



## HETEROGENEIDADE FÍSICA DE UM LATOSSOLO ARGILOSO MANEJADO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO

**José Eloir Denardin<sup>(1)</sup>; Ronaldo Schaeffer<sup>(2)</sup>; Antônio Faganello<sup>(1)</sup> & Rainoldo Alberto Kochhann<sup>(3)</sup>**

(1) Pesquisador, Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 294, 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: denardin@cnpt.embrapa.br (apresentador do trabalho); (2) Aluno do Curso de Engenharia Ambiental, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Rodovia BR 285, km 292, 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: ronaldoschaeffer@yahoo.com.br; (3) Pesquisador aposentado da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. E-mail: rainoldoak@gmail.com

**RESUMO:** Fertilidade do solo, com foco exclusivo em aspectos químicos, vem sendo substituída pela abordagem de fertilidade integral do solo, emergente da otimização de sistemas agrícolas produtivos. Nesse contexto, a estrutura do solo assume relevância como resultado da quantidade, qualidade e frequência de aporte de fitomassa ao solo. Sob sistema plantio direto (SPD), essa abordagem encontra desafios na heterogeneidade do solo decorrente da mobilização do solo exclusivamente na linha de semeadura, da deposição de fertilizantes nas linhas de semeadura e do posicionamento recorrente das linhas de semeadura no terreno, que influem na amostragem do solo e na interpretação dos resultados. Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes espécies cultivadas em linha na heterogeneidade física de um solo manejado sob SPD, mediante análise da densidade e porosidade do solo. Em macroparcelas, sob delineamento experimental de culturas em faixas, determinou-se atributos físicos do solo em amostras coletadas nas linhas de semeadura de braquiária, de milho e de soja, e nas entrelinhas de soja (0-5, 5-20 e 20-30 cm de profundidade). As espécies estudadas geraram heterogeneidade na estrutura do solo. Densidade, porosidade total e macroporosidade do solo mostraram-se indicadores sensíveis de heterogeneidade física do solo. Braquiária e milho induziram melhorias na fertilidade física do solo.

**Palavras-chave:** física do solo; estrutura do solo.

### INTRODUÇÃO

O aumento de produtividade agrícola, alicerçado no conceito de fertilidade do solo, com foco exclusivo em aspectos químicos e no uso intensivo de fertilizantes minerais, vem sendo substituído pelas diretrizes da agricultura conservacionista, cenário em que a ampliação do conceito de fertilidade do solo assume relevância (Denardin & Kochhann, 2006; D'Agostini, 2006; Nicolodi, 2006, 2007). Nesse contexto, a estrutura do solo torna-se essencial como resultado da quantidade e qualidade do material orgânico adicionado ao solo e da frequência com que esse material é aportado ao solo. (Denardin & Kochhann, 2006).

Sob a ótica da ampliação do conceito de fertilidade

do solo, o processo de avaliação da fertilidade de um solo encontra desafios, não apenas na seleção de indicadores, mas, na heterogeneidade do solo, decorrente de fatores naturais de formação e na heterogeneidade efêmera, resultante de interferências antrópicas, que influem na amostragem do solo e na interpretação dos resultados. No âmbito do sistema plantio direto (SPD), em que as interferências antrópicas, decorrentes da mobilização do solo limitada à linha de semeadura, da deposição de corretivos e fertilizantes na superfície do solo ou na camada superficial do solo e do posicionamento recorrente das linhas de semeadura no terreno, safra após safra, essa heterogeneidade é ainda maior, seja verticalmente no perfil do solo, seja horizontalmente na superfície do solo (Cavalcante et al., 2007; Sociedade..., 2004). Nesse sentido, é evidente que a aleatoriedade preconizada na amostragem de solos manejados sob preparo convencional tornou-se inadequada à aplicação em solos manejados sob SPD.

