

Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro

Efficiency and uniformity of a drip irrigation system in the coffee crop

Rogério Rangel Rodrigues^{1(*)}

Marília Poton Arcobeli Cola²

Aline Azevedo Nazário³

José Maria Gonçalves de Azevedo⁴

Edvaldo Fialho dos Reis⁵

Resumo

A determinação da uniformidade e da eficiência de aplicação de água pelos sistemas de irrigação deve ser analisada após a implantação do sistema de irrigação no campo, bem como a cada período de uso, visando à racionalização e a otimização no uso da água. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento, quanto à uniformidade e a eficiência de aplicação da água na cultura do cafeeiro Conilon Vitória, no município de Alegre, Sul do Estado do Espírito Santo. O experimento foi conduzido em uma área de 2,0 ha cultivado com o cafeeiro Conilon, com espaçamento de 2,5 m x 1,0 m, em que cada fileira de planta possui uma linha lateral de polietileno com 22 m de comprimento e 19 mm de diâmetro, contendo 01 emissor por planta com espaçamento de 1,0 m entre emissores. Conclui-se que a análise conjunta dos coeficientes de uniformidade é essencial para avaliar o desempenho de sistemas de irrigação. A eficiência de aplicação de água está 20,13% abaixo do valor recomendado para sistema de irrigação por gotejamento. O projeto de irrigação avaliado apresenta uniformidade de aplicação de água dentro do aceitável, acima de 60%, porém, a

1 Engenheiro Agrônomo; Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, UFES; Endereço: Caixa Postal: 16, CEP: 29500-000, Alegre, Espírito Santo, Brasil; E-mail: rogeriorr7@hotmail.com (*) Autor para correspondência.

2 Engenheira Agrônoma; Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, UFES; Endereço: Caixa Postal: 16, CEP: 29500-000, Alegre, Espírito Santo, Brasil; E-mail: marilia_agronomia@yahoo.com.br

3 MSc.; Engenheira Agrônoma; Doutoranda em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP; Endereço: Avenida Cândido Rondon, 501, CEP: 13083-875, Campinas, São Paulo, Brasil; E-mail: aline.a.n@hotmail.com

4 MSc.; Engenheiro Agrônomo; Servidor Público do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, IFES; Endereço: BR-482, km 11, CEP: 29500-000, Alegre, Espírito Santo, Brasil; E-mail: jmgazevedo@ifes.edu.br

5 Dr.; Engenheiro Agrícola; Professor do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal do Espírito Santo, UFES; Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq; Endereço: Caixa Postal, 16, CEP: 29500-000, Alegre, Espírito Santo, Brasil; E-mail: edreis@cca.ufes.br

Recebido para publicação em 28/04/2012 e aceito em 19/03/2013

Ambiência Guarapuava (PR) v.9 n.2 p. 323 - 334 Maio/Ago. 2013 ISSN 1808 - 0251
DOI:10.5777/ambiencia.2013.02.07

lâmina aplicada no período avaliado é 39,11% superior à lâmina real necessária à cultura irrigada, constatando aplicação excessiva de água pelo sistema de irrigação.

Palavras-chave: cafeeiro; uniformidade e eficiência de aplicação de água.

Abstract

The determination of the uniformity and efficiency of water application by irrigation systems should be reviewed after the implementation of the irrigation system in the field, and each period of use, aiming at the rationalization and optimization of water use. Thus, this study aimed to evaluate the performance of a system of drip irrigation, for uniformity and efficiency of water application in coffee Conilon Victory in the municipality of Alegre, southern state of Espírito Santo. The experiment was conducted in an area of 2.0 ha cultivated with coffee Conilon, with spacing of 2.5 m x 1.0 m, where each row of plant has a lateral line of polyethylene with 22 m long and 19 mm diameter, containing 01 per plant with emitter spacing of 1.0 m between emitters. It is concluded that the joint analysis of the uniformity coefficient is essential to evaluate the performance of irrigation systems. The water application efficiency is 20.13% below the recommended value for drip irrigation system. The irrigation project has evaluated uniformity of water within the acceptable above 60%, but the amount of water applied during the evaluation period is 39.11% higher than the actual depth necessary for the irrigated crop, noting excessive application of water through the system irrigation.

