



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

INFLUÊNCIA DO ENTUPIMENTO NO DESEMPENHO DE GOTEJADORES APLICANDO ÁGUA FERRUGINOSA

Cristiani C. M. Busato¹, Antonio Alves Soares², Edvaldo Fialho dos Reis³, Márcio M. Ramos⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento aplicando água com elevado teor de ferro total e analisar o entupimento de três modelos de tubogotejadores (M1, M2 e M3). Avaliou-se a uniformidade de aplicação de água, por meio dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de Distribuição (CUD), estatística (Us) e vazão. Após 700 h de funcionamento do sistema, ocorreram reduções nos valores de CUC, CUD e Us no modelo M1 de 23; 30,2 e 28,35%, para o modelo M2 de 12,3; 19,5 e 16,25% e para o modelo M3 as reduções foram de 8,2; 15,17 e 12,5%. A vazão dos tubogotejadores M1 e M2 reduziu 26,13 e 27,4%, respectivamente, enquanto que o modelo M3, apresentou um incremento de 1%.

Palavras-chave: emissores; obstrução; ferro.

INFLUENCE OF THE CHLORINATION IN THE DRIPPERS PERFORMANCES APPLYING WATER HIGH IN IRON CONTENT

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the performances of a drip irrigation system working with water presenting high concentration of total iron and three models of tubedrippers (M1, M2 and M3). The water distribution uniformity was evaluated using mean values of the Christiansen uniformity coefficients (CUC), of uniformity distribution (CUD), the statistic coefficient (US) and the discharge variation. After 700 hours of operation, the reductions in the values of CUC, CUD and US were: 23,0; 30,2 and 28,4%, for model M1, 12,3; 19,5 and 16,3% for model M2, and 8,2; 15,17 and 12,5%, for model M3. The discharge of the tubedrippers M1 and M2 reduced 26,1 and 27,4%, respectively, however it increased 1% for M3.

Keywords: emitters; clogging; iron.

Trabalho recebido em 19/06/2011 e aceito para publicação em 16/06/2011.

¹ Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina. e-mail: cristianicmartins@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Viçosa. e-mail: aasoares@ufv.br

³ CCA-UFES. e-mail: edreis@cca.ufes.br

⁴ Universidade Federal de Viçosa. e-mail: aasoares@ufv.br .e-mail: mmramos@ufv.br

1. INTRODUÇÃO

A irrigação localizada, por utilizar emissores com orifícios de passagem de água muito pequenos, está sujeita a alterações nas vazões nos pontos de missão devido ao efeito das obstruções, ocasionando perda da uniformidade de irrigação (HERNANDEZ; PERTINARI, 1998; BUSATO; SOARES, 2010).

O ferro e o manganês, em elevados teores, estão entre os principais causadores das obstruções de tubulações e emissores dos sistemas de irrigação. Estes elementos ao entrar em contato com o oxigênio atmosférico ou incorporado à água, oxidam-se passando para as formas Fe^{3+} e Mn^{4+} , de baixo coeficiente de solubilidade, precipitam-se facilmente no interior das tubulações e dos emissores, impedindo ou dificultando a passagem da água (MARTINS, 2000).

Bucks *et al.* (1979) estabeleceram que, para ser utilizada sem restrição na irrigação, a água deve apresentar concentração de ferro menor que $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ e que a utilização de águas com teor de ferro maior que $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ em sistemas de irrigação por gotejamento, apresenta severas restrições quanto ao risco de entupimento de gotejadores.

A utilização de água com elevado teor de ferro em sistemas de irrigação por

gotejamento têm proporcionado sérios problemas de obstrução dos emissores, devido também à proliferação de ferrobactérias. O ferro precipitado pode ser arrastado pela água, saindo pelo emissor, ou pode ser retido por filamentos de ferrobactérias, que obstrui a passagem da água. Estas podem aderir ao plástico ou ao metal, o que impede seu arraste pela água. Outras bactérias não-filamentosas, como *Enterobacter* e *Pseudomonas*, também podem precipitar o ferro e reter o precipitado na massa gelatinosa formada por elas, atuando também como cimentante de pequenas partículas minerais (PIZARRO, 1996).

Atualmente existem diversos gotejadores de uso comercial, sendo que cada tipo de emissor possui uma sensibilidade própria ao entupimento, como verificado em trabalhos realizados por Ravina *et al.* (1992) e Resende (1999). Costa (2000) trabalhando com gotejadores de cinco diferentes fabricantes, abastecidos com água contendo teor de ferro de $3,0 \text{ mg L}^{-1}$, observou após 200 horas de funcionamento, redução de vazão de 34 a 87%.

