

## O EFEITO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO ENTUPIMENTO DE EMISSORES E NO DESEMPENHO DE FILTROS UTILIZADOS NA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

**Túlio Assunção Pires Ribeiro; José Euclides Stipp Paterniani; Rogério Pereira da Silva Airoidi; Marcelo Jacomini Moreira da Silva**

*Departamento de Água e Solo, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, SP, tulior@agr.unicamp.br*

### 1 RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo proceder a investigação experimental de uma fonte hídrica superficial, utilizada em um sistema de irrigação por gotejamento, bem como verificar sua influência na obstrução dos gotejadores e no desempenho de dois filtros um de disco e outro de mata sintética não tecida. A água de irrigação foi clorada, empregando-se hipoclorito de sódio. Utilizou-se água provida de um reservatório aberto, onde foi instalado um módulo de irrigação localizada para o estudo. Analisou-se a variação temporal da qualidade da água durante um ano, onde considerou-se os principais parâmetros físicos, químicos e biológicos da água que causam problemas de entupimentos nos emissores. O desempenho dos filtros foi feito através da comparação das concentrações dos efluentes dos filtros de disco (usualmente utilizado para este fim) e manta sintética não tecida, em relação aos parâmetros físicos e biológicas. O grau de obstrução dos emissores foi avaliado através de ensaios de vazão que determinaram a uniformidade de distribuição da água através de dois índices, onde variou-se o número de emissores amostrados. A pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas de 30 dias, realizadas em diferentes estações do ano. Os resultados apontaram na água de irrigação, que os parâmetros químicos pH e o ferro apresentaram médio risco de entupimento e sulfetos de hidrogênio mostraram alto risco de entupimento. Não houve uma diferença no desempenho do filtro de manta e de disco com relação aos parâmetros físicos e biológicos de seus efluentes. 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.

**UNITERMOS:** irrigação localizada, índice de uniformidade, filtração, manta sintética não tecida, tratamento químico

**RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S.; AIROLDI, R. P. da S.; SILVA, M. J. M. da**  
**THE WATER QUALITY EFFECT IN THE CLOGGING OF EMITTERS AND THE**  
**PERFORMANCE OF FILTERS UTILIZED IN THE TRICKLE IRRIGATION**

### 2 ABSTRACT

The present work aimed to carry out an experimental investigation of a superficial water source utilized in trickle irrigation as well as verify its influence in the clogging of drippers and in the performance of two filters: a disc one and a non woven synthetic one. The irrigation water was chlorinated with sodium hypochlorite. The water used in this experiment was from an open reservoir where an experimental trickle irrigation system was installed. The temporal variations of the water quality was assessed for one year, considering the main physical, chemical and biological parameters of the water that causes clogging in the

emitters. The filter performance was assessed by comparing the effluent concentration in the disc filters (normally used for this purpose) and in non-woven synthetic fabric, for physical and biological parameters. The emitter obstruction degree was assessed through flow tests which determined the uniformity of water distribution through two rates where the number of sampled emitters varied. The research was developed in four 30-day stages, carried out in different seasons of the year. For the irrigation water, the results indicated that the chemical parameters (pH) and iron showed a medium risk of clogging whereas hydrogen sulphites showed a high risk of clogging. There was not a difference in the performance of fabric and disc filters in relation to physical and biological parameters of their effluents. The average values for water distribution uniformity rates were pretty close for the two blocks that utilized both disc and fabric filters.

**KEYWORDS:** trickle irrigation, uniformity index, filtration, non-woven synthetic fabrics, chemical treatment

### 3 INTRODUÇÃO

O método de irrigação localizada é o método que mais cresceu nas últimas décadas devido à maneira racional e econômica do uso da água. A irrigação por gotejamento especificamente, apresenta uma série de vantagens sobre outros métodos de irrigação.

No entanto, para que o sistema apresente uma excelente performance, é necessário levar em consideração alguns fatores primordiais tais como: a qualidade da água, a presença de partículas inorgânicas (areia, limo e argila) e orgânicas (algas, sementes de ervas, pedaços de insetos, bactérias, fungos, protozoários, etc.). Outro fator importante é o sistema de filtragem, que evita a passagem dessas partículas, bem como de precipitados, químicos que causam obstrução parcial ou total dos emissores.

Segundo Ravina et al. (1992), todos os emissores utilizados em irrigação localizada são passíveis de entupimento por agentes físicos, biológicos e químicos presentes na água, devido ao pequeno diâmetro destes. O que proporciona má distribuição da água às plantas, causando queda de produtividade das culturas.

O uso da fertirrigação, técnica de importância vital para garantir altos rendimentos das culturas, apresenta inúmeras vantagens para o produtor rural. No entanto, a introdução de nutrientes na água de irrigação promove o desenvolvimento de microorganismos, aumentando o risco de entupimento dos gotejadores (PIZARRO, 1996).

Para garantir uma boa eficiência no sistema de irrigação por gotejamento deve-se

possuir mecanismos de tratamento de água adequados. Tais mecanismos podem utilizar processos químicos e físicos.

Um processo químico muito utilizado para o controle de algas e bactérias em sistemas de irrigação localizada para prevenção de entupimentos é a cloração.

Dentre os tratamentos físicos, a filtração da água é o mais utilizado, sendo também a maneira mais econômica de se tratar a água de irrigação e evitar a ocorrência de entupimento dos gotejadores (maior problema relacionado aos sistemas de gotejamento). Existem diversos tipos de filtros comerciais utilizados na irrigação com boa eficiência, entre eles os filtros de areia, de tela e de disco. No entanto, o estudo de meios filtrantes alternativos como as mantas sintéticas não tecidas, tem apresentado resultados muito satisfatórios quanto à eficiência de remoção de impurezas em suspensão na água (CRUZ, 1996; SCATOLINI, 2001).

