



Comportamento hidráulico de sistema de irrigação por gotejamento em função da pressão de serviço adotada

Hydraulic behavior of drip irrigation system as a function of the adopted service pressure

Mayra Gislayne Melo de Lima^{1*}, José Dantas Neto¹, Denise de Jesus Lemos Ferreira¹, Abel Henrique Santos Gomes¹, Gleyka Nobrega Vasconcelos¹

Resumo: A irrigação é um processo artificial de aplicação de água no solo visando propiciar às culturas as condições ideais para seu desenvolvimento. Nesse sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar um sistema de irrigação localizada por gotejamento, trabalhando sob cinco diferentes pressões de serviço. O experimento foi conduzido em uma área pertencente ao Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem (LEID) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Campina Grande, Paraíba. Para análise do desempenho do sistema foram analisados os seguintes coeficientes: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us), Coeficiente de Variação de fabricação (CV_f) e Eficiência de aplicação (Ea), para as pressões de 70, 100, 150, 200 e 250 kPa, respectivamente. Para os coeficientes analisados o tratamento utilizando a pressão de serviço de 250 kPa apresentou os melhores resultados. Os valores de CUD, para as cinco pressões de serviço estudadas, foram acima de 90%, sendo classificado como excelente. O CV_f médio atingiu o valor de 6,74%, estando dentro da faixa de excelência definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O Us médio obtido foi de 93,15% mostrando que mais de 90% dos dados foram considerados excelentes. E os valores da Ea para as cinco pressões de serviço estudadas, atingiu valores superiores a 80%, sendo classificado como um sistema satisfatório. Ao relacionar os resultados com as informações técnicas cedidas pelo fabricante estes demonstraram proximidade e podem ser considerados aceitáveis segundo as bibliografias da área.

Palavras-chave: Aplicação de água; Irrigação localizada; Coeficientes.

Abstract: Irrigation is an artificial process of application of water in the soil in order to provide the ideal conditions for your crops development. In this sense this study aimed to evaluate a system of irrigation by dripping, working under five different service pressures. The experiment was conducted in an area belonging to the Engineering Laboratory of irrigation and drainage (LEID) of Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), located in the municipality of Campina Grande-Paraíba. For system performance analysis were analyzed the following coefficients, Uniformity of Distribution coefficient (CUD), Statistical Uniformity coefficient (Us), coefficient of variation of manufacturing (CV_f) and efficiency (Ea), to the pressures of 70, 100, 150, 200 and 250 kPa, respectively. For the coefficients evaluated the treatment using the working pressure of 250 kPa presented the best results. The CUD, values for the five studied service pressures were above 90%, being classified as excellent. The Fvc Middle reached 6.74% value, being within the range of excellence set by the Brazilian Association of technical standards (ABNT). The Us was 93.15% average obtained showing that more than 90% of the data were considered excellent. And the values of Ea to the five studied service pressures reached values greater than 80%, being classified as a satisfactory system. To relate the results to the technical information provided by the manufacturer these demonstrated proximity and may be considered to be acceptable according to the bibliographies of the area.

Key words: Application of water; Localized irrigation; Coefficients.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 26/02/2016; aprovado em 14/01/2017

¹Mestranda em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem, CTRN/UFCG, Campina Grande, Paraíba; E-mail: mayramelo.ufcg@live.com

¹Professor Doutor da Universidade Federal de Campina Grande, CTRN/UFCG, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Campina Grande, Paraíba E-mail: zedantas@deag.ufcg.edu.br

¹Doutora em Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Campina Grande, CTRN/UFCG, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Campina Grande, Paraíba E-mail: djlf_deni@yahoo.com.br

¹Doutorando em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem, CTRN/UFCG, Campina Grande, Paraíba; E-mail: abel_henrique@yahoo.com.br

¹Graduanda em Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande, Paraíba; E-mail: gleykanobrega@live.com



INTRODUÇÃO

Devido o aumento da demanda de água e o uso inadequado dos recursos hídricos para diversos fins, torna indispensável a busca por métodos de irrigação mais eficientes, que minimizem os desperdícios e mantenham a produtividade da cultura.

Neste sentido, o sistema de irrigação por gotejamento tem se mostrado um dos mais apropriados, por apresentar vantagens como a economia de água e energia, possibilidade de automação e fertirrigação, além de estar em notável expansão (SOUSA et al., 2011). O sistema possibilita provimento de água às culturas pela aplicação de baixo volume, reduzindo as perdas hídricas nos sistemas de cultivo (PARKES et al., 2010). O menor consumo de água e energia, obtidos com os sistemas de irrigação localizada, está associado a aplicação pontual de água através de emissores (gotejadores ou micro aspersores) que operam com baixas pressões de serviço. Desta maneira, os gotejadores apresentam-se como peças fundamentais dentro do sistema de irrigação por gotejamento. (BERNARDO et al., 2006; MANTOVANI et al., 2009; BORSSOI et al., 2012).

