

## **AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO APÓS COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES CICLOS DE PRODUÇÃO**

**LUIZ H. L. M. OLIVEIRA<sup>1</sup>, IGOR Q. M. VALENTE<sup>2</sup>, JEISON A. S. PARRA<sup>2</sup>,  
GAMAL S. CASSAMA<sup>3</sup>, ZIGOMAR M. DE SOUZA<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas/SP, l221228@dac.unicamp.br

<sup>2</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas/SP, valente.igm@gmail.com, jeisonandrey11@gmail.com

<sup>3</sup>Mestrando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas/SP, cobacassama1@gmail.com

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Titular, FEAGRI/UNICAMP, Campinas/SP, zigomarms@feagri.unicamp.br

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo, tendo seu cultivo concentrado no centro-sul do país com sistema de produção predominantemente mecanizado. Por serem máquinas exigentes (pesadas e grandes) e devido a sua trafegabilidade contínua ao longo dos ciclos da cultura da cana-de-açúcar, favorecem de forma sucessiva a degradação da estrutura do solo devido as tensões induzidas. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar se a trafegabilidade em áreas de cana-de-açúcar em diferentes ciclos de colheita afeta a densidade do solo (Ds). O estudo foi realizado em área comercial de cana-de-açúcar na Usina Cerradão, Município de Frutal, estado de Minas Gerais. Os tratamentos avaliados foram: T1 = colheita da cana-de-açúcar correspondendo ao primeiro ciclo de cana planta; T2 = colheita da cana-de-açúcar correspondendo ao primeiro ciclo de cana soca; T3 = colheita da cana-de-açúcar correspondendo ao segundo ciclo de cana soca; T4 = colheita da cana-de-açúcar correspondendo ao terceiro ciclo de cana soca. Após a colheita mecanizada, foi avaliada a Ds nas profundidades de 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m nos locais correspondentes à linha de plantio (LP) e linha do rodado (LR). O efeito da trafegabilidade no cultivo da cana-de-açúcar em diferentes ciclos de colheita promoveu alteração na densidade do solo com menores valores localizados na linha de plantio (LP). Além disso, conforme aumentou o número de colheitas, a Ds aumentou devido a intensa trafegabilidade de máquinas e conseqüentemente com aumento da compactação do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade do solo, degradação do solo, compactação do solo.

### **EVALUATION OF SOIL RESISTANCE TO PENETRATION AFTER MECHANIZED HARVESTING OF SUGARCANE UNDER DIFFERENT PRODUCTION CYCLES**

**ABSTRACT:** Brazil is one of the largest sugarcane producers in the world, with its cultivation concentrated in the center-south of the country with a predominantly mechanized production system. Because they are demanding machines (heavy and large) and because of their continuous trafficability throughout the cycles of the sugarcane crop, they successively favor the degradation of the soil structure due to the induced stresses. Therefore, the objective of this work was to evaluate whether the trafficability in sugarcane areas in different harvest cycles abruptly affects the soil bulk density (Ds). The study was carried out in a commercial area of sugarcane at Usina Cerradão, Municipality of Frutal, state of Minas Gerais. The evaluated treatments were: T1 = sugarcane harvest corresponding to the first cane plant cycle; T2 = sugarcane harvest corresponding to the first ratoon cane cycle; T3 = sugarcane harvest

