

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CLORAÇÃO DA ÁGUA EM SISTEMAS DE FILTRAGEM DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

EVALUATION THE CHLORINATION EFFECT OF WATER IN FILTRATION'S SYSTEM OF TRICKLE IRRIGATION

TULIO A. P. RIBEIRO¹
JOSÉ E. S. PATERNIANI.²

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo fazer uma investigação experimental de uma fonte hídrica superficial utilizada em um sistema de irrigação por gotejamento e a importância da cloração da água na uniformidade de distribuição de água e no efluente dos sistemas de filtragem. O tratamento químico da água de irrigação foi feito mediante a cloração, onde a fonte de cloro foi na forma de hipoclorito de sódio. Utilizaram-se dois filtros, um de disco e outro de mata sintética não tecida na filtragem da água e fez-se uma comparação de seus efluentes. Analisou-se a variação temporal durante um ano, dos parâmetros físicos sólidos suspensos e turbidez e dos biológicos a concentração de algas e bactérias no efluente dos filtros. O grau de obstrução dos emissores foi avaliado pelo de ensaios de vazão que determinaram a uniformidade de distribuição da água por de dois índices, onde se variaram os números de emissores amostrados. Ocorreram variações no desempenho do filtro de manta e de disco com relação aos parâmetros físicos e biológicos de seus efluentes ao longo do ano. Os valores das médias dos índices de uniformidade de distribuição de água foram bem próximos para as duas parcelas que utilizaram os dois filtros de manta e disco. A concentração de cloro livre foi maior no efluente do filtro de disco durante a maior parte do tempo de estudo.

Palavras-chave: Filtros, entupimento, manta sintética não tecida

ABSTRACT

This research had the objective to do an inquiry experimental surface a water source superficial utilized superficial utilized in a trickle irrigation's system. Besides as the chlorination water can influence on uniformity distribution water and out fluent filtration's system. The chemical treatment had done with chlorine, when the source was hypochlorite sodium. Utilized two filters, a disc and other non woven synthetic fabrics on filtration water, and compared its outfluent. Analyzed the parameters: physical solids

¹ Doutor em Engenharia Agrícola, Feagri - UNICAMP, C.P. 6011, Cep 13083-970 – Campinas, SP. e-mail: tulior@agr.unicamp.br

² Professor Livre Docente, Depto de Água e Solo, Feagri - UNICAMP.

suspension and turbidity and biological concentration algae and bacterium in effluent filters, during one year. The obstruction degree of emitters was available with flow test that determined the uniformity distribution water with two different index, where variety the emitters number sample. There were variation on performance between filters non woven synthetic fabrics and disc to parameters physical and biological during the year. The average value of uniformity distribution water index were similar for the two block irrigated that utilized the filters disc and non woven synthetic fabrics. The chlorine concentration free was higher in filter disc effluent.

Keywords: Filters, clogging, non woven synthetic fabrics

INTRODUÇÃO

Dentre os métodos de irrigação conhecidos, a irrigação localizada é o método que mais cresceu nas últimas décadas devido à maneira racional e econômica do uso da água. Um dos fatores que eleva os custos de operação e manutenção do sistema e, em certos casos, inviabiliza a utilização desse método é a obstrução de emissores.

Normalmente as obstruções são causadas pela combinação de três fatores (físicos, químicos e biológicos) presentes na água de irrigação, como por exemplo a presença de argila e produtos de corrosão envoltos em massa biológica e cimentados com precipitados de CaCO_3 . No entanto, tem-se observado que os maiores problemas de obstrução são causados pela presença de materiais em suspensão, como silte, algas, etc. (ADIN & ALON, 1986). Especificamente quanto ao crescimento de algas e bactérias nos mananciais utilizados para captação e nas tubulações dos sistemas de irrigação, observa-se um agravamento devido à prática da fertirrigação, técnica cada vez mais freqüente em sistemas de irrigação localizada.

ENGLISH (1985), recomenda para um tratamento preventivo de bactérias formadoras de limo, efetuar-se uma cloração em base contínua a uma taxa, de 1 a 2 mg L^{-1} , ou semanalmente a uma concentração de 10 a 20 mg L^{-1} por 30 a 60 minutos. RESENDE (1999), em seu estudo sobre a

utilização da cloração via água de irrigação para o controle de entupimento de gotejadores de origem biológica, concluiu que o tratamento preventivo do entupimento deve ser mais incentivado do que o tratamento de choque, pois mostra-se mais eficiente no controle do entupimento. CARARO (2004), em estudo sobre a minimização de desentupimento de gotejadores com a utilização de água residuárias, concluiu que a cloração reduziu o grau de entupimento ao longo do tempo para gotejadores auto-compensantes e evitou o entupimento total em emissores.

