

## VARIABILIDADE ESPACIAL DE PARÂMETROS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO EM ÁREA SISTEMATIZADA

Alexssandra Dayanne Soares de Campos<sup>1</sup>, Marcos Valle Bueno<sup>1</sup>; Pâmela  
Andrades Timm<sup>2</sup>, Dioni Gleí Bonini Bitencourt<sup>3</sup>, José Maria Barbat Parfitt<sup>4</sup>, Luís  
Carlos Timm<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mestranda (o) da UFPel/PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água/ Recursos Hídricos –  
alexssandra1\_sc@yahoo.com.br; marcosbueno85@hotmail.com

<sup>2</sup>Graduanda em Agronomia, FAEM/UFPel – pat2103@hotmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal do Pampa – dioniglei@gmail.com

<sup>4</sup>Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS- jose.parfitt@embrapa.br

<sup>5</sup>Docente da UFPel/Departamento de Engenharia Rural – lctimm@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

A sistematização do solo tem como objetivo facilitar a mecanização agrícola e aumentar a eficiência de distribuição da água na irrigação, com isso reduzindo o seu consumo na lavoura (PARFITT et al., 2014). No Sul do Brasil e em outros países, a cultura do arroz tem sido cultivada em área sistematizada e em condições de inundação do solo (BRYE et al., 2006; REICHERT et al., 2008).

Atualmente, o uso da irrigação por aspersão tem aumentado na produção de arroz em solos de terras baixas devido ao decréscimo da disponibilidade de água na região. Entretanto, poucos estudos têm sido desenvolvidos no manejo da água no solo para a produção de arroz, mais especificamente no impacto da sistematização no seu manejo para o crescimento do arroz. Desta, forma quantificar a alteração da estrutura de variabilidade espacial dos atributos do solo em função da sistematização (operações de corte, aterro, suavização da superfície do solo) é de suma importância para melhorar o manejo da água na lavoura orizícola (AQUINO et al., 2015). Dentre os atributos ligados ao manejo da água, a curva de retenção de água no solo tem sido utilizada como importante ferramenta de decisão do momento e da quantidade de água a ser aplicada no solo (FENNER et al., 2011).

A geoestatística tem sido usada como ferramenta para identificar e quantificar a estrutura de variabilidade espacial dos atributos do solo (MANZIONE; ZIMBACK, 2011). Ela se baseia na estrutura de correlação espacial e/ou temporal de uma variável baseando-se na teoria das variáveis regionalizadas.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da sistematização do solo sobre a estrutura de variabilidade espacial de alguns atributos físico-hídricos do solo por meio da geoestatística.

### 2. METODOLOGIA

O experimento foi realizado numa área experimental de um hectare, localizada na Embrapa Clima Temperado (Estação Experimental de Terras Baixas-ETB) no município de Capão do Leão/Rio Grande do Sul. As amostras de solo de estrutura preservada foram coletadas, antes e três meses após a sistematização, em uma malha constituída por 100 pontos equidistantes de 10 metros entre si em ambas as direções.

Em cada ponto amostral, foi determinado a macroporosidade, microporosidade e a curva de retenção de água no solo nas tensões de 1, 6, 10, 33, 100 e 1500 kPa. O ajuste das curvas experimentais ao modelo de VAN GENUCHTEN (1980) foi realizado por meio do software SWRC – 3.0 (DOURADO

NETO et al., 2001). A partir disto, foram obtidos os parâmetros  $\theta_s$ ,  $\theta_r$ ,  $\alpha$  e  $n$  do referido modelo, que se baseia na seguinte equação 1:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha \cdot \psi)^n]^m} \quad (1)$$

em que  $\theta$  é o conteúdo de água no solo ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ),  $\theta_s$  é o conteúdo de água na condição de solo saturado ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ),  $\theta_r$  é o conteúdo residual de água no solo ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ),  $\psi$  é a tensão de água no solo (kPa),  $\alpha$ ,  $m$  e  $n$  são os parâmetros de ajustes da equação, sendo  $\alpha$  expresso em  $\text{kPa}^{-1}$  e  $m$  e  $n$  adimensionais. Cabe ressaltar que o parâmetro  $m$  não foi ajustado, mas sim calculado com base na relação  $m=1-1/n$ .

