



## **Análise exploratória e variabilidade da condutividade hidráulica do solo saturado em um sistema agroflorestal orgânico de produção de citros<sup>(1)</sup>**

**Ana Carolina Rabêlo Nonato<sup>(2)</sup>; Raquel Almeida Cardoso da Hora<sup>(3)</sup>; José Fernandes Melo Filho<sup>(4)</sup>; Maria Magali Mota dos Santos<sup>(5)</sup>; Fagner Taiano dos Santos Silva<sup>(6)</sup>; Devison Souza Peixoto<sup>(7)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Laboratório de Manejo e Qualidade do Solo do CCAAB/UFRB

<sup>(2)</sup> Estudante de Graduação em Agronomia; Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia; eng.anacarol@gmail.com; <sup>(3)</sup> Estudante de graduação em Agronomia; Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; <sup>(4)</sup> Professor associado; Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; <sup>(5)</sup> Estudante de graduação em Agronomia; Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; <sup>(6)</sup> Estudante do curso de Pós Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistema; Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; <sup>(7)</sup> Estudante de graduação em Agronomia; Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia;

**RESUMO:** A condutividade hidráulica é um atributo físico que está diretamente relacionado com o movimento da água no solo. Para o bom desenvolvimento das plantas e conseqüentemente altos níveis de produtividade, um dos principais fatores envolvidos é a disponibilidade de água. O estudo e a compreensão do papel que o armazenamento e a redistribuição de água desempenham nesta disponibilidade é, portanto, de grande e real interesse. O objetivo desse estudo foi quantificar a variabilidade da condutividade hidráulica do solo saturado de um sistema agroflorestal orgânico de produção citros. A coleta das amostras foi realizada em uma fazenda de produção localizada na cidade de Feira de Santana (BA), em um sistema de transecto com 30 pontos, espaçados de 1,0m, nos quais coletaram-se amostras indeformadas no ponto médio da profundidade de 0–0,15m, empregando-se a metodologia de permeâmetro de carga decrescente, descrito por Libardi (2005) para a quantificação da condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_0$ ). Com os resultados realizou-se a análise estatística descritiva. Os resultados evidenciam que a condutividade hidráulica em solo saturado no sistema agroflorestal orgânico de produção de citros, apresentou-se nas classes moderada e rápida, implicando em variação de 31,3%, considerada média, apresentando-se como um atributo de baixa variação com ausência de valores extremos e distribuição normal. Sendo necessárias entre 1 e 6 amostras para representar a média dos seus valores.

**Termos de indexação:** água no solo; sustentabilidade, produção orgânica.

## **INTRODUÇÃO**

O Brasil é, atualmente, o maior produtor mundial de citros. Nos últimos 20 anos a produção desta cultura teve grande avanço devido a adoção de melhores tecnologias na condução dos pomares e adoção de modelos de exploração agrícola sustentáveis. Dentre estes cita-se os sistemas de exploração agroflorestal orgânico (Cruz, 2003).

Atualmente os sistemas agroflorestais (SAF's) são os modelos de exploração dos agroecossistemas mais próximos ecologicamente da floresta natural (Almeida et al. 2002), por isso cultivos de frutíferas inseridos em sistema de SAF's orgânicos possuem elevado grau de sustentabilidade, visto que esse sistema degrada menos a estrutura do solo, diminuindo os processos erosivos, ajudando na manutenção da biodiversidade, no controle natural de pragas e doenças, além de propiciar a incorporação de matéria orgânica pela deposição de serapilheira na superfície, por isso, são capazes de oferecer uma exploração do ecossistema de modo mais sustentável.

O monitoramento dos atributos do solo para avaliar os impactos das práticas de manejo é fundamental para a gestão conservacionista dos recursos naturais. Neste sentido, as propriedades físicas e hídricas do solo e por conseguinte a condutividade hidráulica são afetadas por fatores como sistemas de uso, manejo e erosão (Melo Filho, 2002).

A condutividade hidráulica do solo saturado tem relação estreita com o armazenamento e transporte de água e nutrientes, textura, estrutura, infiltração de água. Devido a tais interações é considerado um importante indicador de qualidade físico-hídrica do solo (Van Lier, 2000). Outra característica da  $K_0$  é



apresentar-se como um atributo de grande variabilidade, o que ocorre devido à suas interações com a textura, estrutura, umidade, densidade, qualidade das argilas e o teor de matéria orgânica (Libardi, 2005). Assim, o objetivo desse trabalho foi quantificar a variabilidade da condutividade hidráulica do solo saturado de um sistema agroflorestal orgânico de produção de citros.

