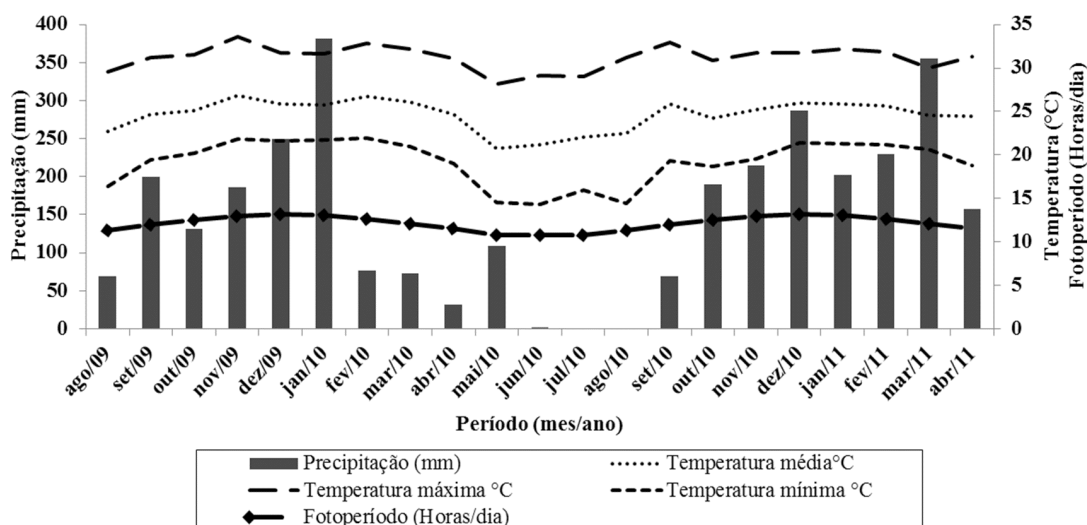


Figura 1. Dados climáticos do período de agosto de 2009 a abril de 2011, obtidos junto à estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP, no município de Selvíria, MS

físicos seguiram as metodologias descritas pela Embrapa (1997), cujos valores foram: densidade do solo = 1,31 kg dm⁻³; macro, micro e porosidade total = 0,147; 0,334 e 0,481 m³ m⁻³ e para a resistência mecânica à penetração foram de 3,924 MPa (UG = 0,203 m³ m⁻³) e 4,887 MPa (UG = 0,208 m³ m⁻³), nas camadas de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m, respectivamente. Os resultados das análises dos atributos químicos do solo na camada de 0 a 0,20 m, segundo as metodologias descritas por Rajj et al. (2001), constam na Tabela 1.

Antes da instalação do experimento na safra 2009/2010, a área apresentava um histórico de oito anos sob sistema plantio direto (SPD) (fase inicial/transição) com culturas anuais e semiperenes para a formação de palhada (milho, soja, sorgo forrageiro, guandu anão e *Urochloa brizantha* cv. Marandu), sendo a cultura anterior o feijão de inverno. A área foi irrigada por aspersão (pivô central) considerando-se o intervalo hídrico ótimo para as culturas em estudo.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 3 x 3, ou seja, 3 espécies de plantas forrageiras: sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) e o capim Xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés) e 3 épocas de semeadura (1ª época - 14/09/09 (E1), 2ª época - 29/09/09 (E2) e 3ª época - 14/10/09 (E3), manejadas aos 45 dias após emergência - DAE), com 4 repetições. Para o segundo ano agrícola (2010/2011), foram utilizadas as mesmas espécies forrageiras e delineamento experimental, em que as épocas de semeadura se deram em: 1ª época - 10/09/10 (E1), 2ª época - 27/09/10 (E2) e 3ª época - 20/10/10 (E3), respectivamente. A área experimental totalizava 1.728 m² e cada parcela foi constituída por 48 m².

Para a semeadura das espécies forrageiras na safra 2009/2010, as plantas da área foram dessecadas previamente com herbicida Glyphosate, na dosagem de 1.440 g do ingrediente ativo (i.a.) ha⁻¹. Em 14/09/09 e 10/09/10 (safra 2009/2010 e 2010/2011, respectivamente), realizou-se a semeadura das espécies forrageiras com o auxílio de semeadora-adubadora para sementes pequenas com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado para SPD. Todas as culturas foram semeadas em linha com espaçamento entrelinhas de 0,34 m, com uma densidade de 10-15 plantas por metro na linha de semeadura para a cultura do sorgo forrageiro “Cover Crop” e para o milheto cv. ADR 500 e utilizando-se a densidade de semeadura de 532 pontos de valor cultural (VC) por hectare para o capim Xaraés (7 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis com VC = 76%).

