



# Comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo e níveis de tráfego

**ERACILDA FONTANELA<sup>(1)</sup>, JOSÉ MIGUEL REICHERT<sup>(2)</sup>, DALVAN JOSÉ REINERT<sup>(2)</sup>, MARCELO IVAN MENTGES<sup>(3)</sup>, DAVI ALEXANDRE VIEIRA<sup>(3)</sup>, JOSÉ ELOIR DENARDIN<sup>(4)</sup>**

**RESUMO** - A compactação do solo e o tráfego contínuo e inadequado são fatores limitantes ao rendimento das culturas. Contudo, ainda não há informações consolidadas para a predição e recuperação da compactação do solo sob diferentes sistemas de manejo e efeito do tráfego no solo. O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito do tráfego no comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho argiloso sob plantio direto e diferentes épocas de escarificação. Foram coletadas 96 amostras de solo, com estrutura preservada, nas quatro condições de manejo (PD, E9, E10 e E11), em dois níveis de tráfego (sem e com), nas camadas 0,00-0,06; 0,10-0,15; 0,20-0,25 m. Depois de preparadas, saturadas com água e equilibradas, as amostras foram pesadas e submetidas ao ensaio de compressão uniaxial em um consolidômetro com aplicação sucessiva e contínua de cargas de 12,5; 25; 50; 100; 200; 400; 800 e 1600 kPa por cinco minutos para que a deformação máxima fosse alcançada. As pressões de preconsolidação e os índices de compressão foram obtidos das curvas de compressão do solo. A pressão de preconsolidação não apresentou diferença significativa para os diferentes manejos em todas as camadas em estudo. Para esse parâmetro é recomendável um número maior de repetições de modo a reduzir a variação dos dados. Para o índice de compressão, só houve interação significativa a 5% de probabilidade entre os sistemas de manejo e trafegabilidade nas duas camadas superficiais do solo (0,00-0,06 e 0,10-0,15 m). O monitoramento da estrutura do solo pela pressão de preconsolidação e índice de compressão é uma estratégia para manter a qualidade estrutural do solo e evitar a compactação adicional.

## Introdução

Atualmente, é grande a preocupação com o aumento da compactação nas áreas agrícolas. Isso se deve, em grande parte, às operações mecanizadas realizadas sem considerar o teor de umidade do solo [1]. A compactação do solo é considerada como fator

limitante ao rendimento das culturas no sistema de semeadura direta no Brasil.

A compressão dos solos agrícolas, decorrente das operações mecanizadas, afeta os atributos físicos do solo, provocando aumento na densidade e na resistência à penetração, diminuição da porosidade total e a continuidade dos poros. Com isso, ocorrem restrições à infiltração e redistribuição da água no solo, às trocas gasosas e ao desenvolvimento do sistema radicular [2].

Os sistemas de manejo do solo afetam as características do solo, como a matéria orgânica, estrutura, conteúdo de água e densidade do solo, influenciando no comportamento compressivo do mesmo. A caracterização do processo de compressão contribui para definir ações de manejo que evitem ou minimizem a degradação da qualidade física dos solos. Indicadores relacionados à compressibilidade, obtidos a partir da curva de compressão uniaxial, têm sido utilizados para estabelecer condições adequadas ao desenvolvimento das plantas [3].

Dias Júnior [4] e Imhoff et al. [5] sugerem estudos utilizando a pressão de preconsolidação ( $\sigma_p$ ) como indicadora da máxima pressão que um solo pode suportar a diferentes umidades, sem causar compactação adicional. Tais resultados fornecem importantes informações que podem ser usadas para a prevenção da compactação do solo.

Silva et al. [1] consideram também, o índice de compressão (IC), como um importante indicador, o qual representa a susceptibilidade do solo à compactação. A  $\sigma_p$  e o IC são obtidos por meio da curva de compressão do solo, oriunda dos ensaios de compressão uniaxial, que representa graficamente a relação entre o logaritmo da pressão aplicada e a densidade do solo ou o índice de vazios.

Estudos têm mostrado que, quando ensaios de compressão uniaxial são realizados em solos que não sofreram pressão prévia ou secagem e umedecimento, a relação entre a pressão aplicada e a densidade do solo será linear, e qualquer pressão aplicada resultará em deformações não-recuperáveis [6]. Entretanto, quando os ensaios são realizados em solos que já tenham um histórico de manejo, as deformações resultantes poderão ser recuperáveis ou não-recuperáveis [7, 6].

