

## ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SUBMETIDOS A MODALIDADES DE COLHEITA DE SILAGEM DE PLANTA INTEIRA

**SAMIR PAULO JASPER<sup>1</sup>, GABRIEL GANANCINI ZIMMERMANN<sup>2</sup>, LEONARDO LEONIDAS KMIECIK<sup>3</sup>, DANIEL SAVI<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), Setor de Ciências Agrárias (SCA), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba-PR, [samir@ufpr.br](mailto:samir@ufpr.br)

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Doutorando em Ciência do Solo, Depto. de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), Setor de Ciências Agrárias (SCA), Universidade Federal do Paraná (UFPR),

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Mestre em Ciência do Solo, Depto. de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), Setor de Ciências Agrárias (SCA), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba-PR,

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Setor de Ciências Agrárias (SCA), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba-PR,

Apresentado no  
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

**RESUMO:** A avaliação dos atributos físicos do solo em áreas de cultivo é importante para o entendimento dos impactos das atividades agropecuárias, sendo o tráfego de máquinas seu principal causador. Objetivou-se avaliar os atributos físicos do solo na colheita de silagem de milho, ocasionados por duas máquinas de colheita de planta inteira, de linha única e de área total, com o uso ou não de transbordo de apoio. O arranjo experimental foi em blocos, com três tratamentos: colhedora de forragem de linha única, colhedora de forragem de área total e colhedora de forragem de área total com transbordo de apoio. Antes do início da colheita, e vinte e quatro horas após o processamento da ensilagem foram coletadas amostras indeformadas de solo para determinação de micro, macro e porosidade total, densidade do solo e umidade volumétrica. As informações foram analisadas estabelecendo-se o intervalo de confiança pelo teste t a 10% de probabilidade. Os conjuntos de colheita promoveram redução na macroporosidade e porosidade total do solo, nas camadas de 0,0 – 0,2 e 0,2 – 0,4 m. A colhedora de forragem de área total promove maior densidade do solo em relação ao momento prévio da colheita na camada de 0,0 – 0,2 m.

**PALAVRAS-CHAVE:** Milho, Porosidade do solo, Trator

## PHYSICAL SOIL ATTRIBUTES SUBMITTED TO WHOLE PLANT SILAGE HARVEST MODALITIES

**ABSTRACT:** The assessment of soil physical attributes in agricultural areas is important for understanding the impacts of farming activities, with machinery traffic being the main cause. The objective was to evaluate soil physical attributes during corn silage harvesting, caused by two whole-plant harvesting machines, single-row and full-width, with or without the use of support trailers. The experimental design was in blocks, with three treatments: single-row forage harvester, full-width forage harvester, and full-width forage harvester with support trailers. Before the start of harvesting, and twenty-four hours after silage processing, undisturbed soil samples were collected to determine micro, macro, and total porosity, soil density, and volumetric moisture. The data were analyzed by establishing confidence intervals using the t-test at a 10% probability level. The harvesting equipment led to a reduction in soil macroporosity and total porosity in the layers of 0.0 – 0.2 and 0.2 – 0.4 m. The full-width forage harvester promoted higher soil density compared to the pre-harvest moment in the 0.0 – 0.2 m layer.

