

## DINÂMICA DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO: DENSIDADE E POROSIDADE TOTAL EM FUNÇÃO DA ADEQUAÇÃO DO CONJUNTO TRATOR-PLANTADORA DE CANA

VICTOR AUGUSTO DA COSTA ESCARELA<sup>1</sup>, RODRIGO SILVA ALVES<sup>2</sup>, GABRIEL PIMENTA DO NASCIMENTO<sup>3</sup>, JOSÉ AUGUSTO NETO<sup>4</sup>, CARLOS ALESSANDRO CHIODEROLI<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Triângulo Mineiro UFTM, victorescarela@gmail.com

<sup>2</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Triângulo Mineiro UFTM, rodrigossilva.aalves@gmail.com

<sup>3</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Triângulo Mineiro UFTM, Gabriel\_pimenta1@hotmail.com

<sup>4</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Triângulo Mineiro UFTM, joseaugustoneto15@gmail.com

<sup>5</sup> Professor Doutor, Universidade Federal do Triângulo Mineiro UFTM, ca.chioderoli@gmail.com

Apresentado no  
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019  
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

**RESUMO:** O sistema de produção no cultivo da cana-de-açúcar envolve um grande número de operações desde o preparo passando pelo plantio até a colheita. Durante esse processo é possível que ocorra um aumento significativo na compactação do solo, devido ao tráfego excessivo de máquinas. O trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento dos atributos físicos do solo: densidade e porosidade total do solo em função da adequação, velocidade e do período de plantio do conjunto trator-plantadora de cana picada. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, arranjo fatorial 2x3x2, sendo duas cargas de lastragens (L1- 14.025kg e L2- 16.575 kg), três velocidades correspondendo a mínima, média e máxima (V1 – 3 km h<sup>-1</sup>, V2 – 4,5 km h<sup>-1</sup> e V3– 6 km h<sup>-1</sup>) e dois períodos (P1 – antes do plantio e P2 – após o plantio) com quatro repetições para cada tratamento. As médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR®. Concluiu-se que a velocidade não teve influência sobre a densidade e porosidade total do solo, enquanto que o período foi responsável por ocasionar uma diminuição na porosidade do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Velocidade Operacional, *Saccharum officinarum*, Compactação.

### DYNAMICA OF THE SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES: TOTAL DENSITY AND POROSITY ACCORDING TO THE ADEQUACY OF THE SUGARCANE PLANTING TRACTOR ASSEMBLY

**ABSTRACT:** Sugar cane cultivation involves a large number of operations since the preparation, passing through the planting until the harvest arrives. During this process, a significant increase in soil compaction may occur due to excessive machine traffic. The work had as objective to evaluate the behavior of the soil physical attributes: density and total porosity of the soil as a function of adequacy, velocity and the planting period of the tractor set and chopped cane planter. Factorial arrangement 2x3x2, being two loads of lastrages (L1- 14.025 kg and L2-16.575 kg), three velocity corresponding to minimum and maximum (V1- 3km H-1, V2 4, 5km H-1 and V3 6km H-1) and two periods (P1 before planting and P2 after planting) with four replications for each treatment. The averages were compared by the turkey TESDE to 5% of probability, using the statistical software SISVAR. It was concluded that the

velocity had no influence on the total soil density and porosity, while the period was responsible for causing a decrease in soil porosity.