Em atenção a esse aspecto, a amostragem do solo, objetivando subsidiar a calagem e a adubação no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, abandonou a aleatoriedade, passando a ser orientada pelas linhas de semeadura da cultura anterior (Sociedade..., 2004). Em referência à amostragem do solo para avaliar atributos físicos do solo, não há, ainda, plena percepção do problema de heterogeneidade. É notório o expressivo número de trabalhos que mantêm amostragem do solo com aleatoriedade horizontal e definição de camadas amostradas independentemente da estratificação estrutural do perfil do solo. Resultados de análises físicas de solo, oriundos de amostragens sem esse discernimento, podem estar induzindo a interpretações imprecisas e comprometedoras a tomadas de decisão.

O objetivo desse estudo foi avaliar o quanto espécies vegetais cultivadas em linha imprimem heterogeneidade física a um solo manejado sob SPD.

### MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio, sob SPD, disposto em quatro macroparcelas para permitir rotação de culturas e de áreas e com delineamento experimental de culturas em faixas, foi conduzido em um Latossolo Vermelho Alumino-



## XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

férrico húmico, de textura argilosa, no município de Não-Me-Toque, RS, Brasil. As espécies integrantes do modelo de produção [milho (*Zea mays* (L.)), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.)), aveia branca (*Avena sativa* (L.)), soja (*Glycine max* (L.)), aveia preta (*Avena strigosa* (L.)), braquiária (*Brachiaria brizantha*), trigo (*Triticum aestivum* (L.)) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* (L.)) ], o respectivo sistema de rotação de áreas e de culturas e o ciclo de cada espécie cultivada, estão explícitos na Tabela 1. As macroparcelas mediam 12,5 m x 25 m. As espécies, cultivadas em linha, ao longo da condução do ensaio, de outubro/2005 a agosto/2009, foram estabelecidas com semeadora específica para plantio direto. Os espaçamentos, entre as linhas da cultura de milho, consorciado ou não com braquiária, era de 0,90 m; entre as linhas de soja e sorgo forrageiro era de 0,45 m; e entre as linhas dos cereais de inverno era de 0,17 m. Os tratos culturais adotados seguiram as indicações específicas para cada espécie.

A amostragem do solo, para a avaliação dos atributos físicos do solo (densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo), foi efetuada nas glebas 3 e 4 (Tabela 1), nas camadas 0-5 cm, 5-20 cm e 20-30 cm de profundidade e em seis repetições, exatamente ao longo das linhas de semeadura de braquiária, de milho e de soja, e ao longo das entrelinhas de soja, cultivada em sequência à cultura de aveia branca. As camadas amostradas foram definidas pela técnica do perfil cultural, preconizada por Blancaneaux et al. (1995). A amostragem foi realizada em agosto de 2009, três meses após a braquiária ter sido morta por geada e quatro e cinco meses após as colheitas de soja e milho, respectivamente, safra 2008/2009.

Os métodos analíticos seguiram as técnicas descritas em Oliveira (1979), e os resultados foram submetidos à análise de variância (parcelas subdivididas), tendo como tratamento a posição de amostragem em referência às linhas das culturas e como subtratamento a profundidade de amostragem, e comparação entre médias pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade de erro.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos físicos do solo, densidade, porosidade total, microporosidade e macroporosidade do solo, no âmbito dos quatro tratamentos e dos três subtratamentos estudados, estão expostos na Tabela 2.

Todos os atributos físicos do solo analisados mostraram-se eficazes em detectar heterogeneidade física do solo entre as camadas amostradas. Contudo,

no tratamento “entrelinha de soja”, possivelmente em decorrência da ausência de raízes, apenas a microporosidade do solo denotou diferenças entre as camadas amostradas (Tabela 2). A heterogeneidade determinada pelos tratamentos nas linhas das culturas e na entrelinha de soja foi evidenciada por todos os atributos físicos do solo analisados, exceto pela microporosidade do solo. De modo similar, Araújo et al. (2004), analisando solos de lavoura e mata natural, com diferenciado teor de carbono orgânico, observaram valores de porosidade total e de macroporosidade do solo, estatisticamente menores no solo cultivado, porém não detectaram diferença significativa para microporosidade do solo. Silva & Kay (1997) enfatizam que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela granulometria e pelo teor de carbono do solo e muito pouco afetada por outros fatores, como elevação da densidade do solo decorrente do tráfego de máquinas e implementos agrícolas. Essas afirmações ratificam os resultados obtidos para microporosidade do solo, em evidenciar apenas diferenças significativas entre as camadas de solo, que possivelmente possuem variações de textura e de teor de carbono orgânico. Contudo, é importante destacar que no tratamento “linha de semeadura de braquiária” esse atributo do solo se manteve sem variação entre as camadas amostradas, possivelmente em decorrência do maior teor de carbono proporcionado pela elevada densidade de raízes dessa cultura (Tabela 2).

