



Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação no sul do Estado do Espírito Santo¹

Evaluation of the performance of irrigation systems in the south of Espírito Santo state, Brazil

**Caio Louzada Martins², Camilo Busato^{3*}, Samuel Ferreira da Silva⁴,
Wagner Nunes Rodrigues³, Edvaldo Fialho dos Reis⁵**

Resumo – A utilização da água na agricultura irrigada deve ser feita de maneira criteriosa e precisa, não só visando a otimização da produtividade e da qualidade final do produto, mas também o uso adequado dos recursos hídricos. A avaliação dos sistemas de irrigação contribui para minimizar as perdas durante a aplicação de água. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de sistemas de irrigação por aspersão e localizada, no sul do Estado do Espírito Santo. Foram avaliados quatro sistemas de irrigação: aspersão convencional móvel, em área cultivada com café; aspersão convencional fixa, em área cultivada com abacaxizeiro; irrigação localizada por microaspersão, em área de cultivo da goiabeira e irrigação localizada por microspray, em área cultivada com videira. Em cada projeto de irrigação realizou-se o teste de uniformidade de aplicação de água para a determinação dos coeficientes de uniformidade (de Christiansen, Estatístico e de Distribuição) e avaliou-se o manejo da irrigação, comparando-se as lâminas aplicadas pelo irrigante com aquelas necessárias para elevar a umidade do solo à capacidade de campo. Os sistemas de irrigação localizada apresentaram maior uniformidade de aplicação de água que os irrigados por aspersão, no entanto, a lâmina aplicada nos sistemas por aspersão foi mais próxima da adequada que nos sistemas localizados.

Palavras-Chave - Aspersão. Localizada. Manejo. Uniformidade.

Abstract - The utilization of water in the irrigated agriculture must be done in a judiciously and precisely way, not only to optimize the crop yield and the final product quality, but also to guarantee the proper use of water resources. The evaluation of the irrigation systems contributes to minimize the losses during the application of water. This study evaluated the performance of irrigation systems, localized irrigation and sprinkler irrigation, in the south of the state of Espírito Santo. Four irrigation systems were evaluated: mobile sprinkler in an area cultivated with coffee; fixed sprinkler in an area cultivated with pineapple; localized with microsprinkler in an area cultivated with guava; and localized with microspray in an area cultivates with grape. In each irrigation project, tests of uniformity of water application were performed to determine the uniformity coefficients (Christiansen, statistic and distribution) and the irrigation management was evaluated, comparing the irrigation really applied with the irrigation needed to raise the soil humidity to the field capacity. The localized irrigation systems showed greater uniformity than the sprinkler irrigation systems, however, the water depth applied by the sprinkler systems was closer to the appropriate level than in the localized systems.

Key words - Aspersión. Localized. Management. Uniformity.

*Autor para correspondência

¹Enviado para publicação em 01/11/2012 e aprovado em 30/06/2013.

²Eng. Agrônomo, M.Sc. Produção Vegetal, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, INCAPER, Castelo - ES, Brasil, clmartins@yahoo.com.br

³Eng. Agrônomo, Doutorando em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, CCA/UFES, Alto Universitário, Alegre - ES, Brasil, camilobusato@yahoo.com.br; wagnernunes86@hotmail.com

⁴Tecnólogo em Aquicultura, Doutorando em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, CCA/UFES, Alegre - ES, Brasil, samuelfd.silva@yahoo.com.br

⁵Eng. Agrícola, D.Sc. Professor do Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, CCA/UFES, Alegre - ES, Brasil, edreis@cca.ufes.br

Introdução

A agricultura irrigada tem sido uma importante estratégia para otimização da produção de alimentos, promovendo desenvolvimento sustentável no campo, com geração de emprego e renda (LUNA *et al.*, 2013). Porém, a disponibilidade de água tem se tornado cada vez mais limitante, devendo ser utilizada de maneira criteriosa e precisa, não só visando a otimização da produtividade e da qualidade final do produto, mas também o uso adequado dos recursos hídricos (BERNARDO *et al.*, 2006).

