

## Notas Científicas

# Produção de forragem e atributos químicos e físicos do solo em sistemas integrados de produção agropecuária

Carolina dos Santos Batista Bonini<sup>(1)</sup>, Gelci Carlos Lupatini<sup>(1)</sup>, Cristiana Andrighetto<sup>(1)</sup>, Gustavo Pavan Mateus<sup>(2)</sup>, Reges Heinrichs<sup>(1)</sup>, Aline Sampaio Aranha<sup>(1)</sup>, Erikelly Aline Ribeiro de Santana<sup>(3)</sup> e Guilherme Constantino Meirelles<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus de Dracena, Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, Km 651, CEP 17900-000 Dracena, SP, Brasil. E-mail: carolbonini@dracena.unesp.br, lupatini@dracena.unesp.br, cristiana@dracena.unesp.br, reges@dracena.unesp.br, aline.aranha@outlook.com, gui\_meirelles2312@hotmail.com <sup>(2)</sup>Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Extremo Oeste, Caixa Postal 67, CEP 16900-970 Andradina, SP, Brasil. E-mail: gpmateus@apta.sp.gov.br

<sup>(3)</sup>Unesp, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Campus de Botucatu, Distrito Rubião Júnior, s/nº, CEP 18618-000 Botucatu, SP, Brasil. E-mail: erikellysantana@hotmail.com

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de forragem de capim-marandu (*Urochloa brizantha*) e os atributos químicos e físicos do solo, em sistemas integrados de produção. Foram avaliados os sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, em linhas simples (200 árvores por hectare) e linhas triplas (500 árvores por hectare), além do plantio exclusivo de eucalipto. A resistência mecânica à penetração do solo e a produção de forragem não diferiram entre os sistemas. A infiltração de água no solo foi menor nos sistemas agrossilvipastoris. Após dois anos da implantação dos sistemas, os teores de matéria orgânica, cálcio, magnésio e fósforo, na camada de 0–20 cm, aumentaram.

**Termos para indexação:** *Urochloa brizantha*, capim-marandu, matéria orgânica, sistema agrossilvipastoril, taxa de infiltração.

## Forage production and soil chemical and physical attributes in integrated agricultural systems

**Abstract** – The objective of this work was to evaluate the forage production of 'Marandu' palisade grass (*Urochloa brizantha*) and the soil chemical and physical attributes in integrated agricultural systems. Crop-livestock and crop-livestock-forest integrated systems were evaluated in single (200 trees per hectare) and triple planting lines (500 trees per hectare), besides the exclusive planting of eucalyptus. Soil mechanical resistance to penetration and forage production did not differ between systems. Soil-water infiltration was lower in the agroforestry systems. After two years of the implementation of the systems, the levels of organic matter, calcium, magnesium, and phosphorus increased in the 0–20-cm soil depth.

**Index terms:** *Urochloa brizantha*, 'Marandu' palisade grass, organic matter, agrosilvopastoral systems, infiltration rate.

Nos últimos três anos, do total de bovinos abatidos no Brasil, cerca de 80% foram criados e terminados exclusivamente em pastagens tropicais (Anualpec, 2014). O manejo inadequado dos solos nessas pastagens tem sido a principal limitação à competitividade e sustentabilidade da pecuária de corte ante outras atividades agrícolas.

O uso de pastejo intensivo pode implicar a redução da qualidade física e química do solo, principalmente por poder aumentar a resistência mecânica à penetração e a densidade do solo, com a redução da macroporosidade (Lanzanova et al., 2007), e diminuir os teores de cátions

trocáveis, matéria orgânica, P lábil e pH do solo (Costa et al., 2015).

