



## Variabilidade da condutividade hidráulica do solo saturado em sistema de cultivo agroflorestal orgânico de café<sup>(1)</sup>

**Raquel Almeida Cardoso da Hora<sup>(2)</sup>; José Fernandes de Melo Filho<sup>(3)</sup>; Ana Carolina Rabêlo Nonato dos Santos<sup>(4)</sup>; Maria Magali Mota dos Santos<sup>(5)</sup>; Fagner Taiano dos Santos Silva<sup>(6)</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; rakeldahora@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Professor associado; Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; <sup>(4)</sup> Estudante de graduação em Agronomia; 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.

**RESUMO:** A condutividade hidráulica é um atributo físico de considerável importância para o entendimento dos processos de retenção e dinâmica da água no solo e de sua absorção pelas plantas. É altamente dependente, tanto do conteúdo quanto do potencial mátrico da água no solo, sendo que, seu valor decresce acentuadamente com a diminuição da umidade. O objetivo desse estudo foi determinar a variabilidade da condutividade hidráulica do solo saturado em uma área de cultivo de café em sistema agroflorestal orgânico localizado no município de Feira de Santana Bahia. A amostragem foi realizada em um transecto com 30 pontos espaçados em um metro, nos quais retiraram-se amostras indeformadas na profundidade de 0-0,15m, para a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado pelo método do permeâmetro de carga decrescente conforme descrito em Libardi (2005). Os resultados mostram que a condutividade hidráulica em solo saturado no sistema agroflorestal de café orgânico, apresentou-se na classe de moderada para o valor mais baixo e na classe rápida para o valor mais alto, com valores médios de 17,11cm h<sup>-1</sup>, elevados, apresentando-se como um atributo de alta variação com presença de valores extremos e distribuição não normal.

**Termos de indexação:** Variação, água no solo, café.

### INTRODUÇÃO

No Brasil, o café é um produto tradicional de grande importância sócio econômico e destaque pela geração de empregos e divisas para o país (Temóteo, 2012). Por esta importância, torna-se fundamental o desenvolvimento de tecnologias e modelos de exploração agrícola sustentáveis para essa cultura, dentre os quais se podem citar a exploração em sistema de sombreamento ou orgânica.

O cafeeiro é uma planta originária das florestas caducifólias da Etiópia e Sudão (Boulay et al., 2000); sendo, por sua origem, uma espécie adaptada à sombra, condição na qual é largamente cultivado em vários países produtores, tais como Colômbia, Venezuela, Costa Rica, Panamá e México, regiões onde os sistemas agroflorestais (SAF) tem sido um modelo utilizado para aumentar a diversidade vegetal dos sistemas e a renda do produtor (Beer, 1997; Escalante, 1997; Bertrand & Rapidel, 1999). Embora não resulte em grandes incrementos de produção do cafeeiro, o sombreamento possibilita incrementos na biodiversidade, melhoria no controle natural de pragas e doenças, estabilidade de produção e incorporação de matéria orgânica pela deposição de serapilheira na superfície, o que melhora as condições estruturais do solo e a capacidade de o mesmo funcionar na condução e armazenamento de água para as plantas (Ricci et al., 2007). A melhoria da condição estrutural afeta positivamente a estrutura, a porosidade e a condutividade hidráulica do solo (Gonçalves e Libardi, 2013), a qual representa um parâmetro chave para análise da intensidade do deslocamento da água no solo, porém difícil de ser perfeitamente compreendido devido à sua variabilidade espacial e temporal, o que facilitaria o planejamento para a realização de amostragens relativas a esse parâmetro hídrico do solo (Libardi & Melo Filho, 2006). O objetivo desse estudo foi determinar a variabilidade da condutividade hidráulica do solo saturado em uma área de cultivo de café em sistema agroflorestal orgânico localizado no município de Feira de Santana Bahia.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Tratamentos e amostragens

O presente estudo foi desenvolvido em Feira de Santana – Bahia, município situando na bacia do Rio Paraguaçu, em zona climaticamente intermediária entre a zona úmida do litoral e a semi-árida das



áreas mais interioranas. Segundo a classificação de Köppen o clima local é do tipo quente e úmido (Cw). Apresenta precipitação média anual de 848 mm e temperatura média anual de 24°C (Diniz, 2008). A área estudada está sob o cultivo de café orgânico em sistema agroflorestal irrigado há, aproximadamente, 10 anos. A amostragem foi realizada em um transecto com 30 pontos espaçados em um metro, nos quais se retiraram amostras indeformadas na profundidade de 0-0,15m, para a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado pelo método do permeâmetro de carga decrescente conforme descrito em Libardi (2005).