A avaliação do desempenho de um sistema de irrigação é etapa fundamental antes que qualquer estratégia de manejo de irrigação seja implementada, porque é com base nesses resultados que será possível avaliar e adequar o equipamento e sua utilização, em relação aos requerimentos de água dos cultivos utilizados (BERNARDO *et al.*, 2006). No entanto, a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação em áreas cultivadas é uma prática que os agricultores têm dado pouca importância.

A melhoria da uniformidade de um sistema de irrigação é uma das decisões mais importantes para o manejo adequado da água aplicada, pois a água em excesso, além da perda de água, pode carrear nutrientes para zonas do solo não exploráveis pelas raízes (BERNARDO *et al.*, 2006). No caso de aplicação em déficit podem ocorrer prejuízos na produção, principalmente nos períodos críticos (SILVA *et al.*, 2008).

Considerando as diferentes formas de aplicação de água às plantas, todos os métodos de irrigação possuem eficiência e uniformidade de aplicações distintas, devendo ser avaliados constantemente para realização do manejo e obtenção de maiores produtividades (SILVA *et al.*, 2004; VIEIRA *et al.*, 2004; SOUSA *et al.*, 2011). Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a uniformidade de aplicação de água e o manejo da irrigação adotado em sistemas de irrigação no sul do estado do Espírito Santo.

Material e métodos

O trabalho foi realizado em novembro de 2011 no município de Cachoeiro de Itapemirim, sul do Estado do Espírito Santo. O clima da região é Cwa, segundo classificação de Koppen, apresentando verão chuvoso e inverno seco, com precipitação média anual de 1.200 mm e temperatura média anual de 23 °C. O solo do local de estudo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). A caracterização dos sistemas de irrigação avaliados é apresentada na Tabela 1.

Para a medição de vazão, foram selecionados emissores representativos e coletado um volume de água aplicado em um período de tempo determinado com cronômetro. A pressão de serviço foi avaliada utilizando manômetro com tubo Pitot instalado nos emissores em pleno funcionamento.

A uniformidade de aplicação de água nos sistemas de irrigação por aspersão foi avaliada conforme metodologia proposta por Christiansen (1942) e citada por Bernardo *et al.* (2006). Para tal, foi realizada a coleta das precipitações por meio da instalação de coletores alocados na área de influência entre quatro aspersores, formando uma malha na área irrigada com subáreas iguais e quadradas de 4,0 m².

Para os sistemas de irrigação localizada, a avaliação da uniformidade de distribuição de água foi realizada conforme a metodologia de Keller e Karmeli (1975), com modificação proposta por Deniculi *et al.* (1980). Esta metodologia consiste na coleta de dados em quatro linhas laterais (primeira linha, linha situada a 1/3 da origem, linha situada a 2/3 da origem e última linha), com estudo de oito emissores por linha (primeiro emissor; emissores a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7 e 6/7 da origem; e último emissor).

Com os dados coletados foram calculados: coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficiente de uniformidade estatístico (U_s), empregando-

Tabela 1 - Caracterização do uso agrícola das áreas onde os sistemas de irrigação foram avaliados

Sistema de irrigação	Espécie cultivada	Idade da cultura	Espaçamento da cultura
Aspersão convencional móvel	Abacaxi (<i>Ananas comosus</i>)	6 meses	0,8 x 0,3 m
Aspersão convencional fixa	Café conilon (<i>Coffea canephora</i>)	1,5 anos	3,0 x 1,2 m
Localizada por microaspersão	Goiaba (<i>Psidium guajava</i>)	6 anos	6,0 x 4,0 m
Localizada por microspray	Uva (<i>Vitis vinifera</i>)	5 anos	3,0 x 2,0 m

se as Equações 1, 2 e 3, respectivamente. A interpretação dos valores baseou-se na metodologia apresentada por Mantovani (2001) (Tabela 2). Para os cálculos dos coeficientes nos sistemas de irrigação por aspersão, foram consideradas as lâminas obtidas nos coletores, e nos sistemas localizados, as vazões dos emissores.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |L_i - L_m|}{N L_m} \right) \quad (1)$$

$$CUD = 100 \frac{L_q}{L_m} \quad (2)$$

$$EJ = 100 \left(1 - \frac{S_d}{L_m} \right) \quad (3)$$

onde: CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%); CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%); U_s = Coeficiente de Uniformidade Estatística (%); L_i = Lâmina obtida no *i*-ésimo coletor (mm) ou vazão obtida no *i*-ésimo emissor ($L h^{-1}$); L_m = Lâmina média (mm) ou vazão média ($L h^{-1}$) de todas as observações; N = Número de coletores ou de emissores; S_d = Desvio-padrão dos dados; L_m = Média de 25% das lâminas (mm) ou vazões ($L h^{-1}$) com menores valores.

