

## VARIABILIDADE ESPACIAL DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA EM UM SOLO ARENOSO CULTIVADO COM VIDEIRAS IRRIGADAS<sup>1</sup>

LUIS CÉSAR DE A. LEMOS FILHO<sup>2</sup>, LUÍS HENRIQUE BASSOI<sup>3</sup>, MANOEL ALVES DE FARIA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Trabalho realizado com o apoio do CNPq

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Doutor, Professor efetivo do IFCE/Campus Limoeiro do Norte, Limoeiro do Norte-CE, lcalfilho@ifce.edu.br

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, lhbassoi@cpatia.embrapa.br

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agônomo, Doutor, Professor Titular, DEG / UFLA, Lavras-MG, mafaria@deg.ufla.br

Apresentado no  
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2010  
27 a 29 de setembro de 2010 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** O conhecimento do comportamento espacial da água no solo é fundamental para um manejo mais preciso da irrigação. O objetivo deste trabalho foi analisar, por meio de técnicas geoestatísticas, a variabilidade espacial da armazenagem de água no solo. O trabalho foi realizado em uma área, com solo de textura predominantemente arenosa (Neossolo Quartzarênico), cultivada com videira e irrigada por microaspersão, no município de Petrolina, Pernambuco. O monitoramento da água no solo foi realizado por meio de tensiometria. As análises de estatística descritiva e geoestatísticas, necessárias para a interpolação dos resultados pelo processo de krigagem, foram realizadas pelos programas STATISTICA Development Environment, GS+ e GeoR. Os resultados mostraram que a geoestatística foi adequada para descrever a estrutura de dependência espacial da armazenagem de água no solo. Assim, a decisão da aplicação de água de irrigação baseado em atributos do solo deve considerar a extensão de cada zona homogênea, e quais poderão contribuir para uma manejo diferenciado da irrigação durante o ciclo da videira.

**PALAVRAS-CHAVE:** semivariogramas, krigagem, zonas homogêneas.

### SPATIAL VARIABILITY OF WATER STORED IN A SANDY SOIL CULTIVATED WITH IRRIGATED VINES

**ABSTRACT:** The knowledge of spatial behavior of soil water is important to perform a more precise irrigation scheduling. The objective of this research work was to analyze through geostatistical techniques the spatial and temporal variability of the soil water storage. The research was carried out in a sandy soil classified as Neossolo Quartzarênico, cultivated with table grapes and irrigated by microsprinklers, in Petrolina, Pernambuco State, Brazil. Soil water content monitoring was performed by tensiometers. The descriptive statistical and geostatistical analysis to obtain data interpolation by kriging were performed using STATISTICA Development Environment, GS+ and GeoR softwares. The results presented that geostatistics was appropriate to describe the spatial structure dependency of soil water storage. Hence, the decision about irrigation water application based on soil attributes should take in account the extension of homogeneous zones, and which ones should contribute to a differentiated irrigation scheduling throughout grapevine growing season.

**KEYWORDS:** variogram, kriging, homogeneous zones.

**INTRODUÇÃO:** A fruticultura irrigada no Vale do São Francisco, e especificamente na região fisiográfica do Submédio, é um importante componente do agronegócio brasileiro. A videira uma das espécies frutícolas de maior destaque nesse contexto e o seu sistema de produção é caracterizado pelo uso da irrigação ao longo de todo o ciclo de produção. Porém, o manejo da água no solo tem sido feito basicamente em função de dados climáticos, não levando em consideração o solo e sua variabilidade espacial. Estudos como Lemos Filho et al. (2008) relatam que a variabilidade de atributos do solo apresenta correlação ou dependência espacial. Portanto, a análise da variabilidade do solo por meio de

