

COMPACTAÇÃO RELATIVA, PROPRIEDADES FÍSICAS E RENDIMENTO DE CULTURAS EM ARGISSOLO*

LIMA, C.L.R. 1; REINERT, D.J.2; REICHERT, J.M.2; SUZUKI, L.E.A.S.3; GUBIANI, P.I.4

*Pesquisa realizada com recursos da CAPES, CNPq e FAPERGS.

1Engenheira Agrícola, Pós Doutoranda em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria/RS. Bolsista CNPq. E-mail: crlima@mail.ufsm.br.

2Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais (CCR), UFSM. E-mail: dalvan@ccr.ufsm.br; reichert@smail.ufsm.br.

3Engenheiro Agrônomo, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF), UFSM. Bolsista Capes. E-mail: suzuki@mail.ufsm.br.

4Discente do curso de Agronomia, UFSM. Bolsista CNPq. E-mail: gubiani@mail.ufsm.br

RESUMO: O grau de compactação expressa a relação entre a densidade atual e a densidade do mesmo solo em uma condição referência, e tem sido utilizado na caracterização da compactação e resposta das culturas. Objetivou-se avaliar parâmetros físicos do solo e o rendimento das culturas da soja e feijoeiro em resposta ao grau de compactação de um Argissolo Vermelho distrófico arênico. Foram determinados o grau de compactação, a macroporosidade, a resistência à penetração, a condutividade hidráulica de solo saturado e, altura e rendimento das culturas da soja e feijoeiro. O aumento do grau de compactação causou, de forma linear, redução da macroporosidade e aumento da resistência do solo à penetração, e redução exponencial da condutividade hidráulica de solo saturado, a qual apresentou valores mínimos a partir de 91% de grau de compactação. Considerando valores críticos de macroporosidade (0,10 m³ m⁻³) e resistência à penetração (2 MPa) para o crescimento das plantas, esses valores corresponderam, respectivamente, aos graus de compactação de 86% e 93%. Maiores rendimentos relativos da cultura da soja e do feijoeiro foram observados, respectivamente, nos graus de compactação de 93% e 94%.

PALAVRAS-CHAVE: *grau de compactação, macroporosidade, resistência à penetração.*

INTRODUÇÃO: A densidade, a porosidade total e de aeração e a resistência à penetração podem caracterizar o estado de compactação dos solos. Pelo fato da compactação ser caracterizada por mudanças no volume, parece ser mais apropriado o uso de métodos baseados nas relações volumétricas, preferencialmente densidade ou porosidade do solo (HAKANSSON, 1990; LIPIEC & HAKANSSON, 2000). A “compactação relativa” ou “grau de compactação”, que implica no índice de vazios de um solo em relação ao índice de vazios do mesmo solo em um estado de referência (HAKANSSON, 1990), pode ser um parâmetro útil e de fácil medição para indicar mudanças nos parâmetros físicos como macroporosidade, permeabilidade ao ar, resistência à penetração do solo e condutividade hidráulica (CARTER 1990) e resposta das culturas em diferentes tipos de solos (CARTER, 1990; HAKANSSON, 1990; LIPIEC et al., 1991; SILVA et al., 1997). Em solos com estrutura preservada, SUZUKI (2005) estudou diferentes sistemas de manejo, principalmente o plantio direto, em seis solos, com diferentes granulometrias, do estado do Rio Grande do Sul, propondo a carga de 1600 kPa no teste de compressão uniaxial para se obter a densidade referência. Este estudo objetivou avaliar os parâmetros físicos do solo e o rendimento das culturas da soja e feijoeiro em resposta ao grau de compactação de um Argissolo Vermelho distrófico arênico.