Key words: coffee; uniformity and efficiency of water application.

Introdução

A cultura do cafeeiro tem uma destacada importância no desenvolvimento econômico e social, propiciando um aumento de divisas e um desenvolvimento regional acentuado. O Brasil é o maior produtor mundial desse produto agrícola, tendo como maiores concorrentes o Vietnã e a Colômbia (NEHMI et al., 2000).

A cafeicultura constitui uma das mais importantes atividades agrícola do país desde o século passado, e até poucos anos foi explorada quase exclusivamente em áreas não irrigadas. As mudanças no perfil da cafeicultura brasileira na última década potencializaram a busca de sistemas

altamente tecnificados, que incorporam avanços técnicos e uma gestão empresarial, tanto a nível de pequenos quanto de grandes cafeicultores, proporcionando as regiões com estiagem prolongadas a incorporação do plantio de café, tanto para *Coffea arabica* quanto para *Coffea canephora*. Dentre estes avanços, destaca-se a utilização da irrigação, que pode proporcionar menores riscos e maior eficiência na utilização e aplicação de insumos, além de maior produtividade e melhor qualidade do produto (MANTOVANI, 2000).

De acordo com Mantovani e Soares (2003), a irrigação em cafeeiros já é uma prática bastante recomendada na maioria das regiões produtoras do País; estimativas indicam que a

cafeicultura irrigada já ocupa cerca de 8 a 10% da cafeicultura brasileira, totalizando 200.000 ha, distribuídos principalmente nos estados do Espírito Santo (60 a 65%), Minas Gerais (20 a 25%) e Bahia (10 a 15%).

O uso da técnica de irrigação, por gotejamento superficial ou subsuperficial, em cafeeiros acarreta produção significativamente superior aos cafeeiros não irrigados (VICENTE et al., 2003). Na ausência da prática da irrigação em áreas onde o déficit hídrico chega a comprometer a produção, o país deixaria de produzir de 2 a 2,5 milhões de sacas beneficiadas por ano (SANTINATO et al., 1996).

De acordo com Christofidis (2004), apenas 5,5% da área cultivada no Brasil é irrigada, representando cerca de 3.630.000 ha, porém é responsável por 35% da produção nacional. A irrigação localizada, até o ano de 2004, ocupava uma área de 390.000 ha, ou seja, 11% da área irrigada no Brasil.

Em nosso país, a introdução do método de irrigação por gotejamento, como fonte complementar de dotação hídrica, principalmente nos estados da Região Sul e Sudeste, tem apresentado uma série de características altamente favoráveis como: aproveitamento de pequenos mananciais hídricos; maior eficiência operacional; economia de água, pois propicia disponibilidade direta da água para a planta; e, além disso, a superfície molhada é menor, pois a água penetra no solo formando um bulbo molhado, possibilitando umidade necessária ao desenvolvimento da planta. Ao reduzir o volume de solo molhado, a irrigação por gotejamento caracteriza-se também pela alta frequência (turno de rega de um a quatro dias), fazendo com que o solo mantenha-se sempre próximo da capacidade de campo (BERNARDO, 1995).

Como a irrigação é responsável por grande parte da água consumida no Brasil e no mundo, a seleção de sistemas de irrigação mais eficientes é essencial para economia de água. Da quantidade de água que é aplicada ao solo, apenas uma pequena parte é absorvida e aproveitada pelas culturas, pois, normalmente ocorrem perdas por vazamentos e percolação profunda, dependendo do manejo adotado e da uniformidade de aplicação de água dos sistemas (SILVA; SILVA, 2005). Por isso, torna-se necessário a determinação da uniformidade de aplicação ou distribuição de água em qualquer sistema de irrigação.

Segundo Ortega et al. (2004), a desuniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação reduz o retorno econômico que se pode obter em áreas irrigadas e aumenta o impacto ambiental dessa atividade, em função da redução na produtividade das culturas irrigadas e do desperdício de água, energia e fertilizantes. Por isso, o volume de água aplicado deve completar as precipitações insuficientes, otimizando a umidade do solo, e deve evitar perdas vegetativas e produtivas da cultura sem alterar as propriedades físicas e químicas do solo (CORDEIRO, 2006).

