



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

HETEROGENEIDADE FÍSICA DE UM LATOSSOLO ARGILOSO MANEJADO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO

José Eloir Denardin¹, Ronaldo Schaeffer², Antônio Faganello¹, Rainoldo Alberto Kochhann³

⁽¹⁾ Pesquisador, Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 294, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: denardin@cnpt.embrapa.br; ⁽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; ⁽³⁾ Pesquisador Embrapa Trigo, aposentado, Passo Fundo, RS.

Resumo - O conceito de fertilidade do solo, centrado em aspectos de natureza química, vem sendo substituído pelo enfoque da agricultura conservacionista, em que a otimização de sistemas agrícolas produtivos promove emergência de fertilidade integral no solo. Sob esse foco, a estrutura do solo assume papel preponderante como resultante da quantidade e qualidade da fitomassa gerada pelas plantas e da frequência de aporte de fitomassa ao solo. No âmbito do sistema plantio direto (SPD), a avaliação da fertilidade do solo encontra desafios na heterogeneidade do solo resultante da mobilização de solo apenas na linha de semeadura, da deposição de corretivos e fertilizantes na camada superficial do solo e do posicionamento recorrente das linhas de semeadura no terreno, que influem na amostragem do solo e na interpretação dos resultados analíticos. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de espécies vegetais, cultivadas em linha, sobre a heterogeneidade física de um solo manejado sob SPD, mediante análise e interpretação de atributos físicos do solo. Em ensaio de rotação de culturas, com delineamento experimental de culturas em faixas, foram determinados atributos físicos do solo, em amostras coletadas nas linhas de semeadura das culturas de braquiária (*Brachiaria brizantha*), milho (*Zea mays* (L.)) e soja (*Glycine max* (L.)), e nas entrelinhas de soja, em três profundidades. Conclusões: densidade, porosidade total e macroporosidade do solo são propriedades sensíveis e indicadoras de heterogeneidade do solo; braquiária, milho e soja geram heterogeneidade de intensidade variada nas propriedades físicas do solo; e braquiária e milho induzem melhoria na fertilidade física do solo.

Palavras-Chave: sistema plantio direto; física do solo; amostragem de solo.

INTRODUÇÃO

A busca por aumento de produtividade, em sistemas agrícolas produtivos, alicerçada no conceito de fertilidade do solo, notabilizada por parâmetros de natureza química e pelo uso intensivo de fertilizantes minerais, vem sendo substituída pela implementação das diretrizes da agricultura conservacionista, cenário em que a ampliação do conceito de fertilidade do solo assume relevância (Denardin e Kochhann, 2006; D'Agostini, 2006; Nicolodi, 2006). Nesse contexto, a otimização de sistemas agrícolas produtivos, com base em gestões incompatíveis com a

promoção da fertilidade integral do solo, sem dúvida, mostra-se dessincronizada ante a expectativa de alcance de uma agricultura tendente à sustentabilidade (Denardin e Kochhann, 2006).

Na ampliação da base conceitual de fertilidade do solo, em que a estrutura do solo desempenha papel preponderante, a quantidade e a qualidade de material orgânico gerado e a frequência de aporte deste material ao solo constituem referencial para a gestão de sistemas agrícolas produtivos. Sob esse enfoque, a fertilidade integral do solo está diretamente associada à dinâmica dos fluxos de adição e de mineralização do material orgânico aportado ao solo pelos modelos de produção, em decorrência da gestão do sistema agrícola produtivo, com ênfase para: diversidade e arranjo espaço-temporal das espécies que compõem os modelos de produção; intensidade de mobilização do solo; quantidade, qualidade e posicionamento de corretivos e fertilizantes no solo; e prevenção de perdas por erosão, lixiviação, eluviação, volatilização etc. Assim, enquanto a intensidade de mobilização do solo e a quantidade, a qualidade e o posicionamento dos corretivos e fertilizantes no solo estão associados à aceleração da taxa de mineralização do material orgânico aportado ao solo, o arranjo espaço-temporal das espécies, determinado pelo modelo de produção, estão associados à quantidade e à qualidade da matéria orgânica resultante no solo (Denardin e Kochhann, 2006).