MATERIAL E MÉTODOS: Três experimentos em um delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, foram instalados em um Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 1999), no município de Santa Maria (RS). No experimento 1 avaliou-se os tratamentos PD: plantio direto desde 1989; ESC: plantio direto + escarificação em dezembro de 2004; PDC: plantio direto + compactação adicional por quatro passadas de uma máquina de aproximadamente 10 Mg em dezembro do ano agrícola 2001/2002 e, no ano agrícola 2002/2003. No experimento 2 avaliou-se os tratamentos PD: plantio direto desde 1989; ESC: plantio direto + escarificação em 2002 e fevereiro de 2004; PDC: plantio direto + compactação adicional por quatro passadas de uma máquina de aproximadamente 10 Mg em dezembro do ano agrícola 2001/2002. No experimento 3 avaliou-se os tratamentos PD: plantio direto desde 1989; ESC: plantio direto + escarificação em dezembro de 2004; PDC: plantio direto + compactação adicional por quatro passadas de uma máquina de aproximadamente 10 Mg em dezembro do ano agrícola 2002/2003. As culturas da soja

(experimento 1) e do feijoeiro (experimentos 2 e 3) foram semeadas em dezembro de 2004.

O grau de compactação do solo foi calculado pela equação: $GC = (DS \times DS_{ref}^{-1}) \times 100$, onde: GC é o grau de compactação (%), DS é a densidade atual do solo (Mg m⁻³), DS_{ref} é a densidade referência do solo (Mg m⁻³). Para determinar a DS_{ref}, amostras com estrutura preservada foram coletadas na camada de 0,08-0,13 m, equilibradas a 33 kPa (umidade média de 0,09 kg kg⁻¹) e submetidas ao teste de compressão uniaxial, sendo a DS_{ref} obtida pela pressão de 1600 kPa (SUZUKI, 2005). Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas nas camadas de 0-0,05; 0,10-0,15; 0,20-0,25 e 0,30-0,35 m para determinação da macroporosidade (Macro), da densidade do solo (DS) e da condutividade hidráulica saturada (K_{qs}). Avaliou-se também a resistência do solo à penetração a campo (RP) e a altura e rendimento da soja e feijoeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para o solo em estudo, o teor de argila na camada de 0-0,30 m varia de 86 a 103 g kg⁻¹, com um teor médio de 92 g kg⁻¹, sendo, portanto, o teor de argila na camada de solo avaliada praticamente uniforme. Com o aumento do grau de compactação houve, de forma linear, diminuição da macroporosidade e aumento da resistência do solo à penetração (Figuras 1a e 1b). Considerando uma macroporosidade mínima de 0,10 m³ m⁻³ para o crescimento e desenvolvimento satisfatório das plantas (VOMOCIL & FLOCKER, 1966), esse valor correspondeu a um grau de compactação de aproximadamente 86% (Figura 1a). CARTER (1990) verificou que, para o horizonte Ap de dois solos com 12 e 7% de argila e 30 e 29% de silte (solos franco arenosos), numa macroporosidade de 0,10 m³ m⁻³ o grau de compactação correspondeu a um valor de 89%. SUZUKI (2005) observou que uma macroporosidade de 0,10 m³ m⁻³ correspondeu a um grau de compactação de aproximadamente 89%, para solos com 10% de argila.

Considerando um valor de resistência à penetração de 2 MPa como sendo restritivo ao crescimento radicular para a maioria das culturas (TAYLOR et al., 1966), o grau de compactação foi de 93% (Figura 1b). A umidade do solo na avaliação da resistência à penetração encontrava-se entre 0,06 a 0,16 kg kg⁻¹ (média de 0,13 kg kg⁻¹).