Saraiva e Souza (2012) afirmam que, no Brasil o método de irrigação localizada vem sendo empregada de forma mais expressiva nas regiões Sudeste e Nordeste do país.

Entretanto, apesar dos pontos positivos, os sistemas de irrigação localizada por gotejamento apresentam suas limitações, dentre elas, o entupimento de emissores, o que acaba afetando a uniformidade de distribuição de água. Segundo Carvalho et al. (2015), as obstruções químicas geralmente resultam de precipitação de sais de cálcio, magnésio, ferro ou manganês, formando incrustações que podem bloquear, parcial ou completamente a passagem da água. Os mesmos autores destacam que, dentre as principais causas das obstruções biológicas está a presença de pequenos organismos aquáticos, como larvas, algas, fungos e bactérias que passam através dos filtros e se desenvolvem formando colônias no interior das tubulações, cujo crescimento é favorecido por condições de repouso, iluminação, temperatura e nutrientes, como nitrogênio e fósforo.

De acordo com Silva et al. (2012), entre os diversos fatores que podem afetar a uniformidade de distribuição da água nos sistemas de irrigação localizada, estão a pressão de serviço do emissor, a velocidade da água na tubulação, o alinhamento da linha lateral e o entupimento dos emissores. Este último compromete a eficiência do sistema, visto que há variações de fluxo do emissor e na hidráulica da linha lateral.

Ferreira et al. (2014) dizem que, a avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento é feita através do monitoramento de seus parâmetros hidráulicos e a principal ferramenta de avaliação é estimar a uniformidade de distribuição da água, a qual irá demonstrar no campo se o sistema está sendo eficiente ou não de acordo com o projeto pré-estabelecido.

Para 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. Havendo a necessidade da

realização de análises periódicas para observar se as condições previamente estabelecidas no projeto se confirmam em campo.

Recentemente, outros coeficientes de avaliação tem sido usados e podem ser considerados, como por exemplo o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), o Coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH) e a Eficiência de Aplicação (Ea) (SILVA et al., 2014).

Desse modo, o presente estudo busca investigar o comportamento hidráulico de emissores trabalhando sob pressões de serviço em um sistema de irrigação localizado por gotejamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área pertencente ao Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem (LEID), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) (Figura 1 A). O município de Campina Grande (PB) possui coordenadas geográficas 7°13'11" S e 35°52'31" O, a 600 m de altitude, está situado na Mesorregião Geográfica do Agreste Paraibano, no Planalto da Borborema.

O tubo gotejador utilizado para as análises foi o modelo TalDrip¹, do fabricante Naandanjain, com emissores espaçados entre si de 0,20 m, vazão nominal de 1,7 L h⁻¹ e não autocompensantes. Com pressão de serviço de 50 a 300 kPa.

O sistema de irrigação foi composto por quatro linhas laterais espaçadas entre si de 0,15 m, instaladas em uma bancada de testes, com 0,6 m de largura e 4,40 m de comprimento (Figura 1B e C).

A água utilizada nos testes consistiu em água de abastecimento, a qual foi armazenada em uma caixa d'água de fibra de vidro com capacidade para 500 litros, e era bombeada para a bancada através de um conjunto moto-bomba Kajima Modelo QB-600 0,5 HP Bivolt, o sistema de irrigação por gotejamento ainda era composto por um filtro de disco de 120 Mesh, dois manômetros de glicerina (um na saída da bomba e outro ao final da linha principal), curvas, registros de globo, válvula de retenção, entre outros. As bancadas de irrigação foram projetadas para trabalharem com a recirculação de água, que consistia em a água ao passar pela linha lateral, caía em telhas que a recolhiam para uma calha conectada a caixa d'água e dessa forma bombeada novamente para o sistema.

As avaliações dos gotejadores foram realizadas em condições de bancada, sob as pressões de serviço de 70, 100, 150, 200 e 250 kPa, respectivamente. Esse procedimento foi realizado com o intuito de analisar os parâmetros hidráulicos de um sistema de irrigação, em estado novo, identificando dentro da faixa de pressão analisada, a que apresentou o melhor desempenho.

