

Efeito de Sistemas de Manejo do Solo nos Atributos Físicos de Solo, após Vinte Anos

*Silvio Tulio Spera*¹

*Henrique Pereira dos Santos*²

*Renato Serena Fontaneli*²

*Gilberto Omar Tomm*²

*Ana Paula Paza*³

*Letícia Ré Signor*³

Introdução

O plantio direto vem contribuindo para a sustentabilidade de sistemas de produção agrícolas intensivos por manter o solo coberto com resíduos vegetais, minimizando os efeitos da erosão (Albuquerque et al., 1995). Contu-

¹ Eng. Agrôn., Pesquisador da Embrapa Trigo. E-mail: spera@cnpt.embrapa.br

² Eng. Agrôn., Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. Bolsista CNPq. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br; renatof@cnpt.embrapa.br; tomm@cnpt.embrapa.br.

³ Bolsista de Iniciação Científica-CNPq. Acadêmico de Agronomia da Universidade de Passo Fundo-UPF, Passo Fundo, RS.

do, após algum tempo de adoção, pode apresentar na camada superficial valores mais elevados de densidade do solo e microporosidade, e menores valores de macroporosidade e porosidade total (Beautler et al., 2001; Stone & Silveira, 2001). De acordo com alguns autores, isso pode estar ocorrendo devido ao trânsito de máquinas em solos argilosos em condição de elevada umidade (Stone & Silveira, 2001; Oliveira et al. 2004). O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de sistemas de manejo de solo sobre alguns atributos físicos de solo.

Método

O ensaio vem sendo conduzido na área experimental da Embrapa Trigo, município de Passo Fundo, RS, desde 1985, em Latossolo Vermelho Distrófico típico (Streck et al., 2002).

Foi usado delineamento experimental de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo de solo. A dimensão de cada parcela foi de 360 m² (4 m de largura por 90 m de comprimento), e as subparcelas (sistemas de rotação de culturas), constituídas 40 m² (4 m de largura por 10 m de comprimento). Os tratamentos foram constituídos por quatro sistemas de manejo de solo (SMSs) – 1) plantio direto (PD), 2) preparo de solo com implemento de hastes para cultivo mínimo -

escarificador (CM), 3) preparo convencional de solo com arado de discos mais grade de discos (PCD) e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas mais grade de discos (PCA) - e por três sistemas de rotação de culturas (SRCs): I (trigo/soja), II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo) e III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo). Como testemunha, um fragmento de floresta subtropical com araucárias, adjacente ao experimento, também foi amostrado, com o mesmo número de repetições, e admitido como referencial do estado estrutural do solo em relação ao submetido às alterações antrópicas. No presente trabalho serão abordados os dados sobre os SMSs.

Em novembro de 1985, antes da semeadura das culturas de inverno, para instalação do experimento, a camada de solo de 0-20 cm foi amostrada, e os resultados das análises foram: pH em água = 4,8; Al trocável = 12,0 mmol_c/dm³; Ca + Mg trocáveis = 49,0 mmol_c/dm³; matéria orgânica = 34,0 g/kg³; P extraível = 23,0 mg/kg³; e K disponível = 104 mg/kg³. Os resultados das análises indicaram níveis de matéria orgânica e de nutrientes considerados adequados, porém a acidez foi elevada. O solo foi escarificado por meio de equipamento de hastes rígidas (Jumbo) e posteriormente submetido à correção de acidez com 7,0 t/ha de calcário dolomítico (PRNT 90%), visando elevar o pH em água a 6,0. O calcário foi aplicado em duas vezes: metade antes da aração (arado de discos) e metade antecedendo a gradagem (grade niveladora de discos). A adubação de manutenção foi baseada na média dos valores observados nas análises químicas da área experimental.

Em abril de 2001 e 2003, e agosto de 2005, foram coletadas amostras indeformadas de solo nas profundidades 0-5 ou 0-2 e 10-15 cm. Para determinar a densidade de solo e a porosidade total foi usado o método do anel volumétrico. A microporosidade foi considerada como conteúdo volumétrico de água equilibrada na mesa de tensão a 60 cm de coluna de água, e a macroporosidade calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade. Esses métodos constam no Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1997).