<sup>(1)</sup> Engenheira Agrícola, Aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Bolsista CNPq, Av. Roraima, 1000, prédio 44, Santa Maria, RS, CEP 97105-900. E-mail: [eracildafontanela@yahoo.com.br](mailto:eracildafontanela@yahoo.com.br)

<sup>(2)</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Solos da UFSM, Av. Roraima, 1000, prédio 44, Santa Maria, RS, CEP 97105-900.

<sup>(3)</sup> Acadêmico do curso de Agronomia, CCR, UFSM, Bolsista de Iniciação Científica CNPq – PIBIC. Av. Roraima, 1000, prédio 44, Santa Maria, RS, CEP 97105-900.

<sup>(4)</sup> Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da EMBRAPA Trigo – Passo Fundo / RS.

Em sistemas mecanizados, o conhecimento dos valores da capacidade de suporte de carga e da susceptibilidade à compactação pode auxiliar na escolha de máquinas que exerçam menores pressões, reduzindo assim o impacto negativo causado à estrutura de solos agrícolas [8].

Este estudo teve como objetivo analisar o efeito do tráfego no comportamento compressivo de um Latossolo sob plantio direto e diferentes épocas de escarificação.

**Palavras-Chave:** compactação do solo, pressão de preconsolidação, índice de compressão.

## Material e métodos

O trabalho foi realizado em uma área experimental pertencente a Embrapa Trigo, situada no município de Passo Fundo, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. O solo em estudo é classificado como Latossolo Vermelho, classe textural argiloso [9]. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo “Cfa” e “Cfb”, clima subtropical úmido, com precipitação pluvial mínima de 60 mm mensais, distribuída ao longo de todos os meses do ano [10].

O experimento foi implantado no ano de 2001, em um delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. Nas parcelas principais foram casualizados os sistemas de manejo: (i) escarificado no inverno de 2005 (E9); (ii) escarificado no verão de 2005 (E10); (iii) escarificado no inverno de 2006 (E11) e, (iv) plantio direto há 13 anos (PD), e nas subparcelas os níveis de tráfego (sem e com tráfego das usuais operações de manejo).

A amostragem foi realizada na primeira quinzena de dezembro de 2006, quando a área estava sendo cultivada com soja. Para cada condição de manejo, nos dois níveis de tráfego, foi aberta uma trincheira, com o auxílio de uma pá de corte para coleta de amostras com estrutura preservada (cilindros de 6,10 cm de diâmetro e 2,50 cm de altura), nas camadas 0,00-0,06; 0,10-0,15; 0,20-0,25 m, totalizando 96 amostras.

Após a coleta, as amostras foram individualmente acondicionadas em recipientes plásticos e transportadas até o Laboratório de Física de Solos da Universidade Federal de Santa Maria. No laboratório, as amostras foram preparadas, saturadas por capilaridade durante um período de 48 horas e, em seguida, equilibradas à tensão de 33 kPa em câmara de pressão de Richards. Após o equilíbrio foi realizado o teste de compressão uniaxial em um consolidômetro modelo S-450 Terraload (Durham Geo-Interprises) com aplicação sucessiva e contínua de pressões de 12,5; 25; 50; 100; 200; 400; 800 e 1600 kPa, seguindo a norma NBR-12007/90 [11]. Para cada carga utilizou-se um tempo de aplicação de 5 minutos, tempo necessário para que mais de 99% da deformação máxima seja alcançada [1].

Após o ensaio, as amostras foram colocadas em estufa para a secagem a 105 °C, por 24 horas. Para obtenção da curva de compressão e dos parâmetros de pressão de preconsolidação e índice de compressão, os dados foram processados no *software Compress* (método 2 de Casagrande) [12].

Os resultados foram submetidos à análise da variância pelo teste F, com posterior comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAS [13].