técnicas da geoestatística é considerada um princípio básico para o manejo preciso das áreas agrícolas e pode indicar alternativas de manejo para uma manejo de irrigação mais criterioso. A água armazenada no solo é uma das propriedades de maior importância para fins de irrigação, por isso, a sua variabilidade espacial, associada a uma série de outras grandezas que variam no espaço, contribui para a variação na eficiência de aplicação de água na irrigação. A descrição do padrão espacial de armazenamento de água no solo possibilita a sua interação com o padrão espacial de aplicação de água e a caracterização de sub-áreas a serem tratadas de forma individualizada. As ferramentas da geoestatística são necessárias nesse processo. Fietz et al. (1999) verificou que a variabilidade do armazenamento de água no solo pode ser identificado e descrito por técnicas descritivas da estatística clássica e por métodos geoestatísticos. Em função disso, este trabalho, que foi realizado em uma área cultivada com videira, no município de Petrolina, Pernambuco, teve como objetivo estudar, por meio de técnicas geoestatísticas, a variabilidade espacial da armazenamento de água no solo, e assim, gerar mapas com zonas de maior e menor conteúdo de água no solo, que possam orientar a tomada de decisão quanto ao manejo em sistemas de irrigação localizada com base em atributos do solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido na fazenda Alpha Vale, em uma área sob as coordenadas geográficas 09°21'07" de latitude Sul e 40°27'05" de longitude Oeste e altitude média de 380 metros, cultivada com videira (*Vitis vinifera* L.) cv. Festival (apirêncica) sobre porta-enxerto SO4, plantada em 2002 no espaçamento 4 x 3.5 m e irrigada por microaspersão, em Petrolina-PE, região semiárida do Nordeste brasileiro. O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico. Em função dos mapas de krigagem da capacidade de água disponível no solo determinada para área experimental e mostrado em Bassoi et al. (2007), foram instaladas 39 baterias de tensiômetros, monitorando o potencial matricial do solo na camada de 0-40 cm de profundidade. As leituras dos potenciais matriciais nos tensiômetros foram realizadas semanalmente, dentro do ciclo de produção de uva (julho a novembro de 2007), com tensímetro digital de punção. Através dos potenciais matriciais, os valores de umidade do solo para cada ponto e profundidade foram determinados utilizando-se as curvas características de retenção de água do solo, para cada ponto. Para determinação do valor de armazenamento real de água (em lâmina) na área experimental, em um determinado instante, utilizaram-se dos valores de umidade do solo, para as diferentes camadas do solo, expressos com base de volume. Os conjuntos de dados foram analisados utilizando a estatística clássica, calculando medidas de posição (média, mediana e moda), de dispersão (desvio padrão, variância, coeficiente de variação e valores mínimo e máximo) e a forma da distribuição dos dados (coeficientes de assimetria e curtose). Foi realizada uma análise exploratória que consistiu na verificação de tendência dos dados e sua remoção, quando constatada. As análises geoestatísticas foram realizadas pelo programa GeoR (Ribeiro Júnior & Diggle, 2001). Uma vez detectado a estrutura de dependência espacial, os mapas de contorno foram construídos por meio do interpolador geoestatístico de krigagem, para a partir daí fazer a análise da correlação espacial existente entre elas visando fornecer subsídios para identificar as diferentes zonas homogêneas na área.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 encontra-se a estatística descritiva para os dados de armazenamento médio de água no solo. Nela, encontram-se os valores das medidas de tendência central: média ( $\mu$ ), mediana ( $\eta$ ), valor máximo ( $V_{\max}$ ) e valor mínimo ( $V_{\min}$ ); e medidas de dispersão: desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficientes de variação (CV), simetria (CS) e curtose (CK). Nota-se que o armazenamento médio (mm) na área, ao longo do período, foi de 52,8 mm (variando de 71,4 a 38,4 mm). Também se verifica que houve simetria nas distribuições dos dados, devido a semelhança entre as medidas de posição (média e mediana), constando que as distribuições se aproximam da distribuição normal, uma vez que na distribuição normal a média e a mediana são iguais. Outro fator aponta para uma distribuição normal dos dados são os coeficientes de simetria e curtose. Um fundamento comum da modelagem estocástica é que os dados tenham distribuição normal, a partir do qual toda inferência geoestatística pode ser realizada. A geoestatística não exige normalidade dos dados para ser aplicada, contudo, se existir, as inferências realizadas receberão propriedades estatísticas ótimas, tal como a máxima verossimilhança. O coeficiente de variação médio foi de 14,1%, sendo classificado como variáveis de média magnitude de variação. Os dados de desvio padrão e coeficiente de variação dão idéia da magnitude de variabilidade das propriedades analisadas, porém

nada informam quanto a estrutura de dependência espacial dessas propriedades, o que só é possível através de técnicas de geoestatística.

