

Resumo: O conhecimento de coeficientes de uniformidade e de aplicação de água na irrigação é de fundamental importância para que a área seja adequadamente irrigada e, maiores valores de eficiência de aplicação proporciona maior eficiência de uso da água. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de sistemas de irrigação com aplicação de água salina nas culturas do abacaxi e palma forrageira em condições de campo. O ensaio foi desenvolvido em dois experimentos com irrigação por gotejamento, um com emissor autocompensante de vazão 8 L h⁻¹ no abacaxizeiro e outro com emissor tipo labirinto com vazão de 4 L h⁻¹ na palma forrageira, aplicando diferentes lâminas de irrigação. Os testes de coeficientes de uniformidade e de aplicação foram realizados aos 180 e 360 dias após o início de funcionamento do sistema. Os gotejadores tipo labirinto apresentaram valores de coeficiente de uniformidade de Chirsthiansen (CUC), coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e a eficiência de aplicação (Ea) considerados excelente para quatro lâminas de irrigação nas duas épocas. Para os gotejadores autocompensantes, estes coeficientes foram considerados bons para aplicação de lâminas de 50 e 75% da ETc aos 180 dias do início e para 125% da evapotranspiração da cultura aos 360 dias de aplicação de água.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água. Manejo da irrigação. Eficiência de aplicação.

Abstract: The knowledge of uniformity coefficients and application of water for irrigation is of fundamental importance to obtain an area adequately irrigated and greater application efficiency values gives more water use efficiency. The objective with this study was to evaluate the performance of irrigation systems with application of saline water in crop pineapple and forage cactus in field conditions. The test was developed in two experiments with drip irrigation, with self-compensating emitter with a discharge of 8 L h⁻¹ in the pineapple and the other with labyrinth emitter with a flow rate of 4 L h⁻¹ in forage cactus, applying different irrigation depth. The uniformity coefficient testing and application were performed at 180 and 360 days after the start of system operation. The labyrinth dripper presented Chirsthiansen's uniformity coefficient values (CUC), statistical uniformity coefficient (SUC), distribution uniformity coefficient (DUC) and application efficiency (Ae) considered excellent for four irrigation depths in both seasons. For self-compensating emitter, these coefficients were considered good for irrigation depth application of 50 and 75% of ETc to 180 days of the start and 125% of crop evapotranspiration to 360 days of water application.

KEY WORDS: Water quality. Irrigation Management. Application efficiency.

¹ Engenheiro Agrônomo, Discente do curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi-BA. Email: cleiton.ibce@hotmail.com ; varley.ibce@ig.com.br

² Engenheiro Agrônomo, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi-BA. Email: marrochas@yahoo.com.br

Recebido: 10/06/2016 – Aprovado: 01/08/2016

INTRODUÇÃO

No Nordeste brasileiro, principalmente na região semiárida, a má distribuição espacial e temporal de chuvas são fatores limitantes para expansão da agricultura irrigada. Neste sentido, é indispensável o aumento da eficiência de uso da água (EUA) (SANTOS et al., 2016), ou seja, manter a produtividade com menor lâmina de água aplicada. O aumento da EUA é obtido no planejamento e escolha correta do sistema de irrigação, além da adoção de um manejo racional e do uso de estratégias da irrigação com déficit. Com relação ao método e sistema de irrigação, o gotejamento destaca-se por apresentar características que contribuem para o uso racional da água, devido suas particularidades de aplicação de água com baixos volumes e altas frequências, depositada próxima da região radicular da cultura, com elevado grau de uniformidade de aplicação e distribuição da água (LAPERUTA NETO et al., 2011), por sua facilidade de operação, refletindo em melhor aproveitamento dos recursos hídricos e aumento na produção das culturas (SILVA et al., 2012).

Mesmo com todas as vantagens desse sistema, a alta suscetibilidade ao entupimento dos emissores e tubulações, tornou-se um dos principais problemas para a aplicação da tecnologia de irrigação por gotejamento (MARTÍNEZ e RECA, 2014; PEI et al., 2014; VALE et al., 2013), uma vez que a obstrução dos emissores influencia na eficiência de aplicação e na uniformidade de distribuição de água. Estes parâmetros estão relacionados a vários fatores, especialmente a qualidade de água, geometria dos orifícios, sistema de filtragem e sensibilidade do emissor à temperatura e variações de pressão (ZOCOLER et al., 2015).

