

## ***Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em pimenta***

### ***Evaluation of distribution uniformity of a drip irrigation system in pepper***

Célia S. dos Santos<sup>1</sup>, Daniella P. dos Santos<sup>2</sup>, Patrícia F. da Silva<sup>3\*</sup>, Thayse V. e Silva<sup>4</sup>, Márcio Aurélio L. dos Santos<sup>5</sup>.

**RESUMO** – A produtividade agrícola em áreas irrigadas depende de uma série de fatores, dentre eles, o dimensionamento e manutenção dos sistemas. Aplicações excessivas ou insuficientes de água prejudicam o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a produtividade e a rentabilidade do agricultor. Este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade em sistema de irrigação por gotejamento, utilizado na cultura da pimenta cultivada no município de Arapiraca-AL. Os coeficientes de uniformidade (CUC, CUD), a eficiência de aplicação, a vazão do sistema foram obtidos em avaliações de campo. Os resultados identificaram que o sistema está operando com boa uniformidade, porém a eficiência de aplicação está abaixo do recomendado.

**Palavras-chave:** olerícola, irrigação localizada, coeficiente de uniformidade, características hidráulicas.

**SUMMARY** - Agricultural productivity in irrigated areas depends on a number of factors, including the design and maintenance of systems. Applications excessive or insufficient water affect plant growth and, consequently, productivity and profitability of farmers. This study aimed to evaluate the uniformity of drip irrigation system, used in the culture of pepper grown in the city of Arapiraca-AL. The uniformity coefficient (CUC, CUD), application efficiency, the flow rate of the system were obtained in field evaluations. The results indicated that the system is operating with good uniformity, but the efficiency of application is below the recommended.

**Keywords:** olerícula, localized irrigation, uniformity coefficient, hydraulic characteristics.

---

\*autor para correspondência

Recebido para publicação em 28/12/2012; aprovado em 30/08/2013

<sup>1</sup>Mestranda pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, área de concentração Manejo de água e solo. E-mail: celia\_agron@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestranda em Agricultura e Ambiente pela Universidade Federal de Alagoas- *Campus* Arapiraca, área de concentração Uso da água na Agricultura. E-mail: daniellapsantos@hotmail.com.

<sup>3</sup>Mestranda pela Universidade Federal de Campina Grande, área de concentração Irrigação e Drenagem. Email: patrycyafs@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Graduanda pela Universidade Federal de Alagoas-*Campus* de Arapiraca. Email: thaysevaleria15@gmail.com

<sup>5</sup> Professor Dr. Adjunto IV, Universidade Federal de Alagoas-*Campus* Arapiraca, departamento de Irrigação e Drenagem. Email: mal.santo@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

A irrigação consiste na técnica de fornecimento de água às culturas quando a atividade pluviométrica se torna insuficiente para suprir as necessidades hídricas da planta, sendo caracterizada como uma atividade essencial para o desenvolvimento de uma agricultura rentável (SOUZA, et al., 2008).

Um dos sistemas mais apropriados e em notável expansão é o sistema de irrigação por gotejamento, o qual apresenta vantagens como: a economia de água e energia, possibilidade de automação e fertirrigação. Entretanto, tal sistema de irrigação tem como uma das principais limitações o fato de ser susceptível ao entupimento de seus emissores. A sensibilidade ao problema varia com as características do emissor e com a qualidade da água utilizada, seja por causas físicas, químicas e/ou biológicas (CARARO, 2004).

Um outro fator de grande relevância é a uniformidade de distribuição de água, informação importante para a avaliação de sistemas de irrigação localizada, tanto na fase de dimensionamento quanto na fase de operação do sistema. Tem efeito direto no rendimento das culturas e é de fundamental importância a avaliação dessa uniformidade, o que tem gerado, entretanto, coeficientes sem base de comparação (CUNHA et al., 2008).