Segundo Keller e Bliesner (1990), o conceito de eficiência de irrigação abrange dois aspectos básicos: a uniformidade de aplicação e as perdas, que podem ocorrer durante a operação do sistema. Para que a eficiência possa atingir valores altos, é necessário que as perdas durante a operação sejam os menores possíveis e maiores a uniformidade de aplicação e distribuição.

Entretanto, esse parâmetro sozinho não reflete a adequação da irrigação, uma vez que em condições de irrigação muito deficiente ele pode atingir altos valores, levando o irrigante a uma interpretação

errônea sobre o desempenho do sistema de irrigação.

A uniformidade de aplicação de água é um parâmetro usado para medir a variabilidade de água aplicada pelo método de irrigação (BERNARDO et al., 2006). De acordo com Mantovani et al. (2009), a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação é um dos principais parâmetros para o diagnóstico da situação de funcionamento do sistema, sendo, inclusive, um dos componentes para determinação do nível de eficiência no qual o sistema trabalha e pelo qual a lâmina aplicada deverá ser corrigida para fornecer água de modo a permitir o pleno desenvolvimento da cultura.

Em sistemas de irrigação localizada, a uniformidade de aplicação de água pode ser expressa por meio de vários coeficientes, destacando-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE) (BERNARDO et al., 2006). Segundo Mantovani et al. (2009), o coeficiente de uniformidade de emissão é o mais utilizado para avaliar o desempenho de sistemas de irrigação localizada, por ser uma medida mais restrita, mas principalmente, porque levam em consideração as plantas que podem receber menor quantidade de água.

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento, quanto à uniformidade e a eficiência de aplicação da água na cultura do cafeeiro Conilon Vitória, no município de Alegre, Sul do Estado do Espírito Santo. Sendo assim, é necessário um programa de manejo onde os dados climáticos interagem com os dados da cultura, do solo e do sistema de irrigação propiciando a otimização da utilização da água de irrigação e conseqüentemente a diminuição do custo de produção.

Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido na propriedade do Sr. Leandro Barbosa Quadros, situada em Água Limpa – Alegre (ES). A avaliação do projeto de irrigação localizada por gotejamento foi realizada no dia 09 de novembro de 2010, em uma lavoura de café conilon Vitória com dois anos de idade, ocupando uma área de 2 ha, e com cinco setores de irrigação, sendo operado por gravidade. O espaçamento entre linha de planta é de 2,5 metros e entre plantas é de 1,0 metro. Cada fileira de planta possui uma linha lateral de polietileno com 22 metros de comprimento e 19 mm de diâmetro, contendo 01 emissor por planta com espaçamento de 1,0 metro entre emissores.

A vazão real dos emissores foi medida de acordo com a metodologia de Keller e Karmeli (1975), com modificação proposta por Denículi et al. (1980) e apresentada por Mantovani et al. (2009), para avaliar a uniformidade de aplicação de água do projeto de irrigação localizada. Essa metodologia consiste na coleta de vazões de oito emissores em quatro linhas laterais, ou seja, a primeira lateral, a linha lateral situada a 1/3 da origem, a situada a 2/3 e a última linha lateral de cada unidade operacional do projeto de irrigação em estudo. Em cada uma das linhas laterais, foram selecionados oito emissores (o primeiro emissor, o situado a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 do comprimento da linha lateral e o último emissor).

Para as medidas de pressão de serviço do sistema utilizou-se um manômetro de Bourdon graduado de 0 a 6 bar, acoplado na saída dos emissores, devido à impossibilidade encontrada em campo de acoplá-lo no início das linhas laterais, pois as linhas de derivação se encontravam enterradas .

Em cada uma dessas linhas laterais, foram retiradas amostras de solo próximo a três plantas, sendo a primeira planta da linha lateral, uma planta situada no meio e a última planta da linha lateral. Os pontos de coleta de solo foram tomados a cerca de 0,15 m do emissor, sendo as amostras retiradas, imediatamente, antes da irrigação, na profundidade de 0,00 - 0,25 m e levadas em recipientes vedados para o laboratório, para determinação da umidade atual do solo pelo método Termogravimétrico (estufa), conforme preconizado pela Embrapa (1997).

