

DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DA GOIABA

Clayton Moura de Carvalho; Waleska Martins Eloi; Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima; Janeide Maria Guedes Pereira

Departamento de Tecnologia em Recursos Hídricos, Irrigação, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, Juazeiro do Norte, CE, carvalho_cmc@yahoo.com.br

1 RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido na Escola Agrotécnica Federal do Crato-CE, com a finalidade de avaliar o desempenho de um sistema de irrigação localizada tipo gotejamento instalado em uma área cultivada com a cultura da goiaba (*Psidium guajava* L.). Os resultados obtidos mostraram que o sistema avaliado apresentou uma baixa eficiência, de acordo com os valores dos coeficientes de uniformidade e de eficiência de aplicação, que se apresentaram bastante inferiores aos valores recomendados por alguns autores. As diferenças percentuais encontradas entre os valores dos coeficientes de uniformidade calculados na avaliação e os valores estimados pelas equações mostram-se muito baixas, confirmando a validade das equações propostas. Verificou-se uma diferença em torno de 16,56 pontos percentuais entre os valores encontrados da eficiência de armazenamento utilizando os diferentes coeficientes de uniformidade. Recomenda-se realizar avaliações periódicas no sistema em funcionamento, preferencialmente duas vezes ao ano. Com esta avaliação pode-se evitar os problemas acima citados, obtendo-se assim valores de uniformidade e eficiência da aplicação aceitáveis.

UNITERMOS: Avaliação de Sistemas, irrigação localizada, *Psidium guajava* L.

CARVALHO, C. M. de.; ELOI, W. M.; LIMA, S. C. R. V.; PEREIRA, J. de M. G.;
PERFORMANCE OF A DRIPPING IRRIGATION SYSTEM IN A GUAVA
PLANTATION IN CRATO, CE, BRAZIL

2 ABSTRACT

This work was developed at the Federal Agrotechnical University of Crato, CE, Brazil, to evaluate the performance of a dripping irrigation system installed in an area cultivated with guava trees (*Psidium guajava*). Obtained results have shown that the evaluated system presented low efficiency, because its coefficient values for application uniformity and efficiency were quite inferior to the ones recommended by some authors. The percentage differences found between uniformity coefficient values, calculated in this evaluation, and the estimated values from equations were very low, corroborating the validity of proposed equations. There was a 16.56 percentage difference between values found for storage efficiency using different uniformity coefficients. Periodic evaluations of the functioning system should be made, preferably twice a year, in order to prevent and avoid the problems discussed above and, thus, obtain acceptable values for application uniformity and efficiency.

KEYWORDS: Evaluation of Irrigation Systems, localized irrigation, *Psidium guajava* L.

3 INTRODUÇÃO

Dentre as frutíferas a goiaba do gênero *Psidium*, da família *Myrtaceae*, tem amplas possibilidades de consumo nos mercados internos e externos e, por essa razão, sua cultura integra importantes projetos comerciais de fruticultura irrigada no Nordeste brasileiro. No vale do São Francisco, já existe uma área bem expressiva cultivada com a espécie, que se constitui, ademais, numa ótima opção para a diversificação na fruticultura regional.

Segundo Valnir Júnior (2000), vários são os fatores que afetam o desenvolvimento das plantas, onde ressalta-se a água, que em excesso ou escassez, contribui para a diminuição dos rendimentos das culturas sendo assim, o seu manejo racional, um imperativo na maximização da produção agrícola.

A irrigação localizada desponta como uma das contribuições mais promissoras para o desenvolvimento da fruticultura irrigada no Brasil, e mais especificamente no Nordeste, onde a competição futura por água e energia elétrica, principalmente no vale do São Francisco, tenderá a priorizar o emprego de sistemas de irrigação mais eficientes, criando, assim, possibilidades de aumento das áreas irrigadas nessa região (Nascimento et al., 1999). São sistemas com elevado grau de automação, capazes de aplicar produtos químicos dissolvidos na água de irrigação (fertirrigação). Ao mesmo tempo são exigentes de água com boa qualidade e um eficiente sistema de filtragem para reduzir a possibilidade de obstrução dos emissores.