Posteriormente, como 2ª e 3ª épocas, as espécies forrageiras foram semeadas em sistema de semeadura direta, nos dois anos agrícolas analisados, respectivamente. Os espaçamentos e as densidades de semeadura foram os mesmos descritos na 1ª época para todas as espécies avaliadas nas duas safras. Deve-se salientar que as espécies forrageiras foram semeadas sem

adubação para avaliar o efeito residual da adubação da soja nos dois anos agrícolas.

O sorgo forrageiro, o milheto e o capim Xaraés, foram conduzidos por 45 dias após a emergência (DAE), momento em que as plantas foram dessecadas com herbicida Glyphosate (1.440 g do i.a. ha⁻¹). Uma semana após a dessecação as espécies forrageiras foram manejadas com auxílio de um triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton), em 05/11/09, 20/11/09 e 10/12/09, respectivamente para 1ª, 2ª e 3ª épocas de semeadura no primeiro ano agrícola (safra 2009/2010) e em 03/11/10, 18/11/10 e 13/12/10, respectivamente para 1ª, 2ª e 3ª épocas de semeadura no segundo ano agrícola (safra 2010/2011).

Um dia antes da dessecação química coletou-se, para determinação da produtividade de massa seca (PMS) das plantas, a massa verde das forrageiras em uma área de 1,0 m² em quatro pontos distintos de cada unidade experimental com auxílio de um quadrado de metal. O corte do material vegetal foi realizado adotando-se, como referência, 0,05 m em relação à superfície do solo. Desta forma, o material cortado foi pesado e as amostras colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante sendo as quantidades extrapoladas para kg ha⁻¹. Este procedimento foi realizado nas três épocas de semeadura, durante os dois anos de avaliação, respectivamente.

Após dessecação e manejo dos resíduos vegetais das espécies forrageiras semeadas nas 3 épocas, a cultura da soja foi semeada mecanicamente, com uso de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo haste (facão) para SPD no mesmo delineamento experimental, aproveitando-se da palhada remanescente das plantas forrageiras.

A semeadura da cultura da soja foi realizada nos dias 16/12/2009 e 20/12/2010, para os dois anos agrícolas (2009/2010 e 2010/2011), respectivamente. O espaçamento utilizado foi de 0,45 m, com 26 sementes m⁻¹, utilizando-se a cultivar Monsoy 7908 RR. Como adubação de semeadura foram aplicados 250 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 (20 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente) conforme a avaliação da fertilidade do solo e seguindo as recomendações de Mascarenhas et al. (1997). Momentos antes da semeadura da cultura realizou-se a inoculação das sementes de soja com *Bradyrhizobium japonicum* turfoso (600.000 células viáveis semente⁻¹).

A colheita manual da cultura da soja foi realizada nos dias 15/04/2010 e 27/04/2011 para os dois anos de avaliação (2009/2010 e 2010/2011), respectivamente. Nessas datas foram coletadas todas as plantas contidas em 4 linhas centrais da parcela experimental desprezando-se 1 m em cada extremidade. Efetuou-se, no momento da colheita, a contagem de todas as plantas contidas na área útil da parcela experimental, com o objetivo de se calcular o estande final de plantas (EFP). Avaliaram-se, ainda, em uma média de 10 plantas por parcela, a altura de inserção da primeira vagem (AIPV) com o auxílio

Tabela 1. Caracterização inicial dos atributos químicos do solo na camada de 0 - 0,20 m

Safr	Atributos químicos do solo							
	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P (resina) mg dm ⁻³	H+Al	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	V %
	mmolc dm ⁻³							
2009/2010	5,2	26,0	24,0	33,0	3,2	24,0	13,0	55,0

de uma régua graduada em cm e o número de grãos por planta (NGP), de vagens por planta (NVP) e de grãos por vagem (NGV). Após a trilha mecânica das plantas coletadas foram determinadas pela pesagem, a massa de cem grãos (M100) e a produtividade de soja (PG), extrapolando-se os resultados em kg ha^{-1} (13% base úmida).

Após a colheita da cultura da soja foi efetuado um levantamento da fertilidade do solo na camada de 0-0,20 m (Raij et al. 2001), coletando-se em média 10 subamostras por parcela experimental originando-se, desta forma, uma amostra composta por parcela. As coletas foram realizadas com o auxílio de um trado de rosca e teve por objetivo avaliar as alterações ocorridas nos atributos químicos do solo após a decomposição da palhada remanescente das espécies forrageiras, em função das diferentes épocas de semeadura e após o cultivo da cultura da soja nos dois anos agrícolas.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$) e as médias dos atributos avaliados foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Quando houve efeito significativo para interação entre épocas de semeadura e espécies forrageiras, a interpretação dos resultados foi feita nos desdobramentos da interação. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Sisvar (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

