

# Efeito de Sistemas de Rotação de Culturas nos Atributos Físicos de Solo, após Cinco Anos

---

*Silvio Tulio Spera<sup>1</sup>*  
*Henrique Pereira dos Santos<sup>2</sup>*  
*Renato Serena Fontaneli<sup>2</sup>*  
*Gilberto Omar Tomm<sup>2</sup>*  
*Letícia Ré Signor<sup>3</sup>*  
*Ana Paula Paza<sup>3</sup>*

## Introdução

Nos trabalhos conduzidos por Costa et al. (2003) e Marcolan & Anghinoni (2006), maior densidade de solo, observada sob plantio direto, não tem afetado o rendimento de grãos das culturas, sendo compensada por outras melhorias da qualidade física do solo. Por outro

---

<sup>1</sup> Eng. Agrôn., Pesquisador da Embrapa Trigo. E-mail: [spera@cnpt.embrapa.br](mailto:spera@cnpt.embrapa.br)

<sup>2</sup> Eng. Agrôn., Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. Bolsista CNPq. E-mail: [hpsantos@cnpt.embrapa.br](mailto:hpsantos@cnpt.embrapa.br); [renatof@cnpt.embrapa.br](mailto:renatof@cnpt.embrapa.br); [tomm@cnpt.embrapa.br](mailto:tomm@cnpt.embrapa.br).

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

lado, o efeito do sistema de cultivo (rotação ou sucessão de culturas) tem sido mais lento do que o efeito do sistema de manejo do solo, em modificar os atributos físicos de solo (Bertol, et al., 2004). Porém, Tormena et al. (1998) observaram que, com o passar dos anos, a densidade de solo no sistema plantio direto tende a diminuir em virtude do aumento do nível de matéria orgânica na camada superficial. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de sistemas de rotação de culturas 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 m<sup>2</sup> (4 m de largura por 90 m de comprimento), e as subparcelas (sistemas de rotação de culturas), constituídas 40 m<sup>2</sup> (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 SRCs.

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. 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 a 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 rotação de culturas 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 rotação de culturas. 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

Os sistemas de rotação de culturas (SRCs) apresentaram densidade de solo distintas (Tabela 1). Nas camadas estudadas, a densidade de solo, em todos os SRCs e seqüência trigo/soja, em 2003 e 2005 apresentou menores valores, em comparação ao verificado, em 2001, nas camadas 0-2 ou 0-5 e 10-15 cm, após quatro anos de cultivo. Em 2001, no sistema I (trigo/soja), uma sucessão de culturas com caráter de monocultura, a densidade do solo foi maior que no sistema II (trigo/soja e

ervilhaca/milho), na camada 0-5 cm. Em 2003 e 2005, não houve diferença significativa entre SRCs e nem desses com a monocultura trigo/soja, para densidade de solo. Porém, nas duas camadas estudadas, o solo da FST, que preserva a condição estrutural original, apresentou menor densidade de solo, em comparação aos SRCs e a monocultura trigo/soja. Como a densidade de solo tem sido um dos parâmetros usados para avaliação do estado estrutural de solo e as condições verificadas nos SRCs e na seqüência de trigo/soja permitem afirmar que não houve indícios de severa compactação de solo, embora o valor observado na subsuperfície situa-se próximo do valor considerado, por Resende (1995), como crítico para latossolos argilosos, com grau de saturação hídrica abaixo de 50% ( $< 1,40 \text{ Mg/m}^3$ ). Nesses anos de estudos, a densidade de solo foi menor na camada superficial em relação à camada subsuperficial.

Na camada 0-2 ou 0-5 cm, o valor da porosidade total (Tabela 1), em todos os SRCs e na monocultura trigo/soja, verificado em 2003 e 2005 foi menor que a observada, em 2001. Nessa avaliação a porosidade total variou inversamente com a densidade, em todos os SRCs e na monocultura trigo/soja. Maior valor para porosidade total na camada superficial reflete menor densidade do solo e pode ser atribuída ao acúmulo de material orgânico nessa camada, principalmente, considerando o não revolvimento de solo. O material orgânico pode ter reestruturado agregados do solo. Em 2001, o sistema I mostrou menor porosidade total do que o sistema II, na camada 0-5 cm. Em 2003 e 2005, não houve diferença significativa entre os SRCs e nem desses com a

monocultura trigo/soja. Todavia, o solo da FST apresentou maior valor de porosidade total do que os dos SRCs e a da monocultura trigo/soja, refletindo as condições naturais de estruturação dos latossolos. Nos anos estudados, em relação à FST, constatou-se redução na macroporosidade de todos os SRCs e da monocultura trigo/soja estudados, com conseqüente redução na porosidade total. Foram constatadas diferenças significativas na porosidade total entre as profundidades de todos SRCs e da monocultura trigo/soja. Nos anos estudados, a porosidade total foi maior na camada superficial em comparação à camada subsuperficial, indicando degradação restrita a esta camada. Isso se evidenciou com a redução da macroporosidade.