## MATERIAL E MÉTODOS

A coleta das amostras foi executada na cidade de Feira de Santana (BA), assente na bacia do Rio Paraguaçu, zona de clima intermediário, entre a zona úmida litorânea e a semiaridez das áreas interioranas, com precipitação média anual de 848 mm e temperatura média anual de 24 °C, podendo, no verão, atingir médias mensais de 27 °C e, no inverno, de 21 °C (Diniz et al., 2008). Segundo Köppen (1948), o clima local é quente e úmido (Cw). A área avaliada encontra-se localizada na Fazenda Bocaiúva Orgânicos, de coordenadas geográficas S 12°20'03,2" e HO 38°51'08,4", no Km 93 da Br 324 leste, distrito de Humildes - BA. A Chácara Bocaiúva pratica agricultura orgânica em seus 12,7 hectares de terra, distribuídos no cultivo de banana, hortaliças, citros e áreas de reflorestamento com plantas nativas da mata atlântica.

## Tratamentos e amostragens

A área amostrada é atualmente utilizada para a produção orgânica de citros, estando esta, inserida dentro de um sistema agroflorestal. A amostragem realizada foi em forma de transepto com 30 pontos, com espaçamento de 1,0 m a cada ponto de coleta, foram retiradas amostras indeformadas na profundidade de 0 – 15 cm. As amostras foram encaminhadas ao laboratório de Manejo e Qualidade do Solo do CCAAB/UFRB para a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_0$ ), empregando-se a metodologia de permeâmetro de carga decrescente, descrito por Libardi (2005).

## Análise estatística

O conjunto de dados foi submetido à análise estatística exploratória. Para tanto, utilizou-se o programa Statistica for Windows (Stat Soft, 1993), determinando as medidas de posição (média, mediana e moda) e de dispersão (amplitude total, coeficiente de variação, assimetria e curtose). A verificação da normalidade da distribuição dos dados foi feita com base nos coeficientes de assimetria e curtose, análise visual da reta de Henry e "box-plot" e confirmada pelo teste de Shapiro-Wilks. Para a identificação de supostos valores extremos foi utilizada a metodologia proposta por

Libardi et al. (1996), porém não foram identificados tais valores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se a tabela 1, onde estão apresentados os resultados dessa avaliação, pode-se verificar que os valores da condutividade hidráulica do solo saturado apresentaram-se variando entre 9,14  $\text{cm h}^{-1}$  e 39,76  $\text{cm h}^{-1}$ , correspondentes as classes, moderada para o valor mais baixo e rápida para o valor mais alto (Beutler et al., 2001), implicando em variação de 31,3%, considerada média segundo a classificação de Warrick & Nielsen (1980). Os resultados também mostram baixa variação para área estudada, corroborando com os resultados encontrados por Libardi & Melo Filho (2006), os quais encontraram coeficiente de variação de 20,2% para  $K_0$  em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. Em contrapartida, a maioria dos trabalhos disponíveis na literatura mostra alta heterogeneidade para esta variável (Jury, 1991; Eguchi, 2003; Scherpinski, 2005; Marques, 2008; Silva Filho, 2010). Silva Filho (2010) encontrou o valor de 63,7% para o CV da  $K_0$  para um Latossolo Amarelo Distrófico na região do semiárido baiano, enquanto Scherpinski (2005) encontrou o valor de 110,24 % para um Latossolo Vermelho Distrófico. Jury (1991) apontou que o coeficiente de variação para a  $K_0$  pode variar de 48% a 320%. Tendo em vista que a condutividade hidráulica do solo está relacionada ao espaço poroso, pode-se afirmar que esta varia bastante de solo para solo e, também, para o mesmo tipo de solo com variações estruturais.

Não foi identificada a presença de valores extremos. Ao se analisar o padrão de distribuição dos dados foi observado que os valores da média, mediana e moda apresentaram-se próximos, porém com certo grau de assimetria, sendo juntamente com a curtose negativa, o que pode ser confirmado observando-se a reta de Henry e o gráfico de "box plot". Para complementar essas observações, aplicou-se o teste de Shapiro & Wilk, que indicou a distribuição como sendo normal (Figura 1).

O número de amostras necessárias para representar a média de um atributo do solo está diretamente relacionado à variabilidade do conjunto de dados. Aplicando-se a proposta de Santos & Vasconcelos (1987), verificaram-se os números que estão registrados na tabela 2. Analisando-a percebe-se que o número de amostras necessárias para representar a média varia de 6 (variações de 5% em torno da média) até 1, quando se permite variações em torno de 30%. A utilização de repetições é um importante fator para assegurar a precisão de avaliações, por isso é pertinente recomendar-se um



número de amostras capaz de possibilitar minimização do erro, neste caso 6 amostras, número considerado factível de custo e execução.

### CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a condutividade hidráulica do solo saturado do sistema agroflorestral orgânico de produção de citros, apresentou-se como um atributo de baixa variação, distribuição normal, sendo necessárias entre 1 e 6 amostras para representar a média dos seus valores.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe do Laboratório de Manejo e Conservação do Solo CCAAB/UFRB e à Chácara Bocaiúva Orgânicos, pelo apoio disponibilizado.

### REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. M. V. C. de; MÜLLER, M. W.; SENA-GOMES, A. R. & MATOS, P. G. G..2002. Pesquisa em Sistemas Agroflorestais e Agricultura Sustentável: Manejo do Sistema. Workshop Latino-americano sobre Pesquisa de Cacau, Ilhéus, Bahia, 22 – 24 de outubro de 2002. Anais com resumo expandido (CD-ROM).

BEUTLER, A. N.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N. et al. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. Revista Brasileira de Ciência do solo, 25:167-177, 2001.

CRUZ, A.C.R. Consumo de água por cultura de citros cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo. Tese (Doutorado em Agronomia) – Doutorado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 92 p. 2003.

DINIZ, A. F.; SANTOS, R.L. & SANTOS, S.M. Avaliação dos riscos de seca para o município de Feira de Santana-BA associado à influência do El Niño no semiárido do Nordeste Brasileiro. + Geografia's, Feira de Santana, 1:18-24. 2008.

EGUCHI, E.S.; SILVA, E.L. & OLIVEIRA, M.S. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica do solo saturado e da taxa de infiltração básica determinadas "In Situ". Ciência Agrotécnica. 84:1607-1613.

JURY, W.A.; GARDNER, W.R. & GARDNER, W.H. Soil Physics. John Wiley & Sons INC. Cidade, 1991. 328p.

KOPPEN, W. Climatologia: Com um estúdio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

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, 20:1-12, 1996.

LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. São Paulo: EDUSP. 335p. 2005.

LIBARDI, P. L. & MELO FILHO J. F.; Análise exploratória e variabilidade dos parâmetros da equação da condutividade hidráulica, em um experimento de perfil instantâneo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 30:197-206, 2006.

MARQUES, J.D.O.; TEIXEIRA, W.G.; REIS, A.M.; CRUZ JUNIOR, O.F. & MARTINS, G.C. Avaliação da condutividade hidráulica do solo saturada utilizando dois métodos de laboratório numa topossequência com diferentes coberturas vegetais no Baixo Amazonas. Acta Amazonica. 38:193-206, 2008.

MELO FILHO, J.F. Variabilidades dos parâmetros da equação da condutividade hidráulica em função da umidade de um Latossolo sob condições de campo. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 129 f. 2002.

SANTOS, H.L. & VASCONCELOS, C.A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 11:97-100,1987.

SCHERPINSKI, C. Variabilidade espacial de atributos físicos e hídricos do solo e produtividade da cultura da soja em uma área comercial. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2005.

SILVA FILHO, N.V. Variabilidade espacial de atributos de qualidade do solo em uma topossequência sobre pastagem no semiárido baiano. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2010.

SHAPIRO, S. S. & WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete sample). Biometrika, Great Britain, 52:591-611, 1965.

STAT SOFT. Statistics for Windows (Eletronic manual index), v.4.3. Tulsa, 1993. 2v.

VAN LIER, Q.J. Índices da disponibilidade de água para as plantas. In: NOVAIS, R.F., et Tópicos de Ciência do Solo. Viçosa – MG. Sociedade al. Brasileira de Ciência do Solo – SBEA, 1:95-106, 2000.

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. p.319-344.

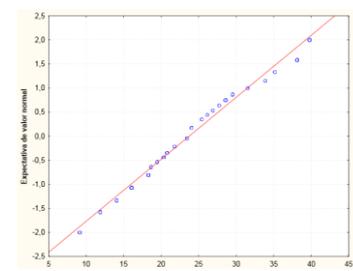
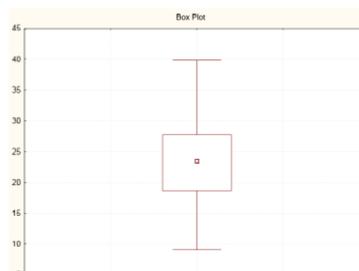
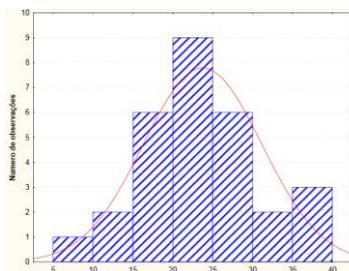
**Tabela 1** – Síntese da estatística descritiva para condutividade hidráulica do solo saturado em sistema de cultivo agroflorestal de produção orgânica de citros.

Média	Mediana	Moda	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil	Assimétria	Curtose	Desvio padrão	CV	P < W
_____ cm h <sup>-1</sup> _____										%	
23,73	23,45	Múltiple	9,14	39,76	18,66	27,71	0,31	-0,07	7,43	31,31	0,1969

P < W = Teste de normalidade de Shapiro & Wilk (5%).

**Tabela 2** – Número de amostras necessárias para representar o valor médio da condutividade hidráulica do solo saturado em um sistema de cultivo agroflorestal de produção orgânica de citros.

	Variação em torno da média			
	5%	10%	20%	30%
<b>Número de amostras</b>	7	2	1	1



**Figura 1** – Histograma, box plot e reta de Henry, para valores de condutividade hidráulica em um sistema agroflorestal orgânico de citros.