

# VARIABILIDADE ESPACIAL DA ARMAZENAGEM DA ÁGUA NO SOLO EM UM LATOSSOLO AMARELO CULTIVADO COM CAFÉ

José Fernandes de MELO FILHO<sup>1</sup> E-mail: jfmelo@ufba.br; Rejane Magalhães Borges MAIA<sup>2</sup>; Gilberto Santana CARVALHO<sup>3</sup>; Carlos Alberto Costa de OLIVEIRA<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas – BA; <sup>2</sup>Pós-Graduando do Mestrado em Ciências Agrárias da Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas – BA; <sup>3</sup>Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola – EBDA, Vitória da Conquista – BA.

## Resumo:

As condições hídricas nas quais uma cultura se desenvolve estão sujeitas à influência da variabilidade espacial da armazenagem da água no solo. Assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar a variabilidade espacial da armazenagem da água no solo em uma cultura de café nas condições do Planalto de Conquista – Bahia. O estudo foi realizado, entre maio de 2003 a abril de 2004, em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, no município de Barra do Choça - Bahia. Observou-se que a armazenagem da água no solo apresentou distribuição normal e baixa variabilidade espacial. Verificou-se também que seria necessária apenas uma amostra para representar a média da armazenagem da água na área estudada.

Palavras chaves: Variabilidade espacial, armazenagem, água no solo

## SPATIAL VARIABILITY OF THE SOIL WATER STORAGE IN A YELLOW LATOSOL CULTIVATED WITH COFFEE IN THE PLANALTO DA CONQUISTA – BA.

## Abstract:

The hidric conditions in which develop a culture is influenced by the spatial variability of the soil water storage. Thus, the objective of this work was to quantify the spatial variability of the soil water storage in the culture of coffee in the conditions of the Planalto da Conquista – Bahia. The study was carried out from May of 2003 to April of 2004 in a Yellow Latosol, in Barra do Choça – BA. It was verified that the soil water storage presented normal distribution and low spatial variability. It was also verified that would be necessary just one sample to represent the average of the storage water in the studied area.

Key Words: spatial variability, water storage, water of soil.

## Introdução

A quantificação das condições hídricas nas quais uma cultura se desenvolve tem grande importância para o entendimento da eficiência dos sistemas de manejo, na otimização do uso da água na agricultura e nos estudos de regionalização agrícola, sendo, pois, uma informação fundamental para a maximização da produtividade das culturas. Para esta contabilização existem diversas metodologias registradas na literatura, as quais foram em sua maioria propostas por agrometeorologistas. Por isto, consideram apenas variáveis meteorológicas para estimar o balanço hídrico (Camargo & Camargo, 2000; Reichardt & Timm, 2004). Propostas mais modernas consideram o solo como elemento fundamental na quantificação das entradas e saídas de água em um sistema agrícola (Libardi, 2000). No entanto, as análises com este enfoque normalmente têm apresentado dificuldades para sua realização, não só devido a problemas metodológicos, mas principalmente porque o solo é um sistema naturalmente heterogêneo quanto as suas propriedades e características (Babalola, 1978; Cadima et al., 1980; Lascano & Hatfield, 1992). Por isto, na quantificação dos diferentes componentes do balanço hídrico, dentre os quais inclui-se a armazenagem da água no solo, sempre haverá a influência da variabilidade espacial (Reichardt & Timm, 2004). Por este e outros aspectos torna-se importante conhecer as características da heterogeneidade das medidas da mesma em condições de campo. O objetivo deste trabalho foi quantificar a variabilidade espacial da armazenagem da água no solo em uma área de café nas condições do Planalto da Conquista – Bahia.

## Material e Métodos

O estudo foi realizado, entre maio de 2003 a abril de 2004, em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, cultivado com café na Estação Experimental da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - EBDA, município de Barra do Choça – BA.

