



## Variabilidade Espacial de Atributos Físicos do Solo em Diferentes Sistemas de Manejo

**Luciano da Silva Souza<sup>(1)</sup>, Neroli Pedro Cogo<sup>(2)</sup> e Sidney Rosa Vieira<sup>(3)</sup>**

(1) Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Caixa Postal 7, Cruz das Almas, BA, CEP 44380-000, lsouza@cpmf.embrapa.br (apresentador do trabalho); (2) Professor do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Bolsista do CNPq, Caixa Postal 776, Porto Alegre, RS, CEP 91540-000, neroli@ufrgs.br; (3) Pesquisador do Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agronômico de Campinas, Bolsista do CNPq, Caixa Postal 28, Campinas, SP, CEP 13001-970, sidney@iac.sp.gov.br.

**RESUMO:** A variabilidade espacial de atributos físicos do solo (areia total, silte, argila, densidades do solo e de partículas, porosidade total e umidade gravimétrica) foi avaliada em Passo Fundo (RS), em três sistemas de manejo: preparo convencional, semeadura direta (ambos em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico) e pastagem (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico), na malha de amostragem de 10 x 10 m e profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. Nos sistemas com cultivo foi também avaliada a variabilidade da produção de trigo, colhendo-se áreas de 1 m<sup>2</sup>, na mesma malha de amostragem. As propriedades do solo avaliadas seguiram a distribuição normal, na maioria dos sistemas de manejo e profundidades. As menores variabilidades foram observadas para argila e densidade de partículas ( $CV_s < 10\%$ ) e as maiores para areia total e silte ( $10\% < CV_s < 20\%$ ). A área sob pastagem foi a que apresentou a menor variabilidade, com os demais sistemas bem aproximados entre si. Dependência espacial com grau variando de forte a moderado foi observada para todos os atributos físicos e para a produção de trigo nos sistemas de manejo avaliados. Ocorreu correlação espacial cruzada da produção de trigo com granulometria, no sistema de semeadura direta, sendo positiva para areia total e silte e negativa para argila.

**Palavras-chave:** preparo convencional, semeadura direta, pastagem.

### INTRODUÇÃO

O estudo da variabilidade do solo é importante para o desenvolvimento de esquemas de amostragem mais sensíveis e eficientes e a ótima alocação de unidades de amostragem. O procedimento estatístico clássico foi estabelecido pressupondo-se variação aleatória para as propriedades do solo; no entanto, existe comprovação que a variabilidade do solo nem sempre é aleatória, apresentando correlação ou dependência espacial, o que pode levar a

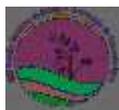
interpretações enganosas de resultados experimentais obtidos em campo.

Numa paisagem natural, os solos apresentam uma ampla variação de atributos, tanto lateral como verticalmente, resultante da superposição dos efeitos dos fatores de formação do solo. Em uma paisagem cultivada, existem fontes adicionais de variabilidade do solo devidas ao manejo exercido pelo homem. Os sistemas de manejo conservacionistas criam um ambiente no solo diferente daquele encontrado no sistema convencional, tanto com relação aos atributos químicos (acúmulo superficial de fertilizantes), como aos físicos (aumento de densidade do solo, alteração quantitativa e qualitativa da porosidade do solo etc.), representando desafios para a amostragem do solo. Preocupações nesse sentido têm sido demonstradas em vários trabalhos (Souza et al., 1998, 1999; Schlindwein & Anghinoni, 2000; Machado et al., 2007), em relação a atributos químicos do solo.

Neste trabalho objetivou-se avaliar as condições aleatória e espacialmente dependente da variabilidade de atributos físicos do solo em diferentes sistemas de manejo.

### MATERIAL E MÉTODOS

Em Passo Fundo (RS) foram amostrados três sistemas de manejo: preparo convencional, semeadura direta (ambos em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico) e pastagem (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico) – optou-se por amostrar uma área nessa condição de manejo localizada neste solo por não se encontrar uma área nas proximidades e no mesmo solo das outras duas áreas. Foram coletados 49 pontos em malha de amostragem de 10 x 10 m e profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, avaliando-se os seguintes atributos físicos do solo: areia total, silte, argila, densidades do solo e de partículas, porosidade total e umidade gravimétrica no momento da



amostragem. Nos sistemas cultivados foi avaliada também a variabilidade da produção de trigo, colhendo-se áreas de 1 m<sup>2</sup> exatamente no mesmo ponto amostral para solo.