Segundo Paterniani (1991), as mantas sintéticas não tecidas apresentam grande potencial de filtração e podem ser utilizadas em filtros rápidos. As mantas sintéticas não tecidas apresentam uma série de características que potencializam a sua utilização como meio filtrante, entre outras, a alta porosidade e condutividade hidráulica, além de apresentarem um histórico de pesquisas bem sucedidas na filtração lenta de água (MBWETTE & GRAHAM, 1987; PATERNIANI, 1991).

A uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação localizada é fundamental para a obtenção da máxima produtividade da lavoura e/ou rentabilidade como

também uma maior eficiência da técnica da fertirrigação.

O presente trabalho teve por objetivo realizar uma investigação experimental a fim de comparar o desempenho de dois elementos filtrantes diferentes, na remoção de impurezas da água de irrigação localizada. Os elementos filtrantes a serem ensaiados foram: disco (130 microns) e manta sintética não tecida. Além disto foi avaliado o grau de obstrução dos gotejadores de cada parcela que utilizou cada um dos filtros através de dois índices de uniformidade. Sendo que para o cálculo de um índice utilizou uma amostragem de 60 gotejadores e no outro somente 18.

Especificamente foram analisados durante o período de um ano os parâmetros físico, químicos e biológicos da água afluyente e efluente dos filtros que podem causar obstrução nos gotejadores que são: pH, turbidez, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos, condutividade elétrica, ferro, sulfetos, manganês, algas e bactérias,.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido 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 usada no experimento era proveniente de um reservatório de 250 m<sup>3</sup>, 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 reguladores de pressão, três hidrômetros digitais tipo turbina na faixa de vazões de 0.6 a 6 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, dois manômetros de Bourdon, sistema de injeção de fertilizantes e cloro, constituído de duas bombas dosadoras de pistão, sistema de filtragem composto de dois filtros, sendo um filtro de disco de 130 µm, diâmetro de 25.4 mm e um de manta sintética.

Os corpos dos dois filtros eram idênticos e feito de plástico, sendo diferente apenas quanto ao elemento filtrante. Com esse procedimento pôde-se garantir semelhança funcional entre os filtros. A escolha do filtro tipo manta sintética não tecida foi feita, seguindo o procedimento de Scatolini (2001). As características da manta sintética não tecida utilizada como meio filtrante possui permeabilidade normal de 0.5 cm s<sup>-1</sup>, permissividade de 1.6 s<sup>-1</sup>, abertura dos poros de 0.150 mm, gramatura de 380 g m<sup>-2</sup> e espessura 3.8 mm.

O conjunto motobomba alimentou os dois filtros colocados em paralelo e, portanto, sob as mesmas condições de perda de carga. A vazão média através de cada filtro foi de 0.6 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> e, para garantir pressão igual nos filtros, foram instalados reguladores de pressão de 69.94 kPa.

Os ciclos de irrigação foram feitos através de um controlador de irrigação que foi programado para acionar o sistema duas vezes ao dia, pela manhã e no final da tarde. O tempo de irrigação era de duas horas, e 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<sup>-1</sup>. Uma concentração de 1 a 2 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre nas linhas de gotejadores foi utilizada para o controle preventivo de entupimentos com relação ao controle de algas e limos (ENGLISH, 1985).

Os períodos de amostragens da água do reservatório e dos efluentes dos filtros de disco e manta sintética não tecida, foram realizados nas quatro estações entre 2001 e 2002. Nas amostragens de campo foram determinados fatores relacionados com a qualidade de água para irrigação localizada e que podem causar obstrução nos gotejadores, como: pH, sólidos em suspensão (SS), turbidez, sólidos dissolvidos, ferro total (Fe), sulfetos de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), manganês (Mn), concentração de algas e bactérias. O ponto de coleta era localizado na linha principal de irrigação, depois do sistema de bombeamento. A classificação da água para o sistema de irrigação localizada em relação a problemas de entupimentos devido a fatores físicos, químicos e biológicos seguiu recomendações de Nakayama & Bucks (1986).

A determinação da população bacteriana foi realizada pelo método de contagem em placa de Petri, utilizando ágar (triptona, glucose e extrato de levedura) como meio de cultura e tempo de contagem de 48 horas (AMERICAN

PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992). A contagem de algas foi realizada pelo método de Sedgwick-Rafter, de acordo com o "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION et al., 1985).

Os dois índices de uniformidade de distribuição de água foram o coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão ( $U_s$ ) e um outro baseado na metodologia proposta por Bralts & Kesner (1983).

Para o cálculo do coeficiente de uniformidade estatística de emissão ( $U_s$ ) foram tomadas medidas de vazão em 60 gotejadores de cada parcela, e para a determinação do outro índice foram selecionados 6 gotejadores no início das linhas laterais de gotejamento, 6 na metade e 6 no final das mesmas, totalizando 18 gotejadores. Este procedimento era realizado duas vezes por semana, totalizando uma média de 9 a 12 medições conforme a época do ano.

O Coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão ( $U_s$ ), é definido de acordo com a equação 1 abaixo;

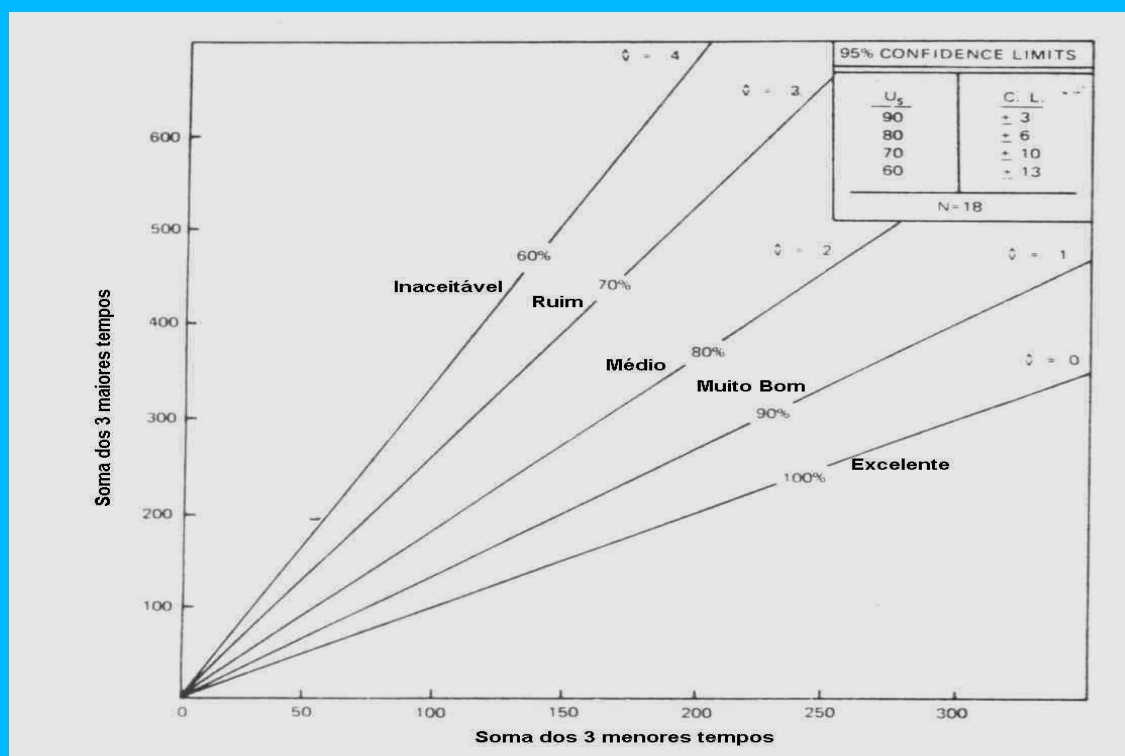
$$U_s = 100 (1 - CV) \quad (1)$$

Onde:

$U_s$  = uniformidade estatística de emissão, em (%);  
 $CV$  = 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. (1991). Este programa chama-se Unif 3.6.

Bralts & Kesner (1983), recomendam no mínimo 18 medições de vazões dos gotejadores aleatoriamente na área irrigada. Através destas medidas foi desenvolvido um nomograma estatístico de uniformidade, baseado num coeficiente estatístico de variação que pode ser usado para determinar a uniformidade de aplicação de água total no campo (Figura 1)



**Figura 1** Gráfico do nomograma para avaliação da uniformidade de distribuição de água (BRALTS & KESNER, 1983)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos valores médios das análises físicas, químicas e bacteriológicas da água do reservatório durante as quatro etapas da pesquisa, estão na Tabela 1.

Nos resultados da Tabela 1, verifica-se a ocorrência de um crescimento dos valores médios, tanto de turbidez quanto da concentração de sólidos suspensos da água do reservatório de irrigação. A turbidez é um indicador de sólidos suspensos mas como somente ela não é um parâmetro preciso para se determinar o grau de risco de entupimento de emissores para fontes de água superficial, este parâmetro físico poderia ser analisado conjuntamente em teste de filtração em laboratório para se determinar a concentração de sólidos suspensos e assim mensurar o potencial de risco de entupimento de emissores. Mesmo crescendo, na média, cerca de 9 vezes da primeira para a quarta etapa, a concentração de sólidos suspensos não atingiu magnitudes muito elevadas a ponto de oferecer riscos médios ou altos de entupimento dos emissores, conforme citam Nakayama & Bucks (1986). Mas isto implicou em um aumento significativo no número de retrolavagem dos filtros tanto de disco como de manta e um aumento mais rápido na evolução da perda de carga em função do volume filtrado.

O pH da água do reservatório esteve sujeito a variações que ocorreram nas diferentes estações do ano como pode ser observado na Tabela 1. De acordo com Branco (1986) a principal causa dessas variações está no

consumo do gás carbônico realizado pelas algas, no processo fotossintético. Assim sendo, provavelmente o gás carbônico, que é o principal responsável pela acidez da água do reservatório, diminui muito durante as estações do ano em consequência da variação das horas de sol, portanto a atividade fotossintética supera a respiração das bactérias e das próprias algas e é restabelecido durante a noite, quando cessa a fotossíntese, passando a preponderar a oxidação da matéria orgânica. Portanto, as variações de insolação no decorrer das épocas do ano vez com que ocorre-se oscilações nas concentrações médias de algas e bactérias da água do reservatório durante as 4 fases desta pesquisa.

No decorrer das quatro etapas os valores de pH variam de 7,39 na segunda fase (maior valor) a 6,88 na quarta fase (menor valor), sendo que nas 3 primeiras etapas os valores apresentaram risco de entupimento moderado (NAKAYAMA & BUCKS, 1986).

