

VARIABILIDADE ESPACIAL DA ÁGUA DISPONÍVEL, MICRO-BACIA DO RIO CABELO DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA (PB)

PAULO V. LIMA¹ ANTONIO R. S. DE ANDRADE²; HUGO O. C. GUERRA³; CARLOS A. V. DE AZEVEDO⁴; EUGENIO P. FERNANDO⁵, ARMINDO B. LEÃO⁵.

¹ Eng^o Civil, Gerência de Obras e Edificações/CEFET/PB, João Pessoa - PB

² Meteorologista, Prof. Doutor UAG/UFRPE, Garanhuns - PE

^{3,4} Eng^o Agrônomo, Prof. Doutor DEAg/CCT/UFCG, Campina Grande - PB

⁵ Doutorando, DEAg/CCT/UFCG, Campina Grande - PB

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade das propriedades físico-hídricas, umidade no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}), na capacidade de campo (θ_{cc}) e água disponível do solo (AD) usando a técnica da estatística clássica e da geoestatística na análise dos dados. Amostras do solo foram coletadas para três profundidades 0-30, 30-60 e 60-90 cm, numa área da micro-bacia do Rio Cabelo, Município de João Pessoa (PB), em pontos de amostragem definidos segundo uma malha irregular com 312 amostras. Verificou-se pequena magnitude de variabilidade espacial representado por baixos valores de desvio padrão ($DP < 2,5$) e coeficientes de variação ($CV < 82\%$) para os percentuais de areia, silte e argila, θ_{cc} , θ_{PMP} e AD, com valores de CV crescentes com aumento da profundidade. Modelos exponenciais esféricos foram ajustados ao semivariograma experimental das variáveis no qual apresentaram estrutura de dependência especial. Os mapas de isolinhas de AD permitiram visualizar o padrão de variabilidade do teor de umidade do solo, constituindo-se em uma ferramenta para a definição de estratégia de manejo de irrigação.

Palavra Chave: teor de umidade do solo, geoestatística, semivariogramas

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL PHYSICAL-HYDRIC CHARACTERISTICS OF THE CABELO RIVER MICROBASIN IN THE JOÃO PESSOA COUNTY - PB

ABSTRACT: The objective of the present work was to evaluate the spatial variability of the soil texture, field capacity (θ_{cc}), permanent wilting point (θ_{pwp}) and available water of the soil for plants (AW) using classical statistics and geostatistics. For this, soil samples were collected at three soil depth intervals (0-30, 30-60 and 60-90cm) from the Cabelo River Microbasin area, located in João Pessoa, State of Paraíba. It was observed a small spatial variability for the sand, silt and clay contents, θ_{cc} , θ_{pwp} and AW, confirmed by the low standard deviation (less than 2.5) and variation coefficient (less than 82%), values these increasing with soil depth. Spherical exponential models were adjusted to the experimental studied variables semivariogram, with a spatial dependence which allowed data interpolation obtaining "alcances" from 627 to 14133 m for the AD values. The isolines maps of the available water for plants allowed the identification of soil water content variability patterns, constituting this a very important tool for the definition of irrigation management strategies.