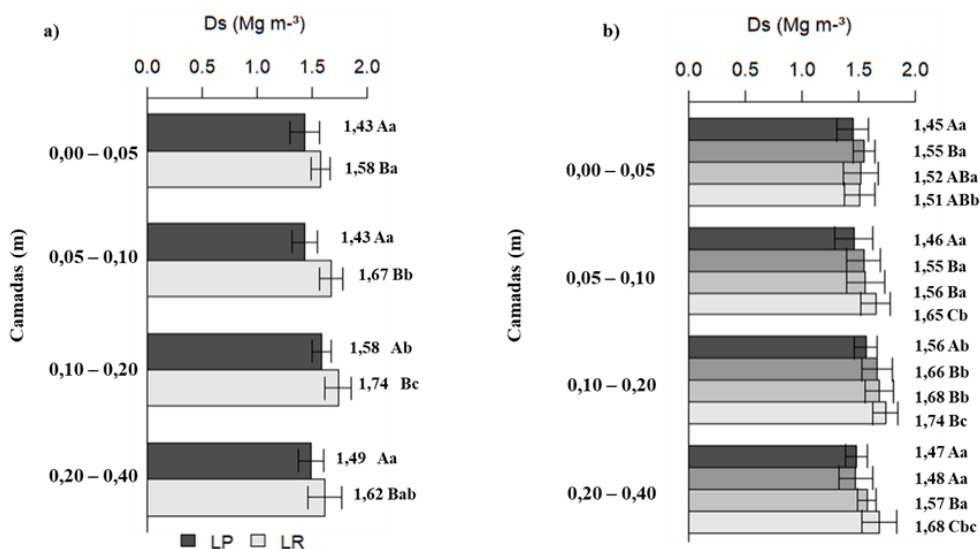
corresponding to the second ratoon cane cycle; T4 = sugarcane harvest corresponding to the third ratoon cane cycle. After mechanized harvesting, Ds was evaluated at depths of 0.00-0.05 m, 0.05-0.10 m, 0.10-0.20 m and 0.20-0.40 m at the locations corresponding to the planting line (LP) and wheelset line (LR). The effect of trafficability in the cultivation of sugarcane in different harvest cycles promoted changes in soil density with lower values located in the planting line (LP). In addition, as the number of harvests increased, the Ds increased due to the intense trafficability of machines, and consequently the increase in soil compaction.

**KEYWORDS:** Controlled traffic, soil degradation, soil compaction.

**INTRODUÇÃO:** O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo, tendo seu cultivo concentrado no centro-sul do país com sistema de produção predominantemente mecanizado em todo ciclo da cultura (ESTEBAN et al., 2019; CAVALCANTI et al., 2020, CONAB, 2021). Todavia, por se tratar de uma cultura que demanda em todas as etapas de produção o uso intensivo de máquinas agrícolas, que na sua maioria apresentam diferentes configurações como tamanhos, pesos e funções (KELLER et al., 2019), problemas envolvendo a qualidade do solo se torna prejudicial para cultura. Por serem máquinas exigentes (pesadas e grandes) e devido a sua trafegabilidade contínua ao longo dos ciclos da cultura da cana-de-açúcar, favorecem de forma sucessiva a degradação da estrutura do solo devido as tensões induzidas (KELLER et al., 2019), o que leva a uma tendência nos campos a apresentarem uma grave compactação do solo no final dos ciclos (SILVA et al., 2016; ESTEBAN et al., 2019). A densidade do solo desempenha um papel importante no cultivo da cana-de-açúcar e pode ter impactos significativos em seu desenvolvimento, influenciando na capacidade de armazenamento de água do solo, resistência do solo à penetração e aeração do solo, que são funções essenciais para o desenvolvimento da planta (LIMA et al., 2020). Tais impactos estão associados à redução capacidade do solo de fornecer oxigênio (LIMA et al., 2020), água (CAVALCANTI et al., 2020) promovendo um ambiente apropriado para o desenvolvimento das raízes (MORAES et al., 2018). Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar se a trafegabilidade em áreas de cana-de-açúcar em diferentes ciclos de colheita afeta a densidade do solo (Ds).