A variabilidade do solo foi inicialmente avaliada pelo cálculo da média, coeficiente de variação, assimetria e curtose. O número mínimo de subamostras para compor uma amostra composta e estimar o valor da variável com a diferença de 10% da média foi estimado pela fórmula  $N = (t_{\alpha} \cdot CV/D)^2$ . Posteriormente, a análise da dependência espacial foi feita por meio do semivariograma, empregando-se também o semivariograma cruzado para avaliar a relação entre as variabilidades dos atributos físicos do solo e da produção de grãos de trigo (Journel & Huijbregts, 1991; Vieira et al., 2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, os valores médios dos atributos avaliados foram bem aproximados nas áreas sob preparo convencional e semeadura direta, localizadas no mesmo solo. Não foi confirmada a pressuposição de que a densidade do solo seria maior e a porosidade total menor na semeadura direta, em função do não revolvimento do solo e do trânsito cumulativo de máquinas. A área de pastagem apresentou valores de densidade do solo ligeiramente maiores e de porosidade total ligeiramente menores, em função de estar localizada em outro solo, com textura mais arenosa (Tab. 1).

A grande maioria dos dados de assimetria e curtose aproximaram-se de 0 e 3, respectivamente (dados não apresentados), mostrando que os atributos avaliados seguiram a distribuição normal, nos sistemas de manejo considerados. Esse conhecimento é importante, pois a análise de variância e os testes de significância normalmente utilizados em estatística pressupõem ou baseiam-se na distribuição normal.

De maneira geral, os coeficientes de variação atingiram valores menores que 10% (Fig. 1), portanto baixos, principalmente na área sob pastagem. Os maiores CVs ocorreram nas áreas sob preparo convencional e semeadura direta, para areia total e silte nas profundidades de 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, em alguns casos atingindo a faixa média (10%-20%). Considerando os atributos avaliados, os menores CVs foram observados para argila e densidade de partículas. A densidade do solo e a porosidade total

apresentaram-se mais variáveis no preparo convencional e apenas na camada de 0-0,10 m, admitindo-se que o preparo convencional, ao revolver o solo, além de introduzir heterogeneidade no mesmo, deixa-o mais sujeito a deformações quando do tráfego posterior de máquinas, refletindo-se em uma maior variabilidade para a densidade do solo, enquanto que a semeadura direta, pelo seu estado de consolidação, resistiria mais a tais deformações e seria menos variável para esses atributos do solo.

O número mínimo de subamostras para compor uma amostra composta visando estimar os atributos físicos avaliados variou de 1 a 7, sendo maior, evidentemente, para areia total e silte.

Quanto à análise da dependência espacial, observou-se correlação espacial para todos os atributos físicos e para a produção de trigo nos sistemas de manejo avaliados, com exceção da umidade gravimétrica na semeadura direta (Tab. 2). O grau de dependência espacial variou de forte (<25%) a moderado (25%-75%), com apenas um caso com grau fraco (>75%, areia total na semeadura direta).

O semivariograma cruzado mostrou correlação espacial da produção de trigo apenas com granulometria e no sistema de semeadura direta, sendo positivo para areia total e silte e negativo para argila, indicando que a produção de trigo diminuiu sempre que o teor de argila no solo aumentou e vice-versa, possivelmente pelo fato de ter sido também observada correlação espacial negativa entre os teores de argila e de fósforo no solo (Fig. 2).

## CONCLUSÕES

A variabilidade foi baixa para todos os atributos físicos avaliados, sendo menor para argila e densidade de partículas e maior para areia total e silte.

A área sob pastagem foi a que apresentou a menor variabilidade, com os demais sistemas bem aproximados entre si.

Dependência espacial com grau variando de forte a moderado foi observada para todos os atributos físicos e para a produção de trigo nos sistemas de manejo avaliados.

Ocorreu correlação espacial cruzada da produção de trigo com granulometria, no sistema de semeadura direta, sendo positiva para areia total e silte e negativa para argila.