O entupimento pode ser parcial, reduzindo a uniformidade de aplicação, ou total, interrompendo por completo o funcionamento do sistema, causando sérios

problemas às culturas, devido à deficiência hídrica (CARARO *et al.*, 2004). As obstruções provocam variação na vazão nos gotejadores e como consequência reduz a uniformidade de distribuição de água e também de fertilizantes, no caso de uso da fertirrigação (LÓPEZ *et al.*, 1992; BUSATO & SOARES, 2010). No que se refere ao manejo do sistema de aplicação, uma consequência direta da baixa uniformidade de aplicação de água é o aumento do volume aplicado, já que o aplicador, ao constatar a diminuição da vazão média dos gotejadores, pelo efeito do entupimento, tem a tendência de aumentar o tempo de aplicação (CUNHA, *et al.*, 2006). Por esta razão, o presente trabalho objetivou analisar o desempenho de três modelos de tubogotejadores aplicando água ferruginosa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em uma área experimental pertencente do Instituto Federal do Espírito Santo, IFES Campus Santa Teresa, Espírito Santo, região que apresenta sérios problemas na irrigação com água ferruginosa. Foi montado um sistema de irrigação por gotejamento para analisar o entupimento de três modelos de tubogotejadores (M1, M2 e M3), cujas

características técnicas estão apresentadas na Tabela 1.

Utilizou-se um conjunto motobomba de 1 cv para fornecer água às linhas de derivação, constituídas de PVC com diâmetro nominal de 32mm, onde foram conectadas as linhas laterais, espaçadas de 0,15m. Para cada modelo foram instaladas três linhas com 20m de comprimento, contendo cada uma 24 tubogotejadores. Um filtro de disco comum de 120 mesh foi instalado após a motobomba. Semanalmente as linhas laterais tinham seus finais abertos. Foram instaladas válvulas reguladoras de pressão, para manter a pressão de operação em 140 KPa.

A cada semana foi monitorado o teor de ferro presente na água de irrigação, sendo constatado um teor de ferro total médio de 3,57 mg L⁻¹, durante o período do ensaio.

As amostragens consistiram na coleta de água de 12 emissores por linha, sendo a vazão de cada tubogotejador determinada coletando-se o volume de água aplicado durante três minutos. Em seguida o volume era medido em provetas de 250 mL. Com os dados de volume foi possível efetuar os cálculos de vazão, pela Equação 1.

$$q = \frac{V}{1000 t} 60 \quad (1)$$

em que: q = vazão do tubogotejador, L h⁻¹;

V = volume de água coletado, mL;

t = tempo de coleta, mim.

Tabela 1. Características técnicas dos tubogotejadores utilizados no experimento.

Características técnicas	Modelo		
	M1	M2	M3
Vazão (L h ⁻¹)	2,2	2,6	2,3
Compensação da pressão	sim	não	sim
Diâmetro interno (mm)	13,8	16,1	14,6
Diâmetro externo (mm)	16,0	17,3	17,0
Pressão (KPa)	80 – 350	150	50 – 400
Espaçamento entre gotejadores (m)	0,75	0,75	0,75
Ilustração			

No cálculo da uniformidade de aplicação foram utilizados os coeficientes de uniformidade de Christiansen e de Distribuição, de acordo com as Equações 2 e 3, respectivamente.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n q_m} \right) \quad (2)$$

em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

q_i = vazão de cada emissor, L h⁻¹;

q_m = vazão média dos emissores, L h⁻¹; e

n = número de emissores avaliados.

$$CUD = 100 \frac{q_{25\%}}{q_m} \quad (3)$$

em que:

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, %;

$q_{25\%}$ = média dos 25% menores valores de vazão observados, L h⁻¹; e

q_m = vazão média dos emissores, L h⁻¹.

O conceito de uniformidade estatística (U_s) foi determinado utilizando a Equação 4 (BRALTS *et al.*, 1987).

$$U_s = 100(1 - CVq) = 100 \left(1 - \frac{\sigma_q}{qm} \right) \quad (4)$$

em que:

CVq = coeficiente de variação da vazão dos emissores;

σ_q = desvio-padrão da vazão do emissor;

q_m = média das vazões.