**KEYWORDS:** Maize, Soil porosity, Tractor

**INTRODUÇÃO:** A presença da estação seca definida no Brasil, gera a redução significativa na disponibilidade e qualidade das pastagens, o que acarreta prejuízos diretos na produção animal. Buscando elevar o rendimento operacional e energético, as máquinas agrícolas receberam ao longo dos anos constantes pacotes tecnológicos, resultando no incremento de massa e potência (UNGUREANU et al, 2015). Todavia, o aumento da área de contato não acompanhou o aumento de massa, o que tem provocado maiores danos à estrutura física do solo. A redução na porosidade, afeta a disponibilidade de água e ar para o sistema radicular, levando à redução na produtividade da cultura e interferências na biodiversidade do solo (LEES et al., 2016). Dependendo do grau de compactação do solo, é necessário realizar operações agrícolas mecanizadas, que envolvem gastos energéticos e econômicos, impactando na sustentabilidade (JANULEVIČIUS et al., 2019). Para Simeckova et al. (2021) a magnitude dos efeitos causados pelos equipamentos agrícolas nas propriedades físicas do solo depende da carga sobre o eixo, pressão de insuflagem do rodado, área de contato e teor de água do solo. E deve-se levar em consideração também a densidade inicial do solo, a velocidade de deslocamento do equipamento e o número de passadas (RENCIN et al., 2017). Objetivou-se avaliar as propriedades físicas do solo durante a colheita de silagem por máquinas de colheita de planta inteira, de linha única e de área total, com o uso ou não de transbordo de apoio.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi desenvolvido na Fazenda Cangüiri, localizada em Pinhais-PR, Brasil, em Área de Preservação Ambiental. De acordo com a classificação climática de Köppen o clima é do tipo Cfb (clima oceânico temperado) com temperatura média de 22°C. A área experimental de 2,0 ha, foi semeada na segunda quinzena de outubro com o Híbrido Biomatrix BM950PR03 em espaçamento de 0,8 m entre linhas e população de 54,6 mil plantas por hectare. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-amarelo álico, com declividade de 5% no sentido de cultivo, com preparo convencional de solo. A execução do experimento foi realizada com o processamento da planta inteira de milho para silagem, realizada 120 dias após a semeadura. Para o processamento da ensilagem, foram utilizadas duas colhedoras de forragem: a primeira composta por linha única de colheita lateral (TLU), modelo C120 (JF Máquinas Agrícolas Ltda<sup>®</sup>); a segunda de área total (TAT) e colheita frontal (TATT) modelo 2000 AT (JF Máquinas Agrícolas Ltda<sup>®</sup>). Ambas as máquinas com doze facas de corte, reguladas para o corte de partícula de  $4 \times 10^{-3}$  m e não equipadas com quebrador de grãos. Foram utilizados dois tratores, Case IH<sup>®</sup> Farmall 80 e New Holland<sup>®</sup> T6 130. Com estes tratores, dois conjuntos trator-forrageira foram formados: A) colhedora C120 e o trator Case IH<sup>®</sup> Farmall 80, e B) colhedora 2000 AT com o trator New Holland<sup>®</sup> T6 130. O conjunto transbordo, possuía o trator de 57 kW (New Holland<sup>®</sup> TL75E) montado com pneus Pirelli<sup>®</sup> de dimensões 12.4-24 e 18.4-30 no eixo dianteiro e traseiro respectivamente. Os pneus foram insuflados com as pressões de 137 kPa (20 psi) na dianteira e 110 kPa (16 psi) na traseira, gerando um índice de antecipação cinemática da roda dianteira em relação à roda traseira de 2,33%. A carreta transbordo (IPACOL<sup>®</sup>, modelo VFA12), possui pneus Maggion<sup>®</sup> 7.50-16, simples no eixo dianteiro e duplo no eixo traseiro, e pressão de insuflagem de 344 kPa (50 psi) para todos os pneus. Para determinação da granulometria do solo, foram coletadas amostras na área experimental, em quatro trincheiras nas camadas de 0,0 – 0,2 m e 0,2 – 0,4 m. As amostras foram submetidas à análise pelo método do densímetro de Bouyoucos, proposto por Gee e Bauder (1986). O solo apresenta 375 g kg<sup>-1</sup> de areia, 265 g kg<sup>-1</sup> de silte e 360 g kg<sup>-1</sup> de argila, correspondendo à classe de textura franco-argilosa. Momentos antes do início da operação de colheita da silagem, foram retiradas amostras indeformadas de solo nas profundidades de 0,0 – 0,2 m e 0,2 – 0,4 m em quatro pontos aleatórios ao longo da área experimental, nas entrelinhas do cultivo, totalizando oito amostras. Vinte e quatro horas após a colheita da silagem na área experimental, novamente