A armazenagem da água no solo durante o experimento foi quantificada em uma área de 0,63 hectares na qual foram instalados seis locais de monitoramento, regularmente distribuídos no espaçamento de 22 m x 24 m, conforme Figura 1. Em cada local de amostragem foi instalada uma bateria de tensiômetros de câmara de ar (Marthaler et al., 1983), para medida do potencial mátrico, nas profundidades de 0,10, 0,20, 0,30, 0,40, 0,50, 0,60, 0,70, 0,80, 0,90 e 1,0 m, sendo,

portanto, o volume de solo considerado definido pela camada de 0 – 1,0m, correspondente a concentração de 98% do sistema radicular do cafeeiro (Rena & Guimarães, 2000).

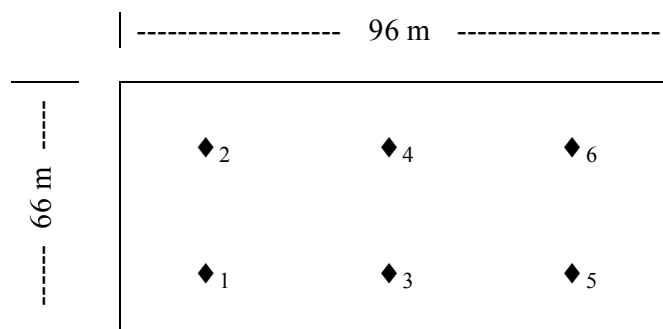


Figura 1. Localização espacial dos pontos de instalação dos tensiômetros para determinação da armazenagem da água no solo.

A relação entre o potencial mátrico e a umidade no solo foi estabelecida com base na curva de retenção de água no solo. As curvas de retenção foram elaboradas medindo-se a umidade no solo em equilíbrio com potenciais matriciais de 0, -1,-2,-4, -6 kPa em mesa de tensão e -10,-30,-100,-300,-500,-100 e -1500 kPa em câmara de pressão de Richards. Os resultados foram ajustados à equação de Van Genuchten (1980) utilizando o “software” RETC (Van Genuchten et al., 2003). A partir das equações determinou-se a umidade ( $m^3 m^{-3}$ ) para cada leitura dos tensiômetros nas profundidades de monitoramento. A armazenagem da água no solo foi calculada a partir da umidade média, na camada 0 – 1,0m. O monitoramento do potencial mátrico foi realizado em intervalos de 4 dias, sendo que durante o estudo os tensiômetros tiveram que ser desligados entre os meses de outubro de 2003 e janeiro de 2004.

A análise estatística dos dados experimentais foi feita em duas etapas: na primeira etapa analisaram-se as medidas de posição, dispersão e distribuição através de resumos estatísticos descritivos e análise exploratória do conjunto de dados conforme estabelecido por Hamlett et al. (1986) e discutido por Libardi et al. (1996); na segunda etapa identificou-se os valores extremos e seus efeitos na estatística descritiva dos dados. Para tanto, se utilizou o programa Statistica for Windows (Stat Soft, 1993). Foram feitas as seguintes medidas estatísticas: média, mediana, moda, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, valor mínimo, valor máximo, amplitude total, primeiro quartil, terceiro quartil, amplitude interquartil, assimetria e curtose, além da identificação de valores extremos, segundo as indicações de Libardi et al. (1996). A verificação da distribuição dos dados quanto a sua normalidade foi feita com base nos coeficientes de assimetria e curtose, teste de Kolmogorv-Smirnov, análise visual da reta de Henry e “box-plot”. Depois da identificação dos valores extremos verificou-se novamente a distribuição dos dados para confirmar se a observação discrepante realmente alterava, em algum sentido, o padrão de comportamento dos dados.

## Resultados e Discussão

Os resultados da análise estatística descritiva para a armazenagem da água no solo estão registrados no Quadro 1. Os valores médios encontrados apresentaram uma variação mínima, entre se, inferior a 1%, ou seja estiveram muito próximos em todas as seis posições, indicando certa tendência de continuidade espacial e que qualquer um dos pontos poderia ser utilizado para representar a área em um balanço hídrico da água no solo. O menor valor de armazenagem ocorreu na posição 4 com 219,5 mm e o maior na posição 3 com 342,6 mm. Todas as posições também apresentaram magnitude de variação semelhante. Os valores de coeficiente de variação encontrados estiveram, em todas as posições, sempre abaixo de 12%, o que permite classificar os resultados como sendo de baixa variabilidade, conforme os critérios de Warrick & Nielsen (1980) e também os de Mulla & McBratney (2000).

