

UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO, ABASTECIDOS COM ÁGUA COM ALTOS TEORES DE FERRO E EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS DE TRATAMENTOS¹

CORDEIRO, E.A.²; MANTOVANI, E.C.³; SILVA, J.G.F.⁴; SILVA, C.M.⁵; SOARES, A.A.⁶

¹ Trabalho financiado pelo Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Café EMBRAPA/Café; ² Lic. em Ciências Agrícolas, Estudante de M.S. Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n, <ms40136@correio.cpd.ufv.br>, (31) 3892-7039; ³ Prof. Titular, D.S., Departamento de Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n. <everardo@correio.ufv.br>; ⁴ Eng. Agrícola, D.S., Pesquisador INCAPER/ES, Linhares/ES, <jgeraldo@incaper.com.br>; ⁵ Prof. Adjunto, Ph.D., Departamento de Engenharia Florestal, DEF, UFV, Av P.H. Rolfs s/n. <mudado@mail.ufv.br>; ⁶ Prof. Titular, Ph.D., Departamento de Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n. <aasoares@correio.ufv.br>.

RESUMO: A irrigação por gotejamento apresenta várias vantagens sobre outros métodos, inclusive a possibilidade de alcançar elevados valores de coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD). No entanto, essa eficiência pode ser comprometida pelo uso de água que contenha elevada concentração de partículas em suspensão, que podem causar um dos mais sérios problemas na operação de sistemas de irrigação: o entupimento de emissores. As obstruções causadas pelas precipitações químicas de materiais como carbonato, sulfato de cálcio e óxidos de ferro é outro grande problema relacionado com a qualidade da água de irrigação. Água com teores de ferro de 0,1 a 1,5 mg.L⁻¹ possui moderada restrição, quanto ao risco de entupimento, para uso em sistemas de irrigação por gotejamento, e acima deste valor existe severa restrição. O ferro dissolvido na água, quando em contato com o oxigênio atmosférico, oxida-se à forma insolúvel, formando um precipitado de cor castanho-avermelhada. Em ambientes anaeróbicos, a oxidação também pode ocorrer pela ação de vários gêneros de bactérias, que oxidam o ferro dissolvido, produzindo mucilagem, que contribui para agravar os problemas de entupimento. Como medidas preventivas recomenda-se o uso de filtros, tratamento químico, abertura periódica de final de linha e inspeção de campo. Outra forma é provocar a precipitação de ferro antes que entre no sistema de irrigação. Para isso, o ferro é oxidado à forma insolúvel, por cloração, arejando a água por meio de saltos, bandejas, sistemas mecânicos em tanques abertos ou injetando ar na água para induzir à oxidação e precipitação do ferro. Uma vez precipitado, o ferro pode ser separado por meio de filtros, ou, antes de ser filtrada, passar por um tanque de decantação, o que seria um pré-tratamento. O objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência das medidas preventivas citadas e a uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação por gotejamento, abastecidos com água, que apresentam teor de ferro total maior que o recomendado. Foram avaliados sete sistemas de irrigação por gotejamento na região norte do Estado do Espírito Santo, constatando-se que melhores resultados, tanto de uniformidade de distribuição quanto de redução do teor

de ferro na água, podem ser alcançados quando se utiliza, não uma, mas um conjunto de medidas, prolongando assim a vida útil do sistema.

Palavras-chave: entupimento, ferro, uniformidade.

WATER APPLICATION UNIFORMITY IN DRIP IRRIGATION SYSTEMS, SUPPLIED WITH WATER WITH HIGH TEXTS OF IRON AND THE EFFICIENCY OF TREATMENTS PROCESSES

