



## Compressibilidade e resistência ao cisalhamento de um Argissolo Vermelho amarelo submetido a plantio direto<sup>(1)</sup>

Clice de Araújo mendonça<sup>(2)</sup>, Elivânia Maria Sousa Nascimento<sup>(3)</sup>; Marcelo Queiroz Amorim<sup>(4)</sup>, Karla Lúcia Batista Araújo<sup>(5)</sup>; Renildo Luiz Mion<sup>(6)</sup>

(1) Trabalho realizado com recursos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA).

(2) Engenheira Agrônoma, Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. E-mail: cliciaraujo@hotmail.com

(3) Engenheira Agrônoma, Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

(4) Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

(5) Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. Adjunto, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal do Mato Grosso, Rondonópolis, MT.

**RESUMO:** A utilização inadequada de máquinas e implementos na agricultura são fatores responsáveis pela causa da compactação do solo. Este trabalho foi desenvolvido num Argissolo Vermelho Amarelo numa área experimental da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, com o objetivo de avaliar a compressibilidade e a resistência ao cisalhamento de Argissolo vermelho amarelo submetido a plantio direto. As amostras de solo foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial seguindo a norma NBR-12007/90, onde cargas estáticas de 25, 50, 100, 200, 400 e 800 foram aplicadas durante 30 minutos. Os ensaios de cisalhamento direto foram realizados aplicando-se cargas de 50, 100 e 200 kPa. Os resultados mostraram que à medida que se aumentou o tempo de aplicação das cargas houve uma diminuição da altura dos corpos de prova. Observa-se que houve um decréscimo no índice de vazios à medida que ocorreu o aumento do logaritmo da pressão aplicada no solo. A tensão de cisalhamento aumentou à medida que a tensão normal era aplicada ao solo.

**Termos de indexação:** pré-consolidação, coesão, compactação.

### INTRODUÇÃO

A compactação do solo consiste no processo de densificação que ocorre quando uma pressão externa é aplicada sobre o mesmo (Soane & Van Ouerkerk, 1994). No sistema de plantio direto, é mais difícil remover a compactação do solo, visto que a mobilização mecânica não é prática recomendada, a não ser na linha de semeadura. Os principais fatores causadores da compactação são o tráfego de máquinas e implementos agrícolas e o pisoteio animal resultando no aumento da densidade do solo e redução da porosidade total e da macroporosidade do solo (Stone et al., 2002).

A compressibilidade do solo pode ser definida como a resistência que o solo oferece à redução de

volume quando é sujeito a carga mecânica (Horn & Lebert, 1994). A curva de compressão do solo, a qual relaciona a deformação com a carga aplicada, permite estimar parâmetros que servirão para analisar a compactação do solo, a partir dela obtém-se a pressão de pré-consolidação, que é a estimativa da capacidade de suporte de carga do solo (Dias Junior et al., 2005) e o coeficiente de compressibilidade que é um indicativo de suscetibilidade do solo à compactação (Silva et al., 2000).

A resistência do solo ao cisalhamento pode também ser usada como um indicador de compactação do solo (Schjonning, 1991), em geral, os solos mais compactados apresentam maior resistência ao cisalhamento (Secco, 2003), mediante a menor distância entre as partículas, o que lhes confere, conseqüentemente, menor índice de vazios e requer maior esforço para prepará-los para o cultivo.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a compressibilidade e a resistência ao cisalhamento de um Argissolo vermelho amarelo submetido a plantio direto.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido numa área experimental da Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza (CE). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo segundo classificação da Embrapa (2006) e a área encontrava-se cultivada com plantas herbáceas.

As amostras indeformadas foram coletadas aleatoriamente na profundidade de 0 – 15 cm com o auxílio de um amostrador do tipo Uhland. Para os ensaios de compressão uniaxial e cisalhamento direto foram coletados aleatoriamente, 3 amostras em caixa de 50 x 50 cm onde foram abertos trincheiras para a realização das coletas, em seguida, as amostras eram devidamente impermeabilizadas utilizando-se de papel filme e



parafina, objetivando manter a umidade e a história de tensão tal como se encontravam no campo.