Os valores de pH encontrados no decorrer desta pesquisa são bem parecidos com os trabalhos realizados por Testezlaf et al. (1994), que verificaram a potencialidade do uso de água de reservatórios e rios para uso em sistemas de irrigação por gotejamento, em propriedades agrícolas produtoras de hortaliças na região de Campinas; constatou-se, também que das 27 fontes hídricas analisadas em 88,9%, o pH era alcalino e apresentava risco moderado de entupimento segundo, a mesma classificação adotada nesta pesquisa

**Tabela 1** Parâmetros físicos, químicos e biológicos nas 4 etapas da água do reservatório.

Fases	Parâmetros da Água de Irrigação							
	Físicos		Químicos				Biológicos	
	Sólidos Susp. (mg L <sup>-1</sup> )	Turbidez (NTU)	pH	Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	Sulfetos (mg L <sup>-1</sup> )	Sólidos Dis. (mg L <sup>-1</sup> )	Algas (algas mL <sup>-1</sup> )	Bactérias (bactérias mL <sup>-1</sup> )
1	2,67	2,83	7,33	0,52	1,1	37,70	497	2438
2	10,96	8,27	7,39	1,1	2,42	32,21	1377	1202
3	17,61	11,3	7,13	0,74	2,83	31,72	459	223
4	19,7	10,14	6,88	0,48	3,5	38,02	512	1702

Uma alternativa para o controle do pH da água do reservatório seria fazer um controle

da vazão de entrada e da profundidade do mesmo, fazendo-se variar a taxa, em diferentes

épocas do ano, aumentando-a sempre que as condições de luminosidade e temperatura favoreçam a realização da fotossíntese. Desta maneira varia-se um controle do desenvolvimento de algas e bactérias que diminuiria o risco de entupimento dos emissores devido a fatores biológicos. Consequentemente haveria uma menor concentração de sólidos suspensos e uma diminuição na turbidez da água.

Os dados da concentração média de sulfetos variou de um valor médio de aproximadamente  $1,1 \text{ mg L}^{-1}$  medido na primeira etapa, chegou-se a aproximadamente  $3,5 \text{ mg L}^{-1}$  na quarta (Tabela 1). Este aumento geralmente é acarretado pela quantidade de matéria orgânica que pode ter sido lançada na lagoa que abastece o reservatório e de fatores indiretos tais como temperatura, quantidade de gás carbônico ou de oxigênio, etc., que aumentam ou diminuem a sua solubilidade na água. A concentração média de ferro total da água aumentou de  $0,52 \text{ mg L}^{-1}$  para  $1,1 \text{ mg L}^{-1}$  da primeira para a segunda fase porque começou a época chuvosa (novembro e dezembro) que provocou grandes enxurradas com solo argiloso que continha óxido de ferro, nas áreas adjacentes da lagoa que abastece o reservatório de irrigação. Na terceira fase a concentração de ferro diminuiu para  $0,74 \text{ mg L}^{-1}$ , mas nesta época (final de fevereiro e março) as precipitações foram menores e consequentemente as contribuições devido ao escoamento superficial para a lagoa diminuiu implicando em uma redução na concentração de ferro total. O mesmo ocorreu na última etapa que era época de seca (maio e junho) e a concentração diminuiu para  $0,48 \text{ mg L}^{-1}$ .

Ayers e Westcot (1991) citam, que a concentração de Fe de  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ , deveria ser considerada como a máxima permitida, porém quando se incluem os custos, preço do sistema de filtragem, o valor máximo prático é de  $2 \text{ mg L}^{-1}$ . English (1985) relata que problemas com interações bactéria-ferro têm ocorrido com concentrações de ferro tão baixa quanto  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ . Teores deste íon superiores a  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ , são considerados como de risco significativo de entupimento. O ferro precipitado forma uma incrustação vermelha, a qual pode aderir ao PVC da tubulação e entupir os emissores. Algumas bactérias filamentosas, como *Gallionella* e *Leptotrix*, oxidam o  $\text{Fe}^{+2}$ ,

transformando-o em  $\text{Fe}^{+3}$  que pode precipitar-se e provocar entupimento (PIZARRO, 1996).

Foi notória a tendência de queda apresentada pelas concentrações médias de sólidos dissolvidos das primeiras a terceira fases e, depois aumento na última fase (Tabela 1). Os valores de sólidos dissolvidos são bastante baixos, visto que para um risco médio de entupimento dos gotejadores este parâmetro deve ser maior que  $500 \text{ mg L}^{-1}$  (BUCKS & NAKAYAMA, 1986).

Esta ocorrência da diminuição da concentração de sólidos dissolvidos da fase um para a dois e depois aumentou da fase três para a quatro, foi porque na primeira e última fase eram épocas de seca e o nível das águas do reservatório se mantinha mais baixo e com um menor volume de água. Isto causou um aumento na concentração de sólidos dissolvidos porque no fundo do reservatório existia grande quantidade de sedimentos orgânicos e inorgânicos em decomposição.

A concentração média de bactérias sofre elevada queda ao longo do tempo decorrido da primeira a terceira fase e volta a aumentar na última, como pode ser observado na Tabela 1. A concentração média de algas, após grande crescimento observado entre a primeira e segunda etapa que passou de  $497 \text{ algas mL}^{-1}$  à cerca de  $1377 \text{ algas mL}^{-1}$ , decresceu na terceira e quarta etapa, atingindo valores próximos aos da primeira. Estas mudanças de valores são geralmente devido a fatores relacionados com o meio ambiente. Para Di Bernardo (1995), as variações sazonais de algas em regiões tropicais onde a luz e a temperatura da água não variam muito durante o ano, são devidos ao efeito das chuvas ou seca e, fundamentalmente da ação dos ventos. A coincidência entre uma ligeira diminuição da temperatura e o aumento da intensidade e da duração de ventos, pode causar a circulação da água em profundidades maiores e, consequentemente variação brusca na concentração de algas. Este mesmo autor cita que para estudos quantitativos de algas há necessidade de se levar em conta que a distribuição espacial das populações de algas não é uniforme e que variações, tanto sazonais quanto espaciais, podem ser apreciáveis. Não há um método universal para a coleta de amostra que garanta a presença de todas as formas dos organismos fitoplânctônicos, pois



ocorre uma grande diversidade de tamanho, amostra e mobilidade de algumas espécies algais.