ABSTRACT: Drip irrigation systems present several advantages above other methods, including the possibility to reach high values of water distribution uniformity coefficient (CUD). However, this efficiency can be committed by the use of water that contains high concentration of particles in suspension, so that they can cause one of the most serious problems in the operation of irrigation systems, the emitters clogging. The obstructions caused by chemical precipitations of materials, like carbonate, calcium sulfate and iron oxides, it is another great problem related with the irrigation water quality. Water with iron texts of 0,1 to 1,5 mg.L⁻¹, possesses moderate restriction, related with clogging, for use in drip irrigation systems, and above these values, exist several restrictions. The iron dissolved in water, when in contact with the atmospheric oxygen, oxidized to a insoluble form, forming a chestnut-red color precipitated. In anaerobic atmospheres, the oxidation can also happen because of the action of several bacterias types, that oxidize the dissolved iron, producing mucilage that contribute to worsen clogging problems. As preventive measures, it is recommended the use of filters, chemical treatment, periodic end line opening and field inspection. Another form is to cause the precipitation of the iron before this enters in the irrigation system. For this, the iron is oxidized to the insoluble form, by chlorination, airing the water by means of jumps, trays, mechanical systems in open tanks or injecting air in the water, to induce the oxidation and precipitation of the iron. Once precipitate, the iron can be separated through filters, or before being filtered, pass for a settling basin, what would be a pre-treatment. The objective of this work was to verify the efficiency of the mentioned preventive measures and the water distribution uniformity in drip irrigation systems supplied with water, what presents a larger total text of iron than the recommended. For this, seven drip irrigation systems were evaluated in north of Espírito Santo region, verifying that better results, so much of distribution uniformity as of reduction of the text of iron in the water, can be achieved, when it is used, not one, but a group of measures, prolonging in that way, the useful life of the irrigation system.

Key words: Clogging, iron, uniformity.

INTRODUÇÃO

A quantidade e a qualidade da água são fatores limitantes para a prática da irrigação, sendo necessário certo cuidado na escolha do método a ser adotado, bem como na elaboração do projeto e também no manejo. Sistemas de irrigação que distribuem a água por toda a superfície podem ser inviáveis, devido à grande quantidade de água utilizada por unidade de área. Nesse contexto, a irrigação localizada, principalmente por gotejamento, pode ser uma alternativa, por ser um sistema em que a água é aplicada somente na área explorada pelo sistema radicular da cultura, necessitando, portanto, de menor quantidade de água por área cultivada. Este método, quando manejado adequadamente, oferece muitas vantagens sobre os outros métodos de irrigação, como: maior uniformidade de distribuição, melhor eficiência no uso da água, diminuição das perdas por percolação e escoamento superficial, entre outros. Se por um lado este sistema pode amenizar o problema de escassez de água, por outro, em função do pequeno diâmetro dos orifícios dos gotejadores, a qualidade da água é um fator essencial, porque partículas em suspensão podem provocar entupimentos, diminuindo a eficiência do sistema. O problema mais comum, segundo AYERS e WESTCOT (1985), são as obstruções causadas por sólidos em suspensão, os quais ocorrem mais freqüentemente nas águas superficiais; no entanto, partículas de areia e silte também podem ser bombeadas de águas subterrâneas para o interior do sistema de irrigação. Águas com teores de sólidos em suspensão maiores que 50 mg.L^{-1} já possuem moderada restrição de uso para sistemas de irrigação localizada, sendo necessária a instalação de filtros (NAKAYAMA e BUCKS, 1986). As obstruções também podem ser causadas pelas precipitações químicas de materiais como carbonato, sulfato de cálcio e oxidação de Fe, que são produzidos gradualmente e, portanto, são mais difíceis de se localizar (AYERS e WESTCOT, 1985).

O processo de precipitação do ferro pode ocorrer tanto em ambiente aeróbico como anaeróbico, dependendo da fonte de água. Nas águas superficiais, este elemento é geralmente encontrado na forma de precipitado (Fe_2O_3), mas também pode ser encontrado no estado ferroso (FeO) nas camadas mais profundas (HEM, citado por MICHALAKOS et al., 1997). BUCKS et al. (1979) estabeleceram o limite de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ na concentração de ferro na água como o valor máximo para utilizá-la sem restrições em sistemas de irrigação por gotejamento. No entanto, AYERS e WESTCOT (1985) afirmam que, quando se incluem os custos dos filtros, o valor máximo prático é de $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$. Estes valores estão diretamente