As amostras foram submetidas ao ensaio de compressão uniaxial seguindo a norma NBR-12007/90 (Abnt, 1990), onde cargas estáticas de 25, 50, 100, 200, 400 e 800 kPa foram aplicadas durante 30 minutos. Do ensaio uniaxial foi obtida a curva de compressão do solo, a qual representa graficamente a relação entre o logaritmo da pressão aplicada e o índice de vazios (Casa Grande, 1936). Para a determinação da tensão de pré-consolidação ( $\sigma_p$ ), coeficiente de compressibilidade ( $C_c$ ) o método proposto por Pacheco & Silva (Abnt, 1990). Os ensaios de cisalhamento direto foram realizados aplicando-se cargas de 50, 100 e 200 kPa. Em cada carregamento teve um tempo de assentamento de 10 minutos para após iniciar as leituras. Após a execução dos testes, plotou-se os valores de tensão normal versus tensão cisalhamento, obtendo-se uma linha cuja inclinação representa o ângulo de atrito interno, e o ponto de intersecção dessa linha com eixo da ordenada definem a coesão do solo. A velocidade executada no teste foi  $1,25 \text{ m.s}^{-1}$ , sendo realizado em uma mesa de cisalhamento direto pertencente ao Laboratório de Mecânica dos Solos e Pavimentação do curso de Engenharia Civil da UFC.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 representa o gráfico da altura dos corpos de prova em função do tempo de aplicação das cargas, observa-se que à medida que se aumenta o tempo de aplicação das cargas há uma diminuição da altura dos corpos de prova, e a partir de 5 minutos há uma estabilidade nas leituras. Esse fato deve-se a maior deformação do solo com o maior tempo que ele fica sob a carga. Como resultado, ocorre pressões positivas nas amostras, dificultando a compressão destas (Brandt, 2009).

A figura 2 mostra a variação do índice de vazios com o logaritmo decimal da pressão aplicada. O índice de vazios deste solo variou de 0,53 a 0,30. Observa-se que houve um decréscimo no índice de vazios à medida que ocorreu o aumento do logaritmo da pressão aplicada no solo. Com aplicação de pressões maiores, as alterações ocorreram na estrutura do solo, evidenciadas pelas mudanças dos valores de índices de vazios.

Ocorreu resistência à compressão com pressões inferiores a 40 kPa, que é o valor da pressão de pré-consolidação, a qual é a pressão máxima que deve ser aplicada a um solo, a fim de evitar a compactação dos solos (Defosse & Richard, 2002; Barbosa et al., 2003). Quando a pressão normal aplicada no solo, é menor que a pressão de pré-consolidação, ocorre apenas pequena mudança no

índice de vazios. Entretanto, quando a pressão excede a carga de pré-consolidação, é registrada uma acentuada e crescente compressibilidade do solo, o que ficou evidenciado na figura 2. Na Figura 3 temos a tensão de cisalhamento versus a tensão normal analisado na profundidade de 0 a 15 cm, na qual se verifica que a tensão de cisalhamento aumenta à medida que a tensão normal era aplicada ao solo. O ângulo de atrito interno foi de 34,25 e o solo não apresentou coesão entre as partículas. Secco (2003) encontrou valores médios de ângulo de atrito para as profundidades de 0-5, 7-12 e 20 - 25 cm foram respectivamente de 26, 28 e 29, sem diferença significativa, sendo a média geral de 28, em um Latossolo Vermelho.

Mostrando a diferença desses valores de acordo com a textura do solo, visto que esses parâmetros são características intrínsecas do solo, pois são dependentes de outras propriedades e características. Lima et al. (2004) afirmam que o atrito entre as partículas é maior em solos arenosos, o que dificulta a movimentação das partículas sólidas e a deformação do solo.

O rompimento do solo ocorreu com uma tensão de cisalhamento de 118,7 kPa. Quando se utilizam cargas normais menores que o valor de tensão de cisalhamento, o solo permanece intacto. Entretanto, quando se aplicam pressões normais maiores que essas, ocorre o rompimento.

## CONCLUSÕES

É possível observar que à medida que se aumenta o tempo de aplicação das cargas há uma diminuição da altura dos corpos de prova.

Houve um decréscimo no índice de vazios à medida que ocorreu o aumento do logaritmo da pressão aplicada no solo.

A tensão de cisalhamento aumentou à medida que a tensão normal era aplicada ao solo

## REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 12007: Ensaio de adensamento unidimensional. Rio de Janeiro, 1990. 13p.
- ARVIDSSON, J.; KELLER. T. Soil precompression stress I. A survey of Swedish arable soils. Soil & Tillage Research, 77: 85–95, 2004.
- BARBOSA, J.A.; VIEIRA, L.B.; DIAS JUNIOR, M. S.; DIAS, G. P. Efeito do tráfego de um trator agrícola na pressão de preconsolidação de um Argissolo Vermelho-Amarelo. Scientia Agraria Paranaensis, 2:17-27, 2003.
- BRANDT, A. A. Carregamento estático e dinâmico e sua relação com tensão, deformação e fluxos no solo. 2009. 162 f. Tese (Doutorado em Engenharia



agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CASAGRANDE, A. The determination of the pre-consolidation load its practical significance. In Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Proceceedge. MA Harvard Universiy, Cambridge, 3:60-64, 1936.