A produtividade de massa seca (PMS) das plantas forrageiras diferiu significativamente quanto às espécies analisadas e épocas de semeadura nas duas safras (Tabela 2). Verificou-se que nos dois anos agrícolas (2009/2010 e 2010/2011), os maiores valores de PMS foram proporcionados pela cultura do sorgo forrageiro seguido da cultura do milheto com diferença significativa apenas em 2010/1011. Teixeira et al. (2011) também não constataram diferença na PMS do milheto (cultivar ENA 2) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), tanto no florescimento quanto na maturação dessas plantas porém relataram que o milheto BRS 1501 resultou em PMS inferior em ambos os estádios mencionados.

Quanto às épocas de semeadura, em ambas as safras, a 3ª época de semeadura (E3) propiciou valores de PMS bem superiores aos das demais épocas. Tal fato pode ser atribuído, principalmente, às condições climáticas durante o período de condução da pesquisa, com o aumento de temperatura e

precipitação pluvial durante a realização do experimento, o que proporcionou melhor desenvolvimento das culturas em questão na E3 (Figura 1).

Nas três épocas de semeadura as produtividades médias de massa seca das espécies forrageiras foram relativamente altas; portanto, essas espécies podem ser consideradas excelentes opções como culturas produtoras de palhada visando à implantação ou manutenção do SPD na região em estudo (Cerrado de baixa altitude). Neste contexto, Ruedell (1998) sugeriu uma adição anual em torno de 6.000 kg ha^{-1} de massa seca, enquanto Bayer et al. (2000), recomendaram uma adição anual em torno de 10.000 a $12.000 \text{ kg ha}^{-1}$ de massa seca, ambos na região Sul do Brasil. No entanto, em regiões de cerrado com inverno seco e quente, como na presente pesquisa, com a rápida decomposição dos resíduos o aporte de matéria seca pode ultrapassar essas quantidades supracitadas (Pariz et al., 2011b).

Deve-se considerar que esta cobertura vegetal de solo pode proporcionar tanto efeitos positivos como efeitos negativos sobre o crescimento de plantas (Santos & Reis, 2003). Os efeitos negativos estão relacionados aos efeitos alelopáticos sobre desenvolvimento de planta (toda espécie acumulada na superfície do solo sob plantio direto pode decompor compostos com ação alelopática no solo que, por sua vez, pode interferir no desenvolvimento da cultura em sucessão) e sobre doenças de cereais que se multiplicam em tecidos mortos deixados na superfície do solo causando redução da produtividade de grãos das culturas em sucessão (Santos et al., 2013). Porém se ressalta que esses efeitos negativos não foram observados no presente estudo.

De acordo com Macedo (2009), a adoção do SPD é altamente dependente da produção e manutenção de palhada sobre a superfície do solo. Nesse contexto, a utilização de culturas na entressafra objetivando a cobertura do solo e a ciclagem de nutrientes, torna-se fator extremamente importante na diversificação da produção agrícola com sustentabilidade (Pariz et al., 2011b). Do mesmo modo, a permanência da palhada na superfície do solo pode manter e proteger o sistema solo-planta beneficiando a manutenção da umidade e favorecendo a biota do solo (Calvo et al., 2010). Desta maneira, salienta-se que as elevadas produtividades de massa seca (PMS) obtidas neste estudo demonstram independentemente da espécie forrageira utilizada e da época de semeadura, a importância da adoção desta prática agrícola visando melhorar os sistemas produtivos na região em estudo beneficiando o solo e as culturas semeadas em sucessão no SPD.

Não houve interação significativa entre as espécies forrageiras e épocas de semeadura para os componentes de produção e produtividade de grãos (PG) da soja, nos dois anos agrícolas (Tabela 3). Analisando os componentes da produção e a produtividade (PG) da cultura, observa-se que somente a PG foi influenciada significativamente pelas épocas de semeadura e espécies forrageiras. Com relação às épocas de semeadura, as maiores produtividades da soja foram obtidas nos E3 e E2, tanto em 2009/2010 como em 2010/2011. Quanto às espécies forrageiras, os melhores resultados foram constatados quando a cultura da soja foi semeada sobre a palhada do sorgo forrageiro e do milheto no ano agrícola 2009/2010 e sobre a

Tabela 2. Produtividade de massa seca (PMS) de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. Selvíria - MS, safras 2009/2010 e 2010/2011

	Produtividade de massa seca (PMS)	
	(kg ha ⁻¹)	
	Safra 2009/2010	Safra 2010/2011
Épocas	**	**
E1	5.983 b	4.100 b
E2	6.667 b	6.825 b
E3	11.617 a	11.560 a
Espécies	**	**
Capim Xaraés	3.607 b	3.867 c
Milheto	9.993 a	7.792 b
Sorgo	10.667 a	10.827 a
CV (%)	15,6	35,3