### **Análise estatística**

A análise estatística exploratória do conjunto de dados foi realizada determinando-se: as medidas de posição (média, mediana e moda); as de dispersão (amplitude total, coeficiente de variação, assimetria e curtose). A verificação da normalidade da distribuição foi feita com base na comparação dos valores da média, moda e mediana; nos coeficientes de assimetria e curtose; análise visual da reta de Henry e “boxplot”, e confirmada pelo teste de Kolmogorv-Smirnov. A presença de valores extremos foi identificada de acordo com a metodologia proposta por Libardi et al. (1996). Depois da identificação dos valores extremos procedeu-se sua eliminação e realizou-se novamente a análise estatística exploratória dos dados, para confirmar se a observação discrepante realmente alterava, em algum sentido, o padrão de comportamento dos dados.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A estatística descritiva fornece as informações fundamentais para a correta compreensão das características de um conjunto de dados, o que deve ser complementado com a identificação de valores extremos os quais tem a capacidade de alterar as medidas de posição, dispersão e variação de um conjunto de dados (Melo Filho, 2002)

Observando-se a tabela 1, onde estão registrados os dados dessa avaliação, pode-se verificar que os valores da condutividade hidráulica do solo saturado apresentaram-se variando entre 6,48 cm h<sup>-1</sup> e 39,76 cm h<sup>-1</sup>, correspondentes as classes de moderada para o valor mais baixo e na classe rápida para o valor mais alto (Beutler et al. 2001), respectivamente, implicando em uma variação de 47,47%, considerada alta pela classificação de Mulla & McBratney (2000), mas como média, segundo Warrick & Nielsen (1980). Apesar de ser uma característica da condutividade hidráulica, tal variação implicou na presença de valores extremos,

tendo-se identificado a presença de 10 valores extremos especialmente localizados (70%) no conjunto de medidas mais elevadas. Ao se verificar o padrão de distribuição dos dados observou-se que os valores da média, mediana e moda apresentaram-se diferentes. Da mesma forma, a assimetria e a curtose também foram diferentes de zero, o que pode ser confirmado observando-se a reta de Henry e o gráfico de “box plot” revelando distribuição diferente da normal. No entanto e contrariamente, o teste de Shapiro & Wilk indicou que a distribuição seria normal (Figura 1). Considerando-se que os valores extremos perturbam as medidas estatísticas, retiraram-se os mesmo do conjunto de dados e realizou-se nova descrição estatística. De maneira geral, a retirada dos valores extremos melhorou a qualidade dos dados, principalmente no que diz respeito as medidas de dispersão e distribuição (Tabela 1). Nesta situação a média e mediana apresentaram valores mais próximos, a amplitude diminuiu, assim como o coeficiente de variação que passou de 47,47% para 12,78%. Essas mudanças também afetaram os gráficos de distribuição, reta de Henry e “box plot” (Figura 1). No entanto diferentemente do que aconteceu no conjunto de dados naturais o teste de normalidade de Shapiro & Wilk indicou que a distribuição seria diferente da normal.