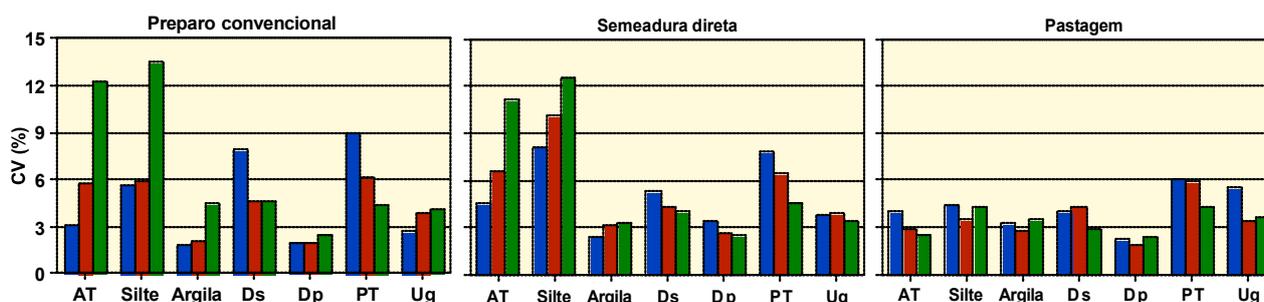
## REFERÊNCIAS

JOURNAL, A.G. & HUIJBREGTS, C.J. Mining geostatistics. 5.ed. London, Academic Press, 1991. 600p.  
MACHADO, L. de O.; LANA, A.M.Q.; LANA, R.M.Q.; GUIMARÃES, E.C. & FERREIRA, C.V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema de plantio convencional. R. Bras. Ci. Solo, 31:591-599, 2007.  
SCHLINDWEIN, J.A. & ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal de atributos de fertilidade e amostragem do solo no sistema de plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 24:85-91, 2000.

SOUZA, L. da S.; COGO, N.P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade de fatores de acidez no solo em diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, 5:83-98, 1999.  
SOUZA, L. da S.; COGO, N.P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo, em relação a sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 22:77-86, 1998.  
VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C. & REYNOLDS, W.D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. Tópicos Especiais em Ciência do Solo, 2:1-45, 2002.

**Tabela 1.** Valores médios para os atributos físicos avaliados em três sistemas de manejo, em Passo Fundo (RS).

Atributos	Unidades	Profundidade (m)		
		0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
<b>Preparo convencional</b>				
Areia total	g kg <sup>-1</sup>	83	81	71
Silte	g kg <sup>-1</sup>	233	224	190
Argila	g kg <sup>-1</sup>	684	695	739
Densidade do solo	kg dm <sup>-3</sup>	1,28	1,34	1,24
Densidade de partículas	kg dm <sup>-3</sup>	2,40	2,42	2,41
Porosidade total	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,4644	0,4471	0,4838
Umidade gravimétrica	kg kg <sup>-1</sup>	0,0304	0,0312	0,0336
<b>Semeadura direta</b>				
Areia total	g kg <sup>-1</sup>	66	63	54
Silte	g kg <sup>-1</sup>	224	211	180
Argila	g kg <sup>-1</sup>	710	726	766
Densidade do solo	kg dm <sup>-3</sup>	1,33	1,32	1,27
Densidade de partículas	kg dm <sup>-3</sup>	2,42	2,40	2,41
Porosidade total	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,4508	0,4469	0,4735
Umidade gravimétrica	kg kg <sup>-1</sup>	0,0319	0,0324	0,035
<b>Pastagem</b>				
Areia total	g kg <sup>-1</sup>	209	207	204
Silte	g kg <sup>-1</sup>	336	332	325
Argila	g kg <sup>-1</sup>	455	461	471
Densidade do solo	kg dm <sup>-3</sup>	1,35	1,36	1,36
Densidade de partículas	kg dm <sup>-3</sup>	2,37	2,40	2,40
Porosidade total	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,4311	0,4338	0,435
Umidade gravimétrica	kg kg <sup>-1</sup>	0,0262	0,0261	0,0267



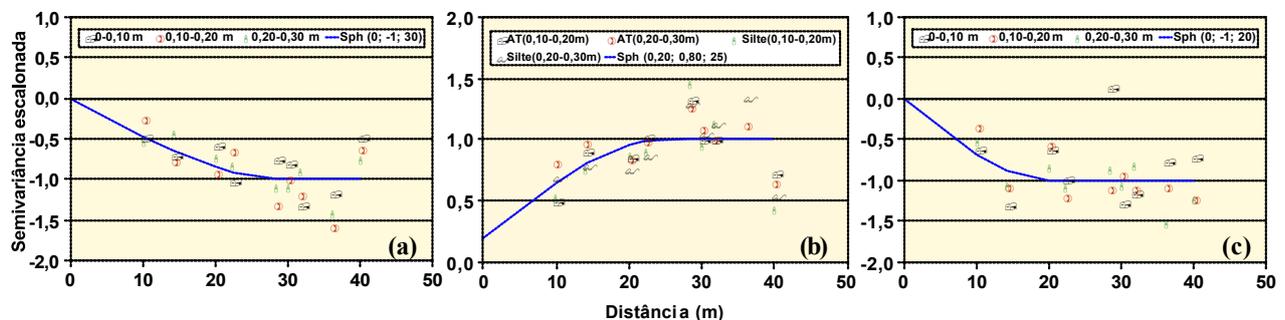
**Figura 1.** Coeficientes de variação para os atributos físicos avaliados em três sistemas de manejo, em Passo Fundo (RS).