Nas concentrações de bactérias verificou-se uma variação grande entre os valores médios entre uma fase e outra que foi causada por fatores relacionados ao meio ambiente e por variações do pH da água. Para Soares & Maia (1999) as variações bruscas do crescimento bacteriano são causadas pelas diferentes condições do meio ambiente como temperatura, pH, necessidade de oxigênio e nutrientes. Esses mesmos autores citam ainda, que para a maioria das bactérias o pH ótimo de crescimento se localiza entre 6,5 e 7,5. O pH da água do reservatório variou em média de 7,39 (segunda fase) a 6,88 (quarta fase). Quando ocorrem mudanças bruscas de valores com relação a parâmetros biológicos, que geralmente são devido a fatores relacionados com o meio ambiente, isto pode comprometer a eficiência de filtragem dos sistemas de irrigação localizada quando estes não possuem sistema de retroalagem automático porque irá ocorrer uma evolução mais rápida da perda de carga dos filtros em função do volume filtrado e isto implica em um maior número de retrolavagem.

A concentração de manganês na água do reservatório em todas as amostras realizadas nas 4 etapas, sempre foram zero porque apresentavam valores abaixo do limite de detecção dos equipamentos de medição.

De maneira geral, pode-se afirmar, que a qualidade da água utilizada para irrigação do sistema de gotejamento variou durante as diferentes épocas do ano, sendo que o risco potencial de entupimento dos gotejadores só foi médio ou alto com relação aos parâmetros químicos (ferro, sulfetos e pH).

### Água efluente dos elementos filtrantes

As amostragens foram feitas antes e após os elementos filtrantes. Aquelas feitas antes representa a água advinda do reservatório e após a que passa pelos filtros de manta e de disco com tratamento com cloro. Desta maneira foram determinadas as

**Tabela 2** Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, da primeira etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetro Físicos
----------------------	-------------------

concentrações de algas, bactérias, turbidez e sólidos suspensos totais na água. A comparação entre os elementos filtrantes foi feita a partir das medidas feitas após os filtros.

Nas Tabelas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 estão todos os resultados obtidos dos ensaios realizados durante o ano. A primeira etapa foi no inverno, a segunda na primavera, a terceira no verão e a quarta no outono.

Verifica-se através da Tabela 2 que nesta primeira etapa da pesquisa, o elemento filtrante de manta obteve melhores resultados tanto para turbidez quanto para a concentração de sólidos suspensos, por apresentar valores de média e desvio padrão menores que o filtro de disco. No quinto ensaio ocorreu um aumento brusco da turbidez para os filtros, sendo que os maiores valores de turbidez ocorreu sempre no filtro de disco. Nota-se ainda que no sexto ensaio houve uma brusca diminuição da turbidez da água. Estas variações bruscas de valores mostra o quando a qualidade da água de irrigação pode variar, e estes fatores estão diretamente relacionados as variações ocorridas no meio ambiente. Isto pode ser constatado quando observa-se o elevado valor do coeficiente de variação.

Nos parâmetros biológicos, o filtro de disco obteve melhores resultados que o filtro de manta, nesta primeira etapa. Esta afirmação pode ser constatada através dos resultados da Tabela 3, onde os valores da concentração média, desvio padrão e coeficiente de variação de algas e bactérias sempre foram menores na parcela com o filtro de disco.

Ressaltam-se novamente os altos valores dos coeficientes de variação obtidos nas análises dos parâmetros biológicos, especialmente para às bactérias, mostram a alta sensibilidade deste parâmetro às variações no meio durante o curto período de experimentação.

Nas Tabelas 4 e 5 verifica-se que os valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação para os parâmetros físicos e biológicos dos efluente nos dois filtros foram bem próximos na segunda etapa da pesquisa. Portanto nota-se que o desempenho dos dois elementos filtrantes foram bem parecidos.

	Sólidos Suspensos (mg L <sup>-1</sup> )		Turbidez (NTU)	
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta	Filtro Disco
1- (29/06/01)	0	0	2,89	3,13
2 - (02/07/01)	0	0	2,71	3,12
3- (05/07/01)	0	0	3,21	8,36
4 - (10/07/01)	0	0	2,84	3,07
5 - (12/07/01)	0	0	9,68	14,9
6 - (16/07/01)	1	3	1,57	1,93
7 - (19/07/01)	2	4	1,87	7,66
8 - (23/07/01)	3	4	2,04	2,47
9 - (26/07/01)	1	3	3,1	3,38
10- (30/07/01)	2	3,5	2,29	2,23
<b>Média</b>	0,90	1,75	3,22	5,03
<b>Desv. Pad.</b>	1,10	1,87	2,33	4,13
<b>Coef. Variação(%)</b>	122,28	107,12	72,51	82,12

**Tabela 3** Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, da primeira etapa.

N de Ensaio e Datas	Parâmetros Biológicos			
	Algas (algas mL <sup>-1</sup> )		Bactérias (bactérias mL <sup>-1</sup> )	
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta	Filtro Disco
1- (29/06/01)	115	115	165	780
2 - (02/07/01)	215	120	1000	1100
3- (05/07/01)	350	320	1200	1100
4 - (10/07/01)	340	300	1	10
5 - (12/07/01)	305	220	900	50
6 - (16/07/01)	420	345	1500	990
7 - (19/07/01)	220	210	770	630
8 - (23/07/01)	355	235	690	890
9 - (26/07/01)	210	170	8	2
10(30/07/01)	180	125	5	4
<b>Média</b>	271,00	216,00	623,90	555,60
<b>Desv. Pad.</b>	96,32	84,81	548,11	484,56
<b>Coef. Variação(%)</b>	35,54	39,27	87,85	87,21