Uma das principais implicações da variabilidade de um conjunto de dados está relacionada ao número de amostras necessárias para representar a média de um atributo do solo. Aplicando-se a proposta de Santos & Vasconcelos (1987), verificaram-se os números que estão registrados na tabela 2. Analisando-a percebe-se que mesmo para o conjunto de dados naturais o número de amostras necessárias para representar a média varia de 11 para variações de 5% até a unidade (1) quando se permite variações em torno de 30%. Para os valores extremos diminuindo-se a dispersão, verifica-se significativa redução desses números, sendo necessária apenas uma amostra para representar a condutividade hidráulica em sistema agroflorestal de café orgânico. No entanto sabe-se que a utilização de repetições é um importante fator de aumento da precisão de avaliações o que nos recomenda aumentar esse número para no mínimo 3 amostras, o que implicaria em erro admissível de apenas 10%, valor que implica em elevado grau de precisão em avaliações da condutividade hidráulica, do ponto de vista agrônomo pode-se afirmar que o sistema agroflorestal orgânico resultou em homogeneidade da condutividade hidráulica na área estudada.



### CONCLUSÕES

Pode-se concluir que condutividade hidráulica do solo saturado do sistema agroflorestral sob plantio de café orgânico apresentou alta variabilidade e que o número de amostras necessárias para representar a média desse atributo do solo varia de 1 a 11, porém recomendando-se o mínimo de 3 mostras para aumento da precisão.

O sistema agroflorestral orgânico resultou em homogeneidade da condutividade hidráulica na área estudada.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a equipe do laboratório de manejo e conservação do solo CCAAB/UFRB e a Chácara Bocaiuva orgânicos, pelo apoio disponibilizado.

### REFERÊNCIAS

BEER, J. Café bajo sombra en América Central Hace falta más investigación sobre este sistema agroflorestral exitoso? *Agroforestería en las Américas*, 4:8-13, 1997.

BERTRAND, B. & RAPIDEL, B. Desafíos de la caficultura en Centroamérica. San José, Costa Rica: Promecafe; Paris: Cirad, 1999. 496p.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; Resistencia 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.

BOULAY, M.; SOMARRIBA, E.; OLIVIER, A. Calidad de Coffea arabica bajo sombra de Erythrina poeppigiana a diferentes elevaciones en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 7:40-42, 2000.

ESCALANTE, E. Café y agroforestería en Venezuela. *Agroforestería en las Américas*, 4:21-24, 1997.

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

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

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. & 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.

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.

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.

RICCI, M.S.F.; COSTA, J.R.; PINTO, A, N. & SANTOS, V.L.S. Cultivo orgânico de Café (coffea arábica) nos sistemas a pleno sol e sombreado. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2:1750-1753, 2007.

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.

TEMÓTEO, A. S. Cultivares de café conilon (coffea canephora) sob estresse salino-hídrico. 2012. 120 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - universidade estadual paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu - SP, 2012.

GONÇALVES, A. D. M. A & LIBARDI, P.L. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37:1174-1184, 2013.

**Tabela 1** – Síntese da estatística descritiva para condutividade hidráulica do solo saturado em sistema de cultivo agroflorestal orgânico com café.

| Média  | Mediana | Moda     | Mínimo | Máximo | 1º Quartil | 3º Quartil | Assimétria | Curtose | Desvio padrão | CV    | P < W  |
|--|---------|----------|--------|--------|------------|------------|------------|---------|---------------|-------|--------|
| _____ cm h <sup>-1</sup> _____                   |         |          |        |        |            |            |            |         |               | %     |        |
| <b>Medidas com valores naturais</b>              |         |          |        |        |            |            |            |         |               |       |        |
| 17,11  | 15,12   | Múltiplo | 6,48   | 39,76  | 13,45      | 16,62      | 1,49       | 2,06    | 8,12          | 47,47 | 0,0023 |
| <b>Medidas com retirada dos valores extremos</b> |         |          |        |        |            |            |            |         |               |       |        |
| 14,27  | 14,75   | Múltiplo | 9,33   | 16,62  | 13,45      | 15,76      | -1,10      | 1,30    | 1,82          | 12,78 | 0,0685 |

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 orgânico com café.

| Variação em torno da média                |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|
| 5%  | 10% | 20% | 30% |
| <b>Valores naturais</b>                   |     |     |     |
| 11  | 3   | 1   | 1   |
| <b>Após retirada dos valores extremos</b> |     |     |     |
| 1   | 1   | 1   | 1   |

