

## GRAU DE COMPACTAÇÃO DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE TRANSBORDO DE CANA-DE-AÇÚCAR

**JEISON A. S. PARRA<sup>1</sup>, ZIGOMAR M. SOUZA<sup>2</sup>, MAYARA G. S. GOMES<sup>1</sup>, DIEGO A.  
A. ESTEBAN<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Doutorandos em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, jeisonandrey11@gmail.com, mayaragermana.snt@gmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Titular, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, zigomarms@feagri.unicamp.br

<sup>3</sup>Doutor em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, daaesteban@gmail.com

Apresentado no

LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023

18 a 21 de outubro de 2023 | Ribeirão Preto - SP

**RESUMO:** O Brasil é o principal produtor e exportador de cana-de-açúcar no continente americano, devido em parte, à aceleração e otimização dos processos mecanizados, cada dia mais acentuados. Dessa forma, na colheita mecanizada virou fundamental o uso de colhedora junto a transbordo acoplado, configuração estandardizada na colheita, mas com alta incidência e alteração estrutural do solo. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o grau de compactação em um Latossolo Vermelho sob plantio de cana-de-açúcar e com diferentes sistemas de transbordo na operação de colheita. O experimento está sendo desenvolvido em uma área comercial da Usina Cerradão, no município de Frutal, Minas Gerais, sendo que 12 parcelas experimentais foram instaladas utilizando o método de blocos ao acaso, com três repetições para cada tratamento de colheita, sendo eles: 1CT/21 - conjunto trator com 134 kW + transbordo com capacidade de 21 Mg; 2CT/10 - conjunto trator com 134 kW + dois transbordos com capacidade de 10 Mg cada; 1CT/30 - conjunto trator 172 kW + transbordo com massa de 30 Mg; 1CC/21 - conjunto caminhão + caixote com capacidade de 21 Mg. Posterior à colheita mecanizada da cana planta e primeira cana soca, foram realizadas avaliações estruturais utilizando amostragem indeformada no centro da linha do plantio (LP), ao centro da entrelinha (EL) e ao ponto médio (PM) entre LP e EL. Por fim, avaliou-se o grau de compactação (GC) nas profundidades de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m, 0,30-0,50 m e 0,50-0,70 m. Os efeitos do preparo do solo no alívio da compactação durante a reforma do canavial, demonstrado pelo grau de compactação foram anulados pelos efeitos do tráfego na operação da colheita mecanizada.

**PALAVRAS-CHAVE:** tráfego agrícola, colheita mecanizada, compactação do solo.

### DEGREE OF COMPACTION (DC) UNDER DIFFERENT TRANSSHIPMENT SYSTEMS IN SUGARCANE MECHANIZED HARVESTING

**ABSTRACT:** Brazil is the main producer and exporter of sugarcane on the American continent, due in part to the acceleration and optimization of mechanized processes, which are more and more accentuated every day. In this way, in mechanized harvesting, the use of a harvester with coupled transshipment became fundamental, a standardized configuration in harvesting, but with a high incidence and structural alteration of the soil. Thus, the objective of this research was to evaluate the degree of compaction in an Oxisol under sugarcane plantation and with different transfer systems in the harvesting operation. The experiment is being carried out in a commercial area of Usina Cerradão, in the municipality of Frutal, Minas Gerais, with 12 experimental plots installed using the random block method, with three replications for each harvesting treatment, namely: 1CT/ 21 - tractor set with 134 kW + transfer with a capacity of 21 Mg; 2CT/10 - tractor set with 134 kW + two transfers with a capacity of 10 Mg each; 1CT/30

- 172 kW tractor set + transshipment with a mass of 30 Mg; 1CC/21 - truck + box set with a capacity of 21 Mg. After the mechanized harvest of plant cane and first ratoon cane, structural evaluations were carried out using undisturbed sampling at the center of the plant row (LP), at the center of the interrow (EL) and at the midpoint (PM) between LP and EL. Finally, the degree of compaction (GC) was evaluated at depths of 0.00-0.10 m, 0.10-0.20 m, 0.20-0.30 m, 0.30-0.50 m and 0.50-0.70 m. The effects of soil preparation on the relief of compaction during sugarcane field reform, demonstrated by the degree of compaction, were canceled out by the effects of traffic in the mechanized harvesting operation.