O tempo de operação total do sistema foi de 700 h, funcionando, em média, 15 h por dia. As avaliações foram realizadas no início do experimento e a cada 100 horas de funcionamento do sistema, totalizando 8 avaliações. Os dados foram submetidos às análises de variância e regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSÃO

Para avaliar a influência do entupimento no desempenho dos três modelos de tubogotejadores, procedeu-se a análise de regressão, sendo testados vários modelos. Os modelos que melhor se ajustaram foram o linear e o quadrático. Na Tabela 2 estão apresentadas as equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela 2. Equações de regressão ajustadas para os modelos M1, M2 e M3, em função do tempo de funcionamento (TF), para as variáveis dependentes CUC, CUD, Us e vazão e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Variável dependente	Equação de regressão	R^2
M1		
CUC	$\hat{Y} = 95,5504 - 0,0114438^{***}TF - 0,0000304031^{**}TF^2$	0,96
CUD	$\hat{Y} = 93,3705 - 0,0183436^{*}TF - 0,0000456508^{**}TF^2$	0,99
Us	$\hat{Y} = 94,0961 - 0,0119984^{ns} TF - 0,0000413853^{**}TF^2$	0,98
Vazão	$\hat{Y} = 2,0531 - 0,000622354^{**}TF$	0,94
M2		
CUC	$\hat{Y} = 95,3786 - 0,0148374^{**}TF$	0,95
CUD	$\hat{Y} = 91,802 - 0,0252067^{**}TF$	0,93
Us	$\hat{Y} = 94,0964 - 0,019013^{**}TF$	0,95
Vazão	$\hat{Y} = 2,80954 - 0,000806217^{**}TF$	0,87
M3		
CUC	$\hat{Y} = 95,9879 - 0,0106704^{**}TF$	0,97
CUD	$\hat{Y} = 91,3374 - 0,0202238^{**}TF$	0,97
Us	$\hat{Y} = 93,5425 - 0,0154726^{**}TF$	0,94
Vazão	$\hat{Y} = 2,21009 + 0,000367989^{**}TF$	0,75

*, ** - significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste "t". ns – Não significativo

Verifica-se na Tabela 2 que os valores dos coeficientes de determinação para o modelo M1 variaram de 0,94 a 0,99 confirmando o bom ajuste dos modelos de regressão aos dados observados. Para o modelo M2 os valores dos coeficientes de determinação variaram de 0,87 a 0,95. O modelo M3 também apresentou bons

valores dos coeficientes de determinação, a exceção da variável dependente vazão.

Nas Figuras 1, 2 e 3 estão apresentados os valores médios das variáveis dependentes CUC, CUD, Us e vazão e respectivos modelos de regressão para os gotejadores M1, M2 e M3, respectivamente.

