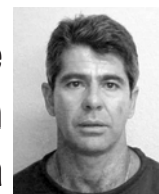




# Efeito da qualidade da água na perda de carga em filtros utilizados na irrigação localizada



Túlío A. P. Ribeiro<sup>1</sup>, Rogério P. da S. Airoldi<sup>2</sup>, José E. S. Paterniani<sup>3</sup>, Marcelo J. M. da Silva<sup>4</sup>

<sup>1</sup> FEAGRI/UNICAMP. CP 6011, CEP 13083-970, Campinas, SP. Fone: (19) 3788-1029, Fax: (19) 37881010. E-mail: [tulior@agr.unicamp.br](mailto:tulior@agr.unicamp.br) (Foto)

<sup>2</sup> FEAGRI/ UNICAMP. E-mail: [rairoldi@agr.unicamp.br](mailto:rairoldi@agr.unicamp.br)

<sup>3</sup> FEAGRI/UNICAMP. Fone: (19) 3788-1019. E-mail: [pater@agr.unicamp.br](mailto:pater@agr.unicamp.br)

<sup>4</sup> FEC/UNICAMP. E-mail: [moreiradasilva@engineer.com](mailto:moreiradasilva@engineer.com)

Protocolo 152 - 25/9/2003 - Aprovado em 5/4/2004

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo apresentar a investigação experimental de uma fonte hídrica superficial utilizada em um sistema de irrigação por gotejamento e sua influência na evolução da perda de carga de dois filtros, um de disco e outro de manta sintética não-tecida, na filtragem da água. Analisou-se a variação temporal dos principais parâmetros físicos, químicos e biológicos da água de irrigação que causam problemas de entupimento nos emissores. Os critérios para avaliação das impurezas presentes na água de irrigação basearam-se em estudos realizados nos sistemas de irrigação localizada. A pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas de 30 dias, em diferentes estações do ano. Os resultados mostraram que os parâmetros químicos que apresentaram médio risco de obstrução aos emissores, foram: pH, ferro e sulfetos. Os parâmetros físicos e biológicos analisados apresentaram baixo risco de entupimento dos emissores. Fez-se o acompanhamento da evolução da perda de carga em função do volume filtrado, objetivando uma análise comparativa. No filtro de manta sintética não-tecida a evolução da perda de carga foi mais acentuada e mais rápida em relação à de disco.

**Palavras-chave:** gotejamento, manta sintética não tecida, filtragem

## Effect of water quality on head loss in filters utilized in trickle irrigation

**Abstract:** This study had the objective to conduct an experimental enquiry on a surface water source utilized in a trickle irrigation system and its influence on the head loss evolution in two filters - a disc filter (130 micra) and a non-woven synthetic fabric in filtration of water. The temporal variation of physical, chemical and biological parameters of the irrigation water causing problem of obstruction in drippers were analysed. The evaluation criterion of the impurities present