

## Usos do solo na reforma do canavial: atributos do solo e produtividade da cana-de-açúcar<sup>(1)</sup>.

**Carolina Fernandes<sup>(2)</sup>; Roniram Pereira da Silva<sup>(3)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos de Auxílio à Pesquisa FAPESP (Processo nº 2011/06491-0).

<sup>(2)</sup> Professora Assistente Doutora do Departamento de Solos e Adubos; UNESP, Câmpus de Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal, São Paulo; carol@fcav.unesp.br. <sup>(3)</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia (Ciência do Solo); UNESP, Câmpus de Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; roniramasilva@hotmail.com; Bolsista CAPES.

**RESUMO:** A diversificação de culturas, no período de reforma do canavial, pode contribuir para a melhoria dos atributos químicos e físicos do solo, incrementando seu potencial produtivo para o próximo ciclo da cana-de-açúcar. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes usos do solo, no período de reforma do canavial, nos atributos químicos e físicos do solo e na produtividade da cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido no município de Jaboticabal, SP (21°14'05" S e 48°17'09" W), em um Latossolo Vermelho eutroférico textura muito argilosa (argila = 680 g kg<sup>-1</sup>). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições e quatro tratamentos, caracterizados por diferentes usos do solo no período de reforma do canavial (soja/milheto/soja, soja/crotalária/soja, soja/pousio/soja e soja). Os diferentes usos não influenciam os atributos químicos do solo e a produtividade da cana-de-açúcar. O uso soja/milheto/soja favorece a qualidade física do solo.

**Termos de indexação:** soja, milho, crotalária.

### INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa posição de destaque na produção mundial de açúcar e etanol. O cenário atual demonstra o interesse mundial pela agroenergia e a indústria sucroenergética encontra-se inserida em uma realidade promissora ao crescimento. No entanto, ainda enfrenta resistência daqueles que consideram a cana-de-açúcar um monocultivo.

Sabe-se dos benefícios relacionados ao uso da diversificação de culturas, podendo-se destacar, melhoria dos atributos químicos e físicos do solo, auxílio no controle de pragas e doenças, otimização do uso de máquinas na propriedade e diversificação da produção. Entretanto, a cana-de-açúcar é semi-perene e pode permanecer no campo por um período médio entre seis e oito anos, ou mais, dependendo das condições edafoclimáticas de cultivo. Dessa forma, a cultura acaba restringindo o uso da diversificação de culturas no período de reforma do canavial. Ainda assim, este período pode

ser utilizado com espécies que contribuam para melhorar a qualidade do solo.

Assim, evidencia-se a necessidade de estudos para definir um melhor uso do solo, no período de reforma do canavial, visando a diversificação de culturas e ao mesmo tempo, abrangendo os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

A hipótese deste trabalho foi que o uso de dois cultivos de soja, com um cultivo de gramínea ou leguminosa entre eles, no período de reforma do canavial, promove a melhoria dos atributos químicos e físicos do solo, incrementando seu potencial produtivo para o próximo ciclo da cana-de-açúcar.

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes usos do solo, no período de reforma do canavial, nos atributos químicos e físicos do Latossolo Vermelho eutroférico e na produtividade da cana-de-açúcar.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 2008 e vem sendo conduzido no município de Jaboticabal, estado de São Paulo, com latitude de 21°14'05" S, longitude de 48°17'09" W e altitude média de 615 m em Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) textura muito argilosa (areia = 140 g kg<sup>-1</sup>, silte = 180 g kg<sup>-1</sup>, argila = 680 g kg<sup>-1</sup> na camada de 0,00–0,20 m). O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco repetições e quatro tratamentos, caracterizados por diferentes usos do solo no período de reforma do canavial. Os usos do solo, no período de outubro de 2008 a fevereiro de 2010, constituíram-se dos cultivos de: soja/milheto/soja (SMS), soja/crotalária/soja (SCS), soja/pousio/soja (SPS) e soja (S). Em SMS, SCS e SPS, foram realizados dois cultivos de soja (*Glycine max*) nos períodos de outubro de 2008 a fevereiro de 2009 e outubro de 2009 a fevereiro de 2010. Entre o primeiro e o segundo cultivo de soja, no período de março a setembro de 2009, o solo foi cultivado com milho (*Pennisetum americanum*) (SMS) ou crotalária (*Crotalaria juncea*) (SCS) ou permaneceu em pousio (SPS), onde se realizaram

capinas manuais periódicas para manter o solo descoberto, sem a presença de vegetação espontânea. Em S realizou-se um cultivo de soja no período de outubro de 2009 a fevereiro de 2010.