Keywords: soil united, geoestatistics, semivariograms

INTRODUÇÃO: De todas as propriedades hídricas, a água disponível (AD) às plantas, é de fundamental relevância para definir estratégia para o manejo da água no solo, sendo definida como sendo a água retida entre as tensões equivalentes à umidade na capacidade de campo (θ_{cc}) e a ponto de murcha permanente (θ_{PMP}), determinado em laboratório, conforme CARVALLO GUERRA, 2000. O conhecimento das propriedades hídricas, da θ_{PMP} , (θ_{cc}) e AD encerram uma complexidade de fatores inerente a cada local de amostragem o que leva as dificuldades da sua avaliação. Sendo um dos principais fatores que contribui para tal complexidade tem sido atribuída à variabilidade espacial. Portanto a determinação da variabilidade espacial da θ_{PMP} , θ_{cc} e AD para varias profundidades, pode ser determinante ao bom desenvolvimento da agricultura e auxiliar no manejo da irrigação. Neste contexto a geoestatística se apresenta como nova ferramenta adicional, que leva em consideração a distribuição espacial das amostras, permitindo definir a raio de correlação espacial entre elas. Essa dependência ou correlação espacial entre amostras pode ser verificada através das semivariâncias (CARVALHO et al., 2003; ZIMBACK, 2001). A pesquisa tem por objetivo caracterizar as propriedades físico-hídricas, ponto de murcha permanente, capacidade de campo e água disponível dos solos da micro-bacia do Rio Cabelo e analisar a variabilidade espacial dessas propriedades, utilizando procedimentos geoestatísticas para identificação da grandeza da variabilidade e dependência espacial das propriedades analisadas, com a finalidade de proceder ao mapeamento desses variáveis na área estudada e fornecer informações ao manejo adequada da irrigação, drenagem e conservação do solo.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido na área da micro-bacia do Rio Cabelo, município de João Pessoa (PB). Foi utilizado um sistema de amostragem na área não urbanizada de 5,49 km² em toda área 120 m² com 108 amostras para cada uma das profundidades 0-30, 30-60 e 60-90 cm, totalizando 312 amostras determinação da textura do solo, θ_{PMP} , θ_{cc} e da AD. Foi avaliada a umidade do solo nas tensões de 10 kPa (adotada como capacidade de campo – θ_{cc}) e 1500 kPa (tensão no ponto de murcha permanente - θ_{PMP}). A disponibilidade de água no solo (AD) foi calculada pela equação: $AD = (\theta_{cc} - \theta_{PMP}) \times 100$. Para a análises estatística clássica determinaram-se medidas de posição, dispersão e aderência à distribuição normal. Do total de 104 pontos de medição, procuro-se conhecer a estrutura espacial, pela análise geoestatística através dos semivariogramas experimentais (ANDRADE, 2002), onde a dependência espacial é definida pelo alcance (A_0) e o erro comedido devido à distância de amostragens, definida pelo efeito pepita (C_0). Finalmente através da técnica de interpolação Krigagem foi construído os mapas de isolinhas, representativo da distribuição espacial das propriedades, com o auxílio do SURFER 7.0 e dos parâmetros de cada modelo de semivariograma ajustados a dados, utilizando-se o software GS+.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 2 reúne os momentos estatísticas da θ_{cc} , θ_{PMP} e AD para 108 pontos amostrados, nas três profundidades. Observa-se que os valores médios de AD encontrados para as três profundidades são semelhantes e apresentam pequena magnitude da variação espacial com aumento da profundidade. A variância, o desvio-padrão e coeficiente de variação dos valores medidos do solo confirmam esta pequena variabilidade desta propriedade do solo. Os resultados apresentados mostram que no geral, os valores médios de θ_{cc} e θ_{PMP} , para as três profundidades são de moderados a ligeiramente baixos de acordo com SOUSA et al., 1999. Observa-se também, que os valores tanto da θ_{cc} como da θ_{PMP} variam de acordo os teores de argila mais silte, ou seja, a quantidade de água disponível pequeno decresce com a diminuição do teor de argila mais silte no solo, onde esta variação é

confirmada pelos valores dos parâmetros de dispersão; desvio-padrão e coeficiente de variação.

Tabela 2: Momentos estatísticos dos resultados de umidade no ponto de murcha permanente (θ_{PMP} –10 kPa), na capacidade de campo (θ_{cc} - 1500 kPa) e água disponível do solo (AD - %).

Momentos estatísticos	θ_{PMP} (10 kPa)			θ_{cc} (1500 kPa)			AD (%)		
	Profundidades – cm								
	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Média	8,31	9,21	10,05	3,13	3,76	4,32	5,08	5,66	5,90
Mediana	8,57	8,91	9,69	3,09	3,52	4,09	5,02	5,27	5,91
Variância	5,16	9,76	12,40	1,73	3,92	5,75	3,13	4,08	4,04
DP	2,27	3,13	3,52	1,31	1,98	2,40	1,77	2,02	2,01
At	10,17	12,66	14,21	5,71	8,22	10,47	9,10	9,15	9,15
Cr	-0,31	-0,34	-0,08	-0,21	-0,12	0,12	0,10	-0,24	-0,30
Cs	0,40	0,67	0,68	0,48	0,73	0,69	0,27	0,61	0,42

DP – desvio padrão; CV(%) – coeficiente de variação; At – amplitude total; Cr – Coeficiente de curtose; Cs – Coeficiente de assimetria.

A aproximação de valores entre média e mediana e os valores dos coeficientes de Cs e Cr próximo de 0 e 1, respectivamente indicam um comportamento aproximadamente normal dos dados. O teste de aderência de Kolmogorov – Smirnov (KS) confirmou hipótese de normalidade de normalidade oa nível de significância de 5%. Todos os atributos hídricos estudados apresentaram estrutura de dependência espacial, conforme observado por meio dos semivariogramas e seus respectivos modelos teóricos ajustados juntamente com parâmetros efeito pepita (C_0), patamar ($C+C_0$), variância estrutural (CI) e o alcance da dependência espacial (A_0). (Figura 1).

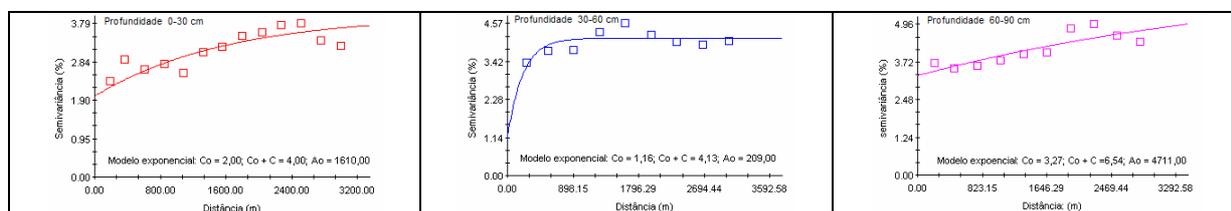


Figura 1: Semivariogramas experimentais e teóricos da AD para as três profundidades estudadas.