**Tabela 4** Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, da segunda etapa.

N de Ensaio e Datas	Parâmetro Físicos			
	Sólidos Suspensos (mg L <sup>-1</sup> )		Turbidez (NTU)	
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta	Filtro Disco
1- (05/11/01)	10,5	10,5	10,5	9,5
2-(08/11/01)	8,5	8,5	8,06	7,82
3-(12/11/01)	11	11,5	8,81	9,32
4-(14/11/01)	11,5	10,5	8,38	8,08
5-(19/11/01)	8,5	8,5	7,28	7,26
6-(22/11/01)	9	8,5	6,7	7,85
7-(26/11/01)	9,5	10	7,56	7,24
8-(29/11/01)	6,5	7,5	8,07	6,89
9-(03/12/01)	11	12	6,42	7,5
10-(06/12/01)	8,5	9	8,5	8,09
11-(10/12/01)	8,50	6,50	5,47	5,67
12-(13/12/01)	7,50	7,00	4,66	4,14
<b>Média</b>	9,5	10	7,53	7,45
<b>Desv. Pad.</b>	1,53	1,75	1,57	1,46
<b>Coef. Variação (%)</b>	16,10	17,50	20,84	19,59

O desempenho dos filtros na terceira etapa foram parecidos pois apresentaram

valores das concentrações de média, desvio padrão e coeficiente de variação próximos entre



eles para os parâmetros físicos e biológicos (Tabelas 6 e 7).

**Tabela 5** Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, da segunda etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetros Biológicos			
	Algas (algas mL <sup>-1</sup> )		Bactérias (bactérias mL <sup>-1</sup> )	
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta	Filtro Disco
1-(05/11/01)	620	570	1	1
2-(08/11/01)	725	835	1	1
3-(12/11/01)	480	615	1	310
4-(14/11/01)	830	665	1	9
5-(19/11/01)	925	615	160	1
6-(22/11/01)	795	905	1	91
7-(26/11/01)	745	830	60	37
8-(29/11/01)	535	1205	10	26
9-(03/12/01)	700	565	1	1
10-(06/12/01)	375	685	2000	2000
11-(10/12/01)	915	505	2000	2000
12-(13/12/01)	895	405	1000	1000
<b>Média</b>	711,67	700,00	436,33	456,42
<b>Desv. Pad.</b>	178,24	214,95	783,04	774,99
<b>Coef. Variação (%)</b>	25,04	30,70	179,46	169,72

**Tabela 6** Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, na terceira etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetro Físicos			
	Sólidos Suspensos (mg L <sup>-1</sup> )		Turbidez (NTU)	
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta	Filtro Disco
1-(28/02/02)	16	18,8	9,57	10,4
2-(05/03/02)	12	11	11	9,43
3-(07/03/02)	13	12	10,6	9,98
4-(11/03/02)	15,5	16,5	10,9	9,13
5-(14/03/02)	16,5	17	9,87	10,5
6-(18/03/02)	16,5	18	15	15,1
7-(21/03/02)	18	17,5	13,3	12,6
8-(25/03/02)	18,5	23	11,7	14,9
9-(28/03/02)	23,5	26	13,9	16,4
<b>Média</b>	16,61	17,76	11,76	12,05
<b>Desv. Pad.</b>	3,33	4,71	1,89	2,77
<b>Coef. Variação (%)</b>	20,07	26,54	16,05	23,00

**Tabela 7** Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, na terceira etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetros Biológicos			
	Algas (algas mL <sup>-1</sup> )		Bactérias (bactérias mL <sup>-1</sup> )	
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta	Filtro Disco
1-(28/02/02)	965	1405	11	10
2-(05/03/02)	315	410	6	3
3-(07/03/02)	880	320	10	10
4-(11/03/02)	310	560	600	120
5-(14/03/02)	1125	1230	300	300
6-(18/03/02)	680	645	90	70
7-(21/03/02)	1245	1180	30	500
8-(25/03/02)	540	400	30	20
9-(28/03/02)	1410	1065	20	30
<b>Média</b>	830,00	801,67	121,89	118,11
<b>Desv. Pad.</b>	396,64	416,78	202,13	171,49
<b>Coef. Variação (%)</b>	47,79	51,99	165,83	145,19

De acordo com os resultados da Tabela 8 (quarta etapa), observa-se uma tendência de

crescimento dos valores da concentração de sólidos suspensos na água do primeiro até o sexto ensaio e

do sétimo até o final uma ligeira diminuição para os 2 filtros. Os valores da turbidez diminuiu nos 3 primeiros ensaios e do quarto até o oitavo um aumento para depois novamente diminuir para os 2 filtros. Mas novamente os valores das concentração média, desvio padrão e coeficiente de variação para os parâmetros físicos foram próximos. Portanto conclui-se que não houve uma diferença muito grande entre o desempenho para ambos os filtros.

Na última etapa o desempenho do filtro de disco foi melhor com relação ao parâmetro biológico algas e foi pior para bactérias em comparação com o filtro de manta. (Tabela 9). Em todas as etapas os parâmetros biológicos foram os que apresentaram os maiores coeficientes de variação no efluentes do filtros analisados, sendo que a concentração de bactérias foi o que

apresentou o maior valor. 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 ctérias), que neste estudo foi de 7,39 a 6,88, pode resultar em um 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 frequente de retrolavagem que prejudica sobremaneira a sua operacionalização, principalmente quando utiliza-se a prática de fertirrigação.