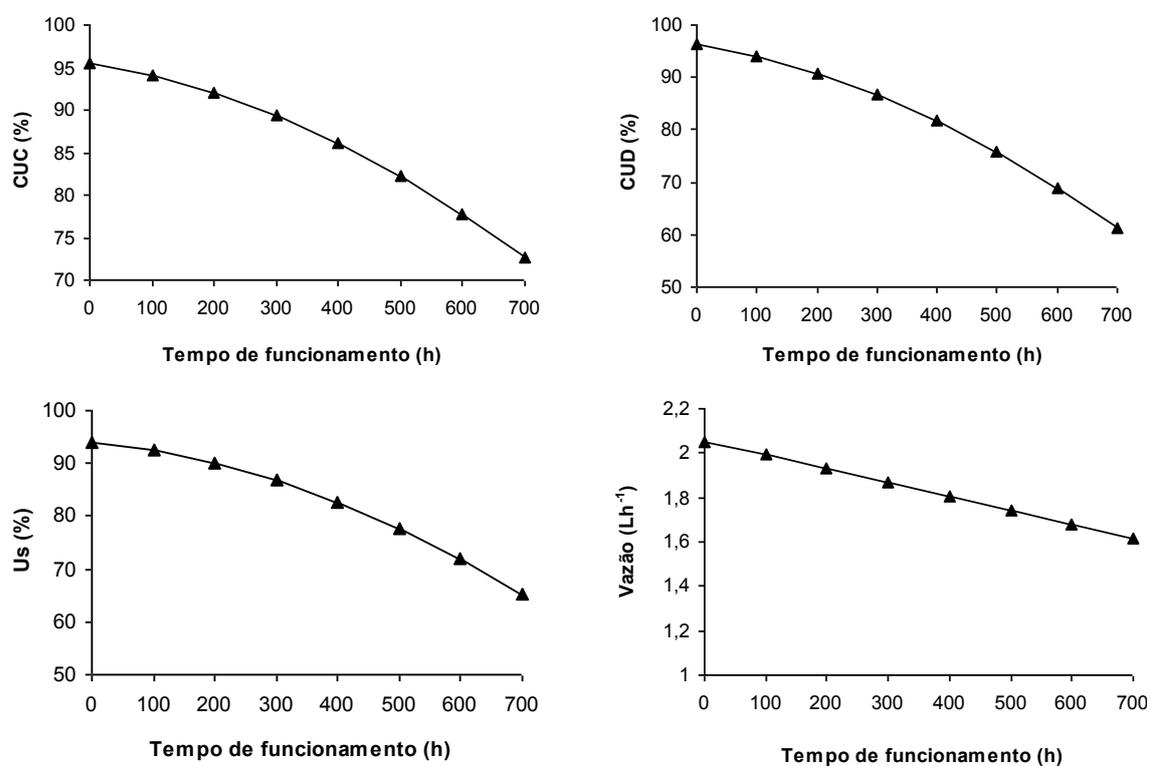


Figura 1. Valores médios das variáveis dependentes CUC, CUD, Us e vazão em função do tempo de funcionamento, no tubogotejador M1.

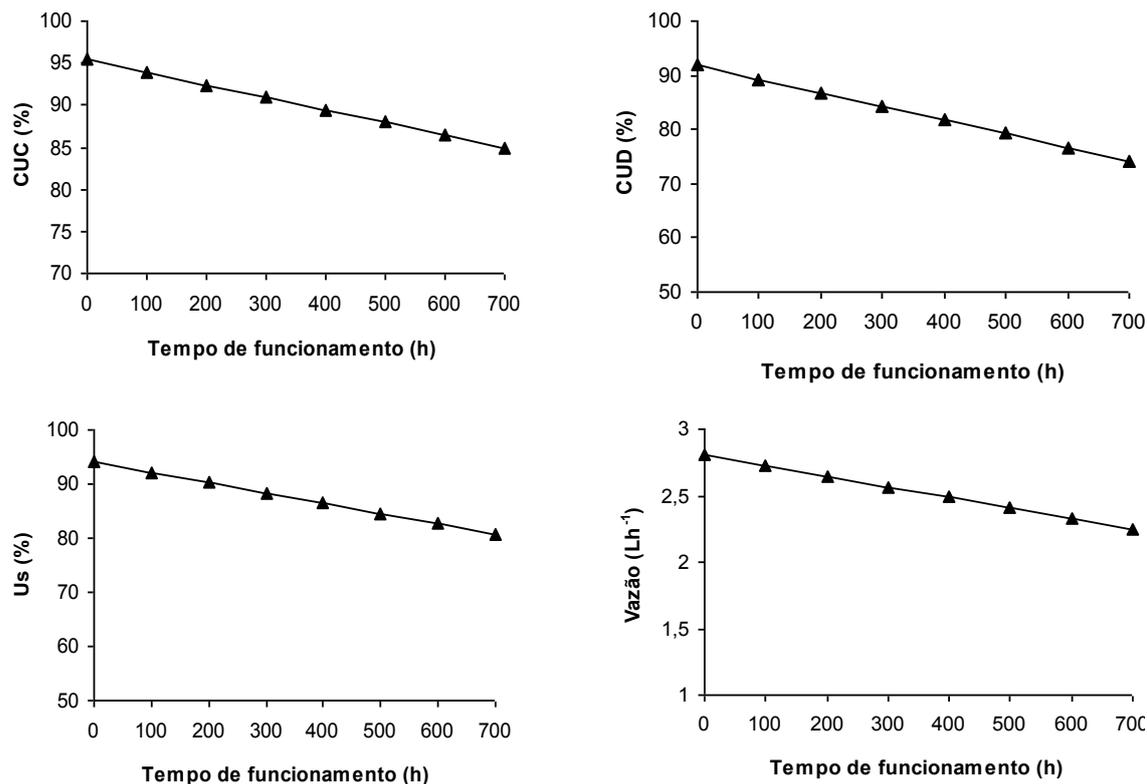


Figura 2. Valores médios das variáveis dependentes CUC, CUD, Us e vazão em função do tempo de funcionamento, no tubogotejador M2.