A escolha do método de irrigação deve ser baseada na viabilidade técnica e econômica do projeto e nos seus benefícios sociais, devendo ser considerado, entre outros aspectos a uniformidade de distribuição de água (BERNARDO, 2006). Para Scaloppi & Dias (1991), reduzidos valores de uniformidade determinam em geral, maior consumo de água e energia, maior perda de nutrientes e déficit hídrico, em significativa proporção da área irrigada.

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma meta a ser atingida na agricultura irrigada, mas por melhor que seja o sistema de irrigação, a distribuição da água aplicada dificilmente será plenamente uniforme, e a mensuração dessa variabilidade é fundamental na avaliação do desempenho da irrigação (SILVA et al., 2004). A avaliação do sistema de irrigação é uma importante etapa para obter as informações relacionadas à eficiência de uso da água do sistema de irrigação, perdas durante a aplicação e uniformidade de distribuição de água, funcionamento real do sistema (vazão, pressão, lâmina, entupimento, etc.) e necessidade de manutenção (MANTOVANI et al., 2009).

Segundo Barreto Filho et al., (2000), a uniformidade de aplicação de água é um parâmetro que caracteriza o sistema de irrigação em função da diferença de volume aplicado na planta ao longo das linhas laterais; deste modo a avaliação feita no sistema de irrigação localizada pode evitar problemas como baixa uniformidade e eficiência, obtendo-se assim valores de aplicação aceitáveis (CARVALHO et al., 2006).

Santos et al., (2003) sustentam que a uniformidade influenciará o custo da irrigação, bem como o desempenho da cultura. Áreas irrigadas que apresentam

baixa uniformidade de aplicação de água favorecerão o desenvolvimento desuniforme das plantas cultivadas, visto que, algumas receberam mais água que outras.

Zocoler (2007) relata que é comum expressar a uniformidade de distribuição de água em uma área por um coeficiente de uniformidade. Quando este coeficiente é maior ou igual a um valor arbitrário, a uniformidade de distribuição é considerada aceitável.

Segundo Frizzone (1992) o coeficiente de uniformidade de distribuição da água e a eficiência de aplicação são os principais parâmetros utilizados na avaliação da irrigação, pois expressam a qualidade e são decisivos no planejamento e na operação desses sistemas.

A uniformidade de distribuição de água é essencial em qualquer método de irrigação, pois afeta a eficiência do uso da água e como consequência, a quantidade e a qualidade da produção. Em sistemas de irrigação por gotejamento 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), (MANTOVANI et al., 2007), que compara a média de 25% dos menores valores de vazões observadas com a média total e a Uniformidade estatística (Us), entre outros.

Dada à relevância da temática, objetivou-se avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento, quanto à uniformidade de distribuição e eficiência de aplicação da água na cultura da pimenta na região agreste de Alagoas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma área rural familiar pertencente ao município de Arapiraca-AL, o qual está localizado entre as coordenadas geográficas 9°49'18" de latitude Sul e 36°35'57" de longitude Oeste e 264 m de altitude e precipitação média anual 854,37mm, região de crescimento na produção de hortaliças irrigadas.

A área do experimento se constituiu de uma subunidade de aproximadamente 1 ha, com o comprimento das linhas secundárias de 58 m e as linhas de gotejadores de 90 m, implantadas com a cultura da pimenta (*Capsicum frutescens*). O gotejador utilizado na área é o modelo Tiquira, com vazão real a pressão máxima de 4,27 L.h<sup>-1</sup>. Os espaçamentos adotados foram de 0,3 m entre gotejadores e de 1,0 m entre linhas de gotejadores.

Foram avaliadas as uniformidades de distribuição de água nas subunidades de irrigação por gotejamento. Como a medição de vazão de todos os gotejadores de uma unidade operacional demanda muito tempo, para simplificar e reduzir o trabalho utilizou-se o método proposto por Keller & Karmeli (1975), que recomenda a obtenção de vazão em quatro pontos ao longo da linha lateral, no primeiro gotejador, nos gotejadores situados a 1/3 e a 2/3 do comprimento e no gotejador final da linha.