De acordo com Keller & Karmelli (1975), torna-se necessária à realização periódica de avaliações do sistema de irrigação, pois apesar das inúmeras vantagens apresentadas, existem problemas na irrigação localizada, dentre os quais destaca-se a obstrução dos emissores. Esta obstrução é causada por material orgânico em suspensão, por deposição química e por partículas minerais, características hidráulicas, topografia do terreno, pressão de operação, tamanho dos tubos, espaçamento entre emissores, variabilidade de vazão dos emissores e filtragem da água não adequada.

Segundo Howell et al. (1990), os parâmetros que ditam a relação entre água e produtividade potencial da cultura são as frequência de aplicação de água, a quantidade de água aplicada, a uniformidade e a eficiência de aplicação, juntamente com a precipitação. Vermeiren & Jobling (1997) acrescentam que, para auxiliar na avaliação de um sistema no campo, torna-se preciso conhecer alguns valores, como eficiência de aplicação (Ea), coeficiente de uniformidade (CU) e eficiência de armazenamento (Ks).

A partir desses resultados obtidos em uma avaliação do sistema de irrigação, será possível avaliar a adequação do equipamento, relativamente aos requerimentos de água dos cultivos utilizados, bem como a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação. Esses procedimentos visam maximizar a eficiência do sistema. A uniformidade é um indicador da igualdade (ou desigualdade) das taxas de aplicação dentro do diâmetro padrão de um emissor. Para se conhecer o nível de eficiência de um sistema de irrigação é necessário que se façam avaliações sistemáticas. Uma avaliação completa requer a análise de fatores como superfície molhada e a avaliação do funcionamento de acessórios como emissores, filtros, reguladores de pressão e válvulas volumétricas. E com o resultado, caso seja necessário, que se façam ajustes na operação e principalmente no manejo de irrigação (Sousa, 2003).

A obstrução dos emissores afeta a uniformidade de aplicação da água, a qual é avaliada através do coeficiente de uniformidade de distribuição e uniformidade absoluta que dependem

completamente das vazões dos emissores do sistema. À medida que se prolonga o tempo de uso do equipamento no decorrer do ciclo da cultura, aumenta a possibilidade de obstrução dos orifícios, afetando o rendimento da cultura, necessitando, assim, da avaliação da uniformidade de distribuição da água (Sousa, 2003).

O coeficiente de uniformidade é utilizado para medir a uniformidade da quantidade de água aplicada, sendo este valor expresso, muitas vezes, em percentagem. A falta de uniformidade poderá ser causada por diversos fatores, entre eles as diferentes características dos emissores, devido a um insuficiente controle de qualidade; falhas ou incompetência no cálculo do sistema, ou sua operação; outras pressões de serviço, além daquelas projetadas para os tipos de emissores usados; e variações físicas no sistema, que aparecem com o tempo (Sales et al., 2001).

De acordo com Souza et al. (2001), a uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por gotejamento pode ser expressa através de vários coeficientes, destacando-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e a uniformidade estatística (Us) (Bernardo, 1995; Camp et al., 1997; Keller E Karmeli, 1975).

A ABNT (1985) recomenda, no seu projeto de norma 12:02.08-005, a análise da distribuição de água por meio da uniformidade na porção da área irrigada, que recebe menos água. O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) é definido como a medida da distribuição da água que relaciona a quarta parte da área total, que recebe menos água, com a lâmina média aplicada. Segundo Rezende et al. (1998), caso toda a área receba no mínimo a lâmina real necessária, um baixo valor de CUD indica excessiva perda por percolação.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba, utilizando-se os parâmetros do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade absoluta (CUa), coeficiente de uniformidade estatística (Us), Eficiência de aplicação (Ea), coeficiente de variação da vazão dos emissores (cv) e uniformidade de emissão (UE), além da comparação dos valores obtidos em campo com equações de correlação entre os coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade absoluta (CUa) e coeficiente de uniformidade estatística (Us).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de abril a junho de 2004, no Sítio Almécegas localizado a 7°14' de latitude S, 39°25' de longitude W e uma altitude de 442 m, pertencente à Escola Agrotécnica Federal, situada no município de Crato - CE, com a cultura da goiaba variedade Paluma.

