



## SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE MANEJO DO SOLO NO TRANSPLANTIO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM SUCESSÃO À SOJA

Gabriela Vitoria da Silva, Gabriella Soares de Sousa, Isabela Machado Alves, Zigomar Menezes de Souza, Ingrid Nehmi de Oliveira, Maria Cecília Vieira Totti

### Resumo

Um dos problemas da cana-de-açúcar é a alta compactação gerada pelo intenso tráfego de máquinas, chegando até 19 vezes ao longo de seu ciclo, sua produtividade diminui, sendo uma das formas de evitá-lo a prática de manejos conservacionistas. Uma destas razões é a dificuldade das raízes de mudas pré-brotadas de explorar camadas mais profundas em áreas compactadas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os atributos físicos do solo e a produção de biomassa seca radicular em área de cana-de-açúcar utilizando mudas pré-brotadas e manejos conservacionistas (Rip Strip® e plantio direto) e convencionais (comum e subsolagem profunda) durante dois ciclos. O experimento ocorreu nas dependências da Fazenda Cresciúma em área de Latossolo Vermelho Eutrófico no município de Jardinópolis, estado de São Paulo, Brasil. Os tratamentos avaliados foram PC- cana-de-açúcar transplantada com preparo convencional com grade aradora; SP- cana-de-açúcar transplantada com preparo convencional com grade aradora e subsolagem; RS- cana-de-açúcar transplantada com cultivo mínimo com o equipamento Rip Strip®; PD- cana-de-açúcar transplantada com sistema plantio direto. Foram avaliadas a densidade do solo, porosidade do solo, biomassa seca radicular e produtividade da cultura da cana-de-açúcar. O uso do RS durante o ciclo cana planta favoreceu os atributos físicos do solo, enquanto o PD aumentou a densidade do solo e, conseqüentemente, reduziu a macroporosidade, porém, o PD apresentou as maiores produtividades e o RS as menores. A distribuição do sistema radicular no PD foi maior ao longo do perfil avaliado. Com isto, conclui-se que o uso do PD traz benefícios para a cana a partir do ciclo da cana planta e que se deve observar a distribuição do sistema radicular não a sua biomassa total.

**Palavras-chave:** Mudas pré-brotadas; compactação do solo; plantio direto.



**INTRODUÇÃO:** O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (CONAB, 2020), sendo que o preparo do solo é indispensável para o sucesso da produção da cana-de-açúcar atualmente e, no Brasil, o sistema de manejo do solo ainda predominante é o convencional. No entanto já existem inovações no mercado, como o Rip Strip® (Kelley Manufacturing Co.), que foi adaptado da cultura do amendoim para a cana-de-açúcar. Outra inovação, é o plantio da cana-de-açúcar com mudas pré-brotadas, que tem permitido a redução de gastos com colmos por hectare, aumento da taxa de multiplicação e a uniformidade no plantio, além de aumentar a operacionalidade do plantio (LANDELL et al., 2012). Com isto, o sistema radicular juntamente com os atributos físicos do solo são fontes de avaliação dos preparos de solo. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os atributos físicos do solo e a produção de biomassa seca radicular em área de cana-de-açúcar utilizando mudas pré-brotadas e manejos conservacionistas (Rip Strip® e plantio direto) e convencionais (comum e subsolagem profunda) durante dois ciclos.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi desenvolvido nas dependências da Fazenda Cresciúma no município de Jardinópolis-SP, nas seguintes coordenadas geográficas: 21°00'24" de latitude sul e 47°49'03" de longitude oeste, num relevo variando de plano a suave ondulado com o solo classificado como Latossolo Vermelho (SANTOS et al., 2018). Os tratamentos avaliados são PC- cana-de-açúcar transplantada com preparo convencional com grade aradora; SP- cana-de-açúcar transplantada com preparo convencional com grade aradora e subsolagem; RS- cana-de-açúcar transplantada com preparo reduzido com Rip Strip®. As coletas das amostras deformadas e indeformadas foram realizadas nas camadas de 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m, para estudar o efeito da compactação na estrutura do solo conforme à profundidade. A densidade do solo foi calculada pela relação entre a massa do solo seco em estufa a 105 °C e volume da amostra, segundo metodologia de Teixeira et al. (2017). A porosidade total foi obtida segundo Teixeira et al. (2017). A avaliação do sistema radicular foi realizada a cada seis meses usando a metodologia descrita por Otto et al. (2011). Foram utilizadas sondas em aço inox com 1,0 m de comprimento e 0,055 m de diâmetro interno (SONDATERRA®) para coletar amostras de solo nas profundidades de 0,00-0,20 m, 0,20-0,40 m, 0,40-0,60 m, 0,60-0,80 m e 0,80-1,00 m. A produtividade foi realizada por estimativa com 5 repetições por parcela.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Avaliando o ciclo da cana planta para a densidade do solo (Ds) (Tabela 1), verifica-se diferenças significativas apenas entre as médias das camadas, mas não entre os preparos. Dentre os preparos, os únicos que apresentaram diferenças significativas ( $>0,05$ ) foram o PD e o SP, ambos com os menores valores na camada de 0,00-0,05 m ( $1,12 \text{ Mg dm}^{-3}$  em ambos os preparos) e com os maiores na camada de 0,10-0,20 m para o PD ( $1,22 \text{ Mg dm}^{-3}$ ) e na de 0,20-0,40 m ( $1,21 \text{ Mg dm}^{-3}$  em ambas) para o SP.