Estudos com entupimento de gotejadores foram realizados com a utilização de águas residuárias (DANTAS et al., 2014; SILVA et al., 2012) e com água salina (SILVA et al., 2015; ZOCOLER et al., 2015), no entanto, há necessidade de realização de mais estudos com períodos de exposição prolongados (ZOCOLER et al., 2015) e em condições de campo para diferentes condições fisiográficas.

A salinidade da água de irrigação pode trazer problemas de obstrução de gotejadores quando existe interação entre os íons que promove a precipitação química por íons contidos na água de irrigação, especialmente os carbonatos de cálcio e/ou de magnésio (ZOCOLER et al., 2015).

Desta forma, são pertinentes pesquisas com o objetivo de avaliar a uniformidade de aplicação de água salina em sistemas de irrigação, principalmente, em condições de campo na região semiárida, onde, em determinadas localidades, têm-se utilizado água de qualidade inferior, provenientes de poços tubulares. Neste contexto, objetivou-se avaliar o desempenho de sistemas de irrigação com aplicação de água salina nas culturas do abacaxi e palma forrageira em condições de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no setor de Agricultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, localizado no Município de Guanambi, região Sudoeste da Bahia, as coordenadas do local são: latitude de 14° 13' S, longitude de 42° 46' W e altitude de 545m. A precipitação média anual é de 680 mm, com período chuvoso entre novembro a março e, a temperatura média anual de 25,78 °C.

Foram avaliados dois sistemas de irrigação por gotejamento onde são realizadas pesquisas com a aplicação de água salina na cultura do abacaxizeiro e na palma forrageira em que sistemas foram instalados em abril e junho de 2015, respectivamente. A água utilizada nos ensaios, proveniente de poço tubular, apresenta pH de 6,4, condutividade elétrica de 3,6 dS m⁻¹, 11,90 meq L⁻¹ de cálcio, 9,54 meq L⁻¹ de magnésio, 0,48 meq L⁻¹ de potássio, 30,40 meq L⁻¹ de sódio, 4,10 meq L⁻¹ de bicarbonato e 34,80 meq L⁻¹ de cloreto; classificada como C4S1 conforme (AYERS; WESTCOT, 1985).

Na cultura do abacaxi o experimento foi conduzido em blocos casualizados com quatro tratamentos: 50% da evapotranspiração da cultura (ETc), 75% da ETc, 100% da ETc e 125% da ETc, ambos com quatro repetições,

irrigado diariamente. Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes 'on line' de vazão nominal de 8 L h⁻¹. O espaçamento entre os emissores foi de 0,75 m ao longo da linha lateral, espaçada de 1 m, colocado próximo às plantas. Na cultura da palma forrageira o experimento foi conduzido em blocos casualizados com 5 tratamentos: 7% da evapotranspiração de referência (ET_o) com turno de rega (TR) de 15 dias, 15% da ET_o com TR de 7 dias, 33% da ET_o com TR de 3 dias, 50% da ET_o com TR de 2 dias, 100% da ET_o irrigado diariamente. Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento com emissores tipo

labirinto 'in line' com vazão de 4 L h⁻¹, espaçados em 0,5 m.

Para a avaliação dos sistemas de irrigação, utilizou-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), a qual recomenda a obtenção das vazões em quatro pontos ao longo da linha lateral: do primeiro emissor, dos emissores situados a 1/3 e 2/3 do comprimento e do último emissor. Com os valores de vazão dos emissores foram determinados os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Eficiência de Aplicação (Ea), conforme as equações 1, 2, 3 e 4.

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

$$CUD = \frac{L_{q_{25}}}{L_m} \quad (2)$$

$$CUE = 100 \left(1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N |L_i - L_m|^2}{(n-1) \times L_m^2}} \right) \quad (3)$$

$$Ea = K_s \times CUD \quad (4)$$

em que, CUC é o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%); CUD é o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%); CUE é o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (%); Ea é a eficiência de aplicação(%); L_i é a Lâmina obtida no i-ésimo coletor (mm) ou vazão obtida no i-ésimo emissor (L h⁻¹); L_m é a Lâmina média (mm) ou vazão média (L h⁻¹) de todas as observações; N é o Número de coletores ou de emissores; L_{q₂₅} é a Média de 25% das lâminas (mm) ou vazões (L h⁻¹) com menores valores; K_s é o coeficiente de transmissividade de 0,90.