Após os diferentes usos do solo, empregados durante o período de reforma do canavial, realizou-se o plantio da cana-de-açúcar no sistema mecanizado em fevereiro de 2010, utilizando-se a variedade SP 87-365, recomendada para o ambiente A de produção de cana-de-açúcar. A cultura foi conduzida segundo as recomendações fitotécnicas.

A parcela experimental ocupou uma área de 270 m<sup>2</sup> (18 m de largura x 15 m de comprimento), sendo 12 linhas de cana-de-açúcar, com espaçamento entrelinhas de 1,50 m, e 15 m de comprimento. A área útil da parcela compreendeu 120 m<sup>2</sup>, ou seja, 8 linhas de cana-de-açúcar com 10 m de comprimento.

Avaliaram-se os atributos químicos e físicos do LVef nas camadas 0,00 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m de profundidade.

Para a determinação dos atributos químicos do solo e do índice de estabilidade de agregados em água foram coletadas amostras deformadas, com auxílio de trado tipo holandês, após o primeiro corte da cana-de-açúcar em junho de 2011 (16 meses após o plantio). Para cada profundidade coletou-se uma amostra composta por parcela. Os atributos químicos determinados foram pH (CaCl<sub>2</sub>), matéria orgânica (MO), fósforo disponível (P), teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e acidez potencial (H+Al), utilizando os métodos propostos por Raij et al. (2001). Obtido os resultados, foram calculadas a capacidade de troca de cátions (T) e a saturação por bases do solo (V). Para a determinação do índice de estabilidade de agregados utilizaram-se agregados com diâmetro entre 2,00 e 1,00 mm (Nimmo & Perkins, 2002).

Para a determinação do diâmetro médio ponderado dos agregados, as amostras foram coletadas em agosto de 2011, com a umidade do solo em um intervalo apropriado para a amostragem (18 meses após o plantio). Coletou-se, com auxílio de enxadão, uma amostra composta por parcela para cada profundidade. Para essa determinação, utilizaram-se agregados com diâmetro entre 6,30 e 4,00 mm (Nimmo & Perkins, 2002).

Coletaram-se amostras indeformadas de solo, utilizando-se anéis volumétricos (0,05 x 0,05 m), em outubro de 2011 (20 meses após o plantio da cana-de-açúcar), quando a umidade do solo encontrou-se em um intervalo apropriado para essa amostragem. Para cada profundidade, coletaram-se três amostras por parcela. Nessas amostras, os atributos determinados foram densidade do solo (Grossman & Reinsch, 2002) e porosidade total,

macroporosidade e microporosidade do solo (Embrapa, 1997). Coletaram-se adicionalmente três amostras indeformadas por parcela, para a avaliação da resistência do solo à penetração (Tormena et al., 1998).

As colheitas do primeiro e do segundo corte da cana-de-açúcar foram realizadas, respectivamente, em junho de 2011 e junho de 2012. A produção foi avaliada nas quatro linhas centrais da área útil da parcela. Para isso, a colheita da área útil foi manual e todas as canas colhidas nas quatro linhas de 10 m (60 m<sup>2</sup>) foram pesadas. As demais linhas da parcela foram colhidas mecanicamente. Em ambos os casos, sem queima da palha. Em seguida, determinou-se a produtividade e os valores foram expressos em Mg ha<sup>-1</sup>.

As variáveis foram submetidas à análise de variância a 1%, seguindo o delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições e quatro tratamentos (usos do solo no período de reforma do canavial) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes usos do solo não influenciaram os atributos químicos do Latossolo Vermelho eutrófico (**Tabela 1**) nas profundidades avaliadas. Os valores estão dentro dos limites considerados como médios e altos por Raij et al. (1997).

Os valores do índice de estabilidade dos agregados (IEA) variaram entre 70 e 80% nas camadas avaliadas e não foram influenciados pelos diferentes usos do solo (**Tabela 2**). Provavelmente, o teor de argila do LVef (680 g kg<sup>-1</sup>) e o conteúdo de matéria orgânica (**Tabela 1**) proporcionam a estabilidade na agregação do solo.

Souza et al. (2009), estudando a variabilidade espacial da estabilidade de agregados em Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar, concluíram que a estabilidade dos agregados do Latossolo Vermelho eutrófico (argila = 630 g kg<sup>-1</sup> e MO = 25,04 g kg<sup>-1</sup> na camada de 0,00 - 0,40 m) foi superior ao do Latossolo Vermelho distrófico (argila = 361 g kg<sup>-1</sup> e MO = 15,05 g kg<sup>-1</sup> na camada de 0,00 - 0,40 m) devido ao maior teor de argila e de matéria orgânica.