Os valores de microporosidade, em 2003 e 2005 (Tabela 1), em todos os SRCs e na monocultura trigo/soja, nas duas camadas estudadas foi menor, em relação ao observado, em 2001 (Tabela 1). Os volumes de microporos, macroporos e total de poros foram influenciados pelos SRCs e pela monocultura trigo/soja. Em 2001 e 2003, não houve diferença significativa entre os valores de microporosidade. Por sua vez, em 2001, a FST apresentou valor de microporosidade menor do que os SRCs, nas camadas 0-5 e 10-15 cm. Em 2005, houve somente diferença significativa para microporosidade entre a seqüência trigo/soja e a rotação trigo/soja e ervilhaca/milho, no qual a primeira apresentou valores maiores que a segunda, na camada 10-15 cm. Nessa mesma camada, o solo da FST apresentou valores iguais ou menores de microporosidade, em relação aos SRCs e à monocultura de trigo/soja. Isso decorre da maior proporção de

macroporos sustentados pela maior agregação nos solos da FST. Isso, evidencia que os SRCs e a monocultura trigo/soja, não promoveram alterações adicionais neste atributo de solo. Em 2001, no sistema III (rotação trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja) a microporosidade aumentou da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm. Em 2005, na sucessão trigo/soja e no sistema III, houve diferenças para microporosidade entre as profundidades estudadas. Nesse caso, a microporosidade foi maior na camada 0-2 cm do que na camada 10-15 cm.

Os valores de macroporosidade (Tabela 1), em 2003 e 2005, em todos os SRCs e na monocultura trigo/soja, nas duas camadas estudadas, aumentaram após quatro anos de cultivo (2001). Os macroporos estão relacionados com processos vitais para as raízes das plantas, tais como respiração, devendo, portanto, serem preservados. A redução da macroporosidade tende a se refletir negativamente na porosidade total e na densidade de solo. Em 2001 e 2005, não houve diferença significativa entre os SRCs e a monocultura trigo/soja, nas duas camadas estudadas. Nos anos estudados, houve diferença para os valores de macroporosidade entre as profundidades nos SRCs e na monocultura trigo/soja. A macroporosidade foi menor na camada 10-15 cm, em relação à camada 0-5 ou 0-2 cm. Isso indica que a macroporosidade está mais sujeita a mudanças impostas pelo manejo de SRCs e de monocultura trigo/soja.

## Conclusões

1. Os sistemas de rotação de culturas afetam os atributos físicos de solo, em relação à condição original.
2. A densidade de solo é maior na camada 0-2 ou 0-5 cm do que na camada 10-15 cm, nos sistemas de rotação de culturas e na seqüência trigo/soja, enquanto que para porosidade total e macroporosidade ocorre o inverso.

## Referências Bibliográficas

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL A. J.; ZONDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 155-163, 2004.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

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).

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 163-170, 2006.

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.

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.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SA, J. C. M. Propriedades físicas de solos sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 301-309, 1998.

**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 três sistemas de rotação de culturas, em 2001, 2002 e 2005.

Sistemas de rotação de culturas	Profundidade (cm)					
	0-5 ou 0-2 cm			10-15cm		
	2001	2003	2005	2001	2003	2005
Densidade do solo (Mg/m <sup>3</sup> )						
Rotação de culturas I	1,30 A	1,22 B	1,06 C	1,38 AB	1,39 A	1,30 B
Rotação de culturas II	1,25 A	1,22 A	1,08 B	1,35 A	1,36 A	1,23 B
Rotação de culturas III	1,27 A	1,23 B	1,05 C	1,36 A	1,39 A	1,25 B
Floresta subtropical	0,88 A	0,89 A	0,88 A	1,02 B	1,24 A	1,02 B
Porosidade total (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )						
Rotação de culturas I	0,502 B	0,550 A	0,570 A	0,494 A	0,440 B	0,480 A
Rotação de culturas II	0,522 B	0,540 A	0,560 A	0,485 A	0,450 B	0,490 A
Rotação de culturas III	0,512 B	0,540 A	0,560 A	0,478 A	0,450 B	0,490 A
Floresta subtropical	0,670 A	0,670 A	0,670 A	0,621 A	0,520 B	0,620 A
Microporosidade (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )						
Rotação de culturas I	0,392 A	0,390 A	0,350 B	0,405 A	0,380 AB	0,370 B
Rotação de culturas II	0,386 A	0,390 A	0,350 B	0,401 A	0,390 A	0,350 B
Rotação de culturas III	0,388 A	0,400 A	0,340 B	0,398 A	0,400 A	0,360 A
Floresta subtropical	0,337 B	0,440 A	0,340 B	0,332 A	0,340 A	0,330 A

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Sistemas de rotação de culturas	Profundidade (cm)					
	0-5 ou 0-2 cm			10-15cm		
	2001	2003	2005	2001	2003	2005
	Macroporosidade (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )					
Rotação de culturas I	0,115 B	0,150 B	0,230 A	0,069 B	0,060 B	0,110 A
Rotação de culturas II	0,136 B	0,150 B	0,210 A	0,089 B	0,060 C	0,130 A
Rotação de culturas III	0,124 B	0,140 B	0,220 A	0,082 B	0,050 C	0,120 A
Floresta subtropical	0,334 A	0,230 A	0,330 A	0,288 A	0,180 B	0,290 A

Sistemas de rotação de culturas: I: trigo/soja; sucessão II: trigo/soja e ervilhaca/milho; e sucessão III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

Médias seguidas da mesma letra, na linha, por profundidade, nos sistemas de rotação de culturas, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Duncan a 5%.