Os sistemas de manejo do solo foram comparados, dentro de cada ano e análise conjunta dos anos, para cada atributo físico do solo, na mesma profundidade de amostragem. As profundidades de amostragem de solo foram comparadas em um mesmo sistema de manejo do solo. Todas as comparações foram realizadas por meio de contrastes com um grau de liberdade (SAS, 2003). A significância dos contrastes foi dada pelo teste F.

Resultados

Nas camadas estudadas, a densidade de solo (Tabela 1), em todos os sistemas de manejo de solo (SMS), em 2003 e 2005, apresentou valores menores, em comparação ao verificado em 2001, nas camadas 0-2 ou 0-5 e 10-15 cm, após quatro anos de cultivo (Tabela 1). Em 2001, o solo sob plantio direto (PD) mostrou maior den-

sidade do solo quando comparado com todos os sistemas de manejo, na camada 0-5 cm. O cultivo mínimo (CM), também apresentou maior densidade do solo, em relação aos preparo convencional de solo com arado de discos (PCD) e com arado de aivecas (PCA), na mesma camada. Por sua vez, PD e CM manifestaram valor de densidade de solo mais elevada do que o PCA, na camada de 10-15 cm. Em 2003, o PCD mostrou maior densidade do solo, em comparação ao PCA, somente na camada 0-5 cm. Nesse caso, com a maior mobilização de solo, no PCA, houve aumento do volume de poros, principalmente de macroporos, e conseqüente diminuição da densidade, ou seja, o PCA promoveu maior destruição de agregados. Em 2005, o PD mostrou maior densidade de solo entre os demais SMSs estudados, na camada 10-15 cm.

A floresta subtropical (FST), que ainda preserva a condição estrutural original do solo, em 2001, 2003 e 2005, apresentou menor densidade de solo, em relação a todos os SMSs estudados, nas duas camadas. Isso demonstra que o uso do solo para fins agrícolas, independentemente do SMS adotado, promove alterações, às vezes expressivas, nas propriedades físicas do solo.

Foi observado diferença, para valor de densidade de solo, entre as profundidades avaliadas de todos os SMSs (Tabela 1). A densidade de solo aumentou da camada 0-2 ou 0-5 cm para camada 10-15 cm, em todos os SMS estudados. Como a densidade de solo é uma característica considerada na avaliação do estado estrutural do solo e a compactação de solo nos sistemas de manejo

constatada foi importante, embora o valor, na camada 0-5 ou 0-2 cm, mantiveram-se abaixo do nível crítico para latossolos argilosos, que de acordo com Resende (1995), é $> 1,40 \text{ Mg/m}^3$. Neste estudo, os elevados valores de densidade de solo verificados na camada 10-15 cm, em relação a superficial podem ser atribuídos à presença de camada compactada residual resultante de operações de preparo de solo com aração e gradagem anteriores ao início do experimento, denominada "pé-de-grade".

Na camada superficial, o valor da porosidade total (Tabela 1), em todos os SMSs, em 2003 e 2005 foi mais elevado que o verificado, em 2001, após quatro anos de cultivo. Nessas avaliações a porosidade total variou inversamente com a densidade, em todos os SMSs. Em 2001, o PD apresentou menor porosidade total quando comparado com o PCD, na camada 0-5. Em 2003, o PD mostrou maior porosidade total, em comparação ao PCD e ao PCA, somente na camada 0-5 cm. A menor porosidade total do solo sob PCD e sob PCA, em relação ao PD nessa camada pode indicar presença de compactação subsuperficial nos preparos convencionais de solo. Em 2005, O PD apresentou menor porosidade total, em comparação aos demais SMSs, somente na camada 10-15 cm. A porosidade total foi influenciada pelo SMSs, em decorrência das alterações verificadas na densidade do solo. Na camada 10-15 cm, houve menor volume de macroporos, com conseqüente maior volume de microporos, sob PD, podendo ocorrer redução da taxa de infiltração de água neste sistema de manejo de solo, em relação aos demais SMSs. Em 2001, 2003 e

2005, a FST apresentou maior porosidade total, em relação a todos os SMSs, nas duas camadas estudadas, permitindo observar quanto o solo fora afetado pelo uso, em comparação à condição original de solo não perturbado.