Simultaneamente à determinação da umidade do solo, foram coletadas duas sub-amostras em cada um dos locais amostrados, que depois foram misturadas, a fim de formar uma amostra composta para a determinação da densidade do solo pelo Método da Proveta,

da umidade do solo na capacidade de campo à tensão de 0,01MPa e da umidade do solo no ponto de murcha permanente à tensão de 1,5 MPa, com o auxílio do Extrator de Richards, preconizado por Embrapa (1997).

A uniformidade de aplicação de água foi estimada, utilizando-se a vazão de cada emissor avaliado, em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE) do Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us), determinados pelas Equações 1, 2 e 3, respectivamente descritas por Bernardo et al. (2006) e Mantovani et al. (2009).

A interpretação dos valores dos coeficientes de uniformidade (CUC, CUE e Us) baseou-se na metodologia apresentada por Mantovani (2001) que está apresentada no quadro 1.

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{Nq_m} \right] \quad (1)$$

em que:

q_i = vazão de cada emissor, L h⁻¹;
 q_m = vazão média dos emissores, L h⁻¹; e
 N = número de emissores.

$$CUE = (q_{25\%}/q_m) \cdot 100 \quad (2)$$

em que:

$q_{25\%}$ = média de 25% dos menores valores de vazões observadas, L h⁻¹;
 q_m = média de todas as vazões coletadas, L h⁻¹.

$$U_s = 100 (1 - CV_q) = 100 [1 - (S_q/q_m)] \quad (3)$$

em que:

U_s = coeficiente de uniformidade estatística;
 CV_q = coeficiente de variação da vazão do emissor;
 S_q = desvio padrão da vazão do emissor.

Quadro I - Classificação dos valores do desempenho de sistemas de irrigação localizada em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE) e do Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us)

CLASSE	CUC (%)	CUE (%)	Us (%)
Excelente	>90	>84	>90
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).

De posse dos resultados das análises físicas e hídricas do solo do projeto em estudo, foi calculada a lâmina de irrigação real necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo.

A lâmina de irrigação real necessária a ser aplicada para elevar o teor de umidade do solo à capacidade de campo foi calculada utilizando-se a equação 4 descrita por Mantovani et al. (2009).

$$IRN \leq (C_c - P_m) \cdot 10^{-1} \cdot D_s \cdot f \cdot Z \cdot E_{To} \cdot K_c \cdot 0,1 \cdot \sqrt{P} \quad (4)$$

em que:

IRN = irrigação real necessária, mm;
 C_c = capacidade de campo, % em peso;
 PMP = ponto de murcha permanente, % em peso;
 D_s = densidade do solo, g/cm³;
 f = fator de disponibilidade d'água no solo (f < 1);
 Z = profundidade efetiva do sistema radicular, cm;
 E_{To} = evapotranspiração de referência, em mm por dia⁻¹;
 K_c = coeficiente da cultura;
 P = percentagem de área molhada (PAM) ou percentagem da área sombreada (PAS), em relação à área total irrigada, prevalecendo o maior valor.

A profundidade efetiva do sistema radicular das culturas irrigadas para determinação da lâmina de irrigação real necessária foi definida a partir de valores citados por Bernardo et al. (2006) e Mantovani et al. (2009), sendo confirmados em campo através de observações.

Para estimar a evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹) pelo método padrão de referência, método de Penman-Monteith FAO boletim 56 (ALLEN et al., 1998), utilizaram-se os dados climáticos referentes ao período de avaliação do projeto de irrigação em estudo, obtidos via plataforma

de coleta de dados (PCD's) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (CPTEC/INPE, 2010). O coeficiente da cultura (k_c) foi determinado em função do estágio de desenvolvimento da cultura de acordo com a metodologia apresentada por Bernardo et al. (2006).