Dispondo de um clima onde sua temperatura oscila entre a máxima de 32°C, mínima de 22°C e média de 27°C. A pluviosidade média anual é de 800 mm e nos anos mais invernosos chega a atingir 1.000 mm. O solo predominante na Escola Agrotécnica Federal é de textura areno-argilosa, principalmente Podzólico Vermelho-Amarelo e Latossolo, possuindo uma topografia irregular, acidentada, com uma parte de área pedregosa. A vegetação é constituída por matas e capoeiras, a qual caracteriza bem a transição entre a vegetação encontrada no semi-árido e a Floresta Nacional do Araripe (SANTOS, 2003).

No estudo considerou-se uma área de 0,475 hectare, com declividade inferior a 2%, para fins de avaliação de sistema de irrigação. A área apresenta sistema de irrigação por gotejamento, onde cada fileira de planta possui uma linha de polietileno de 12 mm contendo

quatro emissores por planta no espaçamento de 50 cm em faixa contínua do modelo Katif (emissor fixado na linha lateral) com vazão nominal de 4 L h⁻¹, possuindo um sistema de filtragem por filtros de disco. A cultura irrigada foi um pomar de goiabeiras com 3 anos de idade, plantadas em espaçamentos (5,0 x 5,0) m e com quatro gotejadores por planta.

Os equipamentos usados para medir as vazões dos emissores foram: um cronômetro e uma proveta graduada de 100 ml. Para medir as pressões, foram utilizados: manômetro com unidade em kgf cm² e junções plásticas. Na avaliação foram selecionadas quatro posições na linha lateral sobre a linha de derivação, ou secundária em funcionamento, as quais se encontravam nas seguintes posições: início, a 1/3 da linha secundária; a 2/3 da linha secundária e última linha. Após selecionar as quatro linhas laterais ao longo da linha secundária, foram selecionados quatro pontos ao longo da linha lateral, nas seguintes disposições: primeiro gotejador, gotejador situado a 1/3 do comprimento, gotejador a 2/3 do comprimento e o último gotejador, segundo metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975).

As avaliações das vazões dos emissores por planta foram realizadas nos quatro emissores, com três repetições de coleta para obtenção da média, em um intervalo de tempo de 3 minutos para cada coleta de volumes dos emissores, onde a temperatura média da água foi de 25 °C. Em seguida calculou-se a vazão média correspondente aos dos volumes coletados no intervalo de tempo de 3 minutos, em unidade de L h⁻¹. E, finalmente, mediram-se as pressões na entrada e saída das linhas laterais durante a avaliação.

A coleta dos dados foi realizada no dia 24 de maio de 2004. Através dos dados coletados em campo foram realizados os cálculos para a avaliação do sistema de irrigação, entre eles: coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade absoluta (CUa), uniformidade de emissão do sistema (UE), uniformidade estatística (Us), eficiência de aplicação do projeto (Ea) e o coeficiente de variação da vazão do emissor (cv).

Foi realizada posteriormente uma comparação entre os valores dos coeficientes de uniformidade obtidos na avaliação com os obtidos através das equações de correlação entre os coeficientes propostos por (Favetta et al, 1993).

O conceito de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi originalmente apresentado por Keller & Karmeli (1975), sendo a sua definição baseada na razão entre as vazões mínima e média dos emissores, conforme expresso pela equação 01.

$$CUD = \frac{q_n}{q_a} \times 100 \quad (01)$$

onde: q_n é a média das 25% menores descargas dos emissores, em L h⁻¹; q_a é média das descargas de todos os emissores, em L h⁻¹.