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado em área comercial de cana-de-açúcar da Usina Cerradão, Município de Frutal, estado de Minas Gerais, região sudeste do país (19°47,7'20" de latitude sul e 49°25,5'80" de longitude oeste e 534 m de altitude). Os tratamentos avaliados foram: T1 = colheita da cana-de-açúcar correspondendo ao primeiro ciclo de cana planta; T2 = colheita da cana-de-açúcar correspondendo ao seu primeiro ciclo de cana soca; T3 = colheita da cana-de-açúcar correspondendo ao seu segundo ciclo de cana soca; T4 = colheita da cana-de-açúcar ao seu terceiro ciclo de cana soca. Para todos os tratamentos, foi adotado um espaçamento simples de 1,50 m entrelinhas. Após a colheita mecanizada dos quatro tratamentos, foi avaliada a densidade do solo (Ds) nas camadas de 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, nos locais correspondentes à linha de plantio (LP), local correspondente à região de touceira e na linha do rodado (LR), correspondente à entrelinha, estabelecida a 0,75 m da LP. A Ds foi determinada conforme metodologia descrita por Teixeira et al. (2017). O delineamento experimental utilizado é em blocos ao acaso com quatro tratamentos, cinco repetições, dois locais de amostragem e quatro profundidades, em um esquema fatorial (3 x 3) totalizando vinte parcelas. Os dados foram submetidos a análise de variância ANOVA, e quando significativo, fez-se a comparação de médias pelo teste t a 5% de probabilidade de erro utilizando o software Rstudio.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Após as respectivas colheitas, a densidade do solo (Ds) variou entre 1,43 e 1,74 Mg m<sup>-3</sup> (Figura 1). Para os locais de amostragem, a LP foi menor que a LR para todas as camadas de solos, porém, não houve diferença estatística para o mesmo local (LR e/ou LP) (Figura 1 a). No entanto, diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) foi observado entre os locais de amostragem na camada de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, com variação entre 1,67 Mg m<sup>-3</sup> e 1,74 Mg m<sup>-3</sup> (LR) e 1,43 Mg m<sup>-3</sup> e 1,58 Mg m<sup>-3</sup> (LP), respectivamente (Figura 1 a). Para os tratamentos, T1 foi o que apresentou a menor Ds comparado aos demais, com variação entre 1,45 Mg m<sup>-3</sup> a 1,56 Mg m<sup>-3</sup>, respectivamente (Figura 1 b). O tratamento 4, foi o que apresentou os maiores valores de Ds para todas as camadas com variação de 1,51 Mg m<sup>-3</sup> a 1,74 Mg m<sup>-3</sup> (Figura 1 b).



**Figura 1.** Densidade do solo (Ds, Mg m<sup>-3</sup>) após colheita mecanizada para os quatro ciclos da cultura de cana-de-açúcar. Para a interação dupla camada vs local (Figura 1a), valores seguidos pela mesma letra maiúscula (comparando camadas no mesmo local), minúscula (comparando os locais na mesma camada) não diferem entre si (teste t,  $p < 0,05$ ). Para a interação dupla camada vs tratamentos (Figura 1b), valores seguidos pela mesma letra maiúscula (comparando tratamentos na mesma camada), minúscula (comparando as camadas no mesmo tratamento) não diferem entre si (teste t,  $p < 0,05$ ). LR = linha do rodado; LP = linha de plantio.

Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nos valores de Ds na mesma camada para os diferentes tratamentos foram obtidas após as respectivas colheitas (Figura 1b). Na camada 0,00-0,05 m o T1 foi diferente apenas do T2 com Ds variando entre 1,45 e 1,55 Mg ha<sup>-3</sup>, diferentemente da camada 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, onde o T1 diferenciou para os demais tratamentos com variação de 1,46 e 1,74 Mg ha<sup>-3</sup> (Figura 1b). Na camada 0,20-0,40 m, T1 (1,47 Mg ha<sup>-3</sup>) foi equivalente a T2 (1,48 Mg ha<sup>-3</sup>), porém, diferente de T3 e T4, respectivamente (1,57 Mg ha<sup>-3</sup> e 1,68 Mg ha<sup>-3</sup>) (Figura 1b). Além disso, observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o T1, T2 e T3, para a camada 0,10-0,20 m, enquanto para o T4, as camadas 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m foram estatisticamente diferentes entre si (Figura 5b). De fato, o efeito da trafegabilidade no cultivo da cana-de-açúcar em diferentes ciclos de colheita promoveu alteração na Ds do solo. Segundo Cherubin et al. (2016), por meio do manejo intensivo de cana-de-açúcar, a compactação do solo aumenta ao longo do tempo, tendo como a operação de colheita, a etapa que promove os maiores níveis de compactação (SILVA et al., 2016; GUIMARÃES JUNNYOR et al., 2019), conseqüentemente, elevando os níveis da Ds do solo. Além disso, a Ds foi menor na LP, ficando evidente o quanto a adoção de tráfego controlado

evita e perda da qualidade física do solo nesta posição (ESTEBAN et al., 2019; LUZ et al., 2023).