A remoção de algas por filtros de superfície não é considerada eficiente. No entanto, poucos testes têm caracterizado a capacidade de remoção destes meios filtrantes e recentes experimentos têm demonstrado a possibilidade do uso de mantas não tecidas como elemento filtrante na remoção de sólidos suspensos em filtros para irrigação localizada (CRUZ, 1996).

O presente trabalho teve por objetivo realizar uma investigação experimental a fim de comparar o efluente de dois filtros diferentes, na remoção de impurezas da água de irrigação localizada e a cloração como um tratamento químico para o controle de algas e bactérias.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, localizada no município de Campinas,

Estado de São Paulo. Os critérios para avaliação das impurezas presentes na água de irrigação foram baseados nos estudos realizados por NAKAYAMA & BUCKS (1986).

A água utilizada no experimento era proveniente de um reservatório de 250 m³, constituído de um pequeno açude, que é abastecido pelo bombeamento de água de uma pequena represa, onde ocorre a contribuição hídrica de outras nascentes que estão a seu redor.

Na área experimental foi montado um sistema de irrigação composto de uma motobomba centrífuga, um controlador automático de irrigação, duas válvulas elétricas com solenóide, gotejadores, dois transdutores diferenciais de pressão, dois reguladores de pressão de 103,4 kPa, três hidrômetros digitais tipo turbina na faixa de vazões de 0,6 a 6 m³ h⁻¹, dois manômetros de Bourdon, sistema de injeção de cloro, constituído de uma bomba dosadora de pistão, sistema de filtragem composto de dois filtros, sendo um filtro de disco de 130 microns, diâmetro de 25,4 mm da marca Amiad e um de manta sintética.

Os corpos dos dois filtros eram idênticos e feito de plástico. Somente o elemento filtrante era diferente. Com esse procedimento pôde-se garantir semelhança funcional entre os filtros. A escolha do filtro tipo manta sintética não tecida foi feita, segundo estudos já realizados por SCATOLINI (2001), em irrigação localizada em estufas para produção de flores. As características da manta sintética não tecida utilizada como meio filtrante possui permeabilidade normal 0,5 cm s⁻¹; permissividade 1,6 s⁻¹; abertura dos poros 0,150 mm; gramatura 380 g m⁻²; espessura 3,8 mm.

Os ciclos de irrigação foram feitos por um controlador de irrigação que foi programado para acionar o sistema duas vezes ao dia, uma pela manhã e a outra ao final da tarde. O tempo de irrigação foi de duas horas, sendo que durante uma hora e quarenta minutos somente água do

reservatório e o tempo restante foi feito a cloração da água de irrigação.

A fonte de cloro utilizada foi o hipoclorito de sódio (12%). Adotou-se o valor da concentração de cloro necessária na linha de gotejadores de 2 mg L⁻¹. Uma concentração de 1 a 2 mg L⁻¹ de cloro livre nas linhas de gotejadores é utilizado para o controle preventivo de entupimentos com relação ao controle de algas e limos (ENGLISH, 1985).

Os períodos de amostragens da água dos efluentes dos filtros foram realizadas nas quatro estações do ano em quatro etapas. Nas amostragens de campo foram determinados os alguns fatores importantes com relação à qualidade de água para irrigação localizada e que podem causar obstrução nos gotejadores tais como: sólidos em suspensão (Ss), turbidez, concentração de algas e bactérias.

A classificação da água para o sistema de irrigação localizada em relação aos fatores sólidos suspensos e concentração de bactérias seguiu recomendações de NAKAYAMA & BUCKS (1986), visando especificamente o risco quanto ao "problema de entupimento".

Para o cálculo de um dos coeficientes de uniformidade foram utilizadas as medidas de vazão tomadas nos ensaios realizados em 60 gotejadores de cada parcela, e para a determinação do outro índice foram selecionados 6 gotejadores do início das linhas laterais de gotejamento, 6 na metade e 6 no final das mesmas, totalizando 18 gotejadores para este último índice.