Em sistemas integrados de produção, como a integração lavoura-pecuária (ILP), vários autores têm relatado melhorias dos atributos químicos e físicos do solo (Marchão et al., 2007; Macedo, 2009; Spera et al., 2010; Santos et al., 2011; Anghinoni et al., 2013). Os sistemas integrados de produção agropecuária promovem diversos benefícios ao solo, plantas e animais, por explorar o sinergismo entre seus componentes. Além de maior produtividade, proporcionam incremento dos teores de matéria

orgânica e maior quantidade de C orgânico e N (Loss et al., 2011).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de forragem de capim-marandu (*Urochloa brizantha*) e os atributos químicos e físicos do solo, em sistemas integrados de produção.

O estudo foi conduzido na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Regional de Andradina, no Município de Andradina, SP (20°55'S, 51°23'W, a 379 m de altitude). O clima predominante na região é o Aw, conforme classificação de Köppen-Geiger, e o solo é um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Santos et al., 2013).

O experimento foi instalado em uma área de 27 ha. Os tratamentos avaliados foram: ILP, sistema de integração lavoura-pecuária; ILPF 1, sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, com árvores de eucalipto plantadas em linhas simples, com distância entre linhas de 17 a 21 m e entre plantas de 2 m, à densidade de 200 árvores ha<sup>-1</sup>; ILPF 2, sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, com árvores de eucalipto plantadas em linhas triplas, em espaçamento de 3x2 m, e espaçamento entre linhas triplas de 19 m, em média, à densidade de 500 árvores ha<sup>-1</sup>; e plantio exclusivo de eucaliptos, em espaçamento 3x2 m. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições.

A análise química do solo (Tabela 1), para a caracterização inicial da área, foi realizada em maio de 2012, de acordo com Raij & Quaggio (1983). Os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn foram de 0,2, 0,8, 32,0, 14,0 e 0,7 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente.

Em julho de 2012, aplicou-se calcário (1.200 kg ha<sup>-1</sup>) e gesso agrícola (700 kg ha<sup>-1</sup>), com base na análise de solo. Posteriormente, o solo foi preparado com aração e gradagem. O plantio do eucalipto (*Eucalyptus urograndis*, clone I-224) foi realizado ao final de 2012, com adubação de 350 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 04-30-16, na cova, e adubação de cobertura com 37 kg ha<sup>-1</sup> de N, 3 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B, em volta da coroa das mudas.

Em dezembro de 2012, a cultivar de soja BMX, foi semeada nos sistemas integrados, com 300 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 04-30-16. Após 45 dias, foi efetuada adubação de cobertura com 200 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 00-20-20. A colheita foi realizada em maio de 2013. O híbrido de milho DKB 390 e o capim *Urochloa brizantha* 'Marandu' (Syn. *Brachiaria brizantha* 'Marandu') foram semeados em dezembro de 2013, com adubação de 310 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 08-28-16. Aos 20 dias após a emergência do milho, realizou-se a adubação de cobertura com 92 kg ha<sup>-1</sup> de N em forma de ureia. A colheita do milho ocorreu em março de 2014, tendo-se deixado o capim para estabelecimento da pastagem.

A taxa de infiltração de água no solo foi determinada com infiltrômetro Mini Disk, conforme Zhang (1997). Para avaliação da resistência do solo à penetração, utilizou-se o penetrômetro, modelo Falker; enquanto a umidade gravimétrica foi determinada pelo método clássico de pesagem (Claessen, 1997), nas camadas de 0,00–0,05, 0,05–0,10, e 0,10–0,20 m.

A produção de forragem foi avaliada por meio de cortes em 0,5 m<sup>2</sup> por parcela, nos sistemas integrados (12 amostras). A forragem foi pesada e homogeneizada, tendo-se retirado uma subamostra para determinação da produção de matéria seca por hectare, após secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C.

Em outubro de 2014, realizou-se nova análise química do solo, para avaliação após o estabelecimento dos sistemas. Os dados foram submetidos a análises de variância e teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Sisvar (Ferreira, 2011).