Os valores do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) foram influenciados na camada de 0,10 - 0,20 m (**Tabela 2**). O uso de um cultivo de soja (S) proporcionou maior DMP do que o uso de dois cultivos de soja, independentemente do uso entre os cultivos, pousio (SPS), milho (SMS) ou crotalaria (SCS). Possivelmente o maior número de operações agrícolas nesses usos contribuiu para a redução do DMP dos agregados, corroborando os resultados de Fernandes et al. (2012) nessa mesma

área experimental, obtidos após a reforma do canavial e antes do plantio da cana-de-açúcar.

Os diferentes usos do solo não alteraram os valores de resistência do solo a penetração (RP) (**Tabela 2**). Porém, observaram-se valores de RP acima de 2 MPa, considerado como valor crítico para o crescimento das plantas em geral (Taylor et al., 1966).

Os níveis críticos de resistência do solo para o crescimento das plantas variam com o tipo de solo e com a espécie cultivada. A adoção do valor de 2 MPa como restritivo ao desenvolvimento radicular em áreas sob sistemas de cultivo conservacionista parece ser um valor inadequado (Serafim et al., 2008). É necessário considerar que o solo, em sua heterogeneidade natural, possibilita fissuras e espaços para o crescimento e a colonização das raízes (Azevedo, 2008).

O uso SMS proporcionou, quando comparado ao uso S, menor valor de densidade do solo (Ds) e maior valor de porosidade total (PT), na camada de 0,00 - 0,10 m, e maior valor de microporosidade (Mic), na camada de 0,10 - 0,20 m (**Tabela 2**). Portanto, a sequência de culturas soja/milheto/soja contribuiu para a redução da Ds em decorrência do aumento da PT na camada superficial do LVef. Sabe-se que o denso e volumoso sistema radicular das gramíneas proporciona efetivas melhorias nos atributos físicos do solo.

Os diferentes usos do solo não alteraram os valores da produtividade (**Tabela 3**), nos dois cortes da cana-de-açúcar. Segundo os padrões adotados como referência pelo Centro de Tecnologia Canavieira, citado por Benedini & Bertolani (2008), a produtividade da cana para ambientes de produção A deve ser maior ou igual a 95 Mg ha<sup>-1</sup> (média de 4 cortes). Assim, os valores encontram-se acima dos padrões adotados como referência. Isso demonstra que mesmo com alguns atributos do solo apresentando valores dentro de padrões considerados críticos na literatura, não se observou redução da produtividade. Dessa forma, considerando a planta como o principal sensor de qualidade do solo, os valores dos atributos físicos encontrados para a cana-de-açúcar, nas condições do presente estudo, não foram limitantes ao desenvolvimento e produtividade da cultura.

## CONCLUSÕES

Os diferentes usos do solo, no período de reforma do canavial, não influenciam os atributos químicos do Latossolo Vermelho eutroférico.

O uso soja/milheto/soja, no período de reforma do canavial, favorece a qualidade física do Latossolo Vermelho eutroférico.

Os diferentes usos do solo, no período de

reforma do canavial, não influenciam a produtividade da cana-de-açúcar.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M.C.B. Efeito de três sistemas de manejo físico do solo no enraizamento e na produção de cana-de-açúcar. Londrina, Universidade Estadual de Londrina, 2008. 102 p. (Doutorado em Agronomia).

BENEDINI, M.S. & BERTOLANI, F.C. Carta de solos e ambientes de produção. R. Coplana, 6:24-25, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p. (Documentos, 1).

FERNANDES, C.; CORA, J.E. & MARCELO, A.V. Soil uses in the sugarcane fallow period to improve chemical and physical properties of two Latosols (oxisols). R. Bras. Ci. Solo, 36:283-294, 2012.

GROSSMAN, R.B. & REINSCH, T.G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J.H. & TOPP, G.C., eds. Methods of soil analysis. Madison, Soil Science Society of America, 2002. Part. 4. p.201-228. (SSSA Book Series, 5).

NIMMO, J.R. & PERKINS, K.S. Aggregate stability and size distribution. In: DANE, J.H. & TOPP, G. C., eds. Methods of soil analysis. Madison, Soil Science Society of America, 2002. Part 4. p.317-328. (SSSA Book Series, 5).

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, Instituto Agrônomo, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

SERAFIM, M.E.; VITORINO, A.C.T.; PEIXOTO, P.P.P. et al. Intervalo hídrico ótimo em um Latossolo Vermelho distroférrico sob diferentes sistemas de produção. Eng. Agric., 28:654-665, 2008.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G.T. et al. Spatial variability of aggregate stability in Latosols under sugarcane. R. Bras. Ci. Solo, 33:245-253, 2009.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M. & PARKER Jr., J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse textured soil materials. Soil Sci., 102:18-22, 1966.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. & LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 22:573-581, 1998.