TABELA 1. Estatística descritiva para os dados de armazenamento médio (mm) no período monitorado.

Perfil (cm)	$\mu$ (mm)	$\eta$ (mm)	$V_{\max}$ (mm)	$V_{\min}$ (mm)	$\sigma$	CV (%)	CS	CK
0-40	52,8	52,7	71,4	38,4	7,4	14,1	0,1	-0,3

A hipótese de normalidade dos dados só pode ser confirmada de forma precisa com os resultados obtidos com os testes de aderência a normalidade de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk apresentados na Tabela 2, sendo o teste de Shapiro-Wilk o mais recomendado, pois a amostra possui menos de 50 observações. Através destes resultados, observa-se que, para o período analisado, o conjunto de dados de armazenamento de água no solo possui uma distribuição normal. Esses resultados contribuem de forma positiva para que as análises geoestatísticas sejam feitas de forma mais precisa e com possibilidade de expressão de melhores resultados.

TABELA 2. Testes de normalidade, Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, para o armazenamento médio no período estudado.

Perfil (cm)	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk	
	p-value	p-lilliefors	K-S	p-value	W
0-40	0,20	0,20	0,08**	0,90	0,98**

\*\* Significativo a 5% ( $\alpha=0,05$ ); \* Significativo a 1% ( $\alpha=0,01$ ); <sup>NS</sup> Não significativo.

Uma vez que a estatística descritiva mostrou normalidade dos dados e a estacionaridade não pode ser testada estatisticamente, admite-se que a estacionaridade descrita pela hipótese intrínseca seja aceitável. Após o cálculo do semivariograma teórico, foi feito um ajuste sobre a nuvem de pontos, obtendo-se um semivariograma modelado. Considerou-se um comportamento isotrópico dos semivariogramas (sendo avaliado para 0° na direção das abscissas) para a obtenção da modelagem do semivariograma teórico. Na Tabela 3, apresentam-se os valores do efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0 + C$ ), alcance (A) e grau de dependência espacial (GD) dos dados de armazenamento médio (mm) para os modelos testados (exponencial, esférico e gaussiano) pela máxima verossimilhança (MV) e pelos mínimos quadrados ponderados (MQP). Os valores do grau de dependência (GD) são apresentados como porcentagem do patamar para facilitar a comparação do grau de dependência espacial. Empregando-se a escala de dependência espacial determinada por Cambardella et al. (1994), verificou-se na Tabela 3 que, para os semivariogramas obtidos, somente o modelo exponencial apresentou forte dependência espacial para duas metodologias (MV e MQP), visto que, os valores do efeito pepita ( $C_0$ ), foram inferiores a 25% do valor do patamar ( $GD < 25\%$ ). O modelo esférico apresentou forte dependência espacial para o método da MV e moderada dependência espacial para o método dos MQP. Já o modelo gaussiano apresentou uma moderada dependência espacial para as duas metodologias (MV e MQP), pois seu valor de grau de dependência foi maior que 25% e menor que 75%. Observa-se, também, pelo valor do GD que, para a variável estudada, o método de ajuste que apresentou maior dependência espacial foi o método da máxima verossimilhança (MV).

TABELA 3. Efeito pepita ( $C_0$ ) patamar ( $C_0 + C$ ); alcance (A) e dependência espacial (GD) para os modelos de semivariogramas testados (exponencial, esférico e gaussiano) pelos métodos da MV e MQP.

Método	Modelo	$C_0$	$C_0+C$	A (m)	$GD=(C_0/C_0+C)$ (%)
MV	Exponencial	0	52,06	2,59	0,00
	Esférico	0	51,83	6,27	0,00
	Gaussiano	29,98	82,19	5,00	36,47
MQP	Exponencial	12,82	68,46	3,00	18,73
	Esférico	20,64	77,05	8,14	26,78
	Gaussiano	34,31	91,19	13,45	37,62