Para a porosidade total, macroporosidade e microporosidade (Tabela 1), o comportamento foi o oposto ao encontrado para a densidade do solo, não ocorrendo diferenças significativas entre as médias dos preparos de solo, apenas entre as camadas. A partir dos resultados apresentados para o ciclo da cana planta e primeira soca, verificase que o uso da subsolagem profunda (SP) afetou diretamente as camadas ao longo do perfil de solo. Sabe-se que o uso da subsolagem profunda, principalmente no ciclo da cana planta, aparenta trazer benefícios aos atributos físicos do solo, como teor de água (OLIVEIRA et al., 2019) e porosidade do solo (SCARPARE et al., 2019).



**Tabela 1.** Atributos físicos do solo em área de canavial com diferentes preparos de solo realizada ao final do ciclo cana planta no município de Jardinópolis, estado de São Paulo, Brasil.

Prof (m)	PC	PD	RS	SP	Média	PC	PD	RS	SP	Média
Cana planta					Primeira soca					
<b>Densidade do solo (Mg dm<sup>-3</sup>)</b>										
0,00-0,05	1,21 Aa	1,12 Bb	1,15 Aab	1,12 Bb	1,15 B	1,21 Aab	1,21 Aab	1,15 Ab	1,23 ABa	1,20 B
0,05-0,10	1,17 Aa	1,18 ABa	1,15 Aa	1,19 ABa	1,17 AB	1,24 Aa	1,25 Aa	1,19 Aa	1,24 ABa	1,23 AB
0,10-0,20	1,19 Aa	1,22 Aa	1,14 Aa	1,21 Aa	1,19 AB	1,27 Aab	1,21 Ab	1,19 Ab	1,29 Aa	1,24 A
0,20-0,40	1,23 Aa	1,19 ABa	1,16 Aa	1,21 Aa	1,20 A	1,22 Aa	1,23 Aa	1,20 Aa	1,27 Aa	1,23 AB
0,40-0,60	1,18 Aa	1,14 ABa	1,15 Aa	1,20 ABa	1,17 AB	1,21 Aa	1,22 Aa	1,22 Aa	1,18 Ba	1,21 B
Média	1,20 a	1,17 a	1,15 a	1,19 a		1,23 a	1,22 a	1,19 a	1,24 a	
<b>Porosidade total (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)</b>										
0,00-0,05	0,47 Ab	0,51 Aab	0,51 Aab	0,54 Aa	0,51 A	0,49 Aa	0,49 Aa	0,53 Aa	0,49 Aa	0,50 A
0,05-0,10	0,49 Aa	0,50 Aa	0,49 Aa	0,50 ABa	0,50 AB	0,45 Aa	0,44 Aa	0,50 ABa	0,47 ABa	0,47 B
0,10-0,20	0,49 Aa	0,47 Aa	0,50 Aa	0,48 Ba	0,49 AB	0,43 Aa	0,47 Aa	0,48 ABa	0,43 Ba	0,45 B
0,20-0,40	0,45 Ab	0,48 Aab	0,51 Aa	0,48 Bab	0,48 B	0,46 Aa	0,45 Aa	0,47 ABa	0,44 ABa	0,46 B
0,40-0,60	0,49 Aa	0,51 Aa	0,50 Aa	0,48 Ba	0,50 AB	0,48 Aa	0,48 Aa	0,46 Ba	0,49 ABa	0,48 AB
Média	0,48 a	0,49 a	0,50 a	0,50 a		0,46 a	0,47 a	0,49 a	0,46 a	
<b>Macroporosidade (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)</b>										
0,00-0,05	0,08	0,08	0,08	0,12	0,09 A	0,08 Aa	0,08 Aa	0,11 Aa	0,09 ABa	0,09 AB
0,05-0,10	0,10	0,07	0,07	0,11	0,09 A	0,07 Aa	0,07 Aa	0,11 Aa	0,08 ABa	0,08 AB
0,10-0,20	0,09	0,06	0,08	0,10	0,08 A	0,07 Aa	0,09 Aa	0,09 Aa	0,07 Ba	0,08 B
0,20-0,40	0,07	0,06	0,09	0,09	0,08 A	0,09 Aa	0,08 Aa	0,10 Aa	0,08 ABa	0,09 AB
0,40-0,60	0,11	0,09	0,10	0,09	0,10 A	0,11 Aa	0,10 Aa	0,09 Aa	0,12 Aa	0,11 A
Média	0,09 a	0,07 a	0,08 a	0,10 a		0,08 a	0,08 a	0,10 a	0,09 a	
<b>Microporosidade (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)</b>										
0,00-0,05	0,39 Aa	0,44 Aa	0,43 Aa	0,42 Aa	0,42 A	0,41 Aa	0,41 Aa	0,41 Aa	0,41 Aa	0,41 A
0,05-0,10	0,39 Aa	0,43 ABa	0,42 Aa	0,39 ABa	0,41 AB	0,38 Ba	0,38 Ba	0,39 Ba	0,38 ABa	0,38 B
0,10-0,20	0,39 Aa	0,41 Ba	0,41 Aa	0,38 Ba	0,40 B	0,36 Ba	0,38 Ba	0,39 ABa	0,36 Ba	0,37 BC
0,20-0,40	0,38 Aa	0,41 ABa	0,41 Aa	0,38 Ba	0,40 B	0,37 Ba	0,37 Ba	0,37 Ba	0,36 Ba	0,37 C
0,40-0,60	0,38 Aa	0,42 ABa	0,41 Aa	0,39 ABa	0,40 B	0,37 Ba	0,38 Ba	0,37 Ba	0,37 Ba	0,37 BC
Média	0,39 a	0,42 a	0,42 a	0,39 a		0,38 a	0,38 a	0,39 a	0,38 a	