Tabela 2 - Classificação dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e do Coeficiente de Uniformidade Estatística (U_s)

Classificação	CUC	CUD	U_s
	----- % -----		
Excelente	> 90	> 84	90 - 100
Bom	80 - 90	68 - 84	80 - 90
Razoável	70 - 80	52 - 68	70 - 80
Ruim	60 - 70	36 - 52	60 - 70
Inaceitável	< 60	< 36	< 60

Fonte: Mantovani (2001)

Antes da irrigação, em cada área, foram retiradas amostras de solo ao acaso em oito pontos da área irrigada, na profundidade efetiva do sistema radicular, para a determinação de características físico-hídricas (Tabela 3).

De posse dos resultados das análises físico-hídricas do solo das áreas irrigadas em estudo, foram calculadas as lâminas de irrigação real necessária (IRN) para elevar a umidade do solo à capacidade de campo para cada área de estudo, sendo esse valor comparado ao da lâmina aplicada pelos irrigantes, sem interferência no momento de irrigar. Para isso, imediatamente antes da irrigação foram coletadas amostras de solo para determinação da umidade atual.

Tabela 3 - Caracterização físico-hídrica do solo das áreas em cada sistema de irrigação avaliado

Sistema de irrigação	CC ¹	PM ²	Ua ³	Ds ⁴
	----- % peso -----			kg dm ⁻³
Aspersão móvel	25,30	13,80	19,24	1,06
Aspersão fixa	26,90	15,60	22,58	1,04
Microaspersão	26,50	12,10	19,40	1,08
Microspray	25,00	11,70	19,10	1,12

⁽¹⁾Capacidade de campo e ⁽²⁾Ponto de murcha permanente, ambos determinados com extrator de membranas de Richards a 0,01 e 1,50 mPa, respectivamente; ⁽³⁾Umidade atual, determinada através do método padrão de estufa; ⁽⁴⁾Densidade do solo, determinada pelo método da proveta (EMBRAPA, 1997).

Resultados e discussão

Os valores dos coeficientes de uniformidade dos projetos de irrigação avaliados estão apresentados na Tabela 4.

Os sistemas de irrigação por aspersão apresentaram valores de CUC, CUD e U_s abaixo dos valores recomendados na literatura (MANTOVANI, 2001), o

que é considerado inadequado para as culturas em estudo (BERNARDO *et al.*, 2006). Esses resultados corroboram com os encontrados por Martins *et al.* (2011b) no sul do Espírito Santo, onde todos os sistemas estudados na cultura do milho apresentaram valores de CUC inferiores a 90%. No mesmo trabalho, para o U_s e CUD, apenas 20 e 40% dos sistemas, respectivamente, apresentaram valores considerados bons. Resultados semelhantes foram obtidos em sistema de irrigação por aspersão convencional na

Tabela 4 - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us) dos sistemas de irrigação e as respectivas classificações

Sistema de irrigação	CUC		CUD		Us	
	(%)	Classificação	(%)	Classificação	(%)	Classificação
Aspersão Móvel	59,07	Inaceitável	43,33	Ruim	50,87	Inaceitável
Aspersão Fixa	76,17	Razoável	67,53	Razoável	70,10	Razoável
Microaspersão	90,21	Excelente	85,50	Excelente	87,30	Bom
Microspray	91,18	Excelente	88,04	Excelente	88,15	Bom

região noroeste do Paraná por Souza *et al.* (2008). Quanto maior o valor do CUC, menor é a lâmina de irrigação necessária para alcançar a produtividade máxima. Bernardo *et al.* (2006) afirmam que o CUD é uma medida mais restrita, pois, ao se melhorarem as técnicas de manejo, preocupa-se mais com as plantas que recebem menos água. Geralmente, baixos valores de uniformidade levam a um maior consumo de água e energia elétrica, maior perda de nutriente onde ocorre percolação profunda, ao mesmo tempo em que plantas com déficits hídricos podem aparecer em proporção significativa da área irrigada, diminuindo o rendimento da cultura.