No trabalho, utilizou-se a recomendação de Keller & Karmeli (1975), considerando a média dos gotejadores que contribuam com a planta (um gotejador por planta).

As linhas laterais selecionadas, ao longo da linha de derivação, foram a primeira, as situadas a 1/3 e 2/3 do comprimento e a última linha lateral (Figura 1). A uniformidade com que uma subunidade de irrigação localizada distribui a água foi avaliada mediante o Coeficiente de Uniformidade (CUD). Para calcular o CUD, dentro da subunidade se elegeu a lateral mais distante e mais elevada de todas as tubulações terciárias, e as duas intermediárias. Em cada lateral selecionou-se quatro emissores seguindo o mesmo critério. No total foram selecionados 16 pontos de coleta, constituídos por 16 emissores, um em cada ponto, no caso, foram analisados os emissores que contribuíam no fornecimento de água para a planta. Conforme mostra a Figura 1.

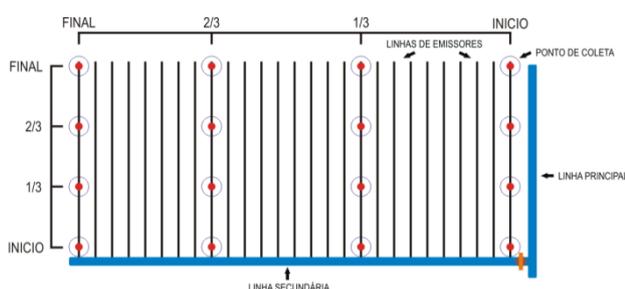


Figura 1 - Disposição das linhas de plantas selecionadas dentro da subunidade avaliada

Para determinação da vazão foi utilizado o método direto de acordo com a norma da ABNT (1986). Em cada emissor foram colocados, coletores, e as vazões coletadas, medidas em provetas com precisão de 0,2 mL, com capacidade 200 mL, capazes de interceptar a emissão de cada gotejador. O tempo de coleta foi fixado em 5 minutos, utilizando-se cronômetros com precisão de 0,01s, e convertidas às vazões para litros por hora, cujo resultado é a média de dois gotejadores por planta (ponto de coleta). Com os dados de volume foi possível efetuar os cálculos das variáveis analisadas.

Com os dados coletados, estimaram-se os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), eficiência de aplicação (Ea), variação de vazão ( $\Delta Q$ ), coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), coeficiente de uniformidade de Hart (CUH), eficiência padrão da HSPA (UHD), e o coeficiente de variação (CV), descritos nas Equações (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7) e (8).

Para a determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen do sistema (CUC) utilizou-se a seguinte equação:

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_i^n |Q_i - Q|}{n Q} \right) \quad (1)$$

Em que:

$Q_i$  = vazão coletada em cada gotejador ( $Lh^{-1}$ );  
 $Q$  = média das vazões coletadas de todos os gotejadores ( $Lh^{-1}$ );  
 $n$  = número de gotejadores analisados.

Utilizou-se também avaliação do sistema de irrigação localizada, coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), conforme Merriam e Keller (1978), que é baseada na razão entre as vazões mínimas e médias dos emissores, sendo determinada a partir da seguinte equação:

$$CUD = \frac{Q_{25\%}}{Q_{med}} * 100 \quad (2)$$

Em que:

$Q_{25\%}$  = média de 25% do total de gotejadores com as menores vazões, ( $L h^{-1}$ );

$Q_{med}$  = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, ( $L h^{-1}$ ).

É sempre difícil determinar a eficiência de irrigação em sistema localizado, mesmo o intervalo de irrigação sendo de vários dias. Contudo, com um bom manejo e irrigações complementares para reabastecer toda a água consumida pelas plantas, as perdas por percolação profunda irão variar em aproximadamente 10%. Desse modo a eficiência de aplicação ( $E_a$ ) sob irrigação completa segundo Merriam e Keller (1978), pode ser estimada por:

$$E_a = 0,9 \times CUD \quad (3)$$

Em que:

$E_a$  = eficiência de aplicação.