Em quatro das posições não foi possível encontrar o valor da moda, no entanto a proximidade entre os valores da média e da mediana sugere a distribuição normal. Verifica-se também que para a curtose todas as distribuições apresentaram-se com valor próximo a zero. Complementando-se a verificação da normalidade da distribuição dos dados via teste de Kolmogorv-Smirnov (K-S) verifica-se que as distribuições são realmente normais.

Constatou-se a presença de valores extremos em apenas duas posições, na 3 e na posição 5. Foi identificado um valor extremo para cada uma. Os mesmos estavam acima porém muito próximos do limite superior de armazenagem de água. Seguindo as suposições sobre valores periféricos e seus efeitos nas medidas de posição e dispersão (Libardi et al. 1996) procedeu-se à eliminação dos mesmos do conjunto de dados, realizou-se nova análise estatística descritiva (Quadro 2) e avaliação exploratória para verificação da normalidade da distribuição. Verificou-se que os valores extremos, neste caso,

pouco afetaram a média, a mediana e os índices de assimetria. No entanto, alterou o valor da curtose nas duas posições, 3 e 5, sem contudo afetar o seu padrão que continuou normal. Verificou-se também que houve redução nos valores do desvio padrão e no coeficiente de variação, porém sem grande significância, tendo em vista a pequena mudança nos valores absolutos. Esses resultados mostram que quando o conjunto de dados tem distribuição normal e equilibrada os valores extremos, quando existem, pouco alteram suas características estatísticas descritivas.

Considerando a utilização prática da informação relativa ao padrão da variabilidade da armazenagem da água no solo pode-se afirmar que por não ter sido afetada pela presença de valores extremos a utilização de valores médios ou mesmo de poucos pontos de monitoramento são procedimentos aceitáveis para quantificar este parâmetro em estudos de balanço hídrico para condições semelhantes à desde estudo, contribuindo tanto para a facilidade da obtenção quanto para a economia dos procedimentos experimentais de aquisição de dados.

Quadro 1. Estatística descritiva para a armazenagem da água no solo (mm) em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico cultivado com café, antes da identificação dos valores extremos. Barra do Choça – BA.

	Posição					
	1	2	3	4	5	6
N	68	68	68	68	68	68
Média	262,5	260,6	259,5	262,8	265,6	263,3
Moda	Não	243,1	220,9	Não	Não	Não
Mediana	258,9	255,3	261,6	259,3	260,7	259,1
Mínimo	228,7	225,8	220,9	219,5	221,7	220,1
Máximo	324,7	324,8	342,6	330,5	338,9	325,8
Quartil inferior	244,9	243,2	230,8	242,8	245,7	243,4
Quartil superior	278,5	276,4	273,3	280,0	282,5	281,5
Variância	491,1	534,6	825,9	735,2	736,6	672,2
Desvio padrão	22,2	23,1	28,7	27,1	27,1	25,9
Assimetria	0,74	0,86	0,57	0,55	0,67	0,42
Curtose	0,14	0,46	0,03	-0,32	-0,04	-0,45
CV %	8,45	8,86	11,06	10,31	10,20	9,84

Quadro 2 - Estatística descritiva para a armazenagem da água no solo (mm) em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico cultivado com café depois da identificação dos valores extremos. Barra do Choça – BA.