## Resultados e discussão

A pressão de preconsolidação ( $\sigma_p$ ) não apresentou diferença significativa para as variáveis manejo, tráfego e interação manejo x tráfego, nas camadas avaliadas (Tabela 1). Esse resultado pode ser atribuído a grande variabilidade dos dados, com coeficiente de variação entre 37 a 45%. O coeficiente de variação obtido neste estudo é superior ao observado em outros trabalhos [14, 15]. Suzuki [14], por exemplo, obteve valores entre 16 e 28%, enquanto Lima [15] apresentou valores entre 19 a 35%. O intervalo de variação da  $\sigma_p$  obtida nesse estudo ( $75 < \sigma_p < 169$  kPa) concorda com valores obtidos por Suzuki [14] em lavouras sob plantio direto em diferentes solos do Rio Grande do Sul. A camada superficial (0,00 - 0,06 m) apresentou os menores valores de  $\sigma_p$ , talvez associado ao maior conteúdo de matéria orgânica nesta camada. Embora não tenha apresentado diferença significativa, observa-se que na camada de 0,10 – 0,15 m, considerada a camada com maior impedimento físico em plantio direto [16, 14], a  $\sigma_p$  do PD foi menor comparada aos manejos E9 e E10 (Tabela 1). Possivelmente, o revolvimento pode ter modificado a estabilidade estrutural do solo, favorecendo a compactação nesses manejos. Resultados semelhantes foram obtidos por Rosa [17], que salienta a importância de evitar o tráfego com a carga igual à tensão de preconsolidação em solo revolvido recentemente.

O índice de compressão apresentou interação significativa a 5% de probabilidade entre manejo x tráfego para as camadas de 0,00 – 0,06 e 0,10-0,15 m e significância para manejo na camada de 0,20 – 0,25 m (Tabela 2).

Para a condição sem tráfego, na primeira camada os manejos E9 e PD apresentaram os maiores valores de IC (0,58) (Tabela 2), sugerindo que esses manejos foram os mais suscetíveis à compactação. Nessa mesma camada, os níveis de tráfego diferiram significativamente apenas no manejo E11, apresentando maior valor de IC (0,49) onde houve tráfego. Esse resultado é explicado pelo aumento do espaço poroso ocasionado pela mobilização do solo, aumentando a suscetibilidade à compactação.

Para a segunda camada, onde houve tráfego, o E10 apresentou o maior IC (0,39), diferindo significativamente dos demais manejos e do o nível de trafegabilidade.

Estes resultados sugerem que o efeito do tráfego é relevante na tomada de decisões, como menores pressões a aplicar ao solo a fim de manter sua a qualidade estrutural, corroborando com as observações feitas por Larson & Gupta [18]. Alterações significativas ocorrem na estrutura

do solo com a aplicação de pressões maiores do que a pressão de preconconsolidação, sendo explicada pela agregação causada com o aumento da pressão aplicada, dando ao solo uma estrutura massiva [18].

Na camada de 0,20 a 0,25 m o manejo do solo influenciou significativamente o IC, com o maior valor (0,38) obtido no plantio direto e o menor no E9 (0,28).

### Considerações Finais

A pressão de preconconsolidação não apresentou diferença significativa para os diferentes manejos. Para esse parâmetro é recomendável um maior número de repetições de modo a reduzir a variação dos dados.

Houve interação entre os sistemas de manejo e trafegabilidade nas duas camadas superficiais do solo (0,00-0,06 e 0,10-0,15 m).

O monitoramento da estrutura do solo pela pressão de preconconsolidação e índice de compressão é uma estratégia para manter a qualidade estrutural do solo e evitar a compactação adicional.

### Agradecimentos

À EMBRAPA Trigo, pela área concedida para realização deste estudo. Aos pesquisadores Rainoldo Alberto Kochhann, José Eloir Denardin e Arcenio Sattler, pelo auxílio e disposição prestados na realização deste trabalho.

