

## IMPACTO DA SISTEMATIZAÇÃO SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLOS DE VÁRZEA, CONSIDERANDO A VARIABILIDADE ESPACIAL

**OLDONI, Henrique<sup>1</sup>; PARFITT, José Maria Barbat<sup>2</sup>; MIRITZ, Guilherme Kunde<sup>3</sup>; TIMM, Luís Carlos<sup>4</sup>; PAULETTO, Eloy Antonio<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas. Campus Universitário – Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Capão do Leão-RS. Bolsista BIC-FAPERGS - [henriqueoldoni@gmail.com](mailto:henriqueoldoni@gmail.com)

<sup>2</sup>EMBRAPA Clima Temperado – Estação Terras Baixas

<sup>3</sup>Graduando em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Campus Capão do Leão-RS. Bolsista IC-CNPq

<sup>4</sup>Professor Adjunto – DER/FAEM/UFPel

<sup>5</sup>Professor Associado – DS/FAEM/UFPel

### 1 INTRODUÇÃO

A sistematização dos solos de várzea consiste no processo de adequação da superfície natural do terreno, de forma a transformá-lo num plano ou numa superfície curva organizada (Parfitt, 2009). A superfície natural desses solos apresenta-se, do ponto de vista de macro-relevo como um terreno plano, porém, seu micro-relevo geralmente é formado por pontos altos e por zonas com depressões. Durante o processo de sistematização, ocorrem significativos movimentos de solo com cortes nas partes relativamente altas e aterros nas partes relativamente baixas, acarretando alterações no ambiente, onde a planta se desenvolve. Nesse sentido, o estudo do efeito da sistematização sobre a magnitude dos atributos do solo e sobre a sua estrutura de variabilidade espacial poderá fornecer subsídios para um melhor entendimento do efeito dessa técnica e para uma aplicação mais racional e eficiente de água, fertilizantes e corretivos, buscando um aumento na produtividade da cultura, minimizando o efeito dos cortes no solo.

Baseado no acima exposto, o trabalho teve como objetivos: (i) estudar o efeito da sistematização sobre a magnitude de alguns atributos físicos em solos de várzea; e (ii) identificar os padrões de comportamento e distribuição espacial desses atributos antes e após a sistematização.

### 2 MATERIAL E MÉTODOS

Em uma área de 0,81 ha pertencente à Estação Experimental de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, situada no município do Capão do Leão-RS (31° 49' 13" S; 52° 27' 59" O), foi estabelecida uma malha de 100 pontos georeferenciados, distanciados entre si de 10 m, em ambas as direções.

O solo da área é classificado, segundo Embrapa (2006), em duas classes taxonômicas: nas partes relativamente altas como PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico gleissólico e nas partes baixas como GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico solódico. Foi realizado um levantamento topográfico planialtimétrico na área e, a partir desse, calculado o plano do projeto de sistematização, aplicando-se o método dos mínimos quadrados.

Em cada ponto experimental, antes e após a sistematização, amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas para a determinação dos seguintes atributos físicos: densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macro

(Macro) e microporosidade (Micro). Para tal, foram utilizados anéis cilíndricos (0,05 m de diâmetro e 0,03 m de altura), ao quais foram inseridos a 0,10 m de profundidade, no intuito de representar a camada de solo de 0,00-0,20 m, de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (1997).

Todos os conjuntos de dados, antes e após a sistematização, foram primeiramente analisados por meio da estatística descritiva, calculando-se a média, valor mínimo e máximo e a variância. Também foi aplicado o teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para a avaliação da normalidade da distribuição de cada conjunto de dados.