Os dois índices de uniformidade de distribuição de água foram o coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão (Us) e o segundo foi baseado na metodologia proposta por BRALTS & KESNER (1983).

O Coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão (Us), é definido de acordo com a Equação 1 abaixo;

$$U_s = 100 (1 - CV) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

U_s = uniformidade estatística de emissão (%); e

CV = coeficiente estatístico de variação de vazão dos emissores.

O segundo índice foi desenvolvido na metodologia que foi proposta por BRALTS & KESNER (1983), mas no cálculo foi utilizado um programa de computador desenvolvido por SMAJSTRLA et al. (1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Água efluente dos elementos filtrantes

As amostragens foram feitas após os elementos filtrantes. Desta maneira foram determinadas às concentrações de algas, bactérias, turbidez e sólidos suspensos totais na água. As parcelas são abastecidas pela água do reservatório e não foram

consideradas as remoções dos filtros de manta e disco como a diferença entre a medida de determinado parâmetro de qualidade da água medido antes e após os filtros. Assim a comparação entre os elementos filtrantes passou a ser direta a partir das medidas feitas após os filtros.

Verifica-se pela Tabela 1 que na primeira etapa da pesquisa, o elemento filtrante de manta obteve melhores resultados tanto para turbidez quanto para a concentração de sólidos suspensos, por apresentar na média e no desvio padrão valores menores após o filtro para os dois parâmetros físicos. Na segunda, terceira e quarta etapa os valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação nos dois filtros foram bem próximos, portanto o desempenho de ambos foram bem parecidos.

Tabela 1. Resultado dos parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, nas quatro etapas.

		Parâmetros Físicos			
		Sólidos Suspensos (mg L^{-1})		Turbidez (NTU)	
		Filtro de Manta	Filtro de Disco	Filtro de Manta	Filtro de Disco
Etapa 1	Varição	0 - 3	0 - 4	1,57 - 9,68	2,47 - 14,9
	Média	0,90	1,75	3,22	5,03
	Desvio padrão	1,10	1,87	2,33	4,13
	Coef. variação (%)	122,28	107,12	72,51	82,12
Etapa 2	Varição	6,5 - 11	7 - 11,5	4,66 - 10,5	4,14 - 9,32
	Média	9,5	10	7,53	7,45
	Desvio padrão	1,53	1,75	1,57	1,46
	Coef. variação (%)	16,10	17,50	20,84	19,59
Etapa 3	Varição	12 - 23,5	11 - 26	9,57 - 13,9	9,13 - 16,4
	Média	16,61	17,76	11,76	12,05
	Desvio padrão	3,33	4,71	1,89	2,77
	Coef. variação (%)	20,07	26,54	16,05	23,00
Etapa 4	Varição	14 - 25,5	13,5 - 24,5	4,44 - 13,5	6,4 - 14,4
	Média	18,75	19,15	9,17	9,98
	Desvio padrão	3,39	3,38	2,84	2,75
	Coef. variação (%)	18,10	17,62	30,93	27,53

Nos parâmetros biológicos, o filtro de disco obteve melhores resultados que o filtro de manta, na primeira etapa da pesquisa (Tabela 2) para os itens algas e bactérias, quando compara-se os resultados das médias e desvio padrão. Na segunda e terceira etapa a performance dos dois foram bem próximos, pois eles apresentaram valores das concentrações de média, desvio padrão e coeficiente de variação próximos entre eles com relação a algas e bactérias. Na última etapa houve grande variação da concentração de algas no decorrer deste período de experimentação e o filtro de disco apresentou melhor resultado e pior com relação a bactérias.

Os altos valores dos coeficientes de variação obtidos nas análises dos parâmetros físicos e biológicos mostram a alta sensibilidade deste parâmetro às variações no meio ambiente durante o curto período de experimentação. As variações dos valores mostram o quando a qualidade

da água de irrigação pode variar, e estes fatores estão diretamente relacionados as variações ocorridas no meio ambiente. Portanto nas condições desta pesquisa, onde somente utilizou-se águas superficiais, aliado à alta frequência de temperaturas e valor do pH na faixa ótima para o desenvolvimento de microorganismos (predominantemente algas e bactérias), que neste estudo foi de 7,39 a 6,88, pode resultar em elevado risco de entupimento de origem biológica para o sistema de irrigação.