**KEYWORDS:** Operating speed, *Saccharum officinarum*, Compaction.

**INTRODUÇÃO:** Entre os diversos indicadores de qualidade de estrutura física do solo, com maior influência negativa à atividade agrícola é a compactação. Um dos principais agentes causadores da compactação é a utilização inadequada de máquinas agrícolas, modificando sua estrutura mecânica pelos fatores: inflação e tamanho dos pneus atuando na distribuição de forças sobre a área de contato com o solo. Como o solo é um material poroso, por compressão a mesma massa pode ocupar um volume menor afetando a sua estrutura, o arranjo e o volume, além das características de retenção de água (PIRES et al., 2011). A densidade do solo tem sido usada como um parâmetro importante de caracterização física da estrutura do solo e como um indicador de sua compactação (REICHARDT; TIMM, 2008; MARTINS et al., 2009). No entanto, a alta densidade é indicador de baixa porosidade no solo e presença de compactação (SILVA et al., 2016). Enquanto que a macroporosidade é importante para diagnóstico da compactação do solo, em que a principal redução de volume de poros do solo ocorre na fração da porosidade total (SCHJONNING; LAMANDE, 2010). Portanto, o presente trabalho parte da hipótese que a maior velocidade operacional e a menor carga, proporcione menores variações nos atributos físicos do solo. E, como objetivo foi verificar a mudança nas características físicas do solo em função de duas cargas e três velocidades operacionais.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi realizado na fazenda que possui área total de 500 ha situada a 506 m de latitude, nas coordenadas geográficas: latitude 19°31'47" latitude Sul e 50°20'2" longitude Oeste. O solo da área é classificado como Argiloso Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013). O clima é caracterizado como temperado com chuvas de verão, do tipo Cwa, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger. Como fonte de potência foi utilizado trator Massey Ferguson 7725, 4x2 TDA (com tração dianteira auxiliar), peso total de 13.250kg, potência no motor de 186 kW (255 cv), tracionando uma plantadora de cana picada, PCP 6000, massa total 15.230 kg. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, dispostos em um arranjo fatorial 2x3x2, sendo analisadas duas cargas, (L1- 14.025kg e L2- 16.575 kg) correspondendo a relação peso potencia de 55 e 65 kg cv<sup>-1</sup>, três velocidades correspondendo a mínima, média e máxima (V1 – 3 km h<sup>-1</sup>, V2 – 4,5km h<sup>-1</sup> e V3– 6kmh<sup>-1</sup>) e dois períodos (P1 – antes do plantio e P2 – após o plantio) nos locais de tráfego dos rodados dianteiros e traseiros do trator, com quatro repetições para cada tratamento. Cada parcela experimental ocupou área de 200 m<sup>2</sup>, possuindo dimensões de 50 m de comprimento por 4 m de largura. Em cada parcela foram coletadas amostras indeformadas com anéis de volume conhecido, nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, totalizando 48 amostras por período, antes e após o plantio, em que foram determinados os seguintes atributos físicos do solo: densidade do solo (g m<sup>-3</sup>) e porosidade total (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>). A porosidade total foi determinada pelo método da mesa de tensão, segundo EMBRAPA (1997). A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico com base na relação massa/volume. As médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA,2010).

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

Não foi observada diferença entre as médias de porosidade e densidade do solo para os fatores (carga,e velocidade) nas profundidades de 0,0 – 0,20, e 0,20 – 0,40 m avaliadas. No entanto, para o fator período houve diferença significativa, onde o período 1 apresentou maior valor de porosidade total nas duas camadas avaliadas (0,0 – 0,20, e 0,20 – 0,40 m). Diferenças significativas também foram encontradas para a densidade do solo, porém apenas na camada 0,20 – 0,40 m com maior média.

**Tabela 1** - Síntese de análise de variância e do teste de médias para porosidade total e densidade do solo nas profundidades de 0,0 – 0,20, e 0,20 – 0,40 m em função da carga, velocidade operacional e do período.