Desse modo, é possível inferir que o nível de fertilidade integral do solo, ao contemplar aspectos biológicos, físicos e químicos, é determinado, fundamentalmente, pela estrutura do solo, que rege os parâmetros determinantes da capacidade de armazenamento e de disponibilidade de água, da capacidade de armazenamento e de difusão de calor, da permeabilidade do solo ao ar e à água e do nível de acidez e da disponibilidade de nutrientes do solo (Denardin e Kochhann, 2006; Vezzani e Mielniczuk, 2009).

Sob a ótica da ampliação da base conceitual da fertilidade do solo e da agricultura conservacionista, o processo de avaliação da fertilidade integral em um solo encontra desafios, não apenas na seleção de indicadores, mas na heterogeneidade intrínseca do solo, decorrente de fatores naturais de formação do solo, e na heterogeneidade efêmera e transitória, resultante de interferências antrópicas, que influem na amostragem do solo e na interpretação dos resultados analíticos. No âmbito do sistema plantio direto (SPD), em que as interferências antrópicas, decorrentes da mobilização de 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 mais acentuada, 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 empregada no processo de amostragem de solos manejados sob preparo convencional tornou-se inadequada à aplicação em solos manejados sob SPD.

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

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

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em um ensaio de rotação de culturas, conduzido sob SPD, em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (Streck et al., 2008), de textura argilosa, localizado no município de Não-Me-Toque, RS. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é subtropical úmido, Cfa, com ocorrência de precipitação pluvial mínima de 60 mm mensais, distribuída ao longo de todos os meses do ano (Nimer, 1989).

O ensaio foi estruturado em quatro macroparcelas (12,5 x 25 m) para permitir rotação de áreas e de culturas, seguindo o delineamento experimental de culturas em faixas. 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.)) –, bem como a rotação de áreas e de culturas e o ciclo das espécies cultivadas, estão explícitos na Tabela 1.

As espécies cultivadas nos quatro anos de condução do ensaio (outubro/2005 a agosto/2009) foram semeadas com semeadora para plantio direto. Os espaçamentos entre as linhas da cultura de milho, consorciado ou não com braquiária, foi de 0,90 m, entre as linhas de soja e sorgo forrageiro foi de 0,45 m e entre as linhas dos cereais de inverno foi de 0,17 m. Os tratos culturais adotados seguiram as indicações específicas para cada cultura componente do modelo de produção.

A amostragem de solo para a determinação dos atributos físicos do solo (densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo), selecionados como indicadores de fertilidade física do solo, foi efetuada nas macroparcelas 3 e 4 (Tabela 1), em três camadas (0-5 cm, 5-20 cm e 20-30 cm de profundidade)

e em seis repetições, exatamente, ao longo das linhas de semeadura das culturas de braquiária, milho e soja, e ao longo das entrelinhas da cultura de soja. A definição das camadas amostradas seguiu a técnica do perfil cultural, preconizada por Blancaneaux et al. (1995). A coleta de amostras foi realizada em agosto de 2009, três meses após a braquiária ter sido morta por geada e quatro e cinco meses após a colheita de soja e milho, respectivamente.

Os métodos analíticos seguiram a técnica descrita em Oliveira (1979), com o emprego de anel volumétrico e mesa de tensão, com 60 cm de tensão de água, e os resultados gerados foram submetidos à análise de variância sob delineamento de culturas em faixas com parcelas subdivididas, tendo na parcela as posições de amostragem em referência às linhas das culturas e na subparcela as profundidades de amostragem, e comparação entre médias pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados dos atributos físicos do solo, selecionados como indicadores de fertilidade física do solo, no âmbito dos quatro tratamentos e dos três subtratamentos estudados, estão expostos na Tabela 2.