Os dados da Tabela 2 demonstram que apenas a braquiária e o milho foram eficazes em imprimir melhoria à fertilidade física do solo, ao reduzir a densidade do solo e elevar a porosidade total e a macroporosidade do solo na camada de 0-5 cm de profundidade. A cultura de soja, embora tenha proporcionado redução da densidade do solo na camada de 0-5 cm de profundidade em relação a camada de 5-20 cm de profundidade, manteve valor similar ao da camada de 20-30 cm de profundidade, não evidenciando melhoria à fertilidade física do solo equivalente à imprimida pelas culturas de braquiária e de milho. Essa ausência de influência foi mais pronunciada pela porosidade total e macroporosidade do solo, sendo similar a do tratamento “entrelinha de soja”, que não detectou heterogeneidade entre as camadas amostradas. Portanto, infere-se que o sistema radicular das culturas de braquiária e de milho destacaram-se em relação ao sistema radicular de soja e à entrelinha de soja na melhoria das condições físicas do solo percebidas pela densidade, porosidade total e macroporosidade do solo. Esses dados são corroborados por Reinert (1993) ao



## XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil

concluir que diferentes espécies vegetais induzem variações às propriedades físicas do solo, podendo contribuir ou não para a conservação ou a restauração da estrutura do solo.

Nesse contexto, é possível inferir que modelos de produção que incluem a cultura de milho ou o consórcio milho-braquiária apresentam maior potencial para imprimir fertilidade física ao solo do que modelos de produção restritos ao cultivo da cultura de soja.

Do exposto, é possível afirmar que a heterogeneidade de solos manejados sob SPD, decorrente do tipo de cultura que compõe o modelo de produção e do posicionamento recorrente das linhas de semeadura no terreno, constitui fator decisivo no processo de avaliação da fertilidade de um solo, requerendo o abandono de estratégias de amostragem de solo sustentadas pela teoria da aleatoriedade. Nesse sentido, o emprego da técnica do perfil cultural, que avalia a heterogeneidade horizontal e vertical da estrutura do solo, torna-se evidente como estratégia, tanto para definir as camadas a serem amostradas, como para definir o posicionamento dos pontos de coleta de amostras de solo ao longo da superfície do solo de áreas manejadas sob SPD.

### CONCLUSÕES

As culturas componentes do modelo de produção estudado geraram heterogeneidade na estrutura do solo.

A densidade, a porosidade total e a macroporosidade do solo mostraram-se ser indicadores sensíveis de heterogeneidade física do solo.

As culturas, braquiária e milho, induziram melhorias à fertilidade física do solo.

### REFERÊNCIAS

ARAUJO, A. M.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 337-345, 2004.

BLANCANEUX, P.; FREITAS, P. L.; AMÁBILE, R. F. Sistematização e adaptação da metodologia para caracterização do perfil cultural. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE A METODOLOGIA DO PERFIL CULTURAL, 1991, Londrina. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1995. 28 p.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. de. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 394-400, 2007.

D'AGOSTINI, L. R. Fertilidade do solo: (re)emergindo sistêmica. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 2006, Passo Fundo. **Fertilidade em solo... (re)emergindo sistêmica**: resumos e palestras. Passo Fundo: Embrapa Trigo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2006. 6 p. CD ROM.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R.A. Desafios à caracterização de solo fértil em manejo e conservação do solo e da água. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 2006, Passo Fundo. **Fertilidade em solo... (re)emergindo sistêmica**: resumos e palestras. Passo Fundo: Embrapa Trigo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2006. 8 p. CD ROM.