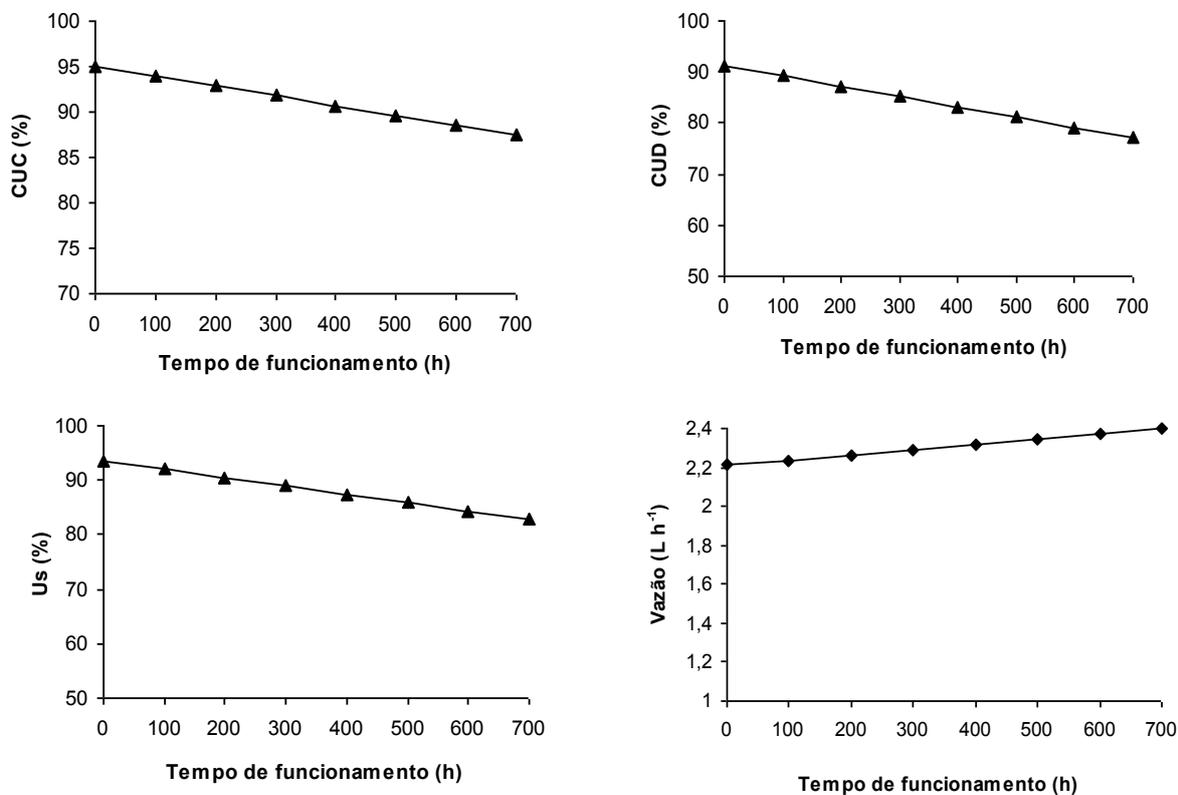


Figura 3. Valores médios das variáveis dependentes CUC, CUD, Us e vazão em função do tempo de funcionamento, no tubogotejador M3.

Observa-se na Figura 1 que houve redução nos valores médios do CUC, CUD, Us e vazão no modelo de tubogotejador M1, ao longo do tempo de funcionamento do sistema de irrigação, com a utilização de água ferruginosa. O CUC no início das avaliações foi de 95,8%, o que permite classificar o sistema como excelente, mas apresentou redução de 23% no seu valor, passando a ser classificado como razoável (73,75%), na última avaliação.

Segundo Mantovani e Ramos (1994), quanto maior o valor do CUC, menor é a lâmina de irrigação necessária para alcançar a produtividade máxima e de acordo com Bernardo *et al.*, (2005), o limite mínimo de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen aceitável em um sistema de irrigação por gotejamento é de 80%. Estabelecendo comparação entre a primeira e última avaliação, constataram-se reduções nos valores do CUD e Us de 30,2 e 28,4%, respectivamente. O valor final de CUD permitiu classificar o sistema como ruim. Observou-se uma redução de 26,1% na vazão.