Sabendo que uma aplicação uniforme de água está relacionada com a variação de pressão máxima que ocorre nas laterais, em cada subunidade irrigada por emissor, verificou-se a variação de vazão ao longo destas linhas através da seguinte expressão:

$$\Delta Q = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{max}} * 100 \quad (4)$$

Em que:

$\Delta Q$  = variação de vazão na lateral, %;

$Q_{max}$  = valor máximo de vazão na lateral,  $L h^{-1}$ ;

$Q_{min}$  = valor mínimo de vazão na lateral,  $L h^{-1}$ .

$$CUE = 100 * \left( 1 - \frac{Sd}{Q_{med}} \right) \quad (5)$$

Em que:

CUE = coeficiente de uniformidade estatístico, em %;  
 $Sd$  = desvio-padrão dos valores de precipitação, em ( $L h^{-1}$ );

$Q_{med}$  = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, ( $L h^{-1}$ ).

$$CUH = 100 * \left( 1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}} * \left( \frac{Sd}{Q_{med}} \right) \right) \quad (6)$$

Em que:

CUH = coeficiente de uniformidade de Hart, em %;

$Sd$  = desvio-padrão dos valores de precipitação, em ( $L h^{-1}$ );

$Q_{med}$  = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, ( $L h^{-1}$ ).

$$UDH=100*\left(1-1,25\frac{Sd}{Q_{med}}\right) \quad (7)$$

Em que:

UDH = eficiência padrão da HSPA, em %;

Sd = desvio-padrão dos valores de precipitação, em ( $L h^{-1}$ );

$Q_{med}$  = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, ( $Lh^{-1}$ ).

O coeficiente de variação determina o quanto mais homogêneo é o conjunto de valores em evidência.

$$CV=100*\left(\frac{S}{Q_{med}}\right) \quad (8)$$

Em que:

CV = Coeficiente de Variação (%);

$Q_{med}$  = média das vazões coletadas nos gotejadores, ( $Lh^{-1}$ ).

A interpretação dos valores do CUD foi baseada na metodologia proposta por Merriam e Keller (1978): CUD maior que 90%, excelente; entre 80% e 90%, bom; 70% e 80%, regular; e menor que 70%, ruim.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos coeficientes (CUC, CUD, CUE e CUH), eficiências (UDH e Ea), e variação de vazão, desvio padrão obtidos pelas expressões, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1** - Tabela 1. Valores e classificação do coeficiente de uniformidade de distribuição de água em campo do sistema de irrigação por gotejamento (ASAE, 1996)

MÉTODO	PIMENTA	CLASSIFICAÇÃO
CUC (%)	83,61	Bom ASAE, 1996.
CUD (%)	67,22	Regular ASAE, 1996.
CUE (%)	76,47	Regular ASAE 1996.
EA (%)	60,50	-
CUH (%)	81,22	-
UDH (%)	70,59	-
$\Delta Q$ (%)	37,5	-
CV (%)	0,53	-

Rezende et al., (1998) relata que o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é um índice que faz uso do desvio médio absoluto, para expressar a dispersão das lâminas. O coeficiente de uniformidade de Christiansen encontrado para a cultura da pimenta foi considerado bom pela classificação da Asae (1996). Segundo Puig-Bargues et al., (2005), quanto maior o valor do CUC, menor é a lâmina de irrigação necessária para alcançar produtividade máxima e, de acordo com Bernardo et al., (2009), afirma que o limite mínimo de CUC aceitável em sistema de irrigação por gotejamento é de 80%.