Foram realizadas leituras em todos os tratamentos em ambos os experimentos aos 180 e 360 dias após a instalação. O volume de água coletado com o auxílio de uma proveta para cada

gotejador em período de tempo fixo foi, posteriormente, convertidos em vazão (L h⁻¹).

No início das linhas de derivação foi instalado um manômetro tipo Bourdon fixo com faixa de leitura de 0 – 10 Kgf cm⁻², de forma que a pressão estabelecida no experimento de 2 Kgf cm⁻² fosse mantida no manejo diário da irrigação bem como na realização do teste.

Os dados de vazão obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Já em relação aos dados de CUC, CUD, CUE e Ea a interpretação dos valores baseou-se na metodologia apresentada por Mantovani (2001) (Tabela 1), na qual é considerado o desempenho da irrigação através

de índices, portanto, não foi necessário aplicar análise estatística a estes dados.

Tabela 1. Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) e da eficiência de aplicação (Ea)

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

Fonte: Mantovani (2001)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de vazão obtidos do sistema de irrigação no experimento com a cultura da palma forrageira, com vazão média de 5,17 L h⁻¹, foram maiores que a vazão nominal descrita para os gotejadores tipo labirinto 'in line' (4 L h⁻¹). Além disso, não houve diferença significativa a 5% de probabilidade entre as épocas de leituras e entre os tratamentos. Isso mostra que os gotejadores

tipo labirinto não foram afetados significativamente pelos efeitos da salinidade da água de irrigação.

O desempenho do sistema de irrigação na palma forrageira com gotejadores tipo labirinto aos 180 dias após início da aplicação dos tratamentos, apresentaram valores de CUC, CUE, CUD e Ea (Tabela 2) considerados excelente, conforme Mantovani (2001).

Tabela 2. Valores de CUC, CUE, CUD e Ea do sistema de irrigação da palma forrageira em função da aplicação de diferentes lâminas de água salina, em duas épocas de avaliação.

Lâminas	CUC (%)	CUD (%)	CUE	Ea
	180 dias			
7% da ETo (TR* 15 dias)	98,76	98,25	98,34	88,42
15% da ETo (TR 7 dias)	97,88	97,09	97,50	87,38
33% da ETo (TR 3 dias)	98,34	97,63	97,91	87,87
50% da ETo (TR 2 dias)	98,36	97,30	97,75	87,57
100% da ETo (Diariamente)	98,53	98,42	98,06	88,58
360 dias				
7% da ETo (TR* 15 dias)	96,14	93,64	95,12	84,28
15% da ETo (TR 7 dias)	95,79	93,47	95,01	84,12
33% da ETo (TR 3 dias)	87,68	80,31	85,53	72,27
50% da ETo (TR 2 dias)	92,82	88,24	91,61	79,41
100% da ETo (Diariamente)	94,48	88,96	90,86	80,07

*TR é o turno de rega

Estes resultados são relevantes, pois, baixos valores de uniformidade levam a um maior consumo de água e energia elétrica, maior perda de nutrientes quando ocorre percolação profunda, e, além disso, plantas com déficits hídricos podem aparecer em proporção

significativa da área irrigada, diminuindo o rendimento da cultura (MARTINS et al., 2013).

Aos 360 dias após o início da aplicação de água no experimento, o tratamento 33% da ETo com turno de rega de 3 dias apresentou CUC considerado bom e os demais foram classificados

como excelentes. Na abertura periódica do final das linhas, foi possível observar a presença de microrganismos que se desenvolveram e formaram uma matriz gelatinosa e pegajosa, que foram observadas também nas saídas dos emissores. Neste sentido, a classificação do

tratamento 33% da ETo com turno de rega de 3 dias inferior aos demais se deve, possivelmente, a obstruções causadas por esses organismos em conjunto com o acúmulo de sais (Figura 1C) que são favorecidos pelas características desses emissores (Figura 1A e B).