**Tabela 1** – Atributos químicos do Latossolo Vermelho eutroférico, após o primeiro corte da cana-de-açúcar.

Usos do solo	pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O. g kg <sup>-1</sup>	P resina mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	T	V %
----- 0,00 - 0,10 m -----									
soja	5,26	28,77	30,60	1,72	42,40	16,60	40,60	101,32	59,32
soja/pousio/soja	5,22	29,18	49,80	1,42	44,40	15,60	40,00	101,42	60,26
soja/milheto/soja	5,36	29,38	60,80	1,90	50,00	19,60	37,00	108,50	65,94
soja/crotalária/soja	5,42	30,81	56,60	1,84	50,60	18,40	37,20	108,04	65,53
F <sup>(1)</sup>	0,64 <sup>NS</sup>	1,86 <sup>NS</sup>	1,69 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>NS</sup>	1,53 <sup>NS</sup>	1,23 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	3,39 <sup>NS</sup>	0,73 <sup>NS</sup>
CV (%)	4,80	4,92	46,52	40,28	15,71	20,61	19,23	4,62	14,38
----- 0,10 - 0,20 m -----									
soja	5,02	25,10	25,60	1,52	30,80	13,00	39,00	84,32	53,48
soja/pousio/soja	4,96	25,10	29,00	1,16	29,40	12,40	40,60	83,56	51,13
soja/milheto/soja	5,18	26,32	54,80	1,60	34,40	15,40	36,00	87,40	58,36
soja/crotalária/soja	5,08	25,91	37,80	1,56	33,40	13,80	39,60	88,36	54,96
F <sup>(1)</sup>	0,58 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,50 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,88 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>
CV (%)	5,43	7,28	88,46	38,25	22,18	30,12	15,70	6,46	17,15

<sup>(1)</sup> NS = não significativo.

**Tabela 2** – Índice de estabilidade de agregados do solo (IEA), diâmetro médio ponderado (DMP), resistência à penetração (RP), densidade (Ds), macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic) e porosidade total (PT) do Latossolo Vermelho eutroférico, após o primeiro corte da cana-de-açúcar.

Usos do solo	IEA %	DMP mm	RP MPa	Ds Mg m <sup>-3</sup>	Mac	Mic m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	PT
----- 0,00 - 0,10 m -----							
soja	76,80	2,68	3,58	1,50a	0,03	0,46	0,49b
soja/pousio/soja	74,20	2,50	3,35	1,46ab	0,03	0,47	0,50b
soja/milheto/soja	76,00	2,45	3,04	1,42b	0,04	0,48	0,52a
soja/crotalária/soja	71,60	2,49	3,52	1,45ab	0,04	0,47	0,51ab
F <sup>(1)</sup>	1,62 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	0,58 <sup>NS</sup>	6,88	1,55 <sup>NS</sup>	3,94 <sup>NS</sup>	8,28
CV (%)	5,42	11,26	21,05	1,98	32,99	1,64	1,75
----- 0,10 - 0,20 m -----							
soja	75,80	2,78a	3,54	1,49	0,07	0,43b	0,50
soja/pousio/soja	74,60	2,21b	3,24	1,47	0,06	0,45a	0,51
soja/milheto/soja	78,00	2,15b	2,99	1,47	0,06	0,45a	0,51
soja/crotalária/soja	74,00	2,18b	3,25	1,46	0,06	0,44ab	0,50
F <sup>(1)</sup>	1,42 <sup>NS</sup>	17,12	0,66 <sup>NS</sup>	0,71 <sup>NS</sup>	1,79 <sup>NS</sup>	7,15	0,02 <sup>NS</sup>
CV (%)	4,38	7,01	18,95	2,21	18,70	1,16	2,17

<sup>(1)</sup> NS = não significativo; \* = significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P = 0,05).

**Tabela 3** – Produtividade da cana-de-açúcar no Latossolo Vermelho eutroférico nos anos de 2011 e 2012.

Usos do solo	Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> )	
	2011	2012
soja	149,68	97,03
soja/pousio/soja	157,88	131,63
soja/milheto/soja	147,93	108,40
soja/crotalária/soja	148,58	98,36
F <sup>(1)</sup>	0,57 <sup>NS</sup>	1,44 <sup>NS</sup>
CV (%)	9,11	27,36

<sup>(1)</sup> NS = não significativo.