	Posição	
	3	5
N	67	67
Media	258,24	264,54
Moda	220,95	Não
Mediana	261,41	260,39
Mínimo	220,95	221,66
Máximo	327,85	329,78
Quartil inferior	230,73	245,53
Quartil superior	272,36	281,57
Variância	732,07	665,19
Desvio padrão	27,06	25,79
Assimetria	0,38	0,57
Curtose	-0,46	-0,26
CV %	10,48	9,75

Um dos principais objetivos dos estudos de variabilidade é quantificar o número de amostras ou repetições para representar adequadamente o valor médio de uma propriedade ou característica do solo. O modelo matemático mais utilizado para este propósito exige que as amostras sejam independentes e apresentem distribuição normal e é o seguinte: n

=  $(t \times CV / D)^2$ , em que t é o valor tabulado de Student para o nível de confiança estabelecido, CV é o coeficiente de variação da população e D é o desvio padrão desejado da população em relação à média (Souza, 1992).

Usando a equação acima e considerando o coeficiente de variação médio calculado para os seis pontos de monitoramento da armazenagem da água no solo de, aproximadamente 10%,  $t_{10\%}$  e uma variação de 10, 20 e 30% em torno da média determinaram-se qual o número mínimo de repetições que seriam necessários para monitorar a armazenagem da água neste LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico. Para 10% de variação em torno da média seriam necessárias apenas três repetições, para 20 e 30%, que são índices bastante razoáveis em agricultura, bastaria 1 ponto de monitoramento em toda área para representar com razoável precisão a média da armazenagem, refletindo os baixos índices de variabilidade apresentados por esta variável. Porém, este é um valor que deve ser considerado com cautela, tendo em vista a dependência entre a variabilidade do teor de água no solo e o valor médio desse teor pois geralmente quando o solo está mais seco a variabilidade tende a aumentar. Este fato gera implicações estatísticas e estabelece uma nova relação entre o número de amostras e a umidade do solo (Libardi et al., 1996).

## Conclusões

A armazenagem da água no LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico cultivado com café apresentou distribuição normal e baixa variabilidade espacial, assim como seus parâmetros estatísticos não foram afetados pela presença de valores extremos. Refletindo a baixa heterogeneidade verificou-se também que seria necessária apenas um local de monitoramento para representar a média da armazenagem da água na área de 0,6 hectares.

## Agradecimento

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, Funcafé / Embrapa Café pelo financiamento do projeto de pesquisa

## Referências bibliográficas

- BABALOLA, O. Spatial variability of water properties in tropical soils of Nigéria. **Soil Science**, Baltimore, 126:269-279, 1978.
- CADIMA, A.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica em um Latossolo Vermelho Amarelo textura média, no campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 4:63-66, 1980.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, 59:125-137, 2000.
- HAMLETT, J.M.; HORTON, R.; CRESSIE, N.A.C. Resistant and exploratory techniques for use in semivariogram analyses. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 50:868-875, 1986.
- LASCANO, R.J.; HATFIELD, J.L. Spatial variability of evaporation along tow transects of bare soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 56:341-346, 1992.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2 ed. Piracicaba: P. L. Libardi, 2000. 509p.
- LIBARDI, P.L.; MANFRON, P.A.; MORAES, S.O.; TUON, R.L. Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 20:1-12, 1996.
- MARTHALER, H.P.; VOGELSANGER, W.; RICHARD, F.; WIERENGA, P.J. A pressure transducer for field tensiometers. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 47:624-627, 1983.
- MULLA, D.J.; McBRARNEY, A.B. Soil spatial variability. In: SUMNER, M.E. (Ed.) **Handbook of soil science**. New York: CRC Press, 2000. Cap. 9, p.321-352.
- REICHARDT, K.; TIM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2004. 478p.
- RENA, A.B.; GUIMARÃES, P.T.G. Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 80p (Documentos, 37).
- SOUZA, L.S. Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo. Porto Alegre, 1992. 162p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- STAT SOFT. **Statística for Windows** [Eletronic manual index], v.4.3. Tulsa, 1993. 2v.
- VAN GENUCHTEN, M.T.H. A closed – form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 44:892-898, 1980.

VAN GENUCHTEN, M.TH.; SINUNEK, J.; LEIJ, F.J.; SEGMA, M. **Code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils**. Riverside, US Salinity Laboratory, USDA, ARS, 2003.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.) **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. cap. 13, p.319-344.