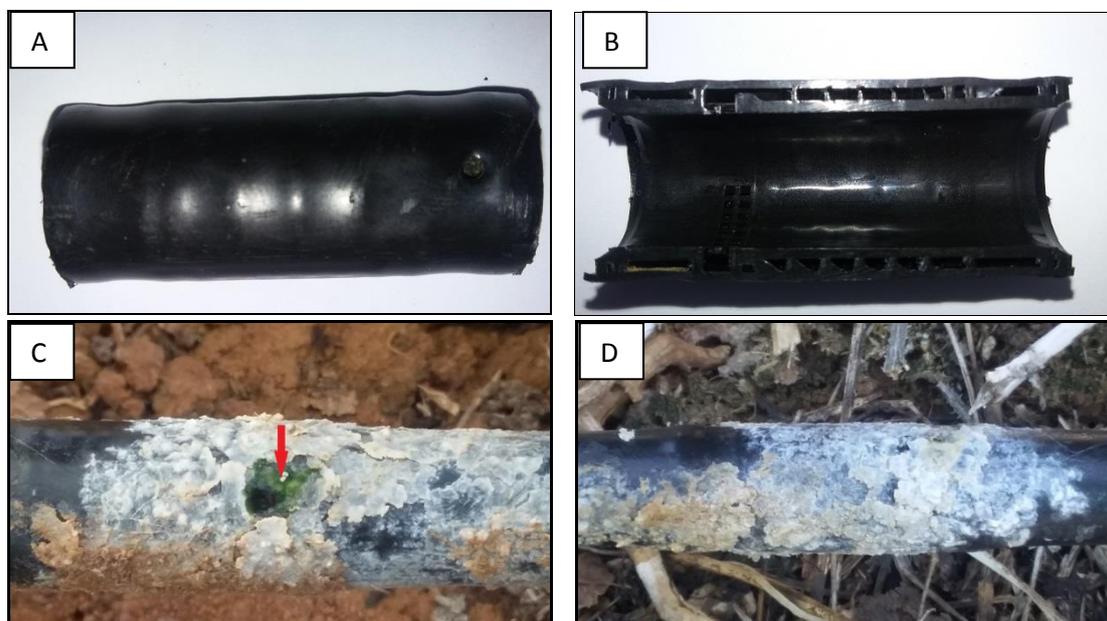


Figura 1. Vista externa (A), interna (B), presença de microrganismos (C) e acúmulo de sais nas saídas (D) dos emissores tipo labirinto.

O bom desempenho do sistema de irrigação da palma forrageira pode ser atribuído ao manejo correto no sistema de irrigação, com manutenção geral das linhas laterais, evitando vazamentos. No entanto, houve diminuição da eficiência de aplicação na leitura aos 360 dias, possivelmente, deve-se ao início do acúmulo de sais nas saídas dos gotejadores (Figura 1D).

Em relação ao sistema de irrigação na cultura do abacaxi, com os gotejadores autocompensantes, houve diferença significativa apenas para as épocas de leituras, em que a média da leitura aos 180 dias foi de 12,18 L h⁻¹ e aos 360 dias de 9,93 L h⁻¹. Observou-se também, variação elevada entre os valores, em que a máxima e a mínima vazão obtida foi de 27 e 2,92 L h⁻¹, respectivamente, apresentando coeficiente de variação foi de 37,97 %. Provavelmente, o uso do botão gotejador com o decorrer do tempo, entre eventos de irrigação, armazena água no

interior do mesmo que, ao longo do dia ocorre a evaporação e os sais permanecem no interior do

mesmo, ocasionado obstrução ou ressecamento no diafragma (membrana flexível), justificando a queda ou aumento da vazão. Em relação aos valores de vazão real acima da vazão nominal, um fato que pode ter contribuído, além dos sais, foi o ressecamento do diafragma após exposição à radiação solar o que provocou um aumento da sessão de passagem da água (TEIXEIRA et al., 2008).

Os valores de CUC para o sistema de irrigação do abacaxizeiro (Tabela 3) aos 180 dias foram considerados bons para os tratamentos 50% e 75% da ETc, razoável para 100% da ETc e ruim para 125% da ETc, ou seja, com o aumento da quantidade de água aplicada diminuiu o desempenho do sistema, possivelmente, devido a maior deposição de sais no emissor. Verificou-se que houve decréscimo do CUC na primeira avaliação, quando se aumentou a lâmina aplicada, e comportamento

contrário por ocasião da segunda avaliação aos 360 dias. Este fato pode ser explicado pelos valores individuais de vazão que deram origem ao CUC (%). Aos 180 dias, o decréscimo no CUC está relacionado aos valores de vazão com maior discrepância da média devido ao início do acúmulo de sais, quando se aumenta a lâmina.