relacionados com temperatura, valores altos de pH, oxigênio dissolvido e concentração relativa de outras substâncias na solução (PITTS et al., 1990). De acordo com NAKAYAMA e BUCKS (1986), a utilização de águas com teor de ferro maior que $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$ em sistemas de irrigação por gotejamento possui severas restrições, com alto risco de entupimento de gotejadores. COSTA (2000), trabalhando com gotejadores de cinco diferentes fabricantes, em um sistema abastecido com água com teor de ferro de $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$, observou, após 200 horas de funcionamento, uma redução de vazão variando de 34 a 87%, confirmando a necessidade de um pré-tratamento para a utilização de água com altos teores de ferro.

HERNANDES e PETINARI (1998), em um trabalho desenvolvido no município de Junqueirópolis-SP, com o objetivo de estudar os efeitos da precipitação de ferro em sistemas de irrigação, utilizando água proveniente de córrego, com pH 5,9 e teor de ferro total de $0,77 \text{ mg.L}^{-1}$, verificaram, após 25 meses de uso, que 58,4% da área interna dos tubos de PVC-DN 50 mm estava obstruída. Vale salientar que o sistema estava equipado com filtro de disco de 150 mesh. Nesse trabalho, os autores concluíram que o uso de água para irrigação com teores de ferro acima de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ merece atenção especial por parte dos projetistas, especialmente porque, normalmente, estes altos níveis de ferro estão associados a altos teores de sólidos em suspensão, podendo obstruir tubulações em pouco tempo e em grau extremo, inutilizando o sistema de irrigação.

Para controlar o desenvolvimento de bactérias, AYERS e WESTCOT (1985) recomendam o tratamento com cloro. Salientam, entretanto, que cuidados na manipulação do produto devem ser tomados. A eficiência do tratamento está diretamente relacionada ao pH da água, devendo ser ressaltado que, para valores altos de pH, maiores quantidades de cloro são requeridas. Em alguns casos, esclarecem os autores, a injeção contínua de cloro na água dos sistemas de irrigação localizada, mesmo que eficiente, pode não ser economicamente justificável.

De acordo com CLARK e SMAJSTRLA (1988), para evitar a precipitação de ferro nas incrustações e nos emissores, este deve ser precipitado e filtrado antes que entre no sistema de irrigação. Para isso, o ferro é oxidado à forma insolúvel, geralmente por cloração. As fontes de cloro utilizadas no tratamento de água são: cloro em estado gasoso; hipoclorito de sódio, NaOCl ; e hipoclorito de cálcio, Ca(OCl)_2 . O hipoclorito de cálcio pode reagir com outros elementos contidos na água de irrigação e formar precipitados que podem provocar entupimento de emissores. NAKAYAMA e BUCKS (1986) recomendam uma concentração final de cloro livre residual de 1 mg.L^{-1} , devendo este valor ser acrescido de $0,6 \text{ mg.L}^{-1}$ de cloro para cada $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de ferro presente na água. Uma outra forma de obter a oxidação do ferro é arejar a água por meio de saltos, bandejas, sistemas mecânicos em tanques abertos ou injetando ar na água para induzir à oxidação e precipitação do ferro. Uma vez precipitado, o ferro pode ser

separado por meio de filtros. No entanto, ambos os processos devem ser avaliados sob o ponto de vista econômico (PIZARRO, 1990).