Para porosidade total, houve diferença entre as duas profundidades de amostragem em todos os SMSs estudados e na FST (Tabela 1). A porosidade total foi maior na camada 0-2 ou 0-5 cm do que na camada 10-15 cm provavelmente em razão da deposição de resíduos culturais na superfície. Ademais, a diminuição da porosidade total, da camada superficial para a camada mais profunda, indica degradação da estrutura do solo, pela formação de "pé-de-arado" (ou "pé-de-grade").

O valor da microporosidade, em 2005 (Tabela 1), em todos os SMSs, nas duas camadas estudadas foi menor, em relação ao observado, em 2001. Em 2001, o PD apresentou maior valor de microporosidade do que PCD, PCA, CM e FST, na camada 0-5 cm. A microporosidade do CM foi maior que as de PCD, PCA e FST, na mesma camada. Por sua vez, a FST manifestou menor valor de microporosidade, em relação a PCD e PCA, na camada 0-5 cm. Em 2003, o PD mostrou valor de microporosidade maior do que o PCD e o PCA, na camada 0-5 cm. Nessa mesma camada, o CM foi superior ao PCD, para microporosidade. Porém, na camada 10-15 cm, verificou-se o inverso, ou seja, o PCD e o PCA mostraram maior valor para microporosidade, em relação ao PD. A FST manifestou maior valor de microporosidade, em comparação ao PCD e ao PCA, na camada 0-5 cm, porém,

na camada 10-15 cm, ocorreu o inverso. O CM apresentou valor de microporosidade maior do que o PCA, na camada 0-5 cm, todavia, na camada 10-15 cm, deu-se o inverso. Em 2005, o PD apresentou valor para microporosidade maior do que os demais SMSs, na camada 0-2 cm e o PD, em relação ao CM, na camada 10-15 cm. Nessa mesma camada, o PCA foi superior ao PCD e ao CM, para microporosidade. Além disso, a FST apresentou menor valor de microporosidade, em comparação ao do PD, na primeira camada e a todos SMSs, na segunda camada estudada.

Houve diferenças entre as profundidades de solo, para microporosidade, entre os SMSs estudados (Tabela 1). Em 2001, o PD apresentou redução do valor de microporosidade da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm, enquanto PCD e PCA mostraram incremento nesse valor. Em 2003, o PD e o CM mostraram diminuição do valor de microporosidade da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm, enquanto no PCA ocorreu o contrário. Em 2005, o PCD e o PCA apresentaram aumento do valor de microporosidade da camada 0-2 cm para camada 10-15 cm. Isso pode ser decorrente do efeito do revolvimento do solo com arado, que determina uma reorganização estrutural do solo diferente da situação em que não ocorre revolvimento.

O valor de macroporosidade (Tabela 1), em 2003 e 2005, em alguns SMSs e camada 0-2 ou 0-5 cm, aumentou após quatro anos de cultivo. Em 2001, o PD mostrou menor valor de macroporosidade que PCD, na camada 0-5 cm. Em 2003, o PD apresentou macroporosidade maior do que o PCD e PCA, na camada 10-15 cm. Em

2005, o valor de macroporosidade foi mais elevado no PCD, PCA e CM, em comparação ao PD, nas duas camadas estudadas. Os menores volumes de macroporos, com conseqüente maior volume de microporos na superfície do solo, no PD, pode reduzir a taxa de infiltração de água neste sistema de manejo, em relação aos preparo convencionais de solo. Em 2001, 2003 e 2005, a FST mostrou maior macroporosidade do que os SMSs, em ambas as camadas estudadas. Como era de se esperar, a floresta subtropical, em razão das condições naturais favoráveis à agregação de solo, possui volume de macroporos maior do que o dos SMSs estudados.

Houve diferenças entre as profundidades nos SMSs, para macroporosidade (Tabela 1). Em 2001, o valor da macroporosidade diminuiu da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm, na maioria dos solos sob cultivo. Em 2003 e 2005, a macroporosidade do solo na camada 0-2 ou 0-5 cm foi maior que na camada 10-15 cm. A redução da macroporosidade, na camada logo abaixo da superficial, pode ser conseqüência do maior acúmulo superficial de matéria orgânica. Nesse anos de estudo, a FST não apresentou diferença entre as profundidades estudadas para macroporosidade.