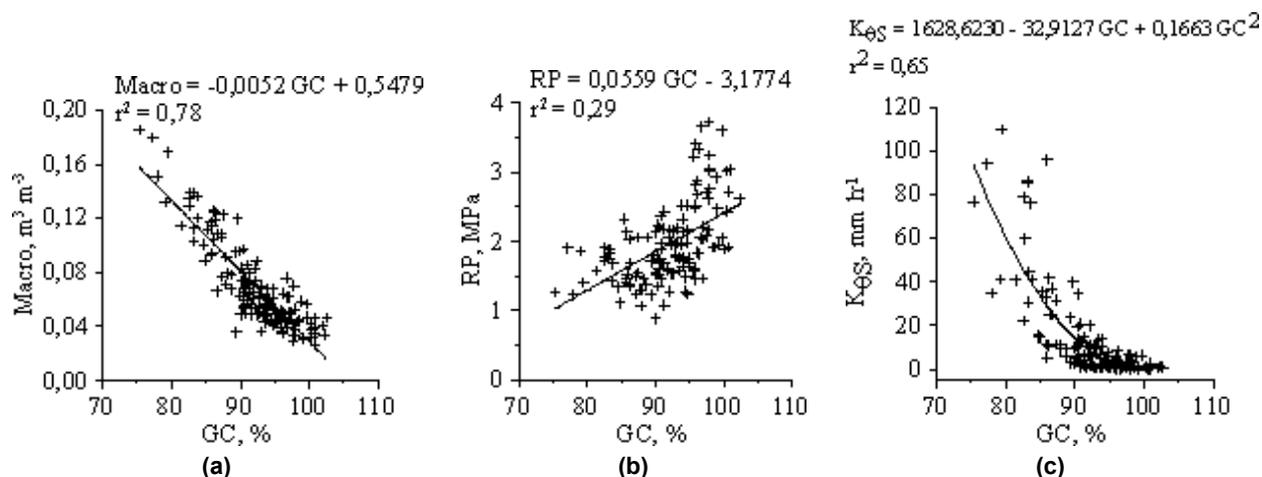


Figura 1. Macroporosidade (Macro) (a), resistência do solo à penetração (RP) (b) e condutividade hidráulica de solo saturado (K_{qs}) (c), em função do grau de compactação (GC).

A condutividade hidráulica de solo saturado decresceu exponencialmente com o aumento do grau de compactação, até um valor de aproximadamente 91%, seguindo praticamente constante (0,1-10 mm h⁻¹) (Figura 1c). De acordo com HORN et al. (2003), o incremento da pressão aplicada por máquinas agrícolas pode reduzir os valores de condutividade hidráulica de solo saturado. No processo de compactação, os poros maiores, responsáveis pela aeração do solo, tendem a diminuir, sendo substituídos por poros menores (BOONE & VEEN, 1994), concordando com o observado nesse trabalho, pois a partir de um grau de compactação de 86% a macroporosidade decresceu para valores menores que 0,10 m³ m⁻³ e, conseqüentemente, a condutividade apresentou valores baixos (0,1-10 mm h⁻¹) a partir de um grau de compactação de 91%.

O coeficiente de determinação para as relações entre grau de compactação e, macroporosidade ($r^2 = 0,78$) e condutividade hidráulica de solo saturado ($r^2 = 0,65$) foram maiores do que para a relação com resistência do solo à penetração ($r^2 = 0,29$), mostrando que variações na resistência à penetração foram pouco explicadas pelo grau de compactação, talvez, principalmente pelo fato da resistência à penetração ser variável com umidade.

Os parâmetros altura da planta (avaliada no florescimento das culturas) e rendimento relativo (umidade dos grãos a 13% base úmida) foram relacionados com os valores médios de grau de compactação da camada de 0,05-0,15 m, onde se observa maiores níveis de compactação pelo acúmulo de pressões e não revolvimento do solo em sistemas de plantio direto. A maior altura de planta e rendimento de soja foi observada no plantio direto, com um grau de compactação de 93% (Figuras 2a e 2b). Esse valor de grau de compactação parece ser muito elevado; possivelmente, um menor grau de compactação pudesse apresentar um maior rendimento para a cultura da soja. SUZUKI (2005) verificou os maiores rendimentos de soja para um grau de compactação de aproximadamente 85% para Argissolos.