DEFOSSEZ, P.; RICHARD, G. Models of soil compaction due to traffic and their evaluation. Soil and Tillage Research, 67:41- 64, 2002.

DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE, F. P.; LASMAR JUNIOR, E.; ARAÚJO JUNIOR, C.F. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to eucalyptus harvest operations. Scientia Agricola, 62:248-255, 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Serviço de Produção de Informações, Brasília, 1999. 412p.

HORN, R.; LEBERT, M. Soil compactability and compressibility. In: Soane, B. D.; Ouwerkerk, C. van. Soil compaction in crop production. Amsterdam: Elsevier. 1994. 662p.

LIMA, C. L. R. Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada. 2004. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SCHJONNING, P. Soil strength as influenced by texture, water content and soil management. Soil Tillage Res, 12:277- 283, 1991.

SECCO, D. Estados de compactação e suas implicações no comportamento mecânico e na produtividade de culturas em dois latossolos sob plantio direto. 2003. 105 f. Tese (Doutorado Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V., Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 30:921-930, 2006.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J. & REICHERT, J. M. Suscetibilidade à compactação de um latossolo Vermelho-escuro e de um podzólico Vermelho-amarelo. R. Bras. Ci. Solo, 24:239-249, 2000.

SOANE, B. D.; VAN OUWERKERK, C. Soil compaction problems in world agriculture. In: SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. van. (ed). Soil compaction in crop production. Netherlands : Elsevier, p.1-21, 1994.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro – 1: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, 6:207-212, 2002.

YAVUSCAN, H. G.; VATANDAS, M.; GÜRHAN, R. Soil strength as affected by tillage system and wheel traffic in wheat-corn rotation in central Anatolia. Journal of Terramechanics, 39:23-34, 2002.