**KEYWORDS:** agricultural traffic, mechanized harvest, soil compaction.

**INTRODUÇÃO:** O sistema mecanizado agrícola tem sido uma eficiente estratégia para melhorar a rentabilidade da produção no campo, pois o conjunto de equipamentos somados as máquinas e implementos pode representar de 20 a 40% de todos os custos da produção, dependendo da cultura (MILAN; ROSA, 2015). Segundo Costa Neto (2006), uma colhedora é equivalente a 100 cortadores, podendo chegar ao rendimento de 15 a 20 Mg ha<sup>-1</sup>, comparada a 5 ou 6 Mg dia<sup>-1</sup> por pessoa. A intensificação da mecanização de operações agrícolas utilizando máquinas mais eficientes na redução de custos e aumento gradativo do rendimento operacional, tem sido acompanhada pelo aumento da massa das próprias máquinas agrícolas, incrementando as pressões impostas no solo e conseqüentemente os níveis de compactação (ESTEBAN et al., 2019). Essa mecanização, leva ao impacto físico no solo, com redução dos potenciais matriciais, aeração, porosidade e efeitos na disponibilidade de água para a cana-de-açúcar (LIMA et al., 2021). De acordo com Feitosa et al. (2015), fatores como a distribuição do peso do trator, dimensões, tipo de estrutura e pressão interna de pneus, área de contato e pressão de contato entre o pneu e o solo, velocidade de deslocamento, intensidade de tráfego e operações realizadas pelos tratores são fatores que estão diretamente relacionados com as modificações na estrutura do solo. Frente ao cenário exposto, as tensões que atuam sob as rodas de máquinas utilizadas na operação de transbordo da cana-de-açúcar, resultam em elevados níveis de compactação, que promovem alterações estruturais deteriorando o funcionamento do solo e a perda da produtividade ao longo dos ciclos da cultura (GUIMARÃES JÚNNYOR et al., 2019). Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o grau de compactação em um Latossolo Vermelho sob plantio de cana-de-açúcar e com diferentes sistemas de transbordo na operação de colheita.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento está sendo conduzido em condições de campo em área comercial nas dependências da Usina Cerradão, no município de Frutal, estado de Minas Gerais, nas seguintes coordenadas geográficas: 19°56'41" de latitude sul e 49°07'30" de longitude oeste; com altitude média de 520 m acima do nível do mar e declive de 2,7%. O clima da região é tropical com estação seca (Aw), com precipitação média anual de 1.373 mm e temperatura média de 24,7 °C, o solo foi classificado como um Latossolo Vermelho distrófico de textura média. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas em quatro tratamentos e três repetições, totalizando 12 parcelas experimentais. Cada parcela experimental possui dimensões de 100 m de comprimento por 15,0 m de largura (1.500 m<sup>2</sup>), foram montadas 10 linhas de cana-de-açúcar em sentido paralelo ao comprimento da parcela e com espaçamento de 1,5 m entre as linhas de plantio. Os tratamentos empregados foram: 1T/21 - conjunto trator com 134 kW + transbordo com capacidade de 21 Mg; 2T/10 - conjunto trator com 134 kW + dois transbordos com capacidade de 10 Mg cada; 1T/30 - conjunto trator 172 kW + transbordo com massa de 30 Mg; 1C/21 - conjunto caminhão + caixote com capacidade de 21 Mg. Após a colheita da cultura nos anos de 2020 (ciclo cana planta) e 2021 (ciclo cana soca), amostras indeformadas de solo foram coletadas nas camadas de 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m, 0,30-0,50 m e 0,50-0,70 m, em três locais de coleta

estabelecidos em linha reta desde a linha de plantio até a entrelinha, e correspondendo ao centro da linha de plantio (LP), ao centro da entrelinha (EL) e ao ponto médio (PM) entre a LP e a EL. O grau de compactação (GC) foi quantificado pela razão entre a Ds e a Ds.máx ( $GC = Ds/Ds.máx \times 100$ ) de acordo com Teixeira et al. (2017). Os dados do grau de compactação foram submetidos à análise da variância (ANOVA) utilizando o software SAS 3.8. Diferenças significativas entre os tratamentos foram avaliadas por meio de análise de variância, que ao apresentar significância foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Foram encontradas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nos valores de grau de compactação (GC) entre locais e dentro dos tratamentos após as duas colheitas da cana-de-açúcar (Tabela 1). Na camada 0,00-0,10 m após primeira colheita na entrelinha (EL) encontrou os maiores valores de GC variando entre 79 e 82%, respectivamente, e decrescendo na sequência  $EL > PM > LP$  em 1T/21 e 1T/30, e  $EL > PM = LP$  em 2T/10. Após a segunda colheita os locais do PM e EL apresentaram os maiores valores de GC variando de 75 a 77% no PM e, de 77 a 79% na EL e, decrescendo na sequência  $EL = PM > LP$  em todos os tratamentos.

**Tabela 1.** Grau de compactação (Gc, %) em Latossolo Vermelho após colheita mecanizada da cana-de-açúcar, com uso de diferentes sistemas de transbordo.