Os atributos físicos do solo analisados, independentemente dos tratamentos, mostraram-se eficazes em detectar heterogeneidade física do solo entre as camadas amostradas. Entretanto, na “entrelinha de plantas”, possivelmente em decorrência da ausência de raízes, apenas a microporosidade do solo evidenciou diferenças entre as camadas amostradas. A heterogeneidade determinada pelos tratamentos nas linhas das culturas e na entrelinha de semeadura da cultura de soja foi evidenciada por todos os atributos físicos de solo analisados, exceto pelos microporos. De modo similar, Araújo et al. (2004), trabalhando com solos de lavoura e de mata, que apresentavam diferenciado teor de carbono, encontraram valores de porosidade total e de macroporosidade do solo, significativamente maiores no solo de mata, porém não detectaram diferença para a microporosidade do solo. Silva e 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 agrícolas. Esses aspectos ratificam os resultados obtidos para microporosidade do solo em evidenciar apenas diferenças significativas entre as camadas de solo, que possivelmente apresentam variações de textura e de teor de carbono. Contudo, é importante destacar que na “linha de semeadura de braquiária” esse atributo de 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.

Os dados explícitos na Tabela 2 denotam que apenas a braquiária e o milho foram eficazes em imprimir melhoria à fertilidade física do solo, ao reduzir a densidade 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 ainda mais pronunciada pelos atributos porosidade total e macroporosidade do solo, sendo similar a do tratamento “entrelinha de plantas”, que não detectou heterogeneidade entre as camadas amostradas. Portanto, infere-se que as raízes das culturas de braquiária e milho destacaram-se em relação às raízes de soja e à entrelinha da cultura de soja na melhoria das condições físicas do solo evidenciadas pela densidade, porosidade total e macroporosidade do solo. Esses dados são corroborados por Reinert (1993) ao concluir que diferentes espécies vegetais inferem variações às propriedades físicas do solo, podendo contribuir ou não para conservar ou restaurar a estrutura do solo. Confirmando essa assertiva, Pasqualetto et al. (1999) constataram que as sucessões de culturas constituídas por sorgo e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.)) reduziram a resistência do solo à penetração quando comparadas a sucessão que contemplava girassol (*Helianthus annuus*). A esse efeito, possivelmente esteja associada a quantidade e a qualidade do material orgânico aportado ao solo, principalmente pelo sistema radicular dessas espécies.

Durante a análise do perfil cultural para a definição das camadas de solo a serem amostradas, era notória a diferença entre os tratamentos em referência ao estado de decomposição das raízes. Enquanto na “entrelinha de plantas” não havia raízes a ser decomposta, na “linha de semeadura de soja” as raízes já se encontravam em elevado estado de decomposição ou decompostas e na “linha de semeadura de braquiária” e na “linha de semeadura de milho” era evidente a presença de raízes em menor grau de decomposição em relação às raízes de soja. Essas percepções inferem que a melhoria da fertilidade física do solo imposta pelas culturas braquiária e milho deverá ser ainda maior do que a observada quando todo o material orgânico aportado ao solo por estas espécies estiver plenamente decomposto. Nesse contexto, é possível deduzir que modelos de produção que incluem a cultura de milho ou a consorciação das culturas milho-braquiária apresentam maior potencial para imprimir fertilidade integral ao solo do que modelos de produção restritos ao cultivo da cultura de soja.

Do exposto, conclui-se 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 integral 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 ser amostradas, como para definir o posicionamento dos pontos de coleta de amostras de solo ao longo da superfície de áreas manejadas sob SPD.

CONCLUSÕES

As culturas componentes do modelo de produção estudado geraram heterogeneidade nas propriedades físicas do solo, com ênfase na camada superficial.

A densidade, a macroporosidade e a porosidade total do solo mostraram-se sensíveis para indicar a

heterogeneidade do solo gerada pelas espécies estudadas.

As culturas braquiária e milho induziram melhorias na 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.
- BLANCANEAU, 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. 1 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. 1 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. 1 CD ROM.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 442 p.
- 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.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.
- VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 743-755, 2009.

Tabela 1. Modelo de produção, explicitando o ciclo das espécies componentes ao longo dos anos agrícolas de 2005 a 2009, em ensaio de rotação de culturas, em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico, manejado sob sistema plantio direto, 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	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 culturas de braquiária, milho e soja, e da entrelinha da cultura de soja, em ensaio de rotação de culturas, em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico, manejado sob sistema plantio direto, no município de Não-Me-Toque, RS.

Local de amostragem do solo	Camada (cm)	Densidade do Solo (kg m ⁻³)	Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	Microporosidade (m ³ m ⁻³)	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)
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 semeadura 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 ao nível de 5% de probabilidade de erro.