** Significativo a 1% pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 3. Altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de grãos por planta (NGP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), estande final de plantas (EFP), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) da cultura da soja cv. Monsoy 7908 RR. Selvíria - MS, safras 2009/2010 e 2010/2011

Tratamentos	AIPV (cm)	NGP	NVP	NGV	EFP (plantas ha ⁻¹)	M100 (g)	PG (kg ha ⁻¹)
Safrá 2009/2010							
Épocas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
E1	10,8	46,2	49,1	1,8	202.777	12,9	2.459 b
E2	9,5	41,2	40,2	1,8	204.166	12,8	2.691 a
E3	9,5	47,6	52,1	1,7	197.222	12,9	2.792 a
Espécies	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Capim Xaraés	9,2	48,6	40,7	1,7	199.537	13,0	2.532 b
Milheto	10,0	45,6	48,8	1,8	210.648	12,7	2.619 ab
Sorgo	10,8	50,9	51,8	1,7	193.981	12,8	2.793 a
CV (%)	17,9	12,9	36,4	8,5	12,9	8,2	15,4
Safrá 2010/2011							
Épocas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
E1	15,6	44,1	41,0	1,9	216.851	13,7	2.354 b
E2	15,3	43,7	49,8	1,8	217.037	14,7	2.980 a
E3	14,7	45,9	50,9	1,8	219.722	14,7	3.164 a
Espécies	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Capim Xaraés	15,7	44,8	46,8	1,9	218.889	13,0	3.195 a
Milheto	13,4	44,1	46,7	2,0	218.148	12,8	2.502 b
Sorgo	14,4	53,8	48,3	1,8	216.574	13,2	2.801 ab
CV (%)	17,9	16,3	21,9	9,4	13,2	7,9	18,4

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey, onde: **, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente

palhada do capim Xaraés e sorgo forrageiro no ano agrícola 2010/2011. Portanto, tais resultados demonstram que o sorgo forrageiro parece ser a forrageira mais interessante dentre as estudadas para a cultura da soja em sucessão. Por outro lado, Garcia et al. (2014) não verificaram diferença na produtividade da soja em sucessão às forrageiras *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, *Urochloa ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. Tanzânia e Mombaça, que forneceram palhada para o SPD, na mesma região do presente estudo.

Santos et al. (2004) também não constataram, no município de Coxilha – RS, durante oito anos, com cultivares convencionais de soja (BR 16, de 1995/96 a 1997/98, BRS 137, em 1999/00 e 2000/01 e BRS 154, em 2001/01 e 2002/03), em sistemas de produção de ILP, diferenças entre as médias para massa de mil grãos, estatura de plantas e altura de inserção dos primeiros legumes, com soja cultivada após aveia branca e trigo para grãos. Semelhantemente, Santos et al. (2013) não observaram diferença na massa de mil grãos, na estatura de plantas nem na altura de inserção dos primeiros legumes de soja entre os sistemas de produção com integração lavoura pecuária (sistema I - trigo/soja e ervilhaca/milho; sistema II - trigo/soja e pastagem de aveia preta/milho; sistema III - trigo/soja e pastagem de aveia preta/soja; sistema IV - trigo/soja e ervilha/milho; sistema V - trigo/soja, triticale duplo propósito/soja e ervilhaca/soja e sistema VI - trigo/soja, aveia branca duplo propósito/soja e trigo duplo propósito/soja). Porém, esses autores constataram, diferentemente do resultado obtido no presente estudo, produtividades semelhantes de grãos de soja em sucessão nos sistemas de produção avaliados.

As menores produtividades foram verificadas sobre a palhada do capim Xaraés no primeiro ano agrícola (2009/2010), provavelmente pela menor PMS observada para esta espécie forrageira (Tabela 2), o que proporcionou menor cobertura do solo e possivelmente, menor ciclagem de nutrientes, comparado aos demais tratamentos. Entretanto, com relação às épocas de semeadura não foi verificada diferença significativa entre a

produtividade da soja sobre a palhada de milho e do capim Xaraés. Por outro lado, para a cultura do sorgo forrageiro, a melhor época de semeadura foi a 3ª época (E3), devido à maior PMS (Tabela 2) em função das condições climáticas mais adequadas nesta época de cultivo (Figura 1) proporcionando, assim, um ambiente mais favorável ao desenvolvimento da cultura.