Neste trabalho, foi avaliada a estrutura de variabilidade espacial do parâmetro  $\theta_s$  do modelo de van Genuchten (1980), da macroporosidade e da microporosidade na malha amostral, antes e três meses após a sistematização. Os conjuntos de dados foram submetidos a análise estatística exploratória e ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (K-S) a um nível de significância de 5%, sendo essas análises realizadas no software R (R CORE TEAM, 2016).

Para identificar e quantificar a estrutura de variabilidade espacial de cada variável, calculou-se o semivariograma experimental isotrópico o qual foi ajustado a um modelo teórico de semivariograma. O ajuste dos modelos teóricos foi avaliado por meio do coeficiente de determinação ajustado ( $R_a^2$ ) e do Grau de Dependência Espacial (GDE) (CAMBARDELLA et al., 1994). Também foi avaliada a estrutura de correlação espacial entre as variáveis calculando o semivariograma cruzado o qual também foi ajustado a um modelo teórico. Para tal, foram usados os softwares R e GS+ (Gamma Design Software, 2004), versão 7.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sistematização do solo provocou decréscimo dos valores médios e aumento da dispersão dos dados para todas as variáveis analisadas (Tabela 1). Não houve efeito da sistematização sobre a tendência de distribuição dos dados a partir do teste de K-S ao nível de 5% de significância.

Tabela 1. Resultados da estatística exploratória e teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov (K-S) aplicados aos parâmetros ajustados do  $\theta_s$  modelo de VAN GENUCHTEN (1980), macro e microporosidade, antes e três meses após a sistematização

Variáveis	Média	C.V. (%)	Assimetria	Curtose	K-S
$\theta_s^1$	0,40	7,8	-0,21	0,39	0,06 N
$\theta_s^2$	0,38	8,9	-0,03	2,27	0,07 N
Macro (%) <sup>1</sup>	9,6	21,4	0,12	0,02	0,05 N
Macro (%) <sup>2</sup>	5,9	47,4	-0,06	-0,39	0,07 N
Micro (%) <sup>1</sup>	34,3	5,5	0,61	1,00	0,07 N
Micro (%) <sup>2</sup>	30,8	10,2	-0,21	1,53	0,08 N

<sup>1</sup> - Antes da sistematização; <sup>2</sup> - Três meses após da sistematização;  $\theta_s$  = conteúdo de água no solo na condição de saturação ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ); Macro e Micro = Macroporosidade e microporosidade do solo, respectivamente; C.V.(%)= Coeficiente de Variação; N – normal ao nível de 5% de significância pelo teste K-S.

A sistematização não alterou o modelo de semivariograma teórico ajustado aos semivariogramas experimentais das variáveis (Tabela 2). Observa-se que houve um aumento dos valores do efeito pepita ( $C_0$ ) e do patamar ( $C_0+C$ ) das variáveis após as operações de sistematização. A faixa de dependência espacial (A) aumentou para as variáveis macroporosidade e microporosidade e diminuiu para  $\theta_s$ . Em relação ao GDE, verifica-se que a sistematização não alterou a sua classificação para todas as variáveis, permanecendo como moderada ( $25\% < GDE \leq 75\%$ ) três meses após a sistematização (Tabela 2).

Na construção do semivariograma cruzado experimental e teórico, as variáveis macro e microporosidade foram adotadas como auxiliares na estimativa de  $\theta_s$ . Houve alteração do modelo teórico do semivariograma cruzado entre as variáveis  $\theta_s$  x Macro após a sistematização (Tabela 2). Observa-se que houve um aumento dos valores do efeito pepita ( $C_0$ ) e do patamar ( $C_0+C$ ) dos semivariogramas cruzados após a sistematização.

Verificou-se que o grau de dependência espacial entre as variáveis  $\theta_s$  e macroporosidade não foi alterado pela sistematização. Entretanto, o GDE entre as variáveis  $\theta_s$  x microporosidade passou de forte ( $GDE \leq 25\%$ ) antes da sistematização para moderado ( $25\% < GDE \leq 75\%$ ) três meses após a sistematização (Tabela 2).