coletou-se anéis volumétricos nas mesmas profundidades, porém na linha de passagem do rodado, a fim de verificar o dano ocasionado no solo após o tráfego dos conjuntos na colheita. Estas amostras foram coletadas em quatro pontos distintos de cada uma das faixas experimentais, totalizando 24 amostras. Os valores de micro, macro e porosidade total do solo, bem como a umidade volumétrica e densidade do solo, foram calculados conforme a metodologia proposta pela EMBRAPA (2017). A análise de intervalo de confiança pelo teste T a 10% de probabilidade foi utilizada para os resultados de macro, micro e porosidade total, densidade do solo e umidade volumétrica nas camadas de 0,0 – 0,2 e 0,2 – 0,4 m. Para determinar o intervalo de confiança, foi utilizada a seguinte equação:  $IC = (t \times desvpad) / \text{raiz nr}$ , onde, IC = intervalo de confiança; t = valor de t tabelado, ao nível de 10% de probabilidade; desvpad = desvio padrão e raiz nr = raiz quadrada do número de repetições.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Nas Figuras 1A e 1B, mostram-se valores de macro, micro e porosidade total nos tratamentos TLU, TAT, TATT e Pré-colheita em camadas de 0,0 – 0,2 m e 0,2 – 0,4 m. O volume de macroporos e porosidade total diminuiu em todos os tratamentos, exceto no conjunto sem transbordo na camada de 0,2 – 0,4 m, comparado ao pré-colheita, sem diferenças para a microporosidade. Os conjuntos mantiveram porosidade aceitável, apesar de variações. O tráfego de máquinas danifica o solo, especialmente na primeira passada, e o uso da carreta com pneus de baixa área de contato aumenta a pressão. Solos com menos de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  de macroporosidade são prejudiciais para culturas. O tratamento TATT teve a menor macroporosidade superficial. A umidade variou de 0,20 a  $0,32 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , menor na superfície devido à evaporação intensa após a colheita. A umidade antes da colheita foi menor que nas coletas posteriores, talvez por chuva após a passagem das máquinas. A chuva não afetou muito o solo após três e sete dias. Szymczak et al. (2014) mostram que a umidade influencia no solo, mas não encontraram variação significativa com chuva após três e sete dias.

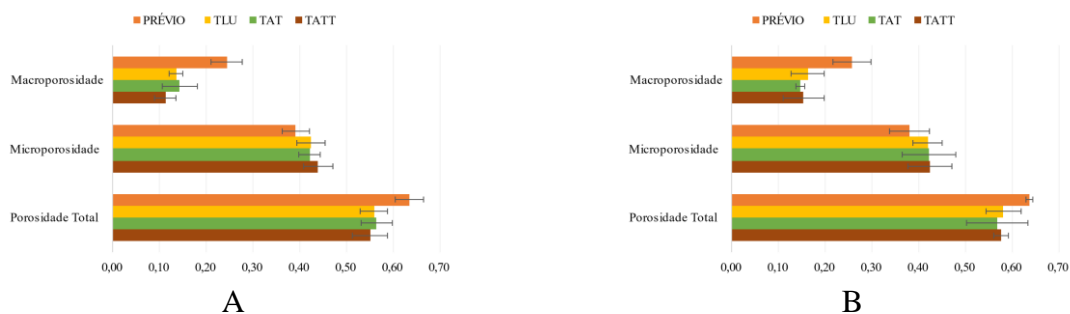


Figura 1. Macro, micro e porosidade total ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) da área experimental nos tratamentos: prévio, TLU, TAT e TATT, A camada de 0,0 – 0,2 m e B camada de 0,2 – 0,4 m.

Nos tratamentos TLU, TAT e TATT (Figura 2A), os valores de  $U_v$  estavam dentro do intervalo normal para a resistência do solo à penetração, conforme Molin et al. (2012), entre  $0,20$  e  $0,40 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , sem diferenças estatísticas entre modalidades de colheita e profundidades. A umidade do solo influencia na resistência à penetração, sendo menor associada a uma maior resistência. A densidade do solo (Figura 2B) manteve-se entre  $1,06$  e  $1,29 \text{ g cm}^{-3}$ , considerada crítica para o crescimento radicular por Reichardt e Timm (2004), entre  $1,0$  e  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ . A  $D_s$  aumentou na profundidade de 0,0 – 0,2 m devido à compactação causada pelos conjuntos de colheita, reduzindo a porosidade. Linhares et al. (2020) constataram aumento da  $D_s$  com mais passadas de máquinas, afetando a qualidade da silagem. Na camada superficial, a colhedora de forragem de área total aumentou a  $D_s$  devido à maior pressão, enquanto na camada mais profunda, a colhedora frontal sem transbordo também elevou a  $D_s$ . Moraes et al. (2020) observaram aumento da  $D_s$  com tráfego de máquinas, sem diferenças estatísticas entre elas.