Keller & Karmeli (1974) propuseram uma forma modificada da equação de CUD, denominada uniformidade de emissão absoluta (CUa), que inclui as razões das vazões máxima e mínima dos emissores com a média, sendo expressa pela equação 02.

$$CUa = \left[\frac{\frac{q_n + q_a}{q_a - q_x}}{2} \right] \times 100 \quad (02)$$

onde: q_x é a média das 12,5% maiores vazões observadas, em L h⁻¹.

Bralts (1986) apresentou os critérios relacionados na Tabela 1, para classificação dos valores de CUD e CUa.

Tabela 1: Critérios para classificação de CUD e CUa.

CUD e CUa	classificação
90% ou maior	excelente
80% a 90%	bom
70% a 80%	regular
menor que 70%	ruim

A variação em razão do processo de fabricação é medida pelo coeficiente de variação da vazão (cv):

$$cv = \frac{\left[\left(\sum q_i^2 - n q_a^2 \right) (n-1)^{-1} \right]^{\frac{1}{2}}}{q_a} \quad (03)$$

em que: *cv* é o coeficiente de variação da vazão dos emissores em decimal; q_i é a vazão do emissor e *n* é o número de emissores testados.

Para efeito de dimensionamento, conforme observou Bralts (1986), a equação 01 foi posteriormente modificada e redefinida, de forma a incluir o coeficiente de variação de fabricação e o número de emissores por planta, resultando na equação 04. Para efeito de avaliação em campo prevalece a equação 01.

$$UE = 100 \cdot (1 - 1,27 \cdot e^{-0,5 \cdot cv}) \cdot \left(\frac{q_n}{q_a} \right) \quad (04)$$

onde: *UE* é a uniformidade de emissão; *e* é o número de emissores por planta;

A uniformidade estatística foi primeiramente apresentada por Wilcox & Swailes (1974) na avaliação de equipamentos de irrigação por aspersão, sendo baseada no coeficiente de variação (cv) da lâmina de água aplicada.

De acordo com Bralts et al. (1987), uma abordagem estatística idêntica pode ser feita para os sistemas de irrigação localizada, bastando a substituição das lâminas de água, na conceituação original, pela vazão dos emissores. Esse conceito, aplicado à irrigação localizada, está apresentado nos trabalhos de Bralts (1986), Bralts & Kesner (1983), Bralts et al. (1981, 1982, 1987), Benami & Ofen (1984) e Favetta & Brotel (2001).

O conceito de uniformidade estatística (*Us*) é baseado no coeficiente de variação (CV) das vazões dos emissores, que por sua vez é obtido a partir das estimativas da média e do desvio padrão. Uma vez obtido o coeficiente de variação, foi calculado o valor de *Us*. Essa metodologia permite a avaliação da uniformidade de distribuição tanto de sistemas implantados como também para efeito de dimensionamento, sendo expressa pela equação 05.

$$U_s = 100 \cdot (1 - cv) = 100 \cdot \left(1 - \frac{S_q}{q_a} \right) \quad (05)$$

onde: *Us* é a uniformidade estatística; S_q é o desvio padrão de vazão do emissor.

Segundo Favetta & Brotel (2001), os critérios utilizados para classificação de *Us* são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Critérios utilizados para classificação de Us.

Us	avaliação
90% ou maior	excelente
80% a 90%	muito bom
70% a 80%	regular
60% a 70%	péssimo
menor que 60%	inaceitável

Para o cálculo da eficiência de aplicação, utilizou-se a expressão:

$$Ea = Ks \times CUD \quad (06)$$

em que: Ks é o coeficiente de transmissividade. Para este trabalho utilizou-se o valor de 90%, (onde o Ks desejável está em torno de 85 a 90% segundo Vermeiren & Jobling (1997)).