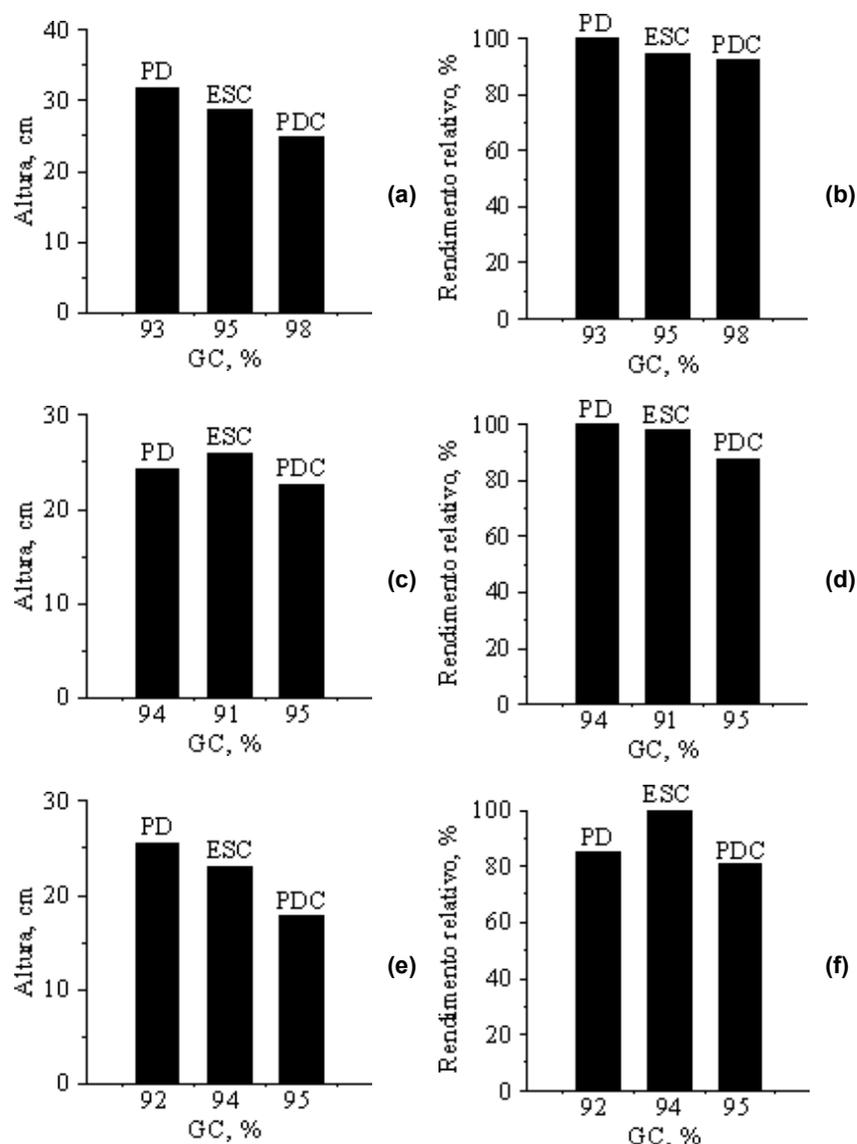


Figura 2. Altura de planta e rendimento relativo para a cultura da soja (a, b) e feijoeiro no experimento 2 (c,d) e experimento 3 (e, f), em função do grau de compactação.