Nos ensaios procedeu-se a medição da vazão volumétrica dos emissores, de acordo com a metodologia proposta por Deniculi et al. (1980). Esse processo consistiu na coleta das vazões de oito emissores em quatro linhas laterais (A primeira linha, a localizada a 1/3 da origem, a localizada a 2/3 e a última linha). Os emissores selecionados foram: o primeiro, o que estava a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 do comprimento da linha lateral e o último emissor.

Os volumes dos emissores selecionados foram coletados com o auxílio de recipientes descartáveis de 300 ml e medidos em uma proveta graduada de 100 ml. Para garantir uma maior precisão dos dados foram realizadas cinco repetições (Figura 1 D).

Figura 1. (a) Área onde o experimento foi instalado e conduzido; (b) Imagem da bancada de teste; (c) Disposição das linhas laterais na bancada; (d) Procedimento de coleta dos volumes nos gotejadores pré-selecionados.



Com os dados obtidos, foram calculados a Vazão (q) (Equação 1), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) (Equação 2), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (U_s) (Equação 3) e Coeficiente de Variação de Fabricação (CV_f) (Equação 4).

$$q = \frac{V}{1000 \cdot t} \cdot 60 \quad \text{Eq.(1)}$$

Em que:

q – vazão do gotejador, l/h; V – volume de água coletada, ml; t – tempo de coleta da água, min.

$$CUD = 100 \cdot \frac{q_{25}}{q} \quad \text{Eq.(2)}$$

Em que:

CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição de água, %; q_{25} – vazão média de 25% do total de provetas que receberam as menores precipitações, l/h; q - vazão média ponderada, considerando todas as provetas, l/h.

$$CUE = 100 \cdot \left(1 - \frac{\delta}{\bar{x}}\right) \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

δ – desvio padrão; \bar{x} - vazão média dos emissores testados.

$$CV_f = \frac{\delta}{\bar{x}} \quad \text{Eq. (4)}$$

A partir do coeficiente de uniformidade de distribuição de água, pode-se obter a eficiência de aplicação

do sistema, dada pela Equação 5, proposta por Merriam e Keller (1978).

$$E_a = CUD \times 0,9 \quad \text{Eq. (5)}$$

Após o procedimento de cálculo dos coeficientes, estes foram interpretados de acordo com classificações propostas na literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A síntese da análise de variância em relação à média das vazões com os fatores de pressão de serviço e posição do gotejador está descrita na Tabela 1. Observa-se que houve efeito significativo apenas na interação entre a posição do gotejador e a pressão.

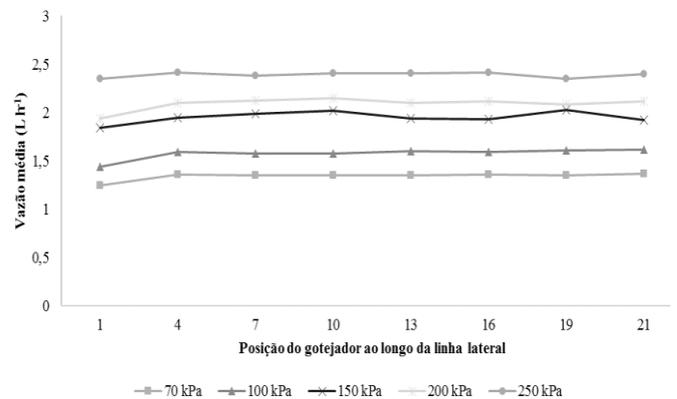
Tabela 1. Análise de variância da vazão média para os fatores de pressão de serviço e posição de gotejador

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios Vazão média
Posição do Gotejador (PGOT)	7	0,188410ns
Pressão	4	27,277944ns
Pgot x Pressão	28	0,018665*
Rep	4	0,054804ns
Resíduo	756	0,015893
CV (%)		6,74

*; ns: Significativo a 5% e, não significativo, respectivamente.

Na Figura 2, pode-se verificar a variação de vazão média de cada posição analisada ao longo da linha lateral em função das diferentes pressões de serviço, mostrando que, a vazão é diretamente influenciada pelo aumento da pressão para todas as posições dos gotejadores. Klein et al. (2013) ao analisar a uniformidade de irrigação e fertirrigação em um sistema de irrigação familiar por gotejamento sob diferentes cargas hidráulicas, notou que com o aumento de carga houve o aumento da vazão, resultados semelhante aos encontrados nessa pesquisa.