Para RAVINA et al. (1992), os projetos de irrigação localizada devem possuir um sistema de filtragem desenhados para alta eficiência, mas utilizando água de qualidade inferior, do ponto de vista microbiológico, observa-se que a necessidade freqüente de retrolavagem que prejudica sobremaneira a sua operacionalização, principalmente quando utiliza-se a prática de fertirrigação.

Tabela 2. Resultado dos parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, nas quatro etapas.

		Parâmetros Biológicos			
		Algas (n cm ⁻³)		Bactérias (n cm ⁻³)	
		Filtro de Manta	Filtro de Disco	Filtro de Manta	Filtro de Disco
Etapa 1	Varição	115 - 420	115 - 345	1 - 1500	2 - 1100
	Média	271,00	216,00	623,90	555,60
	Desvio padrão	96,32	84,81	548,11	484,56
	Coef. variação (%)	35,54	39,27	87,85	87,21
Etapa 2	Varição	375 - 925	405 - 1205	1 - 2000	1 - 2000
	Média	711,67	700,00	436,33	456,42
	Desvio padrão	178,24	214,95	783,04	774,99
	Coef. variação (%)	25,04	30,70	179,46	169,72
Etapa 3	Varição	310 - 1410	320 - 1405	6 - 600	3 - 500
	Média	830,00	801,67	121,89	118,11
	Desvio padrão	396,64	416,78	202,13	171,49
	Coef. variação (%)	47,79	51,99	165,83	145,19
Etapa 4	Varição	325 - 1125	345 - 750	1 - 1900	10 - 2600
	Média	615,00	530,50	227,60	305
	Desvio padrão	269,78	136,37	589,2	808,20
	Coef. variação (%)	43,87	25,71	258,8	264,98

Concentração de cloro livre nos filtros

Na Figura 1, são apresentadas os resultados das médias das concentrações de cloro nas quatro fases da pesquisa. Observa-se nas duas primeiras etapas as médias das concentrações de cloro livre foram maiores e ocorreu uma redução nas outras duas para ambos os filtros. As variações de cloro livre ocorreram devido as variações da qualidade da água ao longo do ano com relação as concentrações de algas e bactérias.

Para SOARES & MAIA (1999), existem uma série de fatores que influenciam a ação

bactericida do cloro, entre os quais pode-se citar; teor de matéria orgânica oxidável, concentração de microorganismos, pH da água, temperatura, tempo de contato e composição química da água (presença de sais de ferro, amônia, etc).

Observa-se que as concentrações de cloro livre foram sempre maiores nos efluentes do filtro de disco durante todas as etapas. Este fato pode ser porque o elemento filtrante de manta sintética não tecida tem uma maior permeabilidade, causando assim uma maior retenção de impurezas e conseqüentemente um maior consumo de cloro livre.