A estrutura de variabilidade espacial dos atributos estudados, antes e após a sistematização, foi avaliada por meio da análise geoestatística (Nielsen & Wendroth, 2003), utilizando-se o Software GS+, versão 9.0, o qual calcula o semivariograma experimental e o teórico (modelo matemático) e seus respectivos parâmetros de ajustes (Co: efeito pepita; Co + C: patamar; A: alcance da dependência espacial). Também foi calculado o grau de dependência espacial (GDE), seguindo metodologia descrita em Cambardella et al. (1994). Neste trabalho, a qualidade do modelo matemático ajustado ao semivariograma experimental, de cada um dos atributos estudados, foi avaliada pelo procedimento de validação cruzada (Vieira, 2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estatística descritiva e o teste de Kolmogorov-Smirnov aplicados a todos os atributos físicos estudados, antes e após a sistematização, são apresentados na Tabela 1. A sistematização afetou negativamente os atributos físicos do solo, devido a grande movimentação de solo e intenso tráfego de máquinas. Verificou-se um aumento nos valores médios de densidade do solo (4,38%) e uma diminuição dos valores médios da porosidade total (16,31%), da macroporosidade (38,17%) e microporosidade do solo (10,19%). A faixa de amplitude de variação dos valores (diferença entre o valor máximo e mínimo) de todos os atributos físicos do solo também foi alterada. Para todos os atributos, o módulo da variância aumentou após a sistematização, enquanto que a distribuição dos dados não foi alterada, permanecendo normal após a sistematização, considerando o teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância.

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise geoestatística, antes e após a sistematização, aplicada aos atributos físicos do solo estudados. Observa-se que a estrutura de variabilidade espacial da densidade do solo (Ds) alterou com a sistematização, passando de um modelo matemático exponencial ( $r^2 = 0,90$  e  $SQR = 1,62E-07$ ) para esférico ( $r^2 = 0,98$  e  $SQR = 2,78E-07$ ); Co aumentando sensivelmente, Co+C permanecendo igual e A aumentando de 31,5 m (antes) para 64,9 m (após). O GDE passou de forte (3,0%) para moderado (40,0%), de acordo com Cambardella et al. (1994). O coeficiente  $r^{2*}$  da validação cruzada aumentou de 0,20 para 0,41, considerado um valor relativamente baixo, refletindo um fraco desempenho dos ajustes dos modelos matemáticos ao semivariograma experimental deste atributo. Verifica-se ainda que a sistematização não alterou a seleção do modelo, que melhor ajustou os dados de porosidade total (Pt), ou seja, o modelo esférico permaneceu sendo o que propiciou o maior valor de  $r^2$  (neste caso, o coeficiente de 0,80 permaneceu o mesmo antes e após a sistematização)

e o menor valor do SQR. Cabe ressaltar que a faixa de dependência espacial diminuiu (passou de 192,8 m para 42,4 m) depois da sistematização, indicando que esta técnica provocou uma tendência de aumentar a descontinuidade espacial desta variável. Embora diminuindo o valor do GDE de 41,8% para 38,4%, o mesmo permaneceu sendo classificado como moderado. Para o atributo Macro antes da sistematização foi ajustado o modelo exponencial e após o modelo gaussiano (Tabela 2). O valor do alcance A depois da sistematização aumentou e os resultados da validação não podem ser considerados satisfatórios se o objetivo for a construção de mapas utilizando o interpolador geoestatístico de krigagem. A estrutura de dependência espacial do atributo Micro foi descrita pelo modelo esférico (antes da sistematização) e gaussiano (após a sistematização), sendo que o alcance variou de 43,7 m para 45,0 m. Quanto ao GDE, o grau de dependência desta variável passou de moderado para forte. Em termos de validação cruzada, a sistematização aumentou o valor de  $r^{2*} = 0,27$  (antes) para  $r^{2*} = 0,64$  (após), no caso da variável Micro, ou seja, propiciou uma melhoria considerável em termos de qualidade de ajuste.

#### 4 CONCLUSÕES

A estrutura de variabilidade espacial foi melhor definida na condição pós-sistematização do que na condição pré-sistematização, considerando os resultados da validação cruzada. Antes da sistematização, os atributos físicos densidade do solo e macroporosidade apresentaram comportamento mais aleatório, refletido pelos menores valores de alcance de dependência espacial.

#### 5 AGRADECIMENTOS

À Embrapa Clima Temperado pela concessão da área experimental. Ao CNPq pela concessão de recursos financeiros para o desenvolvimento do projeto e bolsa de iniciação científica e à FAPERGS pela concessão de bolsa de iniciação científica.