Após, a determinação da IRN, determinou-se a lâmina aplicada e a perda por percolação durante a irrigação por meio da equação 5 e 6, respectivamente, descrita por Mantovani et al. (2009).

$$L_{\text{apli}} = (Q_e \cdot T)/A \quad (5)$$

Em que:

L_{apli} = lâmina aplicada média, mm;

Q_e = vazão média do emissor, L h⁻¹;

T = tempo, h;

A = área representada por emissor, m².

$$P_{\text{per}} = 100 \cdot L_{\text{per}} \cdot \text{IRN}^{-1} \quad (6)$$

Em que:

P_{per} = perdas por percolação, %; e

L_{per} = lâmina percolada, mm.

Resultados e discussão

As análises físicas do solo (densidade do solo, umidade atual do solo e umidade do solo à capacidade de campo) (Tabela 1) foram realizadas no Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) localizado no

Núcleo de Estudo e Difusão de Tecnologia (NEDTEC) no município de Jerônimo Monteiro (ES).

Os valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE) e do Coeficiente de uniformidade estatística (Us), bem como a classificação dos coeficientes do sistema de irrigação localizada, estão apresentados na tabela 2.

Tabela 1 - Valores de capacidade de campo (Cc), ponto de murcha (Pm) e densidade do solo (Ds)

Cc (% peso)	Pm (% peso)	Ds (g.cm ⁻³)
23,8	10,0	1,1

Fonte: Autores (2012).

Tabela 2 - Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE) e do Coeficiente de uniformidade estatística (Us) e as classificações dos coeficientes, do sistema de irrigação localizada

CUC		CUE		Us	
(%)	Classe	(%)	Classe	(%)	Classe
90,40	Excelente	83,31	Bom	88,15	Bom

Fonte: Autores (2012).

O sistema de irrigação avaliado apresenta resultado satisfatório de uniformidade para o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC). Verifica-se também que o CUE é inferior

ao CUC. Segundo López et al. (1992), isso ocorre porque o primeiro coeficiente da um tratamento mais rigoroso a problemas de distribuição de água, que ocorrem ao longo da linha lateral.

O CUE apresentou valor de 83,31%, considerado bom para sistema de irrigação localizada. Os resultados obtidos corroboram com o trabalho de Macedo et al. (2010) e Martins (2009), avaliando sistema de irrigação localizada, encontraram resultados semelhantes.

Souza et al. (2009) avaliando vários sistemas em comunidades agrícolas do Ceará, encontraram CUD médio de 87%, segundo o mesmo autor a grande variação, de 62 a 95% encontrado por ele do CUD nos sistemas de irrigação, ocorreu devido ao processo artesanal de montagem, linhas laterais em declive, falta de limpeza dos filtros, altura do reservatório e a topografia do terreno, que também influenciaram na uniformidade.

O valor de Us que foi de 88,15%, classificado como bom de acordo com Mantovani (2001). Souza et al. (2006), avaliando sistema de irrigação por gotejamento, utilizado na cafeicultura, obteve resultados de Us entre 80% e 90% para alguns sistemas de irrigação avaliados.

De acordo com Bernardo et al. (2005), após a instalação do sistema de irrigação e durante o primeiro ciclo, fazem-se necessárias à análise e a calibração do sistema, a fim de possibilitar sua implementação, de modo que as demais irrigações sejam conduzidas com eficiência. Tal prática, entretanto, não foi realizada, o que pode ter interferido nos resultados de uniformidade de aplicação de água. A melhoria da uniformidade pode ser obtida por meio da adoção de práticas de manejo, como limpeza periódica mais criteriosa do sistema de filtragem, possibilitando maior pressão nos pontos de emissão, assim como desentupimento dos gotejadores e limpeza das linhas laterais.

Na figura 1, apresentam-se os dados da vazão do projeto do sistema de irrigação avaliado, neste, a vazão média aplicada

(7,8 L h⁻¹) é inferior à vazão do projeto (12 L h⁻¹), este fato pode ser decorrente do entupimento dos emissores, pelo fato de não existir manutenção com maior frequência no sistema de irrigação. Assim, o projeto esta funcionando abaixo do esperado, pelo fato da vazão real ser inferior à vazão do projeto, o que prejudica o desenvolvimento e o rendimento das culturas. Resultados semelhantes foram encontrados por Reis et al. (2005), avaliando o desempenho de sistema de irrigação por gotejamento.