Por outro lado, aos 360 dias o efeito do sal foi ainda mais intenso o que reduziu a vazão, porém os valores ficaram próximos da média e com isso, obteve CUC com melhor classificação comparada aos 180 dias.

Tabela 3. Valores de CUC, CUD, CUE e Ea do sistema de irrigação do abacaxi em função da aplicação de diferentes lâminas de água salina.

Lâminas	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)	Ea (%)
180 dias				
50% da ETc	87,10	84,97	80,23	76,47
75% da ETc	83,13	76,45	75,22	68,80
100% da ETc	73,39	70,33	69,32	63,30
125% da ETc	66,06	65,84	54,08	59,26
360 dias				
50% da ETc	72,35	77,65	61,40	69,88
75% da ETc	61,63	56,85	49,84	51,16
100% da ETc	51,50	65,14	34,99	58,63
125% da ETc	81,01	73,62	77,27	66,26

No que se refere à leitura aos 360 dias após início da aplicação de água no abacaxizeiro (Tabela 3), a classificação do CUC foi de inaceitável, razoável, ruim e bom, para os tratamentos de 100%, 50%, 75% e 125% da ETc, respectivamente. Este fato ocorreu devido, principalmente, ao acúmulo de sais nas saídas dos gotejadores (Figura 2A). Além disso,

também foram verificados, com a abertura de gotejadores que apresentaram vazões próximas a 1,0 L h⁻¹, a presença de filamentos de microrganismos depositados na membrana flexível dos gotejadores provocando assim a diminuição significativa da vazão nominal.

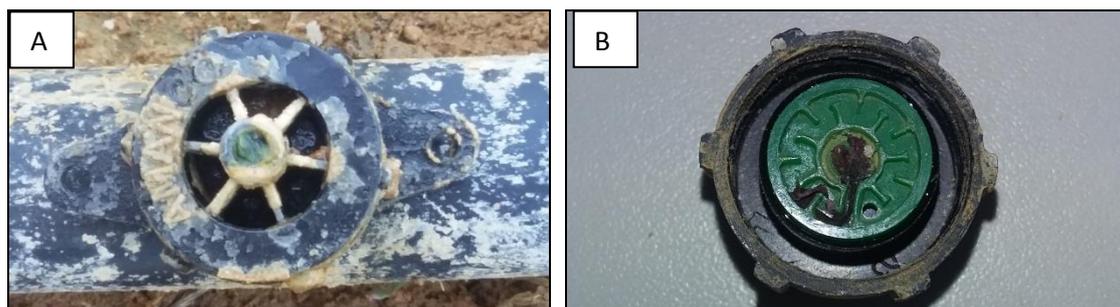


Figura 2. Presença de sais na saída do gotejador (A) e filamentos de microrganismos depositados na membrana flexível (B).

Como consequência direta da baixa uniformidade de aplicação de água, ocorre um aumento do volume aplicado, isto é, o irrigante, ao constatar a diminuição da vazão média dos

gotejadores pelo efeito do entupimento, aumenta o tempo de irrigação (BATISTA et al., 2013).

Ao estabelecer comparação entre a avaliação realizada aos 180 dias e aos 360 dias, o CUD que inicialmente era classificado como excelente com a aplicação de 50% da ETc, bom com 75% e 100% da ETc e razoável para 125% da ETc, apresentaram reduções de 7,32; 19,6 e 5,19% para os tratamentos 50%, 75% e 100% da ETc, respectivamente. No entanto, para 125% da ETc ocorreu um aumento de 7,78% no valor de CUD. Essa diminuição dos valores de CUD com o passar do tempo já foi verificada em outras pesquisas na literatura (BUSATO; SOARES, 2010; DANTAS et al., 2014).

Os valores de CUE com aplicação de 50%, 75%, 100% e 125% da ETc aos 180 dias foram classificados como bom, razoável, ruim e inaceitável. Já na segunda avaliação, aos 360 dias, houve diminuição dos valores percentuais para 50%, 75%, 100% da ETc e um aumento no percentual com a aplicação de 125% da ETc, que passou a ser classificado como razoável, e os demais tratamentos como ruim (50% da ETc) e inaceitáveis (75% e 100% da ETc).