Favetta et al. (1993) apresentaram equações de correlação entre os CUD, Us e CUa, obtidas através do uso de dados simulados de vazão de emissores. Os resultados mostraram alta correlação entre os coeficientes, sendo apresentadas na Tabela 3 às equações obtidas.

Tabela 3: Equações de correlações entre CUD, Us e CUa citadas por Favetta et al. (1993).

Equação	r
CUD = -37,79586 + Us (1,38450)	0,99815
CUD = -10,30951 + CUa (1,12276)	0,99746
CUa = 9,37365 + CUD (0,88840)	0,99746
CUa = -24,40025 + Us (1,23221)	0,99920
Us = 27,41242 + CUD (0,72094)	0,99815
Us = 19,85654 + CUa (0,81090)	0,99920

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Valores Coletados e Parâmetros Avaliados

Com dados obtidos em campo, observa-se na Tabela 4 que a média das vazões coletadas encontram-se próximas à vazão recomendada pela especificação técnica do fabricante, que é 4 L h⁻¹.

Tabela 4: Valores da média das vazões de todos os emissores (qa), média das 25% menores vazões dos emissores (qn), média das 12,5% maiores vazões dos emissores (qx), Coeficiente de Uniformidade de distribuição (CUD), Coeficiente de uniformidade absoluto (CUa), uniformidade estatística (Us), eficiência de aplicação (Ea), Coeficiente de Variação (cv) e Uniformidade de Emissão (UE).

PARÂMETROS AVALIADOS	VALORES OBTIDOS
qa (L h ⁻¹)	3,64
qn (L h ⁻¹)	2,48
qx (L h ⁻¹)	4,71
CUD (%)	68,08
CUa (%)	72,68
Us (%)	76,19
Ea (%)	61,28
cv (%)	23,81
UE (%)	57,79

5.2 Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

O valor encontrado do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi igual a 68,08% sendo classificado de acordo por Bralts (1986) como ruim segundo valores citados na Tabela 1.

Este mesmo valor do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) encontra-se classificado como regular de acordo com os valores recomendados por ASAE (1996), citados na Tabela 5.

Tabela 5: Processo de comparação do CUD e do CUE para verificação do grau de aceitabilidade, segundo ASAE (1996).

Grau de Aceitabilidade	CUE	CUD
Excelente	100 - 95	100 – 94
Bom	90 - 85	87 – 81
Regular	80 - 75	75 – 68
Ruim	70 - 65	62 – 56
Inaceitável	< 60	< 50

Observa-se que o valor do CUD obtido é o menor entre os valores dos demais coeficientes analisados, porém em sistemas de irrigação localizada, segundo López et al. (1992), ele é o mais usado na avaliação, pois este possibilita uma medida mais restrita, dando maior peso às plantas que recebem menos água.

O valor obtido encontra-se muito abaixo do recomendado sendo que este resultado inferior pode ser atribuído ao entupimento dos emissores observados durante a realização das irrigações, dimensionamento inadequado do sistema, além de refletirem as péssimas condições de operação e conservação. Outro fator que pode está contribuindo para este baixo coeficiente, é relacionado com a variação física do equipamento, devido ao tempo de uso.

5.3 Coeficiente de Uniformidade Absoluta (CUa)

O valor do coeficiente de uniformidade absoluta (CUa) foi igual a 72,68% sendo classificado de acordo por Bralts (1986) como regular segundo valores citados na Tabela 1.

5.4 Eficiência de Aplicação (Ea)

O sistema apresentou uma eficiência de aplicação (Ea) igual a 61,28%, estando bastante inferior ao valor recomendado pela FAO 36 citado por Sousa (2003), que deve está entre 90 a 95%.

Segundo Merriam e Keller (1978) citados por Souza et al. (2001), este valor encontra-se na faixa de péssima uniformidade, sendo considerada inaceitável.

Esta baixa eficiência deve-se a obstrução dos emissores, cortes nas mangueiras e vazamento em conexões, o que pôde ser verificada durante a avaliação, pois não eram realizadas manutenções periódicas para garantir o seu bom funcionamento.