**Tabela 8** Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, na quarta etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetro Físicos			
	Sólidos Suspensos (mg L <sup>-1</sup> )		Turbidez (NTU)	
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta	Filtro Disco
1-(09/05/02)	14	14,5	9,94	11,3
2-(13/05/02)	25,5	13,5	10,7	7,56
3-(16/05/02)	18,5	18,5	5,37	6,4
4-(20/05/02)	19,5	20,5	9,43	10,6
5-(23/05/02)	20,5	21	10,7	11,4
6-(27/05/02)	22	24,5	6,51	12,6
7-(29/05/02)	15,5	19	11,1	8,79
8-(04/06/02)	19	22,5	13,5	14,4
9-(06/06/02)	17	17,5	4,44	5,91
10-(10/06/02)	16	20	9,97	10,8
<b>Média</b>	18,75	19,15	9,17	9,98
<b>Desv. Pad.</b>	3,39	3,38	2,84	2,75
<b>Coef. Variação (%)</b>	18,10	17,62	30,93	27,53

**Tabela 9** Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, da quarta etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetros Biológicos			
	Algas (algas mL <sup>-1</sup> )		Bactérias (bactérias mL <sup>-1</sup> )	
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta	Filtro Disco
1-(09/05/02)	950	750	50	90
2-(13/05/02)	520	480	1900	2600
3-(16/05/02)	325	420	50	150
4-(20/05/02)	460	345	20	30
5-(23/05/02)	435	535	10	10
6-(27/05/02)	1125	745	100	10
7-(29/05/02)	530	440	1	10
8-(04/06/02)	860	460	10	10
9-(06/06/02)	585	630	130	10
10-(10/06/02)	360	500	5	130
<b>Média</b>	615,00	530,50	227,60	305
<b>Desv. Pad.</b>	269,78	136,37	589,2	808,20
<b>Coef. Variação (%)</b>	43,87	25,71	258,8	264,98

#### Efeito da cloração nos filtros

Foram coletadas amostras de água após os filtros que receberam a coloração para determinar-se as concentrações de cloro livre e desta maneira comparar em qual dos elementos filtrantes houve um maior consumo.

No gráfico da Figura 2, apresenta os resultados das médias das concentrações de cloro nas 4 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.

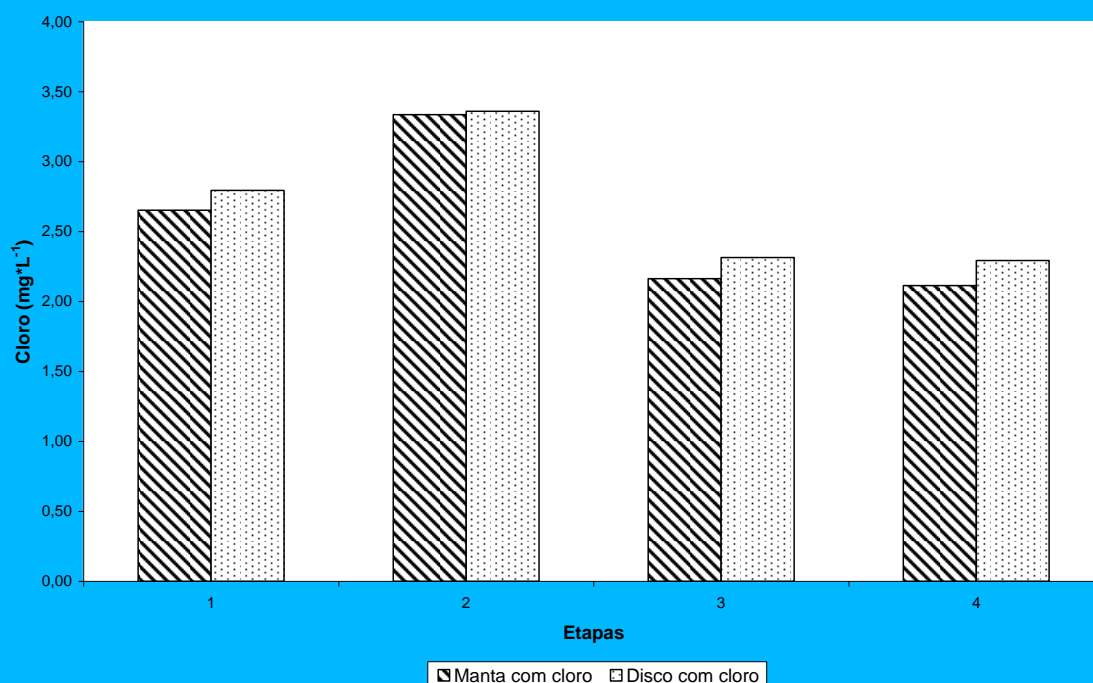
Para Soares & Maia (1999), existem uma série de fatores que influenciam a ação bactericida do cloro, entre os quais pode-se citar; teor de matéria orgânica oxidável, concentração de microorganismos, pH da água, temperatura, tempo de contato e composição química da água (presença de sais de ferro, amônia, 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 ter uma maior permeabilidade,

causando assim uma maior retenção de impurezas e conseqüentemente um maior consumo de cloro livre.

### Análise dos Índices de Uniformidade

Nas duas parcelas onde havia filtros de disco e manta os valores médios dos índices de uniformidade estatística de emissão de água ( $U_s$ ) foram bem próximos durante todas as etapas do ano. No filtro de disco a variação da média do índice foi de 89,61 a 95,75 e no filtro de manta de 91,55 a 96,95, nas etapas 4 e 1 respectivamente (Tabela 10). Portanto o filtro de manta apresentou um menor grau de obstrução em comparação ao filtro de disco com relação a este índice. De acordo com a classificação adotada pela ASAE (1992), o índice de uniformidade estatístico de emissão de água ( $U_s$ ) 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 que segundo a classificação é considerado boa.