Verificou-se ainda que, quando a cultura da soja foi semeada sobre a palhada do sorgo forrageiro e apesar do menor estande final de plantas (EFP) obteve-se, neste tratamento, o maior número de vagens (NVP) e de grãos por planta (NGP). Embora não apresentando diferenças significativas, esses componentes da produção podem ter resultado em maior PG, quando a soja foi cultivada sob a palhada desta espécie forrageira, nos dois anos de pesquisa (Tabela 3). Ressalta-se que, pela época de semeadura e manejo desta espécie, dias antes da semeadura da soja a alta precipitação pluvial verificada durante o período pode ter favorecido a permanência de maior quantidade de palha e menor lixiviação de nutrientes que resultaram em maior PG da cultura da soja uma vez que boa parte da MS do sorgo forrageiro advém do colmo que demora mais tempo para ser decomposto por apresentar maior quantidade de fibras em sua constituição.

Muraishi (2005) verificou, ao estudar diferentes manejos de espécies de cobertura do solo sobre a produtividade do milho e da soja no SPD, em condições de cultivo semelhantes às do presente trabalho, que a massa de 100 grãos da cultura da soja produzida sob palha de *U. brizantha* e milho diferiu significativamente em relação ao sorgo, com valores de 12,81; 13,1; 12,2 g, respectivamente, os quais são semelhantes aos encontrados na presente pesquisa. Os mesmos autores obtiveram produtividade em torno de 3.200 kg ha⁻¹, resultados esses próximos ao proporcionado pela soja em cultivo sobre a palhada da cultura do sorgo forrageiro na 3ª época, no primeiro ano agrícola e na palhada do capim Xaraés, no segundo ano de avaliação (Tabela 3). Carvalho et al. (2004) verificaram

produtividade de 2.773 kg ha⁻¹ quando a cultura da soja foi semeada em sucessão ao milho, o qual foi utilizado como adubo verde sendo esses valores também próximos aos obtidos no presente experimento. Tais resultados estão semelhantes aos observados pela Conab (2012), indicando produtividade média para a cultura da soja de aproximadamente 50 sacas ha⁻¹ na região deste estudo.

Quanto às épocas de semeadura e apesar de não ter ocorrido efeito significativo para nenhum dos componentes da produção da soja nos dois anos de avaliação, de maneira geral, o NVP e a M100 foram maiores nas épocas E2 e E3, quando comparada à E1, em 2010/2011 (Tabela 3). Portanto, isto deve ter favorecido o incremento significativo na produtividade de soja nessas épocas mais tardias de semeadura das espécies forrageiras comprovando, desta maneira, a grande influência da ciclagem de nutrientes e efeitos climáticos. No segundo ano de avaliação (2010/2011), diferentemente do observado no ano anterior, verificou-se maior PG sobre a palhada do capim Xaraés, fato passível de ser atribuído à sua menor relação C/N (dados não apresentados), o que pode ter favorecido a ciclagem mais rápida dos nutrientes contidos em sua palhada, liberando-os no período de desenvolvimento inicial da cultura da soja semeada em sucessão.

Em referência às modificações dos atributos químicos do solo após os dois cultivos da cultura da soja, observou-se que o pH do solo, os teores de P, K e Mg não foram influenciados pelas épocas de semeadura e espécies forrageiras (Tabela 4), demonstrando, assim, contribuição semelhante para manutenção desses atributos do solo a curto prazo. Em contrapartida, após o primeiro cultivo da soja houve diferença significativa para épocas de semeadura das forrageiras sendo constatados, para E1 e E2, menores valores de CTC no solo em detrimento dos menores valores de acidez potencial (H+Al) obtidos e também maiores saturações de base (V%) para E1 e E2 em relação à E3.

Em sistemas de produção com integração lavoura-pecuária têm sido observadas melhorias nas propriedades químicas,

físicas e biológicas do solo (Fontaneli et al., 2000; Santos et al., 2011; Spera et al., 2010; Chioderoli et al., 2012) em médio e longo prazo, fato este semelhante ao presente trabalho com histórico de 8 anos em SPD.

Também ocorreu efeito significativo da interação entre espécies e épocas de semeadura sobre o teor de Matéria Orgânica (MO) em 2009/2010 e os teores de Cálcio (Ca) e Soma de Bases (SB) em ambas as safras (Tabelas 4 e 5). No desdobramento das interações significativas (Tabela 5), verifica-se que entre as espécies forrageiras os menores teores de MO foram constatados após o cultivo da cultura do sorgo forrageiro na segunda época de semeadura (E2),

Tabela 5. Desdobramento das interações significativas entre épocas de semeadura e espécies forrageiras para os teores de matéria orgânica (MO), cálcio (Ca) e valores de soma de bases (SB) no solo na camada de 0-0,20 m. Selvíria - MS, safras 2009/2010 e 2010/2011