### Referências

- [1] SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. 2000. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 4: 239-249.
- [2] HORN, R.; LEBERT, M. 1994. Soil compactability and compressibility. In: SOANE, B. D.; OUWERKERT, C. van (Ed.). *Soil compaction in crop production*. Amsterdam: Elsevier. p. 45-69.
- [3] MOSADDEGHI, M.R. et al. 2003. Pre-compression stress and its relation with the physical and mechanical properties of a structurally unstable soil in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 70: 53-64.
- [4] DIAS JUNIOR, M. S. 1994. *Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic*. 114 leaves. Thesis (Ph.D. in Crop and Soil Science) - Michigan State University, East Lansing, 1994
- [5] IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENA, C. A. 2001. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 11-18.
- [6] DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. 1996. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20: 175-182.
- [7] LEBERT, M.; HORN, R. 1991. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. *Soil and Tillage Research*, 19: 275-286.
- [8] KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. 1999. Compressibilidade de três latossolos em função da umidade e uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 211-218.
- [9] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: EMBRAPA - Embrapa Produção de Informação. 412p.
- [10] NIMER, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 442p.
- [11] ABNT. NBR 12007: 1990. *Ensaio de adensamento unidimensional*. Rio de Janeiro, 1990. 13p.
- [12] REINERT, D.J.; ROBAINA, A. D.; REICHERT, J.M. 2003. COMPRESS – Software e proposta de modelo para descrever a compressibilidade dos solos e seus parâmetros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. Viçosa. Anais... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM.
- [13] SAS Institute 1990. *SAS/STAT User's Guide*. Version G. 4 ed. Cary: NC; SAS Institute Inc.
- [14] SUZUKI, L.E.A.S. 2005. *Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFSM, Santa Maria. 149p.
- [15] LIMA, C.L.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. 2006. Compressibilidade de um Argissolo sob plantio direto escarificado e compactado. *Ciência Rural*, 36:1765-1772.
- [16] GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. 2004. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:477-484.
- [17] ROSA, D. P. da. 2007. *Comportamento dinâmico e mecânico do solo sob níveis diferenciados de escarificação e compactação*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, Santa Maria. 112p.
- [18] LARSON, W.E. & GUPTA, S.C. 1980. Estimating critical stress in unsaturated soils from changes in pore water pressure during confined compression. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 1127-1132.

**Tabela 1.** Valores médios de pressão de preconsolidação ( $\sigma_p$ , kPa) para os quatro manejos e três camadas do solo em estudo.

| Tráfego | E9            | E10    | E11    | PD     | Média  |
|---------|---------------|--------|--------|--------|--------|
|         | 0,00 – 0,06 m |        |        |        |        |
| Sem     | 81,28         | 75,35  | 94,30  | 81,10  | 83,01  |
| Com     | 101,07        | 92,97  | 83,48  | 78,95  | 87,99  |
| Média   | 91,17         | 84,16  | 88,89  | 80,03  |        |
|         | 0,10 – 0,15 m |        |        |        |        |
| Sem     | 144,43        | 169,53 | 112,05 | 100,92 | 129,21 |
| Com     | 128,85        | 113,73 | 98,58  | 117,70 | 114,71 |
| Média   | 136,64        | 141,63 | 105,31 | 109,31 |        |
|         | 0,20 – 0,25 m |        |        |        |        |
| Sem     | 108,82        | 168,10 | 90,50  | 128,67 | 120,54 |
| Com     | 91,13         | 150,80 | 79,35  | 153,03 | 118,58 |
| Média   | 99,97         | 159,45 | 84,93  | 140,85 |        |

E9 = escarificado no inverno de 2005, E10 = escarificado no verão de 2005; E11 = escarificado no inverno de 2006 e, PD = plantio direto há 13 anos.

**Tabela 2.** Valores médios de índice compressão (IC) para os quatro manejos e três camadas do solo em estudo.

| Tráfego | E9            | E10      | E11     | PD      | Média |
|---------|---------------|----------|---------|---------|-------|
|         | 0,00 – 0,06 m |          |         |         |       |
| Sem     | 0,58 Aa       | 0,44 Aab | 0,27 Bb | 0,58 Aa | 0,47  |
| Com     | 0,41 Aa       | 0,37 Aa  | 0,49 Aa | 0,51 Aa | 0,45  |
| Média   | 0,49          | 0,40     | 0,38    | 0,55    |       |
|         | 0,10 – 0,15 m |          |         |         |       |
| Sem     | 0,32 Aa       | 0,28 Ba  | 0,28 Aa | 0,31 Aa | 0,30  |
| Com     | 0,30 Ab       | 0,39 Aa  | 0,28 Ab | 0,28 Ab | 0,31  |
| Média   | 0,31          | 0,33     | 0,28    | 0,30    |       |
|         | 0,20 – 0,25 m |          |         |         |       |
| Sem     | 0,28          | 0,33     | 0,32    | 0,40    | 0,33  |
| Com     | 0,29          | 0,35     | 0,29    | 0,39    | 0,33  |
| Média   | 0,28 b        | 0,34 ab  | 0,31 ab | 0,38 a  |       |

E9 = escarificado no inverno de 2005, E10 = escarificado no verão de 2005; E11 = escarificado no inverno de 2006 e PD = plantio direto há 13 anos. Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.