Schmidt et al., (2011), avaliando um sistema de irrigação por gotejamento em cultivo comercial de fumo (*nicotiana tabacum* L.), no município de Governador Mangabeira, Bahia, obteve resultados semelhantes, com valores de CUC superiores a 80%.

A uniformidade de distribuição CUD, considera a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média coletada, o baixo valor de CUD expressa uma perda de água por percolação profunda quando a lâmina mínima aplicada corresponde à lâmina necessária. O coeficiente de uniformidade de distribuição foi classificado como

regular de acordo com Asae (1996) para a cultura da pimenta. O CUD se mostrou mais sensível às variações da uniformidade de aplicação que o CUC, pois em seu cálculo, utilizam-se os valores médios dos 25% dos menores valores das vazões (menor quartil).

Paulino et al., (2009) em avaliações de sistemas de irrigação convencional trabalhando em olerícolas em Montes Claros-MG, obteve resultados semelhantes da uniformidade de distribuição. CUD e EA abaixo do considerado satisfatório. Merriam e Keller (1990) recomendam valores de EA em torno de 80%, considerando que mesmo em um sistema de irrigação bem manejado podem ocorrer perdas por percolação profunda de até 10%. Essa redução deve-se à entupimento de gotejadores, vazamentos em conexões e fissuras nas mangueiras, o que foi observado durante as avaliações.

O valor encontrado do coeficiente de uniformidade estatística (CUE) para a cultura da pimenta foi de 76,47%, classificado de acordo por Asae (1996) como regular segundo valores citados na Tabela 1. Resultado semelhante foi obtido por Carvalho et al. (2006) ao avaliarem o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba encontraram valor de CUE de 76,19%.

O CUH demonstrou percentual de uniformidade de 81,22% aproximado ao valor do CUC de 83,61%, o mesmo ocorre para o UDH que apresentou percentual de 70,59% próximo ao valor do CUD de 67,22%, indicando que a lâmina aplicada tem distribuição normal, pois segundo Rocha et al., (1999), quando a lâmina aplicada pelos emissores tem uma distribuição normal, o CUC será igual ao CUH e o CUD igual a UDH.

O resultado da variação da vazão nas laterais na subunidade irrigada com a cultura da pimenta apresentado na Tabela 1 foi elevado, estando acima do recomendado por Keller e Karmeli (1975), que devem ser de 10% para emissores extremos de uma área funcionando simultaneamente. Esses resultados podem ser atribuídos ao entupimento de alguns emissores e desuniformidade do orifício dos emissores.

Valores elevados também foram encontrados por Camp et al., (1997), trabalhando em sistemas de irrigação por gotejamento com tubos novos em laboratório, constatando variação de vazão de 5,2% e em tubos usados em campo, a variação de vazão atingiu 29,5%.

## CONCLUSÕES

1. Os coeficientes de uniformidade avaliados, CUC classificado como bom, CUD e CUE, como regular, apresentam-se dentro dos limites aceitáveis.
2. Dentre os coeficientes de uniformidade avaliados o CUD, apresentou o menor valor.
3. A lâmina aplicada pelos emissores apresenta distribuição normal.
4. O sistema avaliado apresentou a eficiência de aplicação abaixo do recomendado, indicando a ausência de critérios técnicos no manejo da irrigação.

## REFERÊNCIAS

ABNT. São Paulo, Emissores para Sistema de Irrigação Localizada: Avaliação de Características Operacionais: Projeto 12: 02. 08. 21, São Paulo, 6p. 1986.

Asae. American Society of Agricultural Engineers. Standard engineering practices data: EP458. Field evaluation of micro irrigation systems. St. Joseph: ASAE p. 972-797, 1996.

Barreto Filho, A. de A.; Dantas Neto, J. ; Matos, J. A. de; Gomes, E. M.; Desempenho de um sistema de irrigação por micro aspersão, instalado a nível de campo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 309-314, 2000.

Bernardo, S. **Manual de Irrigação**. 8.<sup>a</sup> ed., Viçosa: UFV, 625p. 2006.

Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. **Manual de Irrigação**. 8 Ed. UFV, Viçosa. 2008.

Camp, C. R.; Sadler, E. J. Busscher; W. J. A comparison of uniformity measures for drip irrigation systems. **Transactions of the Asae**. vol. 40(4): p. 1013. 1020, 1997.

Cararo, D. C.; Leverenz, L. H.; Botrel, T. A.; Hills, D. J. Efeitos de ácido peróxido acético, hipoclorito de sódio e filtro têxtil na minimização do entupimento de gotejadores pelo uso de água residuária de tanque séptico. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 33, 2004, Campinas. **Anais...**, Campinas: SBEA. (CD ROM), 2004.

Carvalho, C. M. de, Eloi, W. M., Lima, S. C. R. V., Pereira, J. M. G. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. **Irriga Botucatu**, v. 11, p. 36 - 46, 2006.

Cunha, F. F. et al. Manejo da micro irrigação baseada em avaliação de sistema na cultura do meloeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 3, p.147-155, 2008.

Frizzone, J.A. Irrigação por aspersão. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Engenharia Rural, 53p. Série Didática, 3. 1992.

Hart, W.E. Overhead irrigation pattern parameters. **Transactions of the Asae**, St. Joseph, v.42, n.7, p.354-355, 1961.

Keller, J.; Karmeli, D. Trickle Irrigation Desing. Glendora: Rain Bird Sprinklers Manufacturing CORP. 133p. 1975.

Mantovani, E. C.; Bernardo, S.; Palaretti, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. Ed ., atual e ampliado. Viçosa, MG: UFV, p. 355. 2009.

Merriam, J. L.; Keller, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Logan: **Utah State University**, 271 p. 1978.

Paulino, M. A. de O.; Figueiredo, F. P. de.; Fernandes, R. C.; Maia, J. T. L. S.; Guilherme, D. de O.; Barbosa, F. S. Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza-CE. v.3, n.2, p.48-54, 2009.

Puig-Bargues, J.; Arbat, G.; Barragan, J.; Ramirez de Cartagena, F. Hydraulic performance of drip irrigation subunits using WWTP effluents. **Agriculture Water Management**. v.77, n.1-3, p.249-262, 2005.

Rezende, R.; Frizzone, J.A.; Gonçalves, A. C. A.; Freitas, P. S. L. de Influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.257-261, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. 1998.

Rocha, E. M. M; Costa, R.N.T.; Mapurunga, S.M.S. Castro, P. T. Uniformidade de distribuição água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.2, p. 154-160, 1999.

Santos, R. A.; Hernandez, F. B. T.; Ferreira, E. J. S.; Vanzela, L. S.; Lima, R. C. **Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub superfície instalado na cultura de pupunheiras (Bactris gasipaes H. B. K.)**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, Goiânia. [Anais eletrônicos...]. 2003

Scaloppi, J.E.; Dias, K.F.S. **Relação entre a pressão de operação e a uniformidade de distribuição de água de aspersores rotativos por impacto**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26, 1996, Bauru. Resumos... Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, CD Rom. 1996.

Schmidt, C. D. S.; Alves, M. DA S.; Borges, V. P. ; Peixoto, A. P. B.; Conceição, B. P. S.; Paz, V. P. S. DA. **Avaliação de sistema de irrigação por gotejamento em cultivo comercial de fumo (*nicotiana tabacum* L.)**. Trabalho apresentado na II Reunião Sulamericana para Manejo e Sustentabilidade da Irrigação em Regiões Áridas e Semiáridas 03 a 07 de abril de 2011 – Cruz das Almas – BA.

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*, Brasília, v.39, n.8, p.741-748, 2004.

Souza, E. A. M.; Souza, P. C.; Vilas Boas, M. A. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo e gotejamento em Vila Real. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.1, p. 47-62, 2008.

Zocoler, J.L. Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação. 2007.