**Tabela 2.** Parâmetros dos modelos dos semivariogramas ajustados aos dados dos atributos físicos avaliados em três sistemas de manejo, em Passo Fundo (RS).

Parâmetros dos modelos dos semivariogramas <sup>1</sup>					
	$C_0$	$C_1$	Alcance (m)	Modelo	$\{C_0/(C_0+C_1)\} \times 100$
<b>Preparo convencional</b>					
Grãos	1200	700	30	Esférico	63
Areia total <sup>2</sup>	0,2	0,8	24	Esférico, escalonado	20
Silte <sup>3</sup>	0,22	0,78	28	Esférico, escalonado	22
Argila <sup>2</sup>	0,33	0,67	26	Esférico, escalonado	33
Ds <sup>4</sup>	0,30	0,70	30	Esférico, escalonado	30
Dp <sup>4</sup>	0,70	0,30	22	Esférico, escalonado	70
PT <sup>4</sup>	0,30	0,70	28	Esférico, escalonado	30
Ug <sup>4</sup>	0,20	0,80	30	Esférico, escalonado	20
<b>Semeadura direta</b>					
Grãos	600	1000	30	Esférico	38
Areia total	0,80	0,20	30	Esférico, escalonado	80
Silte	0,65	0,35	30	Esférico, escalonado	65
Argila <sup>2</sup>	0,30	0,70	30	Esférico, escalonado	30
Ds <sup>5</sup>	0	0,003	25	Esférico	0
Dp <sup>2</sup>	0	1	27	Esférico, escalonado	0
PT <sup>5</sup>	3	2	22	Esférico	60
Ug	Efeito pepita puro <sup>6</sup>			-	-
<b>Pastagem</b>					
Areia total <sup>7</sup>	0,55	0,45	27	Esférico, escalonado	55
Silte <sup>7</sup>	0,55	0,45	28	Gaussiano, escalonado	55
Argila <sup>2</sup>	0,50	0,50	24	Esférico, escalonado	50
Ds <sup>7</sup>	0,10	0,90	30	Esférico, escalonado	10
Dp <sup>2</sup>	0	1	23	Esférico, escalonado	0
PT <sup>7</sup>	0	8,4	33	Esférico (10-20cm)	0
	2,2	1,8	24	Esférico (20-30 cm)	55
Ug <sup>8</sup>	0,9	1,4	30	Esférico	39

<sup>1</sup> $C_0 + C_1$  representam o patamar do semivariograma. <sup>2</sup>Para as três profundidades avaliadas. <sup>3</sup>Para as profundidades de 0-10cm e 20-30cm; a de 10-20cm apresentou distribuição aleatória. <sup>4</sup>Para as profundidades de 0-10cm e 10-20cm; a de 20-30cm apresentou distribuição aleatória. <sup>5</sup>Para a profundidade de 20-30cm; as de 0-10cm e 10-20cm apresentaram distribuição aleatória. <sup>6</sup>Trata-se de distribuição aleatória nas três profundidades avaliadas. <sup>7</sup>Para as profundidades de 10-20cm e 20-30cm; a de 0-10cm apresentou distribuição aleatória. <sup>8</sup>Para a profundidade de 0-10cm; as de 10-20cm e 20-30cm apresentaram distribuição aleatória.



**Figura 2.** Semivariogramas cruzados da produção de trigo com argila (a), areia total e silte (b) e fósforo (c) na área de semeadura direta, em Passo Fundo (RS). As legendas dos gráficos incluem o modelo ajustado aos dados (Sph = modelo esférico) e os parâmetros  $C_0$ ,  $C_1$  e alcance da dependência espacial;  $C_0 + C_1$  representam o patamar.