**CONCLUSÕES:** O efeito da trafegabilidade no cultivo da cana-de-açúcar em diferentes ciclos de colheita promoveu alteração na densidade do solo com menores valores localizados na linha de plantio (LP). Além disso, conforme aumentou o número de colheitas, a Ds aumentou devido a intensa trafegabilidade de máquinas, e conseqüentemente o aumento da compactação do solo.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (processo 2021/09077-2), a Fundação Agrisus (processo 3054/21) pelo apoio financeiro e a Usina Cerradão pela disponibilidade da área.

#### **REFERÊNCIAS:**

- CAVALCANTI, R. Q.; ROLIM, M. M.; LIMA, R. P.; TAVARES, U. E.; PEDROSA, E. M. R.; CHERUBIN, M. R. Soil physical changes induced by sugarcane cultivation in the Atlantic Forest biome, northeastern Brazil. **Geoderma**, v.370, p.1-1, 2020.
- CHERUBIN, M.R.; KARLEN, D.L.; CERRI, C.E.P.; FRANCO, A.L.; TORMENA, C.A.; DAVIES, C.A.; CERRI, C.C. Soil Quality indexing strategies for evaluating sugarcane expansion in Brazil. **Plos One**, v.1, n.1, p.1-26, 2016.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira - Cana de açúcar - V.8. SAFRA 2021/22 - N.3 - Terceiro levantamento – Novembro, 2021.**
- ESTEBAN, D. A. A.; SOUZA, Z. M.; TORMENA, C. A.; LOVERA, L. H.; LIMA, E. S.; OLIVEIRA, I. N.; RIBEIRO, N. P. Soil compaction, root system and productivity of sugarcane under different row spacing and controlled traffic at harvest. **Soil and Tillage Research**, v.187, p.60-71, 2019.
- GUIMARÃES JÚNNYOR, W. S.; DISERENS, E.; DE MARIA, I. C.; ARAUJO-JUNIOR, C. F.; FARHATE, C. V. V.; SOUZA, Z. M. Prediction of soil stresses and compaction due to agricultural machines in sugarcane cultivation systems with and without crop rotation. **Science of the Total Environment**, v.681, p.424-434, 2019.
- KELLER, T.; SANDIN, M.; COLOMBI, T.; HORN, R.; OR, D. Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. **Soil and Tillage Research**, v.194, p.1-12, 2019.
- LIMA, R. P.; TORMENA, C. A.; FIGUEIREDO, G. C.; SILVA, A. R.; ROLIM, M. M. Least limiting water and matric potential ranges of agricultural soils with calculated physical restriction thresholds. **Agricultural Water Management**, v.240, p.1-9, 2020.
- LUZ, F. B.; GONZAGA, L. C.; CASTIONI, G. A. F.; LIMA, R. P.; CARVALHO, J. L. N.; CHERUBIN, M. R. Controlled traffic farming maintains soil physical functionality in sugarcane fields. **Geoderma**, v.432, p.1-10, 2023.
- MORAES, M.T.; BENGOUGH, A.G.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; LEVIEN, R.; SCHNEPF, A.; LEITNER, D. Mechanistic framework to link root growth models with weather and soil physical properties, including example applications to soybean growth in Brazil. **Plant and Soil**, v.428, p.67-92, 2018.
- SILVA, R. B.; IORI, P.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, D. M. G.; VISCHI FILHO, O. J.; SILVA, F. A. M. Contact pressures and the impact of farm equipment on Latosol with the presence and absence of sugarcane straw. **Ciência & Agrotecnologia**, v.40, n.3, p.265-278, 2016.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Embrapa Solos, 3º Ed. Revisada e Ampliada, Brasília: Embrapa, p.575. 2017.