Conclusões

1. Os sistemas de manejo de solo afetam os atributos físicos de solo, em relação à condição original.

2. Os valores de porosidade total e a macroporosidade são maiores na camada superficial do que na camada subsuperficial, independentemente do sistema de manejo de solo empregado.

3. A densidade de solo apresenta maior valor no plantio direto, enquanto que para porosidade total e macroporosidade ocorreu o inverso.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDEL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 167-177, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURTI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo

do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 327-336, 2004.

RESENDE, P. C. S. **Resistência mecânica e sua variação com a umidade e com a densidade do solo em Latossolo Vermelho-escuro do Cerrado**. 1995. 64 f. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SAS INSTITUTE. **SAS system for Microsoft Windows version 8.2**. Cary, NC, 2003.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 395-401, 2001.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 126 p.

Tabela 1. Valores de densidade de solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade, nas camadas 0-5 ou 0-2 cm e 10-15 cm de profundidade, determinado após as culturas de inverno, em 2001 e 2002, e durante o manejo das culturas de inverno, em 2005, em quatro sistemas de manejos de solo.

Sistema de manejo do solo	Profundidade (cm)					
	0-5 ou 0-2 cm			10-15cm		
	2001	2003	2005	2001	2003	2005
	Densidade do solo (Mg/m ³)					
PD	1,30 A	1,20 B	1,05 C	1,41 A	1,38 AB	1,34 B
PCD	1,27 A	1,26 A	1,10 B	1,34 A	1,38 A	1,25 B
PCA	1,25 A	1,19 B	1,06 C	1,35 A	1,37 A	1,23 B
CM	1,26 A	1,25 A	1,03 B	1,35 A	1,38 A	1,19 B
Floresta subtropical	0,88 A	0,89 A	0,88 A	1,02 B	1,24 A	1,02 B
	Porosidade total (m ³ /m ³)					
PD	0,501 B	0,560 A	0,560 A	0,462 A	0,440 B	0,460 AB
PCD	0,514 B	0,520 B	0,550 A	0,489 A	0,450 B	0,490 A
PCA	0,521 B	0,530 B	0,560 A	0,485 A	0,460 B	0,490 A
CM	0,519 C	0,550 B	0,570 A	0,485 A	0,440 B	0,500 A
Floresta subtropical	0,670 A	0,670 A	0,670 A	0,621 A	0,520 A	0,620 A

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Sistema de manejo do solo	Profundidade (cm)					
	0-5 ou 0-2 cm			10-15cm		
	2001	2003	2005	2001	2003	2005
Microporosidade ($m^3 m^{-3}$)						
PD	0,411 A	0,430 A	0,370 B	0,400 A	0,370 B	0,370 B
PCD	0,374 A	0,380 A	0,330 B	0,400 A	0,400 A	0,360 B
PCA	0,375 A	0,370 A	0,330 B	0,406 A	0,410 A	0,370 B
CM	0,392 B	0,410 A	0,330 C	0,395 A	0,380 A	0,350 B
Floresta subtropical	0,337 B	0,440 A	0,340 B	0,332 A	0,340 A	0,330 A
Macroporosidade ($m^3 m^{-3}$)						
PD	0,090 C	0,130 B	0,190 A	0,071 B	0,070 B	0,090 A
PCD	0,144 B	0,140 B	0,220 A	0,088 B	0,050 C	0,130 A
PCA	0,145 B	0,160 B	0,230 A	0,079 B	0,050 C	0,130 A
CM	0,126 B	0,130 B	0,240 A	0,089 B	0,060 C	0,150 A
Floresta subtropical	0,334 A	0,230 A	0,330 B	0,288 A	0,180 B	0,290 A

PD: Plantio direto; PCD: Preparo convencional de solo com arado de discos; PCA: Preparo convencional de solo com arado de aivecas; e CM: Cultivo mínimo.

Médias seguida da mesma letra, na linha, por profundidade, nos sistemas de manejo do solo, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Duncan a 5%.