| Fonte de Variação     | Porosidade total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) |                     | Densidade do solo (g m <sup>-3</sup> ) |                     |
|-----------------------|--|---------------------|--|---------------------|
|                       | Profundidades (m)                                  |                     |  |                     |
|                       | 0,0 – 0,20   | 0,20 – 0,40         | 0,0 – 0,20                             | 0,20 – 0,40         |
| <b>Carga (C)</b>      |  |                     |  |                     |
| C1                    | 0,32   | 0,33                | 1,71                                   | 1,62                |
| C2                    | 0,32   | 0,33                | 1,66                                   | 1,58                |
| <b>Velocidade (V)</b> |  |                     |  |                     |
| V1                    | 0,34   | 0,35                | 1,66                                   | 1,64                |
| V2                    | 0,31   | 0,33                | 1,68                                   | 1,63                |
| V3                    | 0,31   | 0,30                | 1,72                                   | 1,53                |
| <b>Período (P)</b>    |  |                     |  |                     |
| P1                    | 0,34a  | 0,35 a              | 1,66 b                                 | 1,64                |
| P2                    | 0,29b  | 0,31 b              | 1,72 a                                 | 1,56                |
| <b>Teste F</b>        |  |                     |  |                     |
| C                     | 0,004 <sup>NS</sup>                                | 0,001 <sup>NS</sup> | 2,503 <sup>NS</sup>                    | 0,487 <sup>NS</sup> |
| V                     | 1,588 <sup>NS</sup>                                | 2,916 <sup>NS</sup> | 1,449 <sup>NS</sup>                    | 1,693 <sup>NS</sup> |
| P                     | 7,317*   | 4,966*              | 3,248*                                 | 2,365 <sup>NS</sup> |
| C*V                   | 2,183 <sup>NS</sup>                                | 0,742 <sup>NS</sup> | 0,775 <sup>NS</sup>                    | 4,412*              |
| C*P                   | 0,072 <sup>NS</sup>                                | 0,068 <sup>NS</sup> | 2,984 <sup>NS</sup>                    | 2,377 <sup>NS</sup> |
| V*P                   | 1,459 <sup>NS</sup>                                | 2,955 <sup>NS</sup> | 5,106*                                 | 0,515 <sup>NS</sup> |
| C*V*P                 | 0,501 <sup>NS</sup>                                | 0,472 <sup>NS</sup> | 1,793 <sup>NS</sup>                    | 0,103 <sup>NS</sup> |
| <b>DMS</b>            |  |                     |  |                     |
| C                     | 0,035  | 0,034               | 0,063                                  | 0,112               |
| V                     | 0,052  | 0,050               | 0,093                                  | 0,166               |
| P                     | 0,035  | 0,034               | 0,063                                  | 0,039               |
| CV (%)                | 18,83  | 17,38               | 6,40                                   | 11,93               |

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. C1- 55 kg cv<sup>-1</sup> (14.025 kg), C2 - 65 kg cv<sup>-1</sup> (16.575 kg), V1 – 3 km h<sup>-1</sup>, V2 – 4,5 km h<sup>-1</sup> e V3 – 6 km h<sup>-1</sup>, P1 – antes do plantio e P2 – após o plantio.

Analisando o fator período, nas duas profundidades, observa-se que a porosidade do solo diminuiu após a passagem do conjunto mecanizado. Segundo Vasconcelos et al. (2014) a compactação proporcionada pelo tráfego de máquinas diminui a porosidade do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Foi encontrado interações duplas para (carga x velocidade e velocidades x período) nas profundidades de 20-0,40 e 0,0 – 0,20 m respectivamente, com desdobramento apresentados na (Tabela 2 e 3). Analisando o fator velocidade dentro da carga, observa-se que o aumento da velocidade não promoveu alterações na densidade do solo, já quando avaliando a carga dentro das velocidades, observa-se que o aumento da carga (C2) promoveu alterações na densidade do solo (Tabela 2), esse fato pode ser explicado pela maior intensidade com a qual se desenvolvem tensões nessa camada do solo em decorrência do tráfego. Ao avaliar a C1, nota-se que a maior e a menor velocidade operacional, V1 e V3, iguais a 3 km h<sup>-1</sup> e 6 km h<sup>-1</sup>, respectivamente, impactam negativamente a densidade do solo, efeito contrário da V2, de 4,5 km h<sup>-1</sup>, a qual apresentou menor valor na densidade do solo. Conclui-se que C1, com velocidades V1 e V3 realizam maior atrito sobre o solo, e V2 menor atrito, ocasionando menor densidade e compactação, visto que densidade é um indicativo analítico de compactação. Ao analisar o fator período na profundidade de 0-0,20 m (tabela 3) observa-se que a densidade do solo teve um acréscimo após a passagem do conjunto mecanizado, esse acréscimo foi atribuído ao tráfego, visto que as camadas superficiais possuem maior contato com o rodado e, por isso encontram-se mais suscetíveis à compactação. Porém, esses dados discordam dos obtidos por Grego et al. (2013), ao verificarem maiores valores de densidade em camadas subsuperficiais em área de cana-de-açúcar cultivada em Nitossolo.