#### 6 REFERÊNCIAS

- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F. & KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, p.1501-1511, 1994.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.
- NIELSEN D. R. & WENDROTH O. **Spatial and temporal statistics: sampling field soils and their vegetation**. Reiskirchen: Catena Verlag GMBH, 2003.
- PARFITT, J.M.B. **Impacto da sistematização sobre atributos físicos, químicos e biológico em solos de várzea**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 25/06/2009.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H. & SCHAEFER, C.E.G.R. eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.1-54.

**Tabela 1** – Estatística descritiva e teste de normalidade de Kolmogorov-Sminov aplicados aos atributos físicos do solo, determinados na área experimental, antes e após a sistematização

Atributo	Média	Valor mínimo	Valor máximo	Variância	D
Ds <sup>1</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	1,60	1,36	1,75	0,005	0,08 <sup>N</sup>
Ds <sup>2</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	1,67	1,43	1,92	0,008	0,08 <sup>N</sup>
Pt <sup>1</sup> (%)	43,85	36,8	51,1	7,24	0,05 <sup>N</sup>
Pt <sup>2</sup> (%)	37,7	24,1	48,4	11,76	0,05 <sup>N</sup>
Macro <sup>1</sup> (%)	9,59	4,71	15,6	4,20	0,04 <sup>N</sup>
Macro <sup>2</sup> (%)	5,93	0,44	13,3	7,90	0,07 <sup>N</sup>
Micro <sup>1</sup> (%)	34,26	30,32	41,50	3,53	0,07 <sup>N</sup>
Micro <sup>2</sup> (%)	30,77	18,10	38,28	9,86	0,08 <sup>N</sup>

<sup>1</sup>: valor do atributo determinado antes da sistematização; <sup>2</sup>: valor do atributo determinado após a sistematização; D: valor da estatística do teste de Kolmogorov-Smirnov; N: normal ao nível de 5% de significância; NN não normal ao nível de 5% de significância.

Ds: densidade do solo; Pt: porosidade total; Macro: macroporosidade; Micro: microporosidade.

**Tabela 2** – Modelos de semivariogramas teóricos ajustados com os respectivos parâmetros de ajuste, coeficiente de determinação e soma dos quadrados dos resíduos do ajuste, grau de dependência espacial e a validação cruzada dos atributos físicos do solo

Atributo	Modelo	Co	Co + C	A (m)	r <sup>2</sup>	SQR	GDE (%)	Validação Cruzada	
								r <sup>2*</sup>	CR
Ds <sup>1</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	Exponencial	0,0003	0,01	31,5	0,90	1,62E-07	3,0	0,20	0,95
Ds <sup>2</sup> (g cm <sup>-3</sup> )	Esférico	0,004	0,01	64,9	0,98	2,78E-07	40,0	0,41	0,89
Pt <sup>1</sup> (%)	Esférico	46,600	11,16	192,8	0,80	3,25	41,8	0,25	0,97
Pt <sup>2</sup> (%)	Esférico	3,50	9,10	42,4	0,80	4,13	38,4	0,31	0,91
Macro <sup>1</sup> (%)	Exponencial	0,4100	4,30	24,9	0,35	1,24	9,5	0,15	0,78
Macro <sup>2</sup> (%)	Gaussiano	4,80	9,81	86,7	0,98	0,46	48,9	0,40	0,91
Micro <sup>1</sup> (%)	Esférico	15,300	3,84	43,7	1,00	4,11E-03	39,9	0,27	0,95
Micro <sup>2</sup> (%)	Gaussiano	1,75	7,80	45,0	1,00	0,04	22,4	0,64	1,06

<sup>1</sup>: antes da sistematização; <sup>2</sup>: após a sistematização; Co: Efeito Pepita; Co + C: Patamar; A: Alcance da dependência espacial; r<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação; SQR: Soma dos quadrados dos resíduos; GDE=Co/(Co+C) = grau de dependência espacial; r<sup>2\*</sup>: Coeficiente de determinação resultante da validação cruzada; e CR: Coeficiente de regressão do procedimento de validação cruzada.