Nos sistemas de irrigação localizada, os valores de CUC e CUD obtidos foram considerados excelentes e o Us bom (MANTOVANI, 2001). No trabalho de Vicente *et al.* (2011), no oeste da Bahia, 43% dos sistemas de irrigação localizada apresentaram valores de CUD acima de 90%. Souza *et al.* (2006) avaliaram dezesseis sistemas de irrigação localizada no norte do Espírito Santo e quinze na região de cerrado de Minas Gerais, obtendo valor médio do CUD de 79,3% e do Us de 82,2%, no primeiro caso, e CUD de 89,4% e Us de 91,0% no segundo caso.

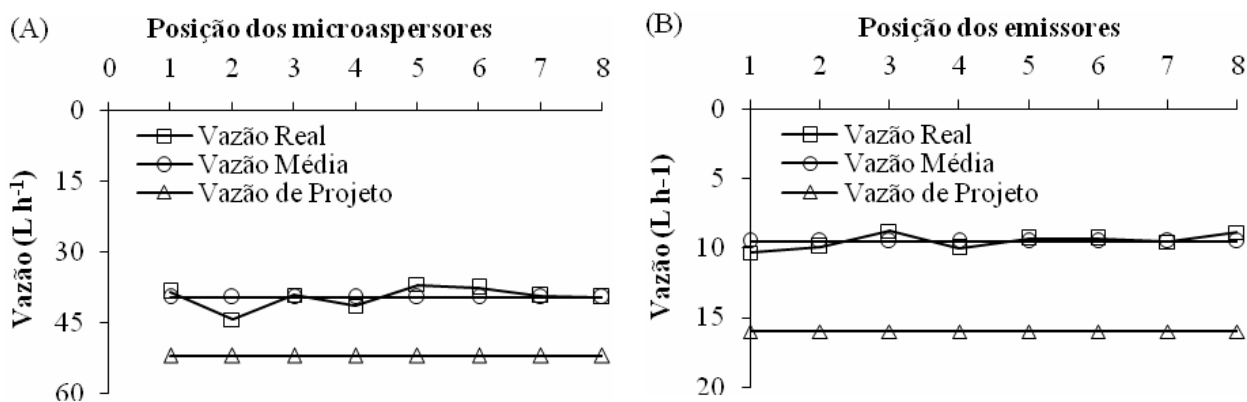
Na Figura 1 estão apresentadas as distribuições de água de acordo com a posição dos emissores na linha

lateral em cada um dos sistemas de irrigação localizada avaliados. Em ambos os casos, a vazão média é menor do que a vazão de projeto.

Os sistemas de irrigação localizada estão funcionando abaixo do previsto no projeto, pelo fato da vazão real e da vazão média serem inferiores à vazão do projeto, o que prejudica o desenvolvimento da cultura, apesar de apresentar boa uniformidade de aplicação de água. Fato semelhante foi observado por Reis *et al.* (2005).

As variações observadas na vazão ao longo da linha lateral podem ser resultado da obstrução de emissores (devido à falta de manutenção e limpeza periódica) (MARTINS *et al.*, 2010; BUSATO *et al.*, 2012). Com a abertura do final das linhas laterais foi possível constatar a presença de argila suspensa na água no interior do sistema.

Nos sistemas de irrigação por aspersão, a lâmina de água aplicada se mostrou relativamente próxima à necessária (Figura 2), com a aplicação de uma lâmina média excessiva na aspersão fixa e deficitária na aspersão móvel. Martins *et al.* (2011a; 2011b) encontraram lâminas de irrigação aplicadas maiores do que a IRN, indicando que todos os projetos aplicavam água em excesso. Por

**Figura 1** - Distribuição de água no sistema de irrigação localizada por microaspersão (A) e microspray (B), de acordo com a posição dos emissores na linha lateral