**Tabela 2** – Densidade do solo em função da interação da carga e da velocidade na profundidade de 0,20-0,40 m

| Velocidade<br>(km h <sup>-1</sup> ) | Carga (kg) |          |
|-------------------------------------|------------|----------|
|                                     | C1         | C2       |
| V1                                  | 1,718Aa    | 1,574Aab |
| V2                                  | 1,536Aa    | 1,730Aa  |
| V3                                  | 1,614Aa    | 1,450Ab  |

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. C1- 55 kg cv<sup>-1</sup> (14.025 kg), C2 - 65 kg cv<sup>-1</sup> (16.575 kg), V1 – 3 km h<sup>-1</sup>, V2 – 4,5 km h<sup>-1</sup> e V3 – 6 km h<sup>-1</sup>.

O desdobramento da interação entre velocidade e período, constatou-se que o aumento da velocidade proporcionou incremento na densidade do solo nos períodos antes e depois do plantio, com exceção da V3 que apresentou um decréscimo da densidade depois do plantio (Tabela 3). Esse decréscimo se deve ao fato, de que a velocidade operacional V3, com valor de 6 km h<sup>-1</sup>, proporcionou ao solo menor atrito com o rodado, conseqüentemente como resultado, menores valores de densidade do solo. Entretanto, velocidades menores, V1 e V2, com valores iguais a 3 km h<sup>-1</sup> e 4,5 km h<sup>-1</sup>, respectivamente, realizam efeito contrário à V3.

**Tabela 3** – Densidade do solo em função da interação da carga e da velocidade na profundidade de 0-0,20 m

| Velocidade<br>(km h <sup>-1</sup> ) | Período |         |
|-------------------------------------|---------|---------|
|                                     | P1      | P2      |
| V1                                  | 1,60Ba  | 1,71Aab |
| V2                                  | 1,65Ba  | 1,79Aa  |
| V3                                  | 1,73Aa  | 1,64Ab  |

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. V1 – 3 km h<sup>-1</sup>, V2 – 4,5 km h<sup>-1</sup> e V3 – 6 km h<sup>-1</sup>, P1 – antes do plantio e P2 – após o plantio.

## CONCLUSÕES:

A velocidade não influenciou na porosidade e densidade do solo. Já o período foi responsável por diminuir a porosidade do solo e, ocasionar um incremento na densidade do solo.

## REFERÊNCIAS:

- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p
- FERREIRA, D. F. Sisvar. **Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras: UFLA, 2010.
- GREGO, S.; GREGO, C. R.; RIBEIRO JUNIOR, P. J.; VAZ, C. M. P.; HURTADO, S.; RODRIGUES, K. M. Densidade do solo de um Nitossolo sob cultivo de cana-de-açúcar utilizando análises geostatística e bayesiana. **In: III Simpósio de geoestatística aplicada em ciências agrárias**, 2013, Botucatu – SP.
- PIRES, L. F.; ROSA, J. A.; TIMM, L. C. Comparação de métodos de medida da densidade do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.1, p.161-170, 2011.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2008.
- SCHJONNING, P.; LAMANDE, M.A note on the vertical stresses near the soil-tyre interface. **Soil & Tillage Research**, v.108, n.1, p.77-82, 2010.
- 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.
- VASCONCELOS, R. F. B.; SOUZA, E. R.; CANTALICE, J. R.; SILVA, L. S. Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.2, p.381–386, 2014.