Trat.	0,00-0,10 m				0,10-0,20 m			
	LP	PM	EL	Média	LP	PM	EL	Média
Cana Planta (Safra 2020/2021)								
1T/21	67,9Bc	72,0Bb	79,16a	73,1	74,0ABb	79,4Aa	74,06 b	74,5
2T/10	72,2Bb	74,2ABb	81,35a	75,9	76,0A	76,3AB	79,22	77,19
1T/30	72,4Bc	78,2Ab	81,67a	77,4	68,7Bb	70,1Bab	73,19 a	70,65
1C/20	78,0A	77,4A	79,9	78,5	71,2ABc	82,1Aa	76,90 b	76,75
Média	72,7c	75,5b	80,54a	-	71,49b	76,9a	75,84 a	-
Cana Soca (Safra 2021/2022)								
1T/21	68,0b	75,3a	78,4a	73,9	73,9	77,8	76,9	76,2
2T/10	68,3b	76,4a	77,7a	74,1	71,4b	73,4b	81,3a	75,4
1T/30	69,5b	76,9a	78,7a	75,0	70,1	73,6	77,4	73,7
1C/20	70,5b	76,2a	78,5a	75,1	73,5	80,9	77,4	77,3
Média	69,1b	76,2a	78,3a	-	72,2b	76,4a	78,3a	-
0,20-0,30 m								
Cana Planta (Safra 2020/2021)								
1T/21	78,5	81,6AB	77,8	79,3	81,0	79,8	81,1	80,7
2T/10	78,2	81,5AB	81,0	80,3	81,5	80,4	79,0	80,3
1T/30	77,3	76,3B	77,9	77,2	81,5	80,9	80,9	81,1
1C/20	78,6b	83,6Aa	79,6ab	80,6	81,1	81,9	80,7	81,3
Média	78,2b	80,8a	79,1ab	-	81,3	80,8	80,4	-
Cana Soca (Safra 2021/2022)								
1T/21	78,9	81,0	79,9	79,9	76,5	79,5	80,9	78,9
2T/10	75,5b	80,4ab	84,4a	80,1	80,2	80,3	78,5	79,7
1T/30	76,9	81,3	77,9	78,7	78,4	78,9	75,1	77,5
1C/20	77,4	81,5	82,5	80,5	79,3	79,0	80,6	79,7
Média	77,2b	81,1a	81,2a	-	78,6	79,4	78,8	-

Trat. = tratamento; LP = linha de plantio; PM = ponto médio; EL = entrelinha; 1T/21 = conjunto trator 185 cv + transbordo de 21 toneladas; 2T/10 = conjunto trator 185 cv + dois transbordos de 10 toneladas cada; 1T/30 = conjunto trator 230 cv + transbordo de 30 toneladas; 1C/20 = conjunto caminhão + transbordo de 20 toneladas. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os valores de GC de cada tratamento (média dos três locais de avaliação) não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nas camadas de solo em ambos os ciclos avaliados (Tabela 1). Apesar disso, houve uma tendência de maiores valores de GC no tratamento 1C/20 em todas as camadas no ciclo da cana planta e nas três primeiras camadas de solo no ciclo da cana soca e, de menores valores ( $p > 0,05$ ) em 1T/21 na camada de 0,00-0,10 m e em 1T/30 nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m nos dois ciclos da cultura. O incremento do GC após os eventos de

colheita indica que os efeitos do preparo do solo para reduzir a compactação do solo durante a reforma do canavial foram anulados pelos efeitos do tráfego e pela reconsolidação natural do solo e sua ação praticamente desapareceu após a colheita mecanizada (ESTEBAN et al., 2019), caracterizando sua curta duração. O rompimento mecânico da estrutura do solo durante as operações de preparo elimina o histórico de tensões do solo reduzindo a sua capacidade de suporte de carga (GUIMARÃES JÚNNYOR et al., 2019), aumentando, portanto, os riscos de novos processos de compactação nos próximos eventos de tráfego. O incremento no GC ocorreu em todos os tratamentos após a primeira operação de colheita, corroborando os resultados obtidos por Ortiz et al. (2022) ao verificarem um maior incremento no GC após a primeira colheita mecanizada da cana-de-açúcar em um Argissolo no nordeste do Brasil.

**CONCLUSÕES:** Os efeitos do preparo do solo no alívio da compactação durante a reforma do canavial, demonstrado pelo grau de compactação foram anulados pelos efeitos do tráfego na operação da colheita mecanizada.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (2021/09077-2) e a Fundação Agrisus (3054/21) pelo apoio financeiro e a Usina Cerradão pela disponibilidade do espaço para realização da pesquisa.

#### **REFERÊNCIAS:**

- COSTA NETO, J. D. A cana em tempo bom. **Revista CREA-PR**, v.41, p.16-19, 2006.
- ESTEBAN, D. 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, n.1, p.60-71, 2019.
- FEITOSA, J. R.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R. Influência da pressão interna dos pneus e da velocidade de deslocamento nos parâmetros operacionais de um trator agrícola e nas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.1, p.117-127, 2015.
- 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.
- LIMA, R. P.; ROLIM, M. M.; DANTAS, D. C.; SILVA, A. R.; MENDONÇA, E. A. S. Compressive properties and least limiting water range of plough pan in sugarcane fields. **Soil and Use Management**, v.37, n.3, p.533-544, 2021.
- MILAN, M.; ROSA, J. H. M. Corte, transbordo e transporte (CTT): Aspectos relevantes e uso da modelagem para o CTT. In: BELARDO, G. C. (Ed.). **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. 1. Ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. 608 p.
- ORTIZ, P. F. S.; ROLIM, M. M.; LIMA, R. P.; TORMENA, C. A.; CAVALCANTI, R. Q.; PEDROSA, E. M. R. A soil physical assessment over three successive burned and unburned sugarcane annual harvests. **Sugar Tech**, v.24, p.1-13, 2022.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3 Ed. Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 2017, 573p.