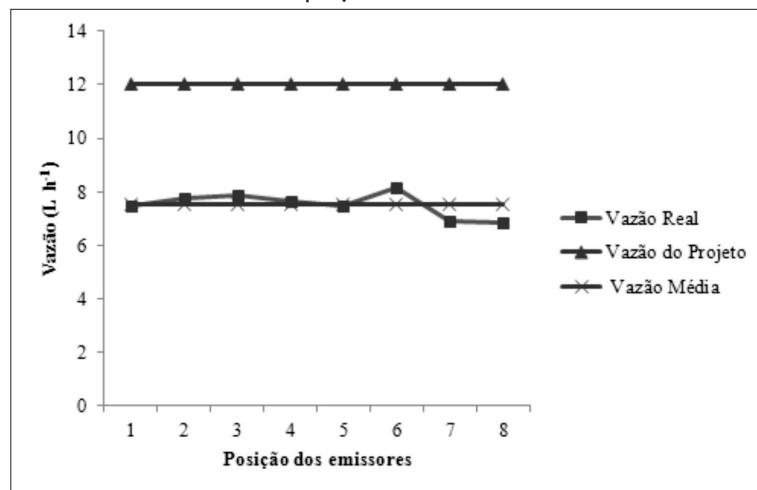
O sistema de irrigação avaliado apresenta um filtro no cabeçal de controle do sistema de irrigação, porém, a falta de manutenção periódica pode ser uns dos motivos da vazão desuniforme do sistema analisado. O sistema de irrigação avaliado não utiliza emissores autocompensadores, o que favorece para a discrepância entre as vazões analisadas.

O diâmetro reduzido dos emissores dos sistemas de irrigação localizada, menores que 0,7 mm, favorecem o entupimento dos gotejadores, contribuindo para a redução da uniformidade de aplicação da água.

Na tabela 3, estão apresentados os valores de irrigação real necessária na umidade atual do solo (IRN- U_{atual}), lâmina aplicada (L_{apl}), lâmina armazenada no solo (L_{arm}), lâmina percolada (L_{per}), e eficiência de aplicação (E_a).

Observa-se que a lâmina de irrigação aplicada (L_{apl}) é maior que a lâmina real necessária para a umidade atual do solo antes da irrigação (IRN na U_{atual}), isso indica que o projeto em estudo aplica água em excesso, favorecendo a percolação de 39,11% da lâmina aplicada, apresentando, portanto, um dimensionamento pouco adequado. Resultados semelhantes foram obtidos por MARTINS (2009) em um sistema de irrigação por microaspersão em área cultivada com laranja na região Sul capixaba.

Figura 1 - Distribuição de água na linha lateral em função da posição dos gotejadores na linha lateral, vazão real, vazão do projeto e vazão média



Fonte: Autores (2012).

Tabela 3 - Irrigação real necessária na umidade atual do solo (IRN-U atual), lâmina aplicada (Lapl), lâmina armazenada (Larm), perdas por percolação (Pper) e eficiência de aplicação (Ea)

IRN (U atual)	Lapl	Larm	Pper	Ea
-----mm-----				-----%-----
11,48	15,97	11,48	39,11	71,88

Fonte: Autores (2012).

Reis et al. (2005), avaliando sistemas de irrigação por gotejamento na bacia do rio Itapemirim, Espírito Santo, observaram-se que houve aplicação excessiva de água em todos os projetos analisados, alcançando valores de 118% de perda de água.

Quanto à eficiência de aplicação de água (Ea), verificam-se valores baixos, 71,88%, ou seja, valores abaixo do valor recomendado pela literatura para sistemas de irrigação localizada, que é de 90%. Resultados semelhantes foram encontrados por Medeiros (2002) e Medeiros et al. (2003), encontrando valores menores que 64,4%.

Podem-se obter altos índices de Ea empregando-se um correto manejo de irrigação e equipamentos adequados. Rigo

(2011), em sistema de irrigação localizada, no Sul do Estado do Espírito Santo, também encontrou valores semelhantes de Ea.

Um correto manejo de irrigação, com determinação da lâmina de irrigação necessária em cada irrigação, impediria a ocorrência das perdas de água observada, possibilitando um ajuste desse parâmetro para níveis mais aceitáveis, conforme afirma Bonomo (1999).