Os teores de MO, Ca, Mg e P, na camada de 0–0,20 m, após 2 anos de implantação dos sistemas, aumentaram (Tabelas 2 e 3), em comparação à análise de solo inicial, realizada em 2012 (Tabela 1). Estes resultados corroboram os de Santos et al. (2011). Segundo Costa et al. (2015), as alterações químicas do solo em sistemas integrados resultam do elevado acúmulo de resíduos vegetais sobre sua superfície do solo que, após a decomposição, proporcionam aporte

**Tabela 1.** Caracterização inicial (atributos químicos e físicos) da área experimental.

Camada (m)	P resina (mg dm <sup>-3</sup> )	MO (g dm <sup>-3</sup> )	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	SB	CTC	V (%)	S-SO <sub>4</sub> (mg dm <sup>-3</sup> )	m (%)	Areia	Silte	Argila
0,00–0,20	3	15	4,8	1,8	7	5	19	13,6	32,5	42	1	10,8	765	116	119

de nutrientes ao sistema e estimulam a atividade biológica.

Para os valores médios de resistência mecânica à penetração (Tabela 2), não houve diferença significativa entre os sistemas, nas camadas estudadas. A ausência de animais no período experimental favoreceu a não compactação dos sistemas integrados com pecuária. Os valores de resistência mecânica à penetração aumentaram com a profundidade do solo, em razão da diminuição dos teores de matéria orgânica do solo. Marchão et al. (2007) e Spera et al. (2010) verificaram maiores valores médios – de 1,36 e 1,51 Mpa, respectivamente – para resistência à penetração, em sistemas de produção sem pastejo e com pastejo.

Os valores de umidade do solo (Tabela 2) diferiram significativamente entre os sistemas, em todas as camadas estudadas. Essa diferença, possivelmente, é consequência das diferentes quantidades de matéria seca remanescente na cobertura do solo, em cada sistema (Lanzanova et al., 2007).

A ILPF 1 e ILPF 2 apresentaram taxas menores de infiltração de água do que o bosque de eucaliptos e o ILP (Tabela 2). Esse comportamento pode ser atribuído à maior compactação nos tratamentos ILPF 1 e ILPF 2, evidenciada pelos maiores valores de resistência à penetração. No tratamento ILP, a maior infiltração, segundo Marchão et al. (2007), é consequência de três efeitos principais: ausência de preparo durante o ciclo da pastagem; presença de um denso sistema radicular, que atua como agente agregante do solo; e aumento da atividade da macrofauna do solo.

Os tratamentos não diferiram quanto à produção de forragem (Tabela 2). A reduzida altura média da espécie arbórea (6,47 m), por ocasião dessas avaliações iniciais nos sistemas de integração, não interferiu significativamente na luminosidade, umidade e nutrientes, nos sistemas integrados e, portanto, não afetou a produtividade da forragem. A alta produção de forragem encontrada no presente estudo é a resposta da adubação residual das lavouras (Alvarenga et al., 2010).

**Tabela 2.** Atributos físicos do solo, nas camadas de 0,00–0,05, 0,05–0,10 e 0,10–0,20 m, e produção de forragem nos tratamentos estudados<sup>(1)</sup>.

Tratamento	Resistência mecânica à penetração (MPa)			Umidade gravimétrica (kg kg <sup>-1</sup> )			Taxa de infiltração (mm por hora)	Produção de forragem (kg ha <sup>-1</sup> )
	0,00–0,05	0,05–0,10	0,10–0,20	0,00–0,05	0,05–0,10	0,10–0,20		
ILPF 1	0,22	1,73	1,88	0,0472a	0,0513b	0,0290b	66,10b	9.903
ILPF 2	0,10	1,16	2,63	0,0247b	0,0389b	0,0439a	61,20b	9.090
ILP	0,14	1,42	2,37	0,0647a	0,0954a	0,0517a	74,95a	9.167
B	0,15	1,60	2,00	0,0250b	0,0455b	0,0400a	69,24a	-
F	24,884 <sup>ns</sup>	0,429 <sup>ns</sup>	3,514 <sup>ns</sup>	10,136*	22,562*	36,198*	5,195*	0,382 <sup>ns</sup>
CV (%)	24,42	17,76	19,69	27,48	20,71	31,98	23,56	15,47