Figura 2. Comportamento da vazão média do emissor em função da pressão de serviço (kPa) e da posição do gotejador na linha lateral

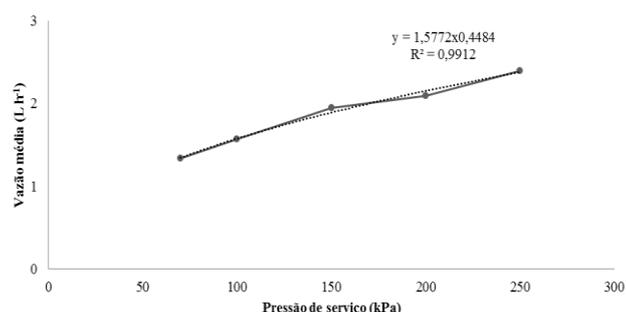


Observa-se na Figura 3, a curva característica do tubo gotejador modelo Taldrip 1,7 L h⁻¹, do fabricante Naandanjan, para as cinco diferentes pressões estudadas. O valor elevado do coeficiente de determinação ($R^2=0,9912$) evidencia a relação comportamental da vazão de acordo com a elevação da pressão dentro da faixa de 70 a 250 kPa.

Segundo Talens (2009), variações de pressões influenciam na vazão de emissores em razão da sua sensibilidade.

Na figura 3, com relação ao expoente de vazão do emissor, conforme as informações cedidas pelo catálogo do fabricante, este é de 0,45. Na equação característica obtida, o valor do expoente correspondeu a 0,4484, mostrando uma elevada aproximação entre os valores e confirmando as informações cedidas pela empresa. Como este expoente tende a 0,5, o gotejador analisado pode ser caracterizado como de regime turbulento (CABELLO, 1996; FRIZZONE et al., 1998; KELLER; BLIESNER, 1990).

Figura 3. Comportamento da vazão média em função da pressão de serviço para o emissor Taldrip de 1,7 L h⁻¹



Resultados semelhantes foram encontrados por Prado et al. (2014) ao avaliarem o desempenho de tubos gotejadores autocompensantes e não autocompensantes, empregados na irrigação localizada.

Na Tabela 2 constata-se os valores dos coeficientes estudados que refletem o desempenho hidráulico do sistema de irrigação, onde o CUD apresentou valores superiores a 90% para as cinco diferentes pressões estudadas, sendo classificados como excelentes, de acordo com Bralts (1986).

Nota-se também que os Us tiveram valores maiores do que os CUD's, demonstrando que entre os parâmetros hidráulicos estimados nessa pesquisa o CUD mostrou-se mais rigoroso, por atingir índices menores, sendo assim, mais indicado para representar a uniformidade de aplicação de água dentro de uma área irrigada. Esses resultados corroboram com os estudos realizados por Pinto et al. (1988); Bernardo (1987). Os valores acima de 90%, para o coeficiente de uniformidade estatística (Us), são considerados excelentes (BRALTS; KESNER, 1983), desse modo, como o valor obtido foi de 97,82%, de acordo com a uniformidade estatística pode-se afirmar que, o sistema se encontra numa classificação excelente.

Um fator relevante para uma boa uniformidade de distribuição está na qualidade dos emissores utilizados, e esta, é estimada através do CV_f que pela norma ABNT NBR ISO 9261 (2006), não devendo exceder 7%, assim, para todos as pressões aplicadas observou-se que CV_f não ultrapassou este limite, exceto para a pressão de 1,5 bar que apresentou um CV_f de 10,31%, entretanto, o seu valor médio foi de 6,74 %, classificando-o como um emissor bom. Prado et al. (2014), também encontraram valores do CV_f abaixo de 7% para os modelos estudados. Em geral, percebe-se que os dados obtidos nesta pesquisa se aproximam das informações técnicas cedidas pelo fabricante Naandanjain Irrigation a respeito do tubo gotejador Taldrip, com isso pode-se afirmar que, o experimento foi conduzido da maneira correta. Além

disso, considerando que o objeto de estudo da pesquisa foi um sistema de irrigação por gotejamento novo, vale ressaltar que deve ser realizado o acompanhamento periódico dos indicadores de desempenho para realizar possíveis correções do tempo de irrigação compensando eventuais desgastes ocorridos pelo seu tempo de uso.

Tabela 2. Valores dos coeficientes avaliados para as diferentes pressões de serviço (kPa).