Épocas	Espécies		
	Capim Xaraés	Milheto	Sorgo
Safrá 2009/2010			
MO (g dm ⁻³)			
E1	28,0 aA	27,5 aA	27,3 aA
E2	29,8 aAB	30,3 aA	24,3 aB
E3	23,5 bA	19,8 bA	25,3 aA
Ca (mmolc dm ⁻³)			
E1	22,5 aAB	24,5 aA	14,8 aB
E2	20,3 aA	17,5 aA	20,5 aA
E3	18,0 aA	17,0 aA	21,3 aA
SB (mmolc dm ⁻³)			
E1	37,1 aAB	40,8 aA	27,7 aB
E2	34,8 aA	31,8 aA	34,5 aA
E3	32,8 aA	30,5 bA	37,1 aA
Safrá 2010/2011			
Ca (mmolc dm ⁻³)			
E1	12,7 abA	16,7 aA	15,7 aA
E2	16,7 aA	15,5 aA	14,3 aA
E3	11,2 bB	16,2 aA	11,0 bB
SB (mmolc dm ⁻³)			
E1	23,5 abA	28,4 aA	26,7 aA
E2	28,5 aA	25,1 aA	27,1 aA
E3	21,0 bB	28,3 aA	20,8 aB

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 4. Médias dos atributos da fertilidade do solo na camada de 0-0,20 m, em função de espécies forrageiras e épocas de semeadura. Selvíria - MS, safras 2009/2010 e 2010/2011

	P (mg dm ⁻³)	MO# (g dm ⁻³)	pH CaCl ₂	K	Ca#	Mg	H + Al (mmolc dm ⁻³)	SB#	CTC	V%
Safrá 2009/2010										
Épocas	ns	*	ns	ns	*	ns	**	*	**	**
E1	20,0	27,6	44,9	2,6	20,6	12,1	35,0 b	35,2	70,2 b	49,8 a
E2	16,0	28,4	4,8	2,6	19,4	11,8	36,5 b	33,7	70,2 b	48,0 a
E3	18,7	22,5	4,8	2,0	18,8	12,8	48,6 a	33,5	82,0 a	40,6 b
Espécies	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
Capim Xaraés	15,8	25,8	4,8	2,5	20,7	12,3	40,6	34,4	74,9	45,9
Milheto	19,4	26,5	4,8	2,2	18,8	12,1	40,8	33,1	73,9	44,9
Sorgo	19,5	27,1	4,8	2,4	20,3	12,3	38,8	34,9	73,7	47,6
CV (%)	45,2	10,6	4,1	27,2	23,4	16,4	12,5	18,4	5,7	14,7
Safrá 2010/2011										
Épocas	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
E1	17,2	20,1	4,9	1,6	15,1	9,5	34,1	26,2	60,2	43,2
E2	24,1	19,4	4,9	1,6	15,5	9,7	25,3	26,9	62,1	43,0
E3	15,5	19,2	4,8	1,6	14,8	9,7	35,6	23,4	59,0	39,6
Espécies	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
Capim Xaraés	19,0	19,9	4,8	1,6	15,7	9,8	33,5	27,3	60,8	44,7
Milheto	22,4	19,7	4,9	1,7	14,1	9,2	35,0	24,9	59,8	41,4
Sorgo	15,2	19,1	4,8	1,6	13,6	10,0	36,4	24,3	60,8	39,8
CV (%)	49,2	7,0	3,1	25,5	15,9	22,9	10,4	14,6	7,2	11,6

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey, onde: **, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente. # interações significativas

não diferindo significativamente do capim Xaraés, também na segunda época (ano agrícola 2009/2010). Entre as épocas de semeadura os menores teores de MO foram verificados na época 3, com o milho e o capim Xaraés, resultado que pode ser atribuído ao aumento de temperatura e pluviosidade que acarretaram em maior decomposição da MO (Figura 1). De acordo com Kliemann et al. (2006), apesar de o milho possuir relação C/N próxima a 30 se manejado no florescimento e emborrachamento, as palhadas de milho têm apresentado altas taxas de decomposição nos cerrados, dado ao clima quente e chuvoso, dificultando o acúmulo de palha, conforme observado no presente estudo.

Os maiores valores verificados para MO e Ca nas primeiras épocas de semeadura (E1 e E2) (Tabela 5) se devem, provavelmente, ao maior tempo para decomposição e mineralização dos resíduos vegetais no momento da coleta do solo para avaliação da fertilidade. Entretanto, entre as épocas de semeadura os valores para os atributos químicos do solo pouco diferiram. Os maiores valores propiciados pela cultura do milho, para os teores de Ca e valores de SB, na 3ª época da safra 2010/2011, podem ser atribuídos ao estágio de desenvolvimento da planta visto que, no momento do corte desta espécie forrageira (45 dias após a emergência), a mesma se encontrava em florescimento pleno, ou seja, o período de maior acúmulo de Ca pela planta e, portanto, maior valor de soma de bases.