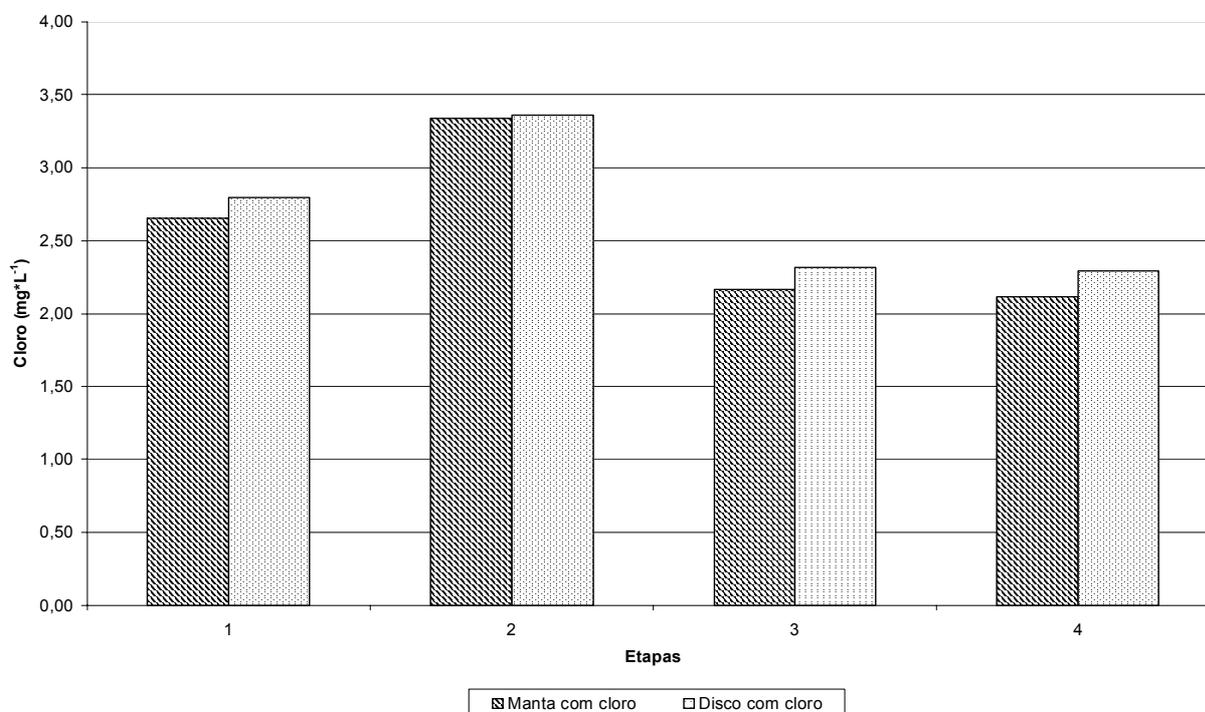


Figura 1. Média da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco para as quatro etapas.

Análise dos índices de uniformidade

Pela Tabela 3 são apresentados os resultados de dois índices de uniformidade durante o ano para as duas parcelas de irrigação com filtros de manta e disco. Nota-se que os dois filtros apresentaram valores médios do índice de uniformidade estatística de emissão de água (U_s) bem próximos durante todas as etapas do ano. Mas ocorreu uma variação da média ao

longo do ano. No filtro de disco a variação da média foi de 89,61 a 95,75 e no filtro de manta de 91,55 a 96,95. Isto mostra que o filtro de manta apresentou um menor grau de obstrução em comparação ao filtro de disco.

De acordo com a classificação adotada pela ASAE (1989), o índice de uniformidade estatístico de emissão de

água (Us) foi considerado excelente durante todo o período da pesquisa para os dois filtros. Somente na última etapa que a média do índice ficou um pouco abaixo de 90% na parcela com filtro de disco.

Os resultados obtidos do Índice UNIF 3.6 (Tabela 3), mostram que até o final da quarta fase são coerentes, pois assim como o coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão (Us), também mostrou uma queda contínua nos valores calculados para todas as parcelas de irrigação ao longo do tempo. Nota-se que tanto a variabilidade dos dados quanto a queda dos mesmos é mais pronunciada nas duas fases finais. Nestas, observa-se também maior diferenciação entre os valores médios obtidos para a parcela com os dois filtros, sendo que na última fase o elemento de disco mostrou uma tendência de entupimento, porque apresentou um valor menor que 90%. Isto pode ser uma indicação de um entupimento parcial dos gotejadores nesta parcela irrigada. Segundo a classificação proposta por BRALTS & KESNER (1983), valores do índice UNIF 3.6 acima de 90% são considerados excelentes e entre 80 a 90% bons.

Portanto, pôde-se concluir que os dois filtros apresentaram índices de uniformidades muito próximos, sendo considerados segundo as suas

classificações de excelentes. Observou-se que os valores das médias dos dois índices em todas as etapas foram bem próximos. Nas etapas 1, 2 e 3 não ocorreu uma grande variação das médias dos valores dos dois índices analisados, somente ocorrendo uma maior variação na 4 etapa. As causas das variações dos índices de uniformidade ao longo do ano podem ser pelo tempo de uso dos gotejadores e variações da qualidade da água durante o ano.

Pelos dos valores das médias de uniformidade calculados pelos índices de Uniformidade Estatística de Emissão (Us) e Índice UNIF 3.6, pôde-se comprovar, um processo de obstrução dos emissores, decorrida as quatro etapas da pesquisa. Verificou-se, no entanto, que os resultados obtidos para um ou outro índice foram muito parecidos. Observou-se que o universo amostral para determinação da Uniformidade Estatística de Emissão foi de 60 gotejadores, ao passo que, para o cálculo do Índice de Performance dos gotejadores foram utilizadas 18 amostras. Esta é uma importante observação, pois se pode reduzir o número de amostragem e isto não irá mostrar diferenças significativas entre os resultados se for adotado este índice ou o Índice de Uniformidade Estatística de Emissão (Us).