5.5 Uniformidade de Emissão (UE)

Encontrou-se uma uniformidade de emissão (UE) igual a 57,79%, estando bastante inferior aos valores recomendados por Pizarro (1990) segundo Tabela 6, que deve está entre 90 a 95%, considerando que a topografia do terreno encontra-se com declividade em torno de 2% e a cultura com espaçamento de 5 m, num clima árido.

Tabela 6: Valores recomendados de UE, segundo o espaçamento dos emissores, topografia do terreno e tipo de clima (PIZARRO, 1990).

Emissores	Declividade	UE	
		Clima árido	Clima úmido
Espaçamentos mais de 4m em culturas permanentes	Uniforme ($i \leq 2\%$)	0,90 – 0,95	0,80 – 0,85
	Uniforme ou ondulada ($i > 2\%$)	0,85 – 0,90	0,75 – 0,80
Espaçados menos de 2,5 m em culturas permanentes ou semi-permanentes	Uniforme ($i \leq 2\%$)	0,85 – 0,90	0,75 – 0,80
	Uniforme ou ondulada ($i > 2\%$)	0,80 – 0,90	0,70 – 0,80

Dentre outros fatores pode-se verificar elevado valor do coeficiente da vazão dos emissores que comprovaram a baixa uniformidade do sistema.

5.6 Uniformidade Estatística (Us)

O valor encontrado da uniformidade estatística (Us) foi 76,19% sendo classificado de acordo por Favetta & Brotel (2001) como regular segundo valores citados na Tabela 2.

5.7 Comparação de Valores Obtidos de CUD, CUa e Us com Equações de Correlação

Tendo como base os valores obtidos de CUD, CUa e Us iguais a 68,08%, 72,08% e 76,16%, respectivamente, realizou-se uma comparação de seus valores com os valores obtidos através das equações de correlação citadas na Tabela 3 segundo Favetta et al. (1993).

Tabela 7: Valores estimados por equações e valores calculados na avaliação do sistema

Método estimado	Método	Valor estimado	Valor calculado na avaliação	Diferença	Percentagem de diferença do valor calculado
Us	CUD	67,69	68,08	-0,39	-0,57
CUa	CUD	71,29		3,21	4,72
CUD	CUa	69,86	72,08	-2,22	-3,08
Us	CUa	69,48		-2,60	-3,61
CUD	Us	76,50	76,16	0,34	0,45
CUa	Us	78,79		2,63	3,45

Os valores estimados pelas equações propostas e os obtidos pela aplicação convencional de cada método na avaliação do sistema são apresentados na Tabela 7, tendo as diferenças entre eles oscilado de -2,60 a 3,21, ou seja, houve uma variância de -3,61 a 4,72% dos valores calculados.

Concordando com Favetta e Brotel (2001) para a aplicação dos valores de uniformidade como referência do que está ocorrendo com os sistemas de irrigação localizada ao longo de seu uso, as diferenças percentuais encontradas mostram-se muito baixas, confirmando a validade das equações propostas, e viabilizando a comparação entre resultados de uniformidade dos três diferentes métodos, através da estimativa desses coeficientes de uniformidade a partir de um dos mesmos previamente conhecido.

5 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que o sistema avaliado apresentou uma baixa eficiência, de acordo com os valores dos coeficientes de uniformidade e de eficiência de aplicação, que se apresentaram bastante inferiores do recomendado por alguns autores.

O uso das equações de estimativa dos coeficientes analisadas mostra-se bastante interessante na avaliação pós-implantação de sistemas de irrigação, identificando diferentes coeficientes de uniformidade (coeficientes de uniformidade de distribuição, coeficiente de uniformidade absoluta e uniformidade estatística) a partir de um único método conhecido com diferenças percentuais insignificantes entre os mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de irrigação por aspersão pivô-central, caracterização de desempenho do método de ensaio:** projeto de normas. Rio de Janeiro, 1985. 22p.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Field evaluation of microirrigation systems.** St. Joseph, 1996. p.792-797.