Diversos autores (Caires et al., 1998; Silveira & Stone, 2001; Santos et al., 2003; Lourente et al., 2010) verificaram que a presença de resíduos vegetais na superfície do solo, pela decomposição com liberação de nutrientes e lixiviação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, pode aumentar os teores de MO; conseqüentemente com aumento da CTC e dos teores de Ca e Mg trocáveis em camadas mais profundas do solo com correção dos teores de Al trocável, aumento dos valores de pH e, portanto, aumento dos teores de P nas camadas mais superficiais do solo. Entretanto, com a colheita de grãos ou material vegetal fornecido à alimentação animal, ocorre redução na disponibilidade de bases do solo, sobretudo em sistemas de rotação de culturas, como o verificado na presente pesquisa e, no caso do SPD, a um longo período sem aplicação de calcário em especial como avaliado no segundo ano (2010/2011).

Verifica-se, em relação à análise inicial do solo (Tabela 1) que houve um decréscimo dos teores de MO, K, Ca e Mg e dos valores de SB, CTC e V% (Tabela 4), sobremaneira quando do cultivo das forrageiras na época mais fria e seca (E1), ou seja, a semeadura mais precoce proporcionou menores PMS (Tabela 2) resultando, assim, em menor acúmulo de nutrientes a serem ciclados pela decomposição dos resíduos vegetais resultando em menor produtividade da cultura da soja em sucessão na época E1 (Tabela 3). Portanto, as espécies forrageiras semeadas em E3 e E2, com maior produtividade de massa seca, foram mais eficientes em garantir o bom desenvolvimento da soja semeada em sucessão podendo, então, ser consideradas excelentes opções de espécies de cobertura do solo em regiões com condições semelhantes de cultivo às observadas no presente estudo. Salienta-se que a pluviosidade e a temperatura adequadas no período (Figura 1), aceleraram e/

ou intensificaram a decomposição e mineralização da palhada remanescente dessas espécies vegetais liberando, assim, nutrientes que foram decisivos para o bom desenvolvimento da cultura da soja em sucessão.

Desta forma, o experimento retratou um sistema de produção em fase inicial/transição do SPD (8 anos), altamente exigente em água, em virtude da capacidade de armazenamento no solo visando à produção de palhada e continuidade da rotação de culturas. Portanto, para o sucesso do SPD nesta região de cerrado de baixa altitude torna-se indispensável a boa formação de palha na superfície do solo, objetivo este atingido na presente pesquisa em cultivos de apenas 45 dias de ciclo das espécies forrageiras em antecessão à soja.

Conclusões

As maiores produtividades de massa seca foram do sorgo forrageiro e milho, seguidos do capim Xaraés; independente da espécie forrageira, a melhor época de semeadura foi em meados do mês de outubro.

As palhadas do sorgo forrageiro e do capim Xaraés proporcionaram as maiores produtividades de soja sendo as melhores opções em cultivo antecessor, desde que semeadas em final de setembro ou meados de outubro (E2 e E3).

As maiores V% foram obtidas nos cultivos de setembro (E1 e E2), em detrimento do menor teor de H+Al, na safra 2009/2010.

Em virtude da maior produtividade de massa seca das forrageiras semeadas em outubro (E3), houve aumento da H+Al e CTC; contudo, a semeadura em E3 do capim Xaraés e milho, propiciou menores teores de MO no primeiro cultivo.

Agradecimentos

À FAPESP pela concessão de bolsa de iniciação científica ao terceiro autor e pelo apoio financeiro ao projeto (Processo nº 09/11204-3).

Literatura Citada

- Bayer, C.; Mielniczuk, J.; Amado, T. J. C.; Martinetto, L.; Fernandes, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage a cropping systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, v.54, n.1-2, p.101-109, 2000. <[http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00090-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00090-8)>.
- Caires, E. F.; Chueiri, W. A.; Madruga, E. F.; Figueiredo, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, n.1, p.27-34, 1998. <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v22n1a04.pdf>>. 12 Jan. 2013.
- Calvo, C. L.; Foloni, J. S. S.; Brancalhão, S. R. Produtividade de fitomassa e relação c/n de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. *Bragantia*, v.69, n.1, p.77-86, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000100011>>.