Verifica-se na Figura 2, que o CUC para o modelo M2 apresentou redução de 12,3%, proporcionando uma mudança na classificação de excelente para bom. O valor médio do CUD foi de 74,7%,

classificação regular. Estabelecendo comparação entre os tempos de funcionamento de 0 e 700 horas, verificaram-se reduções de 16,25% no valor de Us. A vazão apresentou redução de 27,4% (Figura 2).

O modelo M3 também apresentou diminuição na uniformidade de aplicação de água (Figura 3), onde se observaram reduções nos valores do CUC, CUD e Us de 8,2; 15,2 e 12,5%.

A redução no valor do CUC provocou uma mudança na classificação do sistema de excelente para bom. A vazão, diferentemente dos outros modelos, apresentou um incremento de 1%. Geralmente, as obstruções causam diminuição da vazão dos emissores; por outro lado, existem alguns modelos de emissores nos quais ocorre o oposto.

Ravina *et al.* (1992), trabalharam com emissores autocompensantes e não autocompensantes e observaram aumento da vazão no início do processo de entupimento, em ambos os tipos. Este mesmo comportamento foi observado por Resende *et al.* (2000), com os gotejadores Netafim RAM e Dripline, no qual, o aumento da vazão, pode estar associado ao primeiro estágio de acumulação de material dentro do emissor, o que pode alterar o regime do escoamento.

4. CONCLUSÕES

- O uso de água com elevados teores de ferro total para a irrigação por gotejamento apresenta grande potencial para obstrução de gotejadores;
- Ocorreu decréscimo do CUC, CUD e Us dos tubogotejadores M1, M2 e M3 do sistema de irrigação por gotejamento, devido ao uso de água ferruginosa.
- Após 700 h de funcionamento o modelo M1 apresentou reduções nos valores do CUC, CUD, Us e vazão de 23,0; 30,2; 28,4 e 26,1%, respectivamente; o modelo M2 apresentou reduções de 12,3; 19,5; 16,3 e 27,4%, respectivamente; para o modelo M3, as reduções foram de 8,2, 15,2 e 12,5% nos valores do CUC, CUD e Us, tendo apresentado um incremento de 1% em sua vazão.
- Água com alto teor de ferro só deve ser utilizada em irrigação por gotejamento associada a um sistema de tratamento para evitar problemas de entupimento dos emissores.

5. REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 7.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 611p.
- 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, v.4, p.67-117, 1987.
- BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S., GILBERT, R.G.; **Trickle irrigation water quality and preventive maintenance**. Agricultural Water management. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. p 149-162. 1979.
- BUSATO, C.C.M.; SOARES. A.A. Desempenho de gotejadores, utilizando água de baixa qualidade química e biológica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.5, p.739-746, 2010.
- CARARO, D.C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores**. 2004. 130p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.
- COSTA, C.C. **Estudo da susceptibilidade de tubos gotejadores ao entupimento por precipitados químicos de ferro**. 2000. 85p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- CUNHA, F.F., MATOS, A.T.; BATISTA, R.O.; MONACO, P.A.L. Uniformidade de distribuição em sistemas de irrigação por gotejamento utilizando água

- residuíria da despolpa dos frutos do cafeeiro. **Acta Scientiarum Agronomi**, Maringá, v.28, n.1, p.143-147, 2006.
- FORD, H.A.; TUCKER, D.P.H. Clogging of drip systems from metabolic products of iron and sulfur bacteria. **International Drip Irrigation. 2 Congress Proceedings**, San Diego, 1986, p 212-214.
- HERNANDEZ, F. B. T.; PETINARI, R. A. Qualidade da água para irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.58-60.
- LÓPEZ, J. R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNÁNDEZ, J.F.G. **Riego localizado**. Madrid, España: Mundi-Prensa, 1992. 405p.
- MANTOVANI, E.C.; RAMOS, M.M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa de Milho e Sorgo. – Brasília: EMBRAPA-SSI, 1994. p. 129-158.
- MARTINS, M.L.N. **Dinâmica do ferro e do manganês no hipolímio do Reservatório Serra Azul em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária. Universidade Federal de Minas Gerais, 2000.
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 513p.
- RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A; SCHISCHA, A; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, New York, v.13, p.129-139, 1992.
- RESENDE, R.S. **Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica a avaliação do desentupimento via cloração da água de irrigação**. 1999. 77p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.
- RESENDE, R.S.; COELHO, R.D.; PIEDADE, S.M.S. Eficiência da cloração da água de irrigação no tratamento de gotejadores com entupimento de causa biológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.382-389, 2000.