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. \*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F. ILPF 1, integração lavoura-pecuária-floresta, em linhas simples de eucalipto; ILPF 2, integração lavoura-pecuária-floresta, em linhas triplas de eucalipto; ILP, integração lavoura-pecuária; e B, exclusivamente plantio de eucalipto.

**Tabela 3.** Atributos químicos do solo, nas camadas de 0,00–0,05, 0,05–0,10 e 0,10–0,20 m, nos tratamentos estudados<sup>(1)</sup>.

Tratamento	pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	SB
	CaCl <sub>2</sub>	(g dm <sup>-3</sup> )	----- (mg dm <sup>-3</sup> ) -----			----- (mmolc dm <sup>-3</sup> ) -----		
ILP	5,2	21a	15a	1,77bc	1,28b	14	9,42a	25
ILPF 1	4,9	20ab	9b	2,21ab	1,45b	11	7,45bc	18
ILPF 2	5,0	20ab	7b	1,40c	1,51b	12	9,04ab	21
B	5,3	15b	5b	2,39a	2,38a	13	6,79c	20
F	0,932 <sup>ns</sup>	4,076*	10,61*	13,259*	75,282*	2,467 <sup>ns</sup>	7,839*	0,955 <sup>ns</sup>
CV (%)	6,22	12,83	29,26	12,53	6,87	12,41	10,99	27,13

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. \*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F. ILPF 1, integração lavoura-pecuária-floresta em linhas simples de eucalipto; ILPF 2, integração lavoura-pecuária-floresta, em linhas triplas de eucalipto; ILP, integração lavoura-pecuária; e B, exclusivamente plantio de eucalipto.

Os dados preliminares deste estudo indicam alterações nos atributos químicos e físicos do solo, ainda na fase de estabelecimento de sistemas integrados. Porém, a presença de animais e o desenvolvimento dos componentes forrageiro e arbóreo podem influenciar atributos químico-físicos do solo, e novas pesquisas devem ser realizadas para a investigação desses aspectos.

### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp, processo no. 2015/21525-0), pelo apoio financeiro.

### Referências

- ALVARENGA, R.C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANC, M.C.M.; VILELA, L. Sistema integração lavoura-pecuária-floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v.31, p.59-67, 2010.
- ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. de F.; COSTA, S.E.V.G. de A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.8, p.325-380, 2013.
- ANUALPEC: anuário da pecuária brasileira: 2014. São Paulo: FNP Consultoria: Agros Comunicação, 2014. 313p.
- CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K.S.M.; YOKOBATAKE, K.L.; FERREIRA, J.P.; PARIZ, C.M.; BONINI, C. dos S.B.; LONGHINI, V.Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.852-863, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbc20140269.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.
- LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R. da S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1131-1140, 2007. DOI: 10.1590/S0100-06832007000500028.
- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C. dos. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1269-1276, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001000022.
- MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009. DOI: 10.1590/S1516-35982009001300015.
- MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M. da; SANTOS JUNIOR, J. de D.G. dos; SÁ, M.A.C. de; 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. DOI: 10.1590/S0100-204X2007000600015.
- RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (IAC. Boletim técnico, 81).
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- SANTOS, H.P.; 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, p.474-482, 2011. DOI: 10.5039/agraria.v6i3a1266.
- 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, p.37-44, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i1.926.
- ZHANG, R. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. **Soil Science Society of American Journal**, v.61, p.1024-1030, 1997. DOI: 10.2136/sssaj1997.03615995006100040005x.

Recebido em 31 de agosto de 2015 e aprovado em 17 de dezembro de 2016