Conclusão

Conclui-se que a análise conjunta dos coeficientes de uniformidade é essencial para avaliar o desempenho de sistemas de irrigação. O projeto de irrigação avaliado apresenta satisfatória uniformidade de aplicação de

água para todos os coeficientes de distribuição de água. No entanto, a eficiência de aplicação de água do sistema avaliado é considerada baixa, sendo explicada pela ausência do manejo da irrigação na área estudada.

A lâmina aplicada no período avaliado é superior a lâmina real necessária

à cultura irrigada, aplicando-se água em excesso.

A melhoria do desempenho sistema de irrigação avaliado pode ser obtida por meio da adoção de práticas de manejo, como limpeza periódica do sistema de filtragem, dos emissores e das linhas laterais.

Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Rome: FAO, 1998. 301 p. FAO Irrigation and Drainage. Boletim 56.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 657 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. 1999. 224 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 1999.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS (CPTEC/INPE). **Boletins por região e para as capitais do Brasil e do mundo**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

CHRISTOFIDIS, D. **Irrigação no Mundo e no Brasil**. Brasília: ABIMAQ/CSEI. 2004. Disponível em: <www.pivotvalley.com.br/mundo_e_brasil.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2010.

CORDEIRO, E. A. **Diagnóstico e manejo da irrigação na cultura do mamoeiro na região norte do Estado do Espírito Santo**. 2006. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. Rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649 p.

LÓPEZ, R. J.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 405 p.

MACEDO, A. B. M.; GOMES FILHO, R. R.; LIMA, S. C. R. V.; VALNIR JÚNIOR, M.; CAVALCANTE JÚNIOR, J. A. H.; ARAÚJO, H. F. Desempenho Hidráulico de um Sistema de Irrigação por Microaspersão Utilizando dois Tipos de Emissores. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.2, p.82-86, 2010.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2009. p. 358.

MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. **ITEM - Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 48, p. 45-49, 2000.

MANTOVANI, E. C. **Avalia**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa: UFV, 2001.

MARTINS, C. A. da S. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação em áreas cultivadas no Sul do Estado do Espírito Santo**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2009.

MEDEIROS, S. de S. **Indicadores para gerenciamento do uso da água no perímetro irrigado de Pirapora, MG**. 2002. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 2002.

MEDEIROS, S. de S.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M. Avaliação do manejo de irrigação no Perímetro Irrigado de Pirapora, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 80-84. jan./abr. 2003.

NEHMI, I. M. D.; FERRAZ, J. V.; NEHMI FILHO, V. A.; SILVA, M. L. M. **Agriannual 2001**. São Paulo: Oeste Gráfica, 2000. 544 p.

ORTEGA ÁLVAREZ, J.; TARJUELO MARTIN-BENITO, J.; DE JUAN VALERO, J.; CARRIÓN PÉREZ, P. Uniformity distribution and its economic effect on irrigation management in semiarid zones. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 130, n. 4, p. 257-268, 2004.

REIS, E. F.; BARROS F. M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.2, p.74-81. Abr./Jun., 2005.

RIGO, M. M.; XAVIER, T. M. T.; MARTINS, C. A.; CARACINI, G. U.; REIS, E. F. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na Cultura de *citrus sinensis* L. Osbeck cv. Folha murcha. **Enciclopédia Biosfeta**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.12, 2011.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Arbore, 1996. 146 p.

SILVA, C. A. da; SILVA, C. J. da. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, n. 8, dez. 2005.

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**, Campina Grande, v.10, n.3, p.541-548. 2006.

SOUZA, R. O. R. M.; MIRANDA, E. P.; NASCIMENTO NETO, J. R.; FERREIRA, T. T. S.; MESQUITA, F. P. Irrigação localizada por gravidade em comunidades agrícolas do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p. 34-40, 2009.

VICENTE, M. R.; SOARES A. R.; MANTOVANI E. C.; FREITAS A. R. Efeito da irrigação e do posicionamento dos gotejadores (superficial e subsuperficial) na produtividade de cafeeiros na região do cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DE CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003. Porto Seguro. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2003. p. 124-125.