**Figura 2** Média da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco para as 4 etapas.

Os resultados das médias do Índice UNIF 3.6 (Tabela 10), foram até o final da

quarta fase próximos aos valores do coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão ( $U_s$ ).

Ambos mostraram uma queda contínua nos seus valores médios nas duas parcelas de irrigação ao longo do tempo. Nota-se que tanto a variação dos dados quanto a queda dos mesmos é mais pronunciada nas duas fases finais para os dois índices. Isto indica um entupimento parcial dos gotejadores das parcelas. 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 pode-se concluir que os dois filtros apresentaram índices de uniformidades muito próximos, sendo considerados segundo as suas classificações de excelentes e bons dependendo da época do ano. Observou-se que os valores das médias dos dois índices em todas as etapas foram bem próximos. Nas etapas um, dois e três 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, variações da qualidade da água durante o ano e um maior controle na retrolavagem dos filtros.

Uma comparação dos valores das médias de uniformidade calculados pelos índices de Uniformidade Estatística de Emissão (Us) e Índice UNIF 3.6, pode-se comprovar, um processo de obstrução dos emissores, decorrida as quatro etapas da pesquisa. É importante notar que o universo amostral para determinação da Uniformidade Estatística de Emissão (Us) foi de 60 gotejadores, ao passo que para o cálculo do Índice UNIF 3.6 foi de 18. Portanto embora tenha-se reduzido o número de amostragem para o cálculo do UNIF 3.6 o seu resultado sempre foi próximo ao Índice de Uniformidade Estatística de Emissão (Us).

**Tabela 10** Resultados dos índices de uniformidade de distribuição de água para as parcelas com os filtros de manta e disco, durante as 4 etapas do ano.

		Filtros			
		Disco		Manta	
		Índice (%)		Índice (%)	
		Unif. Estatística	UNIF. 3.6	Unif. Estatística	UNIF. 3.6
E t a p a 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
	Coef. de Variação(%)	3,65	1,04	1,38	0,98
E t a p a 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
	Coef. de Variação (%)	0,67	1,45	2,80	1,75
E t a p a 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
	Coef. de Variação (%)	0,29	0,50	5,11	1,10
E t a p a 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
	Coef. de Variação (%)	5,05	11,60	5,49	2,64

## 6 CONCLUSÕES

O conhecimento da concentração de oxigênio dissolvido, número de horas de sol, turbidez, pH e temperatura da água ajudam a entender melhor as mudanças da qualidade da água com relação aos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

O filtro de manta sintética não tecida mostrou-se uma tendência a uma melhor remoção de partículas orgânicas e inorgânicas presentes na água por apresentar melhores índices de uniformidade de distribuição de água.

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.

## 7 AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo auxílio financeiro para a realização deste projeto (Processo:00/01292-5) e pelas bolsas de Mestrado e Iniciação Científica concedidas (Processos: 01/02058-9 e 01/01719-1).

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 16. ed. Washington, 1985. 1268 p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Heterotrophic plate count. In:

**Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, 1992: p.9.32-9.34.

ASAE Standards, 1992. EP458. Field evaluation of microirrigation systems. St. Joseph, MI: ASAE.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1991. 218 p.

BRALTS V. F., KESNER, C. D.. Drip irrigation field uniformity estimation. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v. 26 n.5, p.1369 – 1374, 1983

BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S. **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. 383 p.

CRUZ, L.B. **Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração sob pressão**. 1996. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

COSTA, E.F. et al. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. EMBRAPA, 1994. 315p.

ENGLISH, S.D.. Filtration and water treatment for micro-irrigation. In. INTERNACIONAL DRIP/TRICKLE IRRIGATION CONGRESS, 3. 1985, Fresno. **Proceedings**. St Joseph: American Society Agricultural Engineer. p.50-57.

DI BERNARDO, L.. **Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1995. 140 p.

MBWETTE, T.S.A. e GRAHAM, N.J.D. Improving the efficiency of slow sand filtration with non woven synthetic fabrics. **Filtration and Separation**. London, v. 24, p.46-50, 1987.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Water quality in drip/trickle irrigation: a review. **Irrigation Science**, v.12, p.187-192, 1991.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management.** Amsterdam: Elsevier, 1986. p. 164-168

PATERNIANI, J.E.S. **Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta em areia de águas de abastecimento.**, 1991. 245f. Tese (Doutorado em Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frequência.** 3.ed. Madrid: Mundi Prensa, 1996. 513 p.

RAVINA, E.P. et al. Control of emitter clogging in drip irrigation with wastewater. **Irrigation Science**, v. 13:129-139, 1992.

SCATOLINI, M.E. **Utilização de mantas não tecidas como elemento filtrante em sistemas de irrigação localizada.** 2001. 126f. Tese

(Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SMAJSTRLA, A.G.; HARRISON, D. S.; ZAZUETA, F. S.. **Field evaluation of trickle irrigation systems: uniformity of water application.** IFAS. Gainesville University of Florida., F. L. 1991. Bulletin, 195.

SOARES, J.B.; MAIA, A.C. F. **Água: microbiologia e tratamento.** Fortaleza: Universidade Federal do Ceara, 1999. 206 p.

TESTEZLAF, R. et al. Potencialidade do uso de irrigação por gotejamento em propriedades agrícolas produtoras de hortaliças da região de Campinas – SP. **Anais do X Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem.** Salvador, 1994, p 206 – 212