Nota-se que há tendência de aumento do coeficiente de uniformidade quando se aumenta a lâmina aplicada superior a 100% da ETc, este fato pode ser explicado pelo maior tempo de aplicação de água, que pode funcionar como mecanismo de limpeza de encrustamento e microrganismos aderidos à membrana flexível do gotejador autocompensante.

Em relação à eficiência de aplicação do sistema de irrigação do abacaxizeiro, os valores foram considerados inaceitáveis para um sistema de irrigação por gotejamento. No entanto, com essa informação, percebe-se que os testes de uniformidade pode ser um fator considerável para melhorar a eficiência de uso da água na irrigação, pois, são indicadores de ineficiência do sistema que poderão ser corrigidos através da atuação nos critérios operacionais do sistema, tais como, controle de pressão, limpeza periódica, entre outros (WATTO e MUGERA, 2015; KOOIJ et al., 2013).

CONCLUSÕES

Uso de gotejadores em labirinto 'in line' na irrigação localizada com água salina é uma opção para obter maior uniformidade de distribuição e de aplicação de água.

Gotejador autocompensante 'on line' na irrigação com água salina é mais susceptível à obstrução com o tempo de uso do sistema.

REFERÊNCIAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1985. 174p. Paper n.29. (Irrigation and drainage)
- BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, A. F. M.; AZEVEDO, C. A. V.; MEDEIROS, S. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p.698–705, 2013.
- BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A. Desempenho de gotejadores, utilizando água de baixa qualidade química e biológica. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, p. 739-746, 2010.
- DANTAS, D. C.; FRANÇA E SILVA, E. F.; MÉLO, R. F.; DANTAS, M. S. M.; SILVA, G. F.; SILVA, M. M. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento utilizando efluente doméstico. **Irriga**, Edição Especial 01, p. 179-189, 2014.
- KELLER, J.; KARMELI D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.
- KOOIJA, S. V. D.; ZWARTVEENA, M.; BOESVELDA, H.; KUPER, M. The efficiency of drip irrigation unpacked. **Agricultural Water Management**, v.123, p. 103– 110, 2013.
- LAPERUTA NETO, J.; CRUZ, R. L.; LAPERUTA FILHO, J.; PLETSCHE, T. A. Perda de carga em mangueiras gotejadoras novas e usadas. **Irriga**, v. 16, n. 3, p. 329-338, 2011.

- MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- MARTÍNEZ, J.; RECA, J. Water Use Efficiency of Surface Drip Irrigation versus an Alternative Subsurface Drip Irrigation Method. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 140, n. 10, 2014.
- MARTINS, C. L.; BUSATO, C.; SILVA, S. F.; RODRIGUES, W. N.; REIS, E. F. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação no sul do Estado do Espírito Santo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 236-241, 2013.
- PEI, Y.; LI, Y.; LIU, Y.; ZHOU, B.; SHI, Z.; JIANG, Y.; Eight emitters clogging characteristics and its suitability under on-site reclaimed water drip irrigation. **Irrigation Science**, v.32, n. 2, p. 141-157, 2014.
- SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; COTRIM JUNIOR, P. R. F.; CASTRO, I. N. Irrigation deficit strategies on physiological and productive parameters of 'Tommy Atkins' mango. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 173-182, 2016.
- SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; LIMA, S. C.; NETO, J. D.; LIMA, V. L. A. Controle estatístico e índice de capacidade de processo em emissores autocompensante utilizando água salina. **Journal of Agronomic Sciences**, v.4, n.1, p.139-150, 2015.
- 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**, v.16, n.5, p.480-486, 2012.
- TEIXEIRA, M. B.; MELO, R. F.; COELHO, R. D.; NETO, O. R.; RIBEIRO, P. A. A. Tratamento para desentupimento de gotejadores convencionais. **Irriga**, v. 3, n. 2, p. 235-248, 2008.
- VALE, H. S. M.; ARRUDA, L. E. V.; COSTA, D. O.; COSTA, F. G. B.; BATISTA, R. O. Potencial de entupimento de um sistema de irrigação por gotejamento operando com esgoto doméstico tratado. **Water Resources and Irrigation Management**, v.2, n.1, p.63-70, 2013.
- WATTOA, M. A; MUGERA, A. W. Efficiency of irrigation water application in sugarcane cultivation in Pakistan. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p.1860-1867, 2015.
- ZOCOLER, J. L.; RIBEIRO, P. H. P.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento com aplicação de água salina. **Irriga**, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 234-247, 2015.