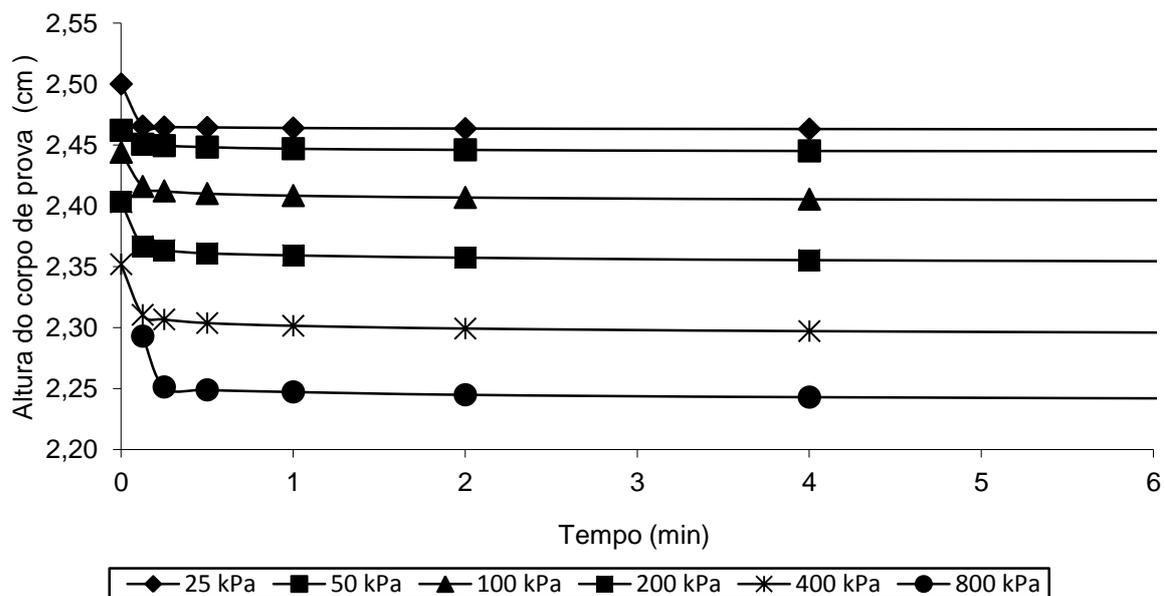
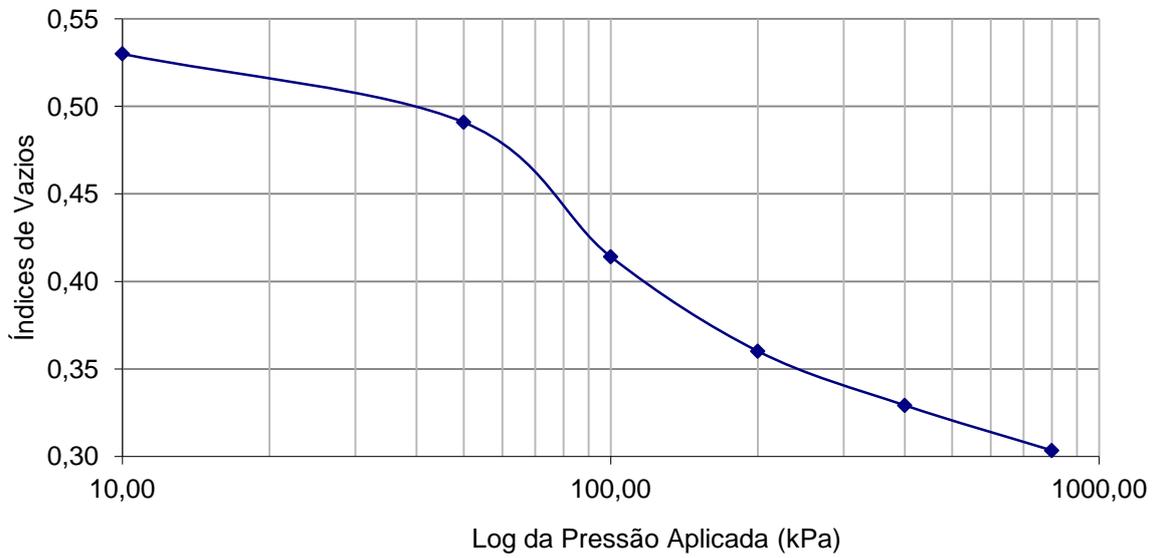
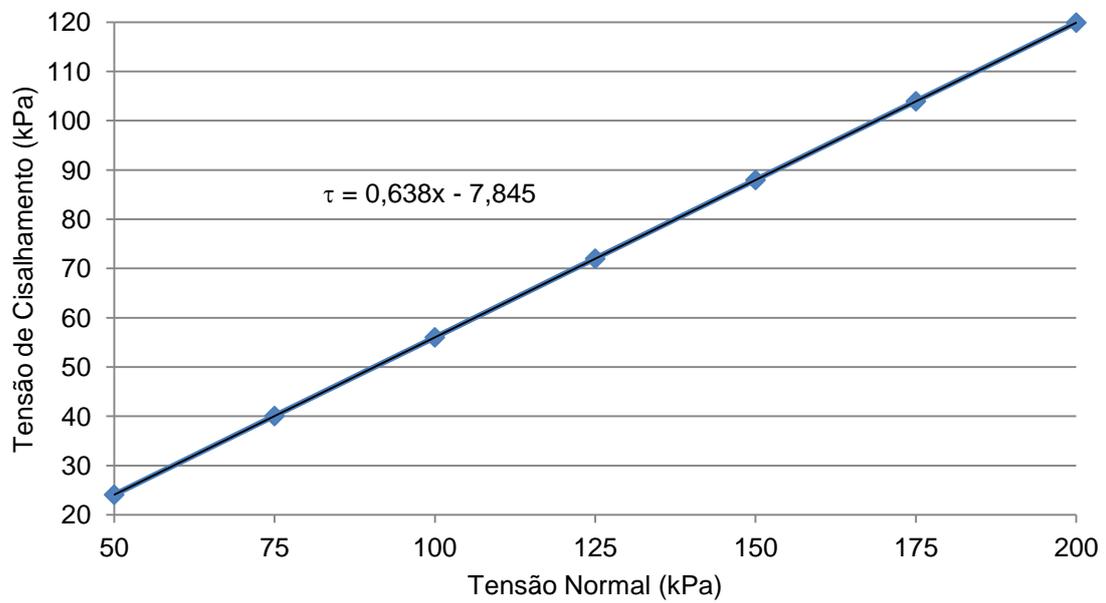


Figura 1 – Deformação do solo versus tempo de aplicação de cada pressão.



**Figura 2** – Variação do índice de vazios com o logaritmo decimal da pressão aplicada.



**Figura 3** – Tensão de cisalhamento *versus* tensão normal do solo estudado.