NICOLODI, M. Desafios à caracterização da fertilidade do sistema solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Conquistas e desafios da Ciência do Solo brasileira**: resumos e palestras. Gramado: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1 p. CD ROM.

NICOLODI, M. Desafios à caracterização de solo fértil em química do solo. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 2006, Passo Fundo. **Fertilidade em solo... (re)emergindo sistêmica**: resumos e palestras. Passo Fundo: Embrapa Trigo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2006. 8 p. CD ROM.

OLIVEIRA, L. B. de (Coord.). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979. Paginação irregular.

PASQUALETTO, A.; COSTA, L. M.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, C. S. Influência de culturas de safrinhas em sucessão à cultura do milho (*Zea mays* L.) no sistema plantio direto sobre a resistência à penetração do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.29, n.2, p.27-31, 1999.

REINERT, D. J. **Recuperação da agregação pelo uso de leguminosas e gramínea em solo Podzólico vermelho-amarelo**. 1993. 62 p. Tese (Concurso professor titular) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, A. P.; KAY, B. D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, p.877-883, 1997.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, 2004. 400 p.



**XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**  
**Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil**

**Tabela 1.** Modelo de produção, explicitando o ciclo de cada espécie cultivada ao longo dos anos agrícolas, em uma unidade demonstrativa conduzida de 2005 a 2009 sob sistema plantio direto, em Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico, no município de Não-Me-Toque, RS.

Gleba	Ano agrícola/meses																																			
	2005				2006				2007				2008				2009																			
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A												
1	Milho				Sorgo forrageiro				Aveia branca				Soja				Aveia preta				Consórcio Milho + Braquiária				Trigo				Soja				Pousio			
2	Soja				Aveia preta				Consórcio Milho + Braquiária				Trigo				Soja				Nabo forrageiro				Milho				Sorgo forrageiro				Pousio			
3	Consórcio Milho + Braquiária				Trigo				Soja				Nabo forrageiro				Milho				Sorgo forrageiro				Aveia branca				Soja				Pousio			
4	Soja				Nabo forrageiro				Milho				Sorgo forrageiro				Aveia branca				Soja				Aveia preta				Consórcio Milho + Braquiária				Pousio			

Obs.: Milho (*Zea mays* (L.)); Sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.)); Aveia branca (*Avena sativa* (L.)); Soja (*Glycine max* (L.)); Aveia preta (*Avena strigosa* (L.)); Braquiária (*Brachiaria brizantha*); Trigo (*Triticum aestivum* (L.)); e Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* (L.))

**Tabela 2.** Atributos físicos de solo avaliados ao longo das linhas de semeadura das espécies cultivadas e da entrelinha de soja, em uma unidade demonstrativa conduzida de 2005 a 2009 sob sistema plantio direto, em Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico, no município de Não-Me-Toque, RS.

Local de amostragem do solo	Camada (cm)	Densidade do Solo (kg m <sup>-3</sup> )	Porosidade Total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Microporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Macroporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
Linha de semeadura de braquiária	0-5	1,03 b	0,52 a	0,32 a	0,20 a
	5-20	1,49 a	0,37 b	0,29 a	0,08 b
	20-30	1,54 a	0,37 b	0,32 a	0,05 b
Linha de semeadura de milho	0-5	1,14 b	0,46 a	0,26 c	0,20 a
	5-20	1,49 a	0,39 b	0,29 b	0,10 b
	20-30	1,48 a	0,39 b	0,32 a	0,07 b
Linha de semeadura de soja	0-5	1,44 b	0,39 ab	0,30 ab	0,09 a
	5-20	1,62 a	0,34 b	0,28 b	0,06 b
	20-30	1,47 b	0,41 a	0,33 a	0,08 a
Entrelinha de soja	0-5	1,31 a	0,40 a	0,29 ab	0,11 a
	5-20	1,52 a	0,37 a	0,27 b	0,10 a
	20-30	1,47 a	0,39 a	0,31 a	0,08 a

Obs.: Braquiária (*Brachiaria brizantha*); Milho (*Zea mays* (L.)); Soja (*Glycine max* (L.)).

Médias seguidas pela mesma letra no sentido vertical e no mesmo tratamento não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade de erro.