- Carvalho, M. A. C.; Athayde, M. L. F.; Soratto, R. P.; Alves, M. C.; Arf, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema plantio direto e convencional em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.11, p.1141-1148, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004001100013>>.
- Chioderoli, C. A.; Mello, L. M. M.; Grigolli, P. J.; Furlani, C. E. A.; Silva, J. O. R.; Cesarin, A.L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.1, p.37-43, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000100005>>.
- Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/2012 – Sétimo Levantamento – Agosto/2012. <<http://www.conab.gov.br>>. 23 Fev. 2013.
- Costa, N. R.; Andreotti, M.; Gameiro, R. A.; Pariz, C. M.; Buzetti, S.; Lopes, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.8, p.1038-1047, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000800003>>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de métodos de análise do solo. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306p.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>>.
- Fontaneli, R.S.; Santos, H.P. dos; Ambrosi, I; Voss, M. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno, sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.2, p.349-355, 2000. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000000200014>>.
- Garcia, C. M. P.; Andreotti, M.; Teixeira Filho, M. C. M.; Lopes, K. S.; Buzetti, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. *Bragantia*, v.73, n.2, p.143-152, 2014. <<http://dx.doi.org/10.1590/brag.2014.016>>.
- Kliemann, H. J.; Braz, A. J. P. B.; Silveira, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.36, n.1, p.1-28, 2006. <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/2165/2116>>.
- Lourente, E. R. P.; Mercante, F. M.; Marchetti, M. E.; Souza, L. C. F.; Souza, C. M. A.; Gonçalves, M. C.; Silva, M. A. G. Rotação de culturas e relações com atributos químicos e microbiológicos do solo e produtividade do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, n.4, p.829-842, 2010. <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n4p829>>.
- Macedo, M. C. M. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.special, p.133-146, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001300015>>.
- Mascarenhas, H. A. A.; Tanaka, R. T. Soja. In: Rajj, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p.202-203.
- Muraishi, C. T. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.27, n.2, p.199-207, 2005. <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v27i2.1903>>.
- Pacheco, L. P.; Pires, F. R.; Monteiro, F. P.; Procópio, S. de O.; Assis, R. L. de; Cargnelutti Filho, A.; Carmo, M. L. do; Petter, F. A. Sobressemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. *Planta Daninha*, v.27, n.3, p.455-463, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000300005>>.
- Pacheco, L. P.; Pires, F. R.; Monteiro, F. P.; Procópio, S. O.; Assis, R. L.; Carmo, M. L.; Petter, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.7, p.815-823, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000700005>>.
- Pariz, C. M.; Andreotti, M.; Buzetti, S.; Bergamaschine, F. A.; Ulian, N. A.; Furlan, L. C.; Meirelles, P. R. L.; Cavasano, F. A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.6, p.2029-2037, 2011a. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000600019>>.
- Pariz, C. M.; Azenha, M. V.; Andreotti, M.; Araújo, F. C. M.; Ulian, N. A.; Bergamaschine, A. F. Produção e composição bromatológica de forrageiras em sistema de integração lavoura-pecuária em diferentes épocas de semeadura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.10, p.1392-1400, 2011b. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000037>>.
- Rajj, B. van; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.
- Rheinheimer, D. S.; Kaminski, J.; Lupatini, G. C.; Santos, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, n.4, p.713-721, 1998. <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v22n4a17.pdf>>. 17 Jul. 2013.
- Ruedell, J. A soja numa agricultura sustentável. In: Silva, M. T. B. (Ed.). *A soja na rotação de culturas no plantio direto*. Cruz Alta: Fundacep/Fecotrigo, 1998. p.1-34.
- Santos, H. P. dos; Fontaneli, R. S.; Spera, S. T. Rendimento de grãos de soja em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e perenes, sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.10, n.1-2, p.35-45, 2004. <http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1398798157_art_04.pdf>. 20 Out. 2013.
- Santos, H. P. dos; Fontaneli, R. S.; Spera, S. T.; Dreon, G. Fertilidade e teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura e pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, n.3, p.474-482, 2011. <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v6i3a1266>>.
- Santos, H. P. dos; Reis, E. M. Rotação de culturas em plantio direto. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 212p.
- Santos, H. P.; Fontaneli, R. S.; Spera, S. T.; Maldaner, G. L. Rendimento de grãos de soja em diferentes sistemas de produção integração lavoura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.8, n.1, p.49-56, 2013. <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v8i1a2077>>.

- Santos, H. P.; Fontaneli, R. S.; Tomm, G. O.; Spera, S. T. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.3, p.545-552, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000300016>>.
- Silveira, P. M.; Stone, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.2, p.387-394, 2001. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000200014>>.
- Spera, S. T.; Santos, H. P. dos; Fontaneli, R. S.; Tomm, G. O. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.32, n.1, p.37-44, 2010. <<http://dx.doi.org/10.4025/actascientiarum.v32i1.926>>.
- Teixeira, M. B.; Loss, A.; Pereira, M. G.; Pimentel, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.3, p.867-876, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000300021>>.