Pressão de Serviço (kPa)	Coeficientes Analisados (%)			
	CUD	Us	CV _f	Ea
70	92,76	94,03	5,97	83,48
100	93,43	92,86	7,14	84,09
150	92,34	89,68	10,31	83,11
200	93,57	93,56	6,44	84,22
250	96,17	95,64	4,363	86,55
Média	93,65	93,15	6,84	84,29

CONCLUSÕES

O sistema de irrigação por gotejamento apresentou um comportamento hidráulico satisfatório para as cinco pressões de serviço analisadas, apresentando valores acima de 90%, sendo classificado como excelente resultando. O coeficiente de variação de fabricação médio atingiu o valor de 6,74%, estando dentro da faixa de excelência definida pela ABNT. O coeficiente de uniformidade estatística (Us) médio obtido foi de 93,15% mostrando que mais de 90% dos dados foram considerados excelentes. A eficiência de aplicação (Ea) para as cinco pressões de serviço estudadas, atingiu valores superiores a 80%, sendo classificado como um sistema satisfatório.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR ISO 9261. Equipamentos de irrigação agrícola – Emissores e tubos emissores – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2006. 17p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8.ed. Viçosa: UFV, 625p. 2006.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 4 ed. Viçosa: UFV, 1987. 488p.
- 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.; KESNER, C. Drip irrigation field uniformity estimation. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.24, n.5, p.1369-1374. 1983.
- BORSSOI, A. L.; BOAS, M. A. V.; REISDÖRFER, M.; HERNÁNDEZ, R. H.; FOLLADOR, F. A. C. Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012.

- CABELLO, F. P. Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación. 3.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 513 p.
- CARVALHO, L. C. C. de; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; SILVA, N. F. da. Tubos gotejadores convencionais submetidos a aplicação de óxido de ferro via água com carga orgânica e sólidos suspensos. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.9, n.2, p. 32 - 41, 2015.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J.T.L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. Revista Ceres, Viçosa-MG, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.
- FERREIRA, D. de J. L.; LIMA, V. L. A. de; SILVA, T. T. S.; FERREIRA FILHO, J. G. de A.; SANTOS, D.B. dos; REIS, C. F. Desempenho Hidráulico de um Sistema de Irrigação por Gotejamento. In: II Inovagri International meeting, 2014, Anais... Fortaleza: Instituto Inovagri, 2014. p.4862.
- FRIZZONE, J. A.; VIEIRA, A. T.; PAZ, V. P. S.; BOTREL, T. A. Caracterização hidráulica de um tubo gotejador. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.2, n.3, p.278-283, 1998.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. Sprinkle and Trickle Irrigation. Van Nostrand Reinhold, New York, 1990. 652p.
- KLEIN, M.; SZEKUT, F.; SUSZEK, F.; REIS, C.; AYMORÉ, C.; GUERRA, J.; BOAS, V. M. Uniformidade de irrigação e fertirrigação em um sistema de irrigação familiar por gotejamento sob diferentes cargas hidráulicas. Revista Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v.10, n.3, p.56-69, 2013.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: Princípios e Métodos. 2. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2009.
- MERRIAM, J. L., KELLER, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- PARKES, M.; YAO, W. W.; MA, X. Y.; LI, J. Simulation of point source wetting pattern of subsurface drip irrigation. Irrigation Science, v.29, 4.ed., p.331-339, 2011.
- PINTO, J.M.; SOARES, J.M.; NASCIMENTO, T. Análise de coeficientes de uniformidade de distribuição de água em irrigação localizada. Boletim de Pesquisa, 41. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1991. 24p.
- PRADO, G. do; NUNES, L. H.; TINOS, A. C. Avaliação técnica de dois tipos de emissores empregados na irrigação localizada. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.8, n.1, p.12-25, 2014.
- RODRIGUES, C. M. Irrigação localizada na cultura do feijoeiro na depressão central – RS. Santa Maria: UFSM, 2009. 92p.
- SILVA, C. B.; SILVA, J. C. da; SANTOS, L. W. dos; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P. dos; SANTOS, M. A. L. dos. Avaliação da uniformidade de eficiência de aplicação de água em um sistema de irrigação localizado. In: II Inovagri International meeting, 2014, Anais... Fortaleza: Instituto Inovagri, 2014. p.2244–2248.
- SILVA, L. P.; SILVA, M. M.; CORREA, M. M.; SOUZA, F. C. D.; SILVA, E. F. F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.16, n.5, p.480–486, 2012.
- SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Embrapa: Informação Tecnológica, Brasília, 2011. 771p.
- TALENS, J. A. M. Riego localizado y feirrigación. 4.ed. Madrid, 2009. 575p.
- SARAIVA, K. R.; SOUZA, F. Estatística sobre irrigação nas regiões sul e sudeste do Brasil segundo o censo agropecuário 2005-2006. Irriga, Botucatu, v.17, n.2, p. 168-176, 2012.