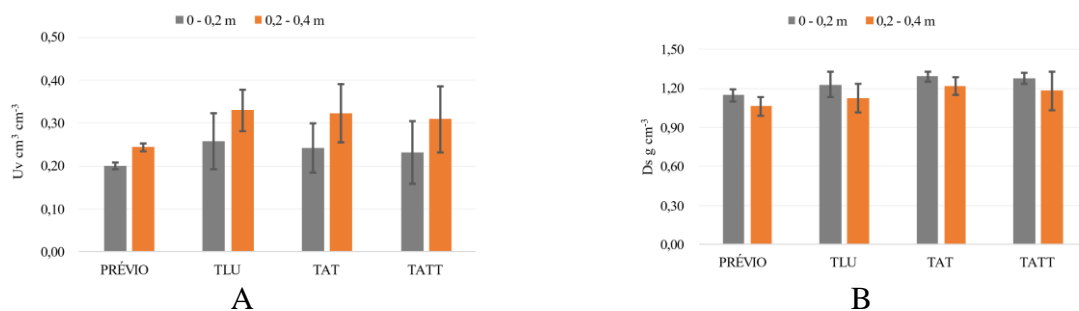


Figura 2. A - Umidade volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) da área experimental. B - Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) da área experimental nos tratamentos: prévio (antes da colheita da silagem), TLU (colhedora de forragem de linha única), TAT (colhedora de forragem de área total) e TATT (colhedora de área total com conjunto de transbordo de apoio) nas profundidades avaliadas

**CONCLUSÕES:** Os conjuntos de colheita promoveram redução na macroporosidade e porosidade total do solo, nas camadas de 0,0 – 0,2 e 0,2 – 0,4 m.

### REFERÊNCIAS:

- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. Pearson Education, 2008.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Pesquisa de Solos: Manual de Métodos de Análise de Solo**. Brasília, 2017. 577 p.
- GEE, G. W.; BAUDER, J. W. **Particle-size analysis**. In **Methods of soil analysis**. Part 1. 2 ed. Agronomy Monographs. Madison, 1986.
- JANULEVIČIUS, A. et al. Estimation of farm tractor performance as a function of time efficiency during ploughing in fields of different sizes. **Biosystems Engineering**, 179: 80-93, 2019.
- LEES, K. J. et al. The effects of soil compaction mitigation on below-ground fauna: How earthworms respond to mechanical loosening and power harrow cultivation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 232: 273-282, 2016.
- LINHARES, A. J. de S. et al. Soil compaction affects the silage quality of sunflower and Paiaguas palisadegrass (*Brachiaria brizantha*) grown on a Latosol in the Brazilian savana. **Australian Journal of Crop Science**, 14: 1121-1130, 2020.
- MIALHE LG. **Máquinas motoras na agricultura**. 2 ed. São Paulo: EDUSP, 1980. 189 p.
- MOLIN, J. P.; DIAS, C. T. S.; CARBONERA, L. Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 16: 584-590, 2012.
- MORAES, M. T. et al. Soil compaction impacts soybean root growth in an Oxisol from subtropical Brazil. **Soil Tillage Research**, 200: 1-14, 2020.
- REICHARDT, K. & TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2004.
- RENČIN, L.; POLCAR, A.; BAUER, F. The Effect of the Tractor Tires Load on the Ground Loading Pressure. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, 65: 1607–1614, 2017.
- SIMECKOVA, J. et al. Changes of physical properties of the soil after the passage of an agricultural tractor. **Agrophys**, 35: 97-105, 2021.
- SZYM CZAK, D. A. et al. Compactação do solo causada por tratores florestais na colheita de *Pinus taeda* L. na região Sudoeste do Paraná. **Revista Árvore**, 38: 641-648, 2014.
- UNGUREANU, N. et al. Agricultural soil compaction under the action of agricultural machinery. **Simpozu Aktualni Zadaci Mehanizacue Poljoprivrede**, 1: 31–42, 2015.