PC = cana-de-açúcar transplantada com preparo convencional com grade aradora; SP = cana-de-açúcar transplantada com preparo convencional com grade aradora e subsolagem; RS = cana-de-açúcar transplantada com preparo reduzido com Rip Strip®; PD = cana-de-açúcar transplantada com plantio direto. As letras minúsculas significam diferença entre os preparos e as maiúsculas entre as camadas e que os valores diferiram entre si com 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Destaca-se que todos os preparos de solo, em ambos os ciclos, obtiveram os maiores valores de BSR na camada de 0,00-0,20 m (Tabela 2), que também foi a única a apresentar diferença significativa entre os preparos de solo, para a cana planta, onde o PC obteve um resultado superior ( $795,48 \text{ kg ha}^{-1}$ ) aos demais, sendo o menor o PD ( $477,62 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Para o ciclo da cana planta, os preparos que apresentaram maiores teores de raízes em profundidade foram o PD e o SP (0,00-0,40 m), enquanto para os demais tratamentos, a



maior quantidade de raiz ficou apenas na camada de 0,00-0,20 m. Os valores totais encontrados para a biomassa seca radicular foram menores do que os encontrados por Barbosa et al. (2018) em solos de textura argilosa, porém, não foi utilizado as MPB pelos autores.

**Tabela 2.** Biomassa seca radicular ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em área de canavial com diferentes preparos de solo realizada ao final do ciclo cana planta no município de Jardinópolis, estado de São Paulo, Brasil.

Profundidade	PC	PD	RS	SP	Média
<b>Cana planta</b>					
0.00-0.20	795.48 Aa	477.62 Ab	687.21 Aab	548.67 Aab	627.25 A
0.20-0.40	322.13 Ba	232.83 ABa	241.79 Ba	289.51 ABa	271.57 B
0.40-0.60	155.30 Ba	151.46 Ba	162.08 Ba	158.13 Ba	156.74 BC
0.60-0.80	121.48 Ba	263.91 ABa	128.28 Ba	113.27 Ba	156.73 BC
0.80-1.00	106.04 Ba	94.83 Ba	53.64 Ba	81.09 Ba	83.9 C
Soma	1500.35 a	1220.64 a	1273.00 a	1190.68 a	-
<b>Primeira soca</b>					
0.00-0.20	498.35 Aa	273.17 Aa	548.60 Aa	329.41 Aa	412.38 A
0.20-0.40	119.75 Ba	189.01 ABa	367.12 Aa	252.89 ABa	232.19 B
0.40-0.60	111.98 Ba	285.62 Aa	152.16 Ba	180.66 ABa	182.61 BC
0.60-0.80	135.86 Ba	174.77 ABa	81.82 Ba	131.33 ABa	130.95 BC
0.80-1.00	94 Ba	63.84 Ba	111.89 Ba	115.19 Ba	96.23 C
Soma	959.94 a	986.40 a	1261.59 a	1009.49 a	-