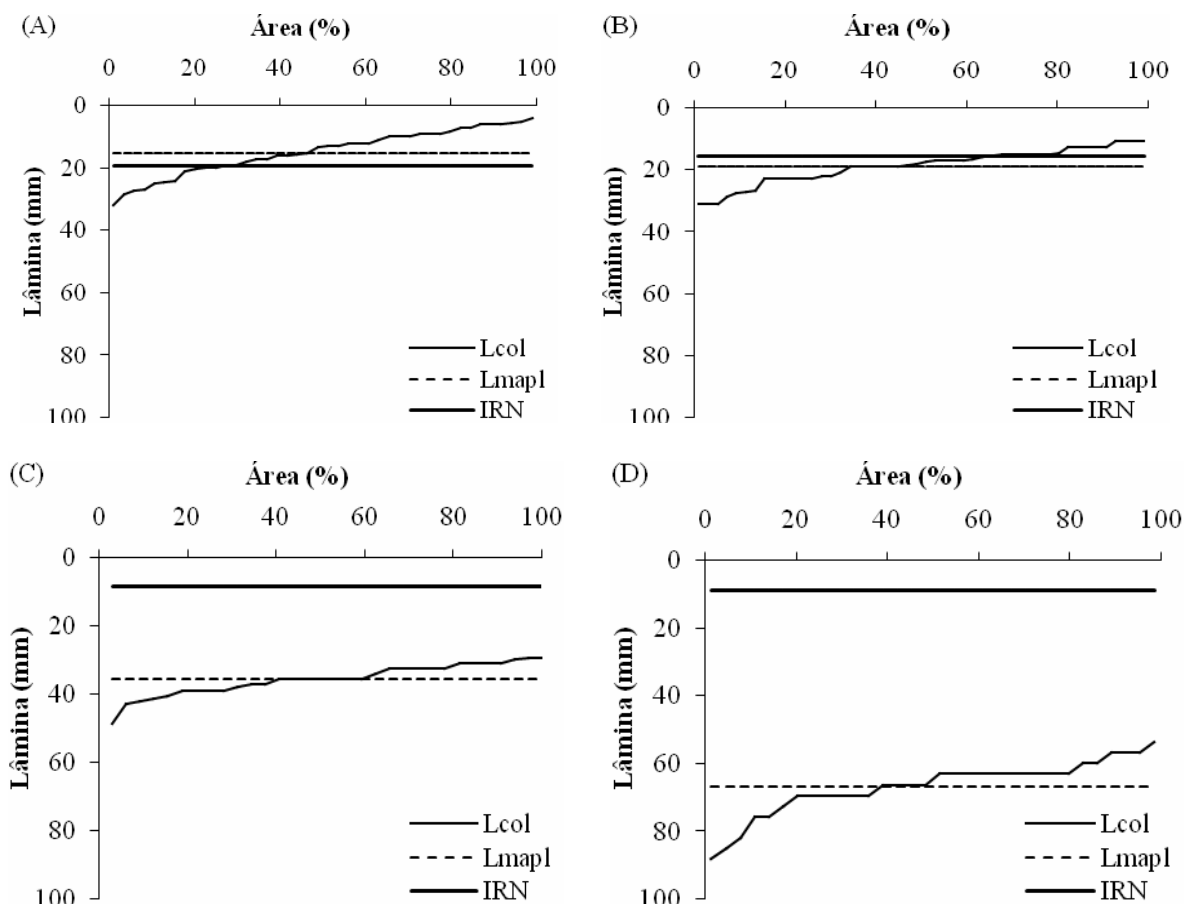


Figura 2 - Lâmina média aplicada (Lmapl), perfil de distribuição de água na área (Lcol) e irrigação real necessária para o desenvolvimento da cultura (IRN) em cada um dos sistemas: aspersão convencional móvel (A), aspersão convencional fixa (B), microaspersão (C) e microspray (D)

outro lado, no trabalho de Souza *et al.* (2008) no noroeste do Paraná, a lâmina aplicada foi inferior à IRN, indicando irrigação deficitária.

Nota-se que a lâmina de água aplicada é muito superior à necessária em ambos os projetos de irrigação localizada (Figura 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Reis *et al.* (2005) no terço inferior da Bacia do Rio Itapemirim (ES), onde todos os sistemas de irrigação por gotejamento avaliados aplicavam água em excesso.