Para o feijoeiro, embora a altura de planta respondesse melhor a um menor grau de compactação (grau de compactação de 91% no experimento 2 e 92% no experimento 3) (Figuras 2c e 2e), o rendimento foi maior com um elevado grau de compactação (grau de compactação de 94% nos experimentos 2 e 3) (Figuras 2d e 2f). Nota-se que, diferentemente da soja e outras culturas que apresentam os maiores rendimentos com grau de compactação entre 80 a 90%, para a cultura do feijoeiro os maiores rendimentos foram observados com grau de compactação acima de 90%. Trabalhos com cevada em solos com 6 e 7% de argila e 68 e 15% de silte, respectivamente, demonstraram que o índice de área foliar e o rendimento de grãos decresceram quando o grau de compactação foi aproximadamente 88 e 91%, respectivamente, para ambos os solos (LIPIEC et al.,1991). Analisando resultados de mais de 100 experimentos com a cultura da cevada, HAKANSSON (1990) considerou um grau de compactação de 87% como sendo ótimo para vários tipos de solos da Suécia. CARTER (1990) verificou que uma compactação relativa entre 77,5 a 84% apresentou rendimento relativo maior ou igual a 95%.

Os valores de grau de compactação para obtenção dos maiores rendimentos são dependentes das culturas e das condições climáticas as quais poderão amenizar ou intensificar os efeitos da compactação (SUZUKI, 2005), além de variações no valor de grau de compactação que podem ocorrer dependendo da metodologia empregada para a obtenção de densidade referência. ARVIDSSON & HAKANSSON (1991) relatam que o grau de compactação ótimo tende a ser elevado em anos de clima seco e menor em outros com boa precipitação.

CONCLUSÕES: O aumento do grau de compactação causou, de forma linear, redução da macroporosidade e aumento da resistência do solo à penetração. A condutividade hidráulica de solo saturado decresceu exponencialmente com o aumento do grau de compactação, a qual apresentou valores mínimos (0,1-10 mm h⁻¹) a partir de 91% de grau de compactação. Considerando valores críticos de macroporosidade (0,10 m³ m⁻³) e resistência à penetração (2 MPa), para o crescimento das plantas, esses valores corresponderam, respectivamente, aos graus de compactação de 86% e 93%, embora o coeficiente de determinação para resistência à penetração tenha sido baixo ($r^2 = 0,29$). Maiores rendimentos relativos da cultura da soja e do feijoeiro foram observados, respectivamente, nos graus de compactação de 93% e 94%

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARVIDSSON, J. & HAKANSSON, I. A model for estimating crop yield losses caused by soil compaction. *Soil & Tillage Research*, 20:319-332, 1991.

BOONE, F.R. & VEEN, B.W. Mechanisms of crop responses to soil compaction. In: SOANE, B.D.; van OUWERKWRK, C. *Soil compaction in crop production*. Amsterdam: Elsevier, 1994. p.237-264.

CARTER, M.R. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. *Canadian Journal of Soil Science*, 70:425-433, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA - Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

HAKANSSON, I. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil & Tillage Research*, 16:105-120, 1990.

HORN, R.; WAY, T. & ROSTEK, J. Effect of repeated tractor wheeling on stress/strain properties and consequences on physical properties in structured arable soils. *Soil & Tillage Research*, 73:101-106, 2003.

LIPIEC, J. & HAKANSSON, I. Influences of degree of compactness and matric water tension on some important plant growth factors. *Soil & Tillage Research*, 53:87-94, 2000.

LIPIEC, J.; HAKANSSON, I.; TARKIEWICZ, S. & KOSSOWSKI, J. Soil physical properties and growth of spring barley related to the degree of compactness of two soils. *Soil & tillage Research*, 19:307-317, 1991.

SILVA, A.P.; KAY, B.D. & PERFECT, E. Management versus inherent soil properties effects on bulk density and relative compaction. *Soil & Tillage Research*, 44:81-93, 1997.

SUZUKI, L.E.A.S. Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas. 2005. 149p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M. & PARKER JUNIOR, J.J. Soil strength-root penetration relations for medium-to coarse-textured soil materials. *Soil Science*, 102:18-22, 1966.

VOMOCIL, J.A. & FLOCKER, W.J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil, air and water. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 4:242-246, 1966.