PC = cana-de-açúcar transplantada com preparo convencional com grade aradora; SP = cana-de-açúcar transplantada com preparo convencional com grade aradora e subsolagem; RS = cana-de-açúcar transplantada com preparo reduzido com Rip Strip®; PD = cana-de-açúcar transplantada com plantio direto. As letras minúsculas significam diferença entre os preparos e as maiúsculas entre as camadas e que os valores diferiram entre si com 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A partir da Tabela 3, verifica-se que ocorreram diferenças significativas entre as produtividades apenas para o ciclo da cana planta, onde o PD obteve a maior produtividade e o SP a menor. O PC e o RS foram estatisticamente iguais ao PD e SP.

**Tabela 3.** Produtividade ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em área de canavial com diferentes preparos de solo realizada ao final do ciclo da cana planta e primeira soca no município de Jardinópolis, estado de São Paulo, Brasil.

Ciclo/Preparo	PC	PD	RS	SP
Cana planta	116,43 ab	123,85 a	112,59 ab	111,52 b
Primeira soca	91,77 a	96,94 a	89,15 a	97,50 a

As letras minúsculas significam que os valores diferiram entre si com 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Ressalta-se que os resultados reforçam a ideia de que o uso da subsolagem profunda, associada ao plantio convencional, depaupera os atributos físicos do solo, resultando em menores produtividades do que os encontrados utilizando apenas o plantio convencional. Observa-se que o revolvimento do solo aparenta benefícios no curto prazo pelo aumento forçado da macroporosidade, mas associado a quebra de poros estáveis do solo.



**CONCLUSÕES:** O plantio direto apresentou um sistema radicular mais distribuído em ambos os ciclos da cana-de-açúcar e aumentou a produtividade para o ciclo da cana planta. O sistema plantio direto proporcionou maiores valores de densidade e menores de porosidade e produtividades superiores aos preparos de solo com revolvimento. O uso do cultivo mínimo com Rip Strip® manteve a qualidade do solo quando comparado com o plantio direto e melhor do que os preparos convencionais de solo. Quanto maior e mais profundo o revolvimento do solo, menos benéfico foi para a produtividade e para a cana soca ocorreu um depauperamento dos atributos físicos do solo superior aos preparos conservacionistas.

**AGRADECIMENTOS:** Ao PIBIC Unicamp pelas bolsas de Iniciação científica Ensino Médio, Fundação Agrisus (Processo 2059-17) pelo financiamento, ao CNPq pela bolsa de doutorado da acadêmica Ingrid Nehmi de Oliveira (141083/2018-2), a CAPES pela bolsa de mestrado da acadêmica Maria Cecília Vieira Totti (88882.434663/2019-01) e a Fazenda Cresciúma pelo fornecimento da área de estudo.

#### **REFERÊNCIAS:**

BARBOSA, L. C.; MAGALHÃES, P. S. G.; BORDONAL, R. O.; CHERUBIN, M. R.; CASTIONI, G. A. F.; TENELLI, S.; FRANCO, H. C. J.; CARVALHO, J. L. N. Soil physical quality associated with tillage practices during sugarcane planting in south-central Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 195, p. 104383, 2019.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. 3. Ed. Brasília: Conab, 2020. 150p.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A.; DINARDO MIRANDA, L. L.; SCARPARI, M. S.; GARCIA, J. C.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, D. N.; MENDONÇA, J. R.; KANTHACK, R. A. D.; CAMPOS, M. F.; BRANCALHÃO, S. R.; PETRI, R. H.; MIGUEL, P. E. M. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônômico de Campinas, 2012. 22p.

OLIVEIRA, I. N.; SOUZA, Z. M.; LOVERA, L. H.; VIEIRA FARHATE, C. V.; SOUZA LIMA, E.; AGUILERA ESTEBAN, D. A.; FRACAROLLI, J. A. Least limiting water range as influenced by tillage and cover crop. **Agricultural Water Management**, v.225, p.105777, 2019.

OTTO, R.; SILVA, A. P.; FRANCO, H. C. J.; OLIVEIRA, E. C. A.; TRIVELIN, P. C. O. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. **Soil and Tillage Research**, v.117, p.201-210, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Ed. Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 2018. 353 p.

SCARPARE, F. V.; JONG VAN LIER, Q.; DE CAMARGO, L.; PIRES, R. C. M.; RUIZ-CORRÊA, S. T.; BEZERRA, A. H. F.; GAVA, G. J. C.; DIAS, C. T. S. Tillage effects on soil physical condition and root growth associated with sugarcane water availability. **Soil and Tillage Research**, v.187, p.110-118, 2019.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3ª edição Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 2017. 573p.