Na microaspersão aplicou-se 35,60 mm de água, enquanto a IRN era de 8,58 mm. Na irrigação por microspray aplicou-se uma lâmina de 66,64 mm, quando a IRN era de 8,72 mm, ou seja, uma lâmina 7,6 vezes maior que a necessária, apesar das excelentes uniformidades de distribuição apresentadas. Os resultados das avaliações dos projetos de irrigação localizada mostram falha na tomada de decisão. Nos dois casos, não estão sendo levados em consideração quando e quanto irrigar, uma vez que estão

sendo aplicadas lâminas muito elevadas, com tempo de irrigação muito maior que o necessário e com baixa frequência, o que resulta em elevadas lâminas percoladas. Essas diferenças entre as lâminas requeridas e aplicadas pelos projetos avaliados existem devido ao inadequado manejo da irrigação.

As práticas de manejo e gestão da irrigação são extremamente importantes, contribuindo para a adequação da irrigação às necessidades da cultura, visando aumentar a produtividade e a eficiência do uso dos fertilizantes (BERNARDO *et al.*, 2006). Por isso, é fundamental avaliar os sistemas de irrigação periodicamente, a fim de melhorar a uniformidade de distribuição, minimizando as perdas de água, energia elétrica e fertilizante.

Conclusões

Os sistemas de irrigação localizada apresentam boa uniformidade de aplicação de água, porém a lâmina

aplicada é excessiva, muito superior à lâmina real necessária às plantas.

Por outro lado, os sistemas de irrigação por aspersão apresentam baixa uniformidade de aplicação de água, no entanto, a lâmina aplicada é mais próxima da adequada. Logo, conclui-se que a avaliação periódica da uniformidade de aplicação de água e a adoção de práticas de manejo são fundamentais, independente do sistema de irrigação.

Literatura científica citada

- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625p.
- BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; REIS, E. F.; BUSATO, C. Dicloroisocianurato na prevenção do entupimento devido ao uso de águas ferruginosas em sistemas de irrigação por gotejamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.1, p.49-56, 2012.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by Sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124p. Bulletin, 670.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, v.27, n.50, p.155-162, 1980.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.
- LUNA, N. R. S.; ANDRADE, E. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; MEIRELES, A. C. M.; AQUINO, D. N. Dinâmica do nitrato e cloreto no solo e a qualidade das águas subterrâneas do distrito de irrigação Baixo Acaraú, CE. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.7, n.1, p.53-62, 2013.
- MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- MARTINS, C. A. S.; REIS, E. F.; GARCIA, G. O.; RIGO, M. M.; ARAÚJO, G. L. Análise de sistemas de irrigação por aspersão convencional no Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.5, n.3, p.235-244, 2011a.
- MARTINS, C. A. S.; REIS, E. F.; PASSOS, R. R.; GARCIA, G. O. Desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Idesia**, v.29, n.3, p.65-74, 2011b.
- MARTINS, C. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; REIS, E. F. Aplicação de cloro orgânico no tratamento de tubogotejador utilizado na irrigação com água ferruginosa. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v.32, n.1, p.1-5, 2010.
- REIS, E. F.; BARROS, F. M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. **Engenharia na Agricultura**, v.13, n.2, p.74-81, 2005.
- SILVA, A. C.; TEODORO, F. E. R.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.387-394, 2008.
- SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A.; RODRIGUES, L. N. Proposição de um modelo matemático para a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.741-748, 2004.
- SOUSA, M. B. A.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, J. G. F.; VICENTE, M. R.; VIEIRA, G. H. S.; SOARES, A. A. Manejo da irrigação na cafeicultura irrigada por pivô central nas regiões norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia. **Bioscience Journal**, v.27, n.4, p.581-590, 2011.
- SOUZA, E. A. M.; SOUZA, P. C.; BOAS, M. A. V. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo e gotejamento em vila rural. **Irriga**, v.13, n.1, p.47-62, 2008.
- SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS, P. S. L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.541-548, 2006.
- VICENTE, M. R.; MANTOVANI, E. C.; FERNANDES, A. L. T.; VIEIRA, G. H. S.; SEDIYAMA, G. C.; FIGUEREDO, E. M. Análise técnica dos sistemas de irrigação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) na região oeste da Bahia. **Coffee Science**, v.6, n.2, p.147-158, 2011.
- VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, J. G. F.; RAMOS, M. M.; SILVA, C. M. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.1-6, 2004.