O modelo de semivariograma teórico isotrópico exponencial “EXP” foi o que permitiu o melhor ajuste para os dados da AD em todas as profundidades estudadas, apresentando índices de dependência espacial de 50,00; 71,90 e 52,40 %, em relação ou patamar ou da variabilidade total ($CI + C_0$) e alcance (A_0) de 1.610, 209 e 4.711 m, nas profundidades de 0-30, 30-60 e 60-90 cm respectivamente (Tabela 3). Estes resultados podem ser considerados de moderada dependência espacial para as três profundidades, segundo escala proposta por CAMBARDELLA et al. (1994). Após o ajuste dos melhores modelos aos semivariogramas experimentais, utilizando-se dos parâmetros dos modelos teóricos da AD nas três profundidades (Tabela 3), no sentido de estima valores para locais não amostrados, através da técnica de “krigagem”, e confeccionados os mapas de isolinhas (Figura 2).

Tabela 3: Parâmetros do modelo teórico ajustado aos semivariogramas experimentais da AD.

Profundidade	C_0	C	CI	(CI/C)100	A_0	Modelo
00-30	2,00	4,00	2,00	50,00	1.610	Exponencial
30-60	1,16	4,13	2,97	71,90	627	Exponencial
60-90	3,27	6,54	3,27	52,40	4.711	Exponencial

Observa-se pela Figura 2, que em geral a maior AD encontram-se na parte superior em direção à distância de Y e, para região inferior e central da área, observam-se baixos valores de água armazenada. Para as três profundidades estudadas, as concentrações das isolinhas dos valores de AD são muito semelhantes, o que está relacionado com valores de moderada dependências espacial praticamente iguais.

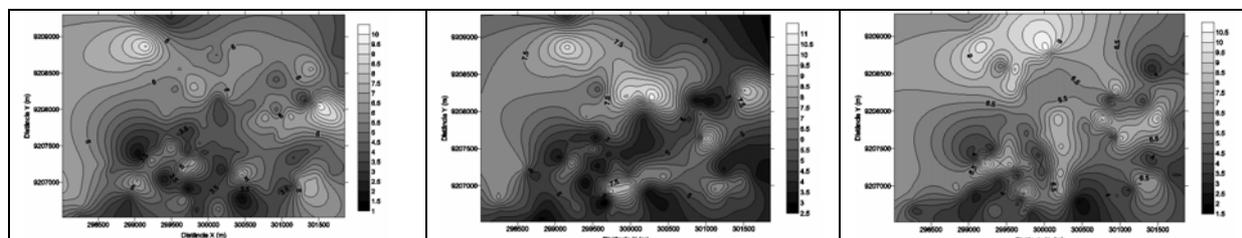


Figura 3: Mapas de isolinhas da água disponível (AD) para as três profundidades.

CONCLUSÕES: (a) Os baixos valores dos parâmetros tais como; variância (Var), desvio – padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%) indicam pequena magnitude da variação espacial com aumento da profundidade para todos os atributos do solo estudados; (b) Analisando os semivariogramas observa-se estrutura de dependência espacial para a AD para as três profundidades, o que permitiu o seu mapeamento, utilizando-se técnica krigagem (c) A grande importância dos mapas construída nos permite localizar as principais áreas as quais precisam de tratamentos especiais para que ocorram melhor planejamento e a definição de estratégia de manejo de irrigação

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. R. S de. Aplicação da teoria fractal e da geoestatística na estimativa da condutividade hidráulica saturada e do espaçamento entre drenos. 2002. p.198 (Tese Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu-SP.
- ANDRADE, A. R. S de. Características físico-hídricas dos solos da estação experimental da Embrapa-algodão, variabilidade espacial. 1997. p.13 (Dissertação de Mestrado) – Centro de Ciência e Tecnologia, Campus II, Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, PB.
- 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 Sci. Soc. Am. J.*, v.58, p.1501-1511, 1994.
- CARVALHO, M.P.; TAKEDA, E.Y.; FREDDI, O.S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.4, p.695-703, 2003.
- CARVALLO GUERRA, H. O. Física do solo. Campina Grande, Pb, 2000. p.81-82. Departamento de Engenharia Agrícola – Centro de Ciências e Tecnologia CCT-UFPB.
- SOUSA, J.R., QUEIROZ, J.L., GHEY, H.R. Variabilidade espacial de características físico-hídricas e de água disponível em um solo aluvial no semi-árido Paraibano. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, v.4, n.2, p.140-144, 1999.
- ZIMBACK, C.R.L. Análise espacial de atributos químicos de solo para fins de mapeamento da fertilidade do solo. Botucatu, 2001. 114p. Tese (Livre Docência) - UNESP, Universidade Estadual Paulista, 2001.