Tabela 2. Modelos teóricos de semivariogramas individuais e cruzados de  $\theta_s$ , macro e microporosidade e respectivos parâmetros de ajustes, coeficiente de determinação dos ajustes ( $R_a^2$ ) e grau de dependência espacial (GDE)

Variáveis	Modelo	$C_0$	$C_0+C$	A	$R_a^2$	GDE (%)
$\theta_s^1$	Exponencial	$5,29 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-3}$	24,0	0,18	50,0
$\theta_s^2$	Exponencial	$6,88 \times 10^{-4}$	$1,38 \times 10^{-3}$	20,6	0,10	50,0
Macro (%) <sup>1</sup>	Gaussiano	3,3	4,9	38,6	0,15	67,3
Macro (%) <sup>2</sup>	Gaussiano	4,9	12,2	70,6	0,37	40,2
Micro (%) <sup>1</sup>	Esférico	1,8	3,7	31,0	0,27	48,6
Micro (%) <sup>2</sup>	Esférico	4,7	12,8	41,3	0,40	36,7
$\theta_s$ x Macro (%) <sup>1</sup>	Exponencial	0,001	0,04	26,4	0,38	2,5
$\theta_s$ x Macro (%) <sup>2</sup>	Esférico	0,002	0,05	13,47	0,17	4,0
$\theta_s$ x Micro (%) <sup>1</sup>	Esférico	0,005	0,04	32,3	0,89	12,5
$\theta_s$ x Micro (%) <sup>2</sup>	Esférico	0,033	0,08	41,0	0,93	41,2

<sup>1</sup> - Antes da sistematização; <sup>2</sup> - três meses após a sistematização da sistematização;  $\theta_s$  = conteúdo de água no solo na condição de saturação ( $m^3.m^{-3}$ ); Macro e Micro = Macroporosidade e microporosidade do solo, respectivamente;  $C_0$  = Efeito Pepita;  $C_0+C$  = Patamar; A = Alcance (m).

#### 4. CONCLUSÕES

A sistematização não alterou a estrutura de variabilidade espacial dos atributos físico-hídricos avaliados no presente trabalho.

A estrutura de dependência espacial entre os atributos conteúdo de água do solo na saturação e macroporosidade foi alterada após a sistematização.

## 5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas e auxílio financeiro e a Embrapa Clima Temperado pelo auxílio financeiro e apoio de infraestrutura no desenvolvimento do estudo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, L. S.; TIMM, L. C.; REICHARDT, K.; BARBOSA, E. P.; PARFITT, J. M. B.; NEBEL, A. L. C.; PENNING, L. H. State-space approach to evaluate effects of land levelling on the spatial relationships of soil properties of a lowland area. **Soil and Tillage Research**, v. 145, p. 135-147, 2015.
- BRYE, K. R.; SLATON, N. A. M.; NORMAN, R. J. Soil Physical and Biological Properties as Affected by Land Leveling in a Clayey Aquert. **Soil Science Society of America Journal**. v. 70, p. 631–642, 2006.
- 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**, 58:1501-1511, 1994.
- CORE TEAM R: **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation, 2016.
- DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. **Soil water retention curve**, SWRC software (version 3.0 beta) Piracicaba, SP, Brasil, 2001. CD-ROM.
- Fenner Ruas Lucas, J., Ferreira Tavares, M. H., Lopes Cardoso, D., Meira Cássaro, F. A. Curva de retenção de água no solo pelo método do papel-filtro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, 2011.
- GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences**. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan USA 2004. 161p.
- MANZIONE, R. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial multivariada aplicada na avaliação da fertilidade do solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 227-235, 2011.
- PARFITT, J. M. B.; TIMM, L. C.; REICHARDT, K.; PAULETTO, E. A. Impacts of land leveling on lowland soil physical properties. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 38, p. 315-326, 2014.
- REICHERT, J.M.; DARIVA, T.A.; REINERT, D.J.; SILVA, V.R. Spatial variability of a Planosol and soybean yield on a land-leveled paddy soil: Geostatistical and regression analysis. **Ciência. Rural**, 38:981-988, 2008.
- VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.892-898, 1980.