Tabela 3. Resultados dos índices de uniformidade de distribuição de água para as parcelas com os filtros de manta e disco, durante as quatro etapas do ano.

		Filtros			
		Disco Índice		Manta Índice	
		Unif. Estatística	UNIF. 3.6	Unif. Estatística	UNIF. 3.6
Etapa 1	Variação	88,63 a 98,03	94,96 a 98,56	94,03 a 98,32	95,62 a 98,88
	Média	95,75	97,57	96,95	97,55
	Desvio Padrão	3,50	1,02	1,34	0,96
	Coeficiente de Variação	3,65	1,04	1,38	0,98
Etapa 2	Variação	95,85 a 98,18	93,94 a 98,56	87,99 a 98,14	93,93 a 98,94
	Média	97,08	97,14	96,81	97,18
	Desvio Padrão	0,65	1,41	2,71	1,70
	Coeficiente de Variação	0,67	1,45	2,80	1,75
Etapa 3	Variação	97,4 a 98,17	97,25 a 98,73	86,26 a 98,12	95,54 a 98,49
	Média	97,84	98,24	94,80	97,19
	Desvio Padrão	0,28	0,50	4,84	1,07
	Coeficiente de Variação	0,29	0,50	5,11	1,10
Etapa 4	Variação	83,3 a 94,71	63,77 a 98,42	84,36 a 97,49	90,75 a 98,88
	Média	89,61	87,79	91,55	94,48
	Desvio Padrão	4,52	10,18	5,03	2,49
	Coeficiente de Variação	5,05	11,60	5,49	2,64

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos concluiu-se que:

a) Dos dois parâmetros analisados no efluente dos filtros, o biológico foi o que apresentou um maior coeficiente de variação, sendo que a concentração de bactéria apresentou a maior variação em todos.

b) A concentração de sólidos suspensos e turbidez dos efluentes dos filtros de manta e disco foram muito próximos em todas as etapas.

c) As menores concentrações de algas foram encontradas nos efluentes da parcela com filtro de disco e as menores concentrações de bactérias nos efluentes da parcela com filtro de manta.

d) A concentração média de cloro livre foi maior no efluente do filtro de disco durante todas as etapas da pesquisa.

e) A concentração de cloro livre variou durante as estações do ano para ambos os filtros, sendo que a maior concentração de cloro livre ocorreu na primavera e as menores no verão e outono.

f) Ocorreu variações sazonais dos valores dos índices de uniformidade de distribuição de água pelos gotejadores para os dois sistemas de filtragem.

g) A classificação dos valores de UNIF 3.6 e do índice de uniformidade de estatística de emissão de água (Us) sempre foram parecidas, em relação ao grau de entupimento dos gotejadores, apesar do

índice UNIF 3.6 utilizar um menor número de amostragens.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESP (Processo: 00/01292-5) pelo suporte financeiro concedido para a execução da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIN, A.; ALON, G. Mechanisms and process parameters of filter screens. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Reston, VA. v.112, p.293-304, 1986
- BRALTS V. F., KESNER, C. D. Drip Irrigation Field Uniformity Estimation. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, Michigan, v. 26 n 5. p.1369 – 1374, 1983
- CRUZ, L.B. *Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração sob pressão*. Campinas, 1996. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- ENGLISH, S.D. Filtration and water treatment for micro-irrigation. In. INTERNACIONAL DRIP/TRICKLE IRRIGATION CONGRESS, 3., Fresno, *Proceedings*. St Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1985. p. 50-57.
- NAKAYAMA, F.S; BUCKS, D.A. *Trickle irrigation for crop production: design, operation and management*. Amsterdam: Elsevier, 1986. 164p.
- RAVINA, E.P.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SHISHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with wastewater. *Irrigation Science*, Sidney, MT. v.13 p. 129-139, 1992
- SCATOLINI, M.E. *Utilização de mantas não tecidas como elemento filtrante em sistemas de irrigação localizada*. Campinas, 2001. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- SMAJSTRLA, A.G.; HARRISON, D.S.; ZAZUETA, F.S. *Field evaluation of trickle irrigation systems. uniformity of water application*. Gainesville, FL.: Institute of Food and Agricultural Sciences, 1985. Bulletin 195.
- SOARES, J.B.; MAIA, A.C. F. *Água: microbiologia e tratamento*. Fortaleza: UFC, 1999. 206p.