BENAMI, A.; OFEN, A. **Irrigation engineering.** Haifa: Irrigation Engineering Scientific Publications, 1984. 257 p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1995. 657 p.

BRALTS, V.F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.) **Trickle irrigation for crop production.** Amsterdam: Elsevier, 1986. p.216-240. (Development in Agricultural Engineering, 9).

BRALTS, V.F.; EDWARD, D.M.; WU, I.P. Drip irrigation design and evaluation based on statistical uniformity concept. In: HILLEL, D. (Ed). **Advances in irrigation.** Orlando: Academic Press, 1987. v.4, p.67-117.

BRALTS, V.F.; KESNER, C.D. Drip irrigation field uniformity estimation. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.26, p.1369-1374, 1983.

BRALTS, V.F.; WU, I.P.; GITLIN, H.M. Drip irrigation uniformity considering emitter plugging. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, p.1234-1240, 1981.

BRALTS, V.F.; WU, I.P.; GITLIN, H.M. Emitter plugging and drip irrigation lateral line hydraulics. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.25, p.1274-1281, 1982.

CAMP, C.R.; SADLER, E.J.; BUSSCHER, W.J. A comparison of uniformity measures for drip irrigation systems. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 40, n. 4, p. 1013-1020, 1997.

FAVETTA, G.M.; BOTREL, T.A.; FRIZZONE, J.A. Correlação entre três métodos de estimativa da uniformidade de distribuição em irrigação localizada. **Engenharia Rural**, Botucatu, v. 4, p. 117-134, 1993.

FAVETTA, G.M.; BOTREL, T.A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientific Agricultural**, Piracicaba, v. 58, n. 2, Apr/June 2001.

HOWELL, T.A.; CUENCA, R.H.; SOLOMON, K.H. Crop Yield response. In: HOFFMAN, G.J.; HOWELL, T.A.; SOLOMON, K.H. (Org.) **Management at farm irrigation systems**. St. Joseph: The American Society of Agricultural Engineers, 1990. p. 93-122.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 17, n. 4, p. 678-684, July/Aug. 1974.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. S.1: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

LÓPEZ, J.R., et al. **Riego localizado**. Madrid: Mundi – Prensa, 1992. 405 p.

NASCIMENTO, T.; SOARES, J.M.; AZEVEDO, C.A.V. de. Caracterização hidráulica do microaspersor RAIN-BIRD QN-14. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 30-33, Jan/Abr. 1999.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 2. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1990.

REZENDE, R., et al. Influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 257-261, set/dez. 1998.

SALES, E.G.M.; OLIVEIRA, M.H.M. de; SOUZA, F. Avaliação de um sistema de irrigação localizada por gotejamento na fazenda frutacor 1 em Limoeiro do Norte/Ceará. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 11., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CONIRD, 2001. p.43-47.

SANTOS, F.G.B. dos. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Juazeiro do Norte: CENTEC/CE, 2003. 78 p. (Relatório final).

SOUSA, A. E. C. **Avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da manga (*mangifera indica* L.)**. Sobral: CENTEC/CE, 2003. 21 p. (Monografia).

SOUZA, L.O.C., et al. Uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura irrigada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 2001, Fortaleza. **Anais...**, Fortaleza: CONIRD, 2001. p. 307-311.

VALNIR JÚNIOR, M. **Análise de componentes do balanço hídrico em culturas do feijão de corda (*Vigna Ungüiculata* (L) Walp.), sob condições de recarga natural**. 2000. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. Irrigação Localizada. Tradução de GHEY, H.R.; DAMASCENO, F.A.V.; SILVA JÚNIOR, L.G.A.; MEDEIROS, J.F. de. Campina Grande. UFPB. 1997. 184 p. (**Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**, 36).

WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. Uniformity of water distribution by some undertree orchard sprinklers. **Scientific Agricultural**, Ottawa, v. 27, n. 11, p. 565-583, 1974.