Para a krigagem considerou-se o modelo de melhor ajuste para a variável analisada (exponencial). No mapa de krigagem da Figura 1, tem-se a distribuição espacial da armazenagem média (mm) no perfil

de 0-40 cm de profundidade do solo. Pode-se observar que houve uma tendência dos valores de armazenamento médio apresentar-se maior na parte superior da área experimental e menor na parte inferior. Esse comportamento, também foi observado nos mapas de capacidade de água disponível no solo (CAD) para a mesma área no trabalho de Bassoi et al. (2007). Logo, pode-se afirmar que onde possui uma maior CAD, na prática, também apresentou um maior armazenamento médio (mm). No manejo prático de irrigação da região é comum levar em consideração um valor médio de água no solo como sendo representativo de toda uma área. No sistema de produção de uva no Vale do São Francisco, o manejo de irrigação caracteriza-se não somente pelo suprimento de água para atender a necessidade hídrica da cultura, mas pela redução da disponibilidade de água no solo para controle de vigor da planta, aumento de intensidade da cor vermelha da baga, e aumento de teor de sólidos solúveis na baga. O conhecimento da extensão das zonas homogêneas e quais zonas considerar no manejo de irrigação podem ser de grande auxílio para um manejo de irrigação diferenciado.

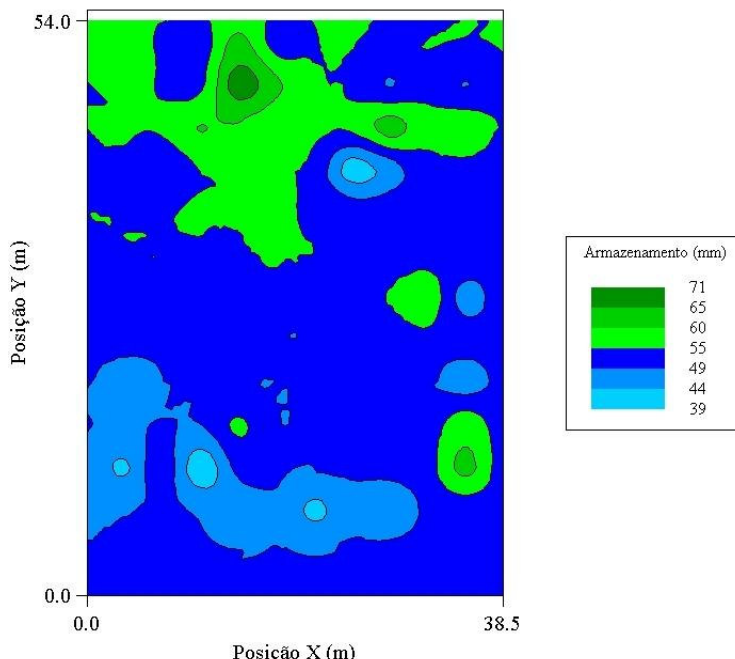


FIGURA 1. Krigagem para o armazenamento médio nas camadas de 0-40 cm de profundidade.

**CONCLUSÕES:** O armazenamento de água em um Neossolo Quartzarênico apresentou variabilidade espacial na área de videira analisada, mostrando que a aplicação de água pode levar em consideração a extensão das zonas homogêneas do solo, e assim manejar a irrigação de forma diferenciada.

#### REFERÊNCIAS

- BASSOI, L. H.; AQUINO, L. S.; RECKZIEGEL, L. N.; TIMM, L. C.; VAZ, C. M. P.; MANIERI, J.; TAVARES, V. E. Q. Mapas de contorno da capacidade de água disponível em solo cultivado com videiras irrigadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. *Anais...* Gramado: SBCS, 2007. p. 1-4.
- 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*, v.58, n.5, p. 1501-1511, 1994.
- FIETZ, C.R.; FOLEGATTI, M.V.; VIEIRA, S.R.; FRIZZONE, J.A. Efeito da variabilidade do armazenamento de água no solo na qualidade da irrigação por aspersão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.3, n.2, p.150-153, 1999.
- LEMONS FILHO, L.C.A.; OLIVEIRA, E.L.; FARIA, M.A.; ANDRADE, L.A.B. Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em uma área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, p. 193-202, 2008.
- RIBEIRO JR., P. J.; DIGGLE, P. J. geoR: A package for geostatistical analysis. *R-NEWS*, v.1, n.2, p.15-18, 2001.