Conforme recomendação de HAMAN et al. (1989), a água, antes de ser filtrada, deveria passar por um tanque de decantação, o que seria um pré-tratamento. Com esse procedimento aumenta-se a eficiência do filtro e diminui a frequência requerida para sua limpeza. O entupimento de emissores influi diretamente na uniformidade de distribuição do sistema, sendo necessária uma avaliação periódica. 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; DENÍCULI et al., 1980; KELLER e KARMELLI, 1975). Segundo KELLER e BLIESNER (1990), um conceito mais apropriado para definir a uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação por gotejamento é o conceito de coeficiente de uniformidade de emissão, também designado CUE. Para os sistemas de irrigação localizada, segundo LÓPEZ et al. (1992), é mais freqüente o uso do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, pois este possibilita uma medida mais restrita, dando maior peso às plantas que recebem menos água. Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por gotejamento e a eficiência dos processos de tratamento por meio da aeração, sedimentação e filtração na remoção do excesso de ferro da água de irrigação, assim como seus efeitos no entupimento de emissores.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado nos municípios de Linhares e Jaguaré, localizados na região norte do Estado do Espírito Santo. Foram avaliados sete sistemas de irrigação por gotejamento, no período de 22 a 30 de maio de 2001, em áreas cultivadas com café. A determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para os sistemas de irrigação por gotejamento foi baseada em metodologia proposta por KELLER & KARMELLI (1975), modificada por DENÍCULI et al. (1980), que consiste na obtenção da vazão dos gotejadores em quatro linhas laterais, ao longo da linha de derivação, e em oito pontos ao longo de cada linha lateral. Todos os sistemas de irrigação são abastecidos com água proveniente de barragens próximas à área de plantio. Os sistemas 1, 2 e 3 utilizam tanque de sedimentação e filtro de disco de 120 *mesh*; os sistemas 4 e 6, apenas filtro de disco de 120 *mesh*, o sistema 7, somente filtro de areia; e o sistema 5, aerador tipo bandeja, tanque de sedimentação, filtro de areia e filtro de tela. Para determinação do teor de ferro total contido na água de irrigação, foi utilizado um kit para análise “in loco”

da marca HACH, modelo IR-18. Nas propriedades que utilizam algum processo de pré-tratamento de água, foram coletadas amostras de água para análise em cinco pontos: na fonte de água (P₁); após a aeração (P₂); no tanque de decantação (P₃); após o sistema de filtragem (P₄); e nos gotejadores (P₅). Nas outras propriedades, que não utilizam pré-tratamento, foram coletadas amostras de água na fonte, após o sistema de filtragem e nos gotejadores. Estas análises forneceram os resultados de teor de ferro total. Para verificar o pH da água, amostras de todos os pontos foram analisadas pelo laboratório de química de solos pertencente à INCAPER, Linhares-ES.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 apresentam-se os resultados dos coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD), pH e teor de ferro total na água em diferentes pontos do sistema. A utilização de tanque de sedimentação seguido de filtros de disco não apresentou resultados satisfatórios para a redução do teor de ferro total, o que pode ser observado nos resultados das análises feitas após os filtros nos sistemas 1, 2 e 3, que foram ligeiramente menores que os valores encontrados na fonte de água. O mesmo ocorreu nos sistemas 4, 6 e 7, que utilizam filtros, tanto de areia como de disco. O sistema 5, que utiliza aerador seguido de tanque de sedimentação, apresentou grande redução no teor de ferro da captação em relação aos valores encontrados após o tanque de sedimentação; com isso, a água na fonte, que era considerada de alto risco para provocar entupimento, passa a ser classificada como de moderado risco. Os valores do teor de ferro encontrados no final de linha apresentaram resultados superiores aos encontrados após o tanque de sedimentação e/ou filtros, o que pode ser explicado pela posição em que estava localizada a tubulação de sucção, no fundo do tanque, succionando o ferro sedimentado, aumentando sua concentração ao longo da linha. Os valores dos coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD), dos sistemas 2, 4 e 6, são considerados excelentes; os dos sistemas 1 e 3, bons; e os dos sistemas 5 e 7, razoáveis, de acordo com classificação sugerida por MERRIAM e KELLER (1978). A classificação de coeficiente razoável dos sistemas 5 e 7 pode ser explicada pelo longo tempo de uso e tipo de gotejador. O sistema 1, apesar de ter também longo tempo de uso, possui bom coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), pelo fato de tratamentos periódicos com cloro e abertura de final de linha serem realizados. O sistema 4 apresentou excelente uniformidade, provavelmente devido ao baixo valor do pH da água, que contribui para manter o ferro em sua forma reduzida. Quanto ao entupimento total de gotejadores, os sistemas 2, 3 e 6 não apresentaram nenhum entupimento, devido à inspeção periódica de campo realizada nestes sistemas por parte dos irrigantes; os sistemas 1, 5 e 7, entupimento total menor que 5% dos gotejadores; e o sistema 4, 12%.

Quadro 1 - Teor de ferro total na água, pH e coeficientes de uniformidade de distribuição

Sistemas	Uso	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	pH	CUD
	mês							
1	91	1,3	-	1,1	1,7	1,7	6,0	83
2	03	0,7	-	0,5	0,5	0,7	6,1	97
3	29	0,7	-	0,5	0,7	0,7	6,3	82
4	24	0,3	-	-	0,3	0,8	4,7	90
5	72	1,7	1,3	0,4	0,9	1,0	5,9	74
6	06	1,3	-	-	1,3	1,7	6,6	90
7	84	1,1	-	-	1,0	1,2	6,5	79

CONCLUSÕES

A utilização apenas de filtros de areia, disco ou tela não apresentou eficiência para reduzir o teor de ferro na água, sendo necessário o uso de outras medidas preventivas, como é o caso do sistema 5, que possui tanque de sedimentação e aerador. Os resultados mostram que sistemas de irrigação por gotejamento podem funcionar satisfatoriamente por longos períodos, utilizando água com teores de ferro além dos recomendados, desde que medidas preventivas, como o uso de aeradores, tanques de sedimentação (em alguns casos), tratamento com cloro e abertura periódica dos finais de linhas, sejam tomadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**; tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros, F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB,1999. 153p. (Estudos FAO 29. 1985).
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. UFV, Impr. Univ. 6^a edição. 1995. 657p.
- BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S.; GILBERT, R.G. **Trickle irrigation water quality and preventive maintenance**. Agricultural Water management. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 1979. p 149-162.
- CAMP, C.R.; SADLER, E.J., BUSSCHER, W.J. **A comparison of uniformity measures for drip irrigation systems**. Transactions of the ASAE.1997. Vol. 40 (4): p 1013-1020.
- CLARK, G.A.; SMAJSTRLA, A.G. **Treating irrigation systems with chlorine**. Agricultural Eng. Extension Report 88-8. IFAS.University of Florida.6p. 1988.
- COSTA, C.C. **Estudo da susceptibilidade de tubos gotejadores ao entupimento por precipitados químicos de ferro**. Dissertação de mestrado. Lavras, UFLA, 2000. p 85.

- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J.T.L.; SEDIYAMA, G.C. **Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento.** Revista Ceres, Viçosa. 1980. v 27, n. 50, p.155-162.
- HAMAN, S.Z.; SMAJSTRLA, S.Z.; SMAJSTRLA, A.G.; ZAZUETA, F.S. **Settling basins for trickle irrigation in Florida.** Agricultural Engineering Fact Sheet AE-65. IFAS, University of Florida. 5p. 1987.
- HERNANDES, F.B.T.; PETINARI, R.A. **Qualidade de água para irrigação localizada.** XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, LAVRAS, MG. p.58-60,1998.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation.** New York: Avibook, 1990. 649 p.
- KELLER, J., KARMELI, D. **Trickle irrigation design.** S.1: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.
- LÓPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNÁNDEZ, J.F.G. **Riego Localizado.** Madrid, España: Mundi - Prensa, 1992. 405 p.
- MERRIAM, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management.** Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- MICHALAKOS, G.D.; NIEVA, J.M.; VAYENAS, D.V.; LYBERATOS, G. **Removal of iron from potable water using a trickling filter.** Wat. Res. vol.31 n.5. p.991-996.Elsevier Science Ltd.1997.
- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation of crop production.** Elsevier Science Publishers B. V. 1986. 383p.
- PITTS, D.J.; HAMAN, D.Z.; SMAJSTRIA, A.G. **Causes and prevention of emitter plugging in microirrigation systems. Florida** Cooperative Extension Service. University of Florida . bulletin 258. p.12. 1990.
- PIZARRO, F. **Riegos Localizados de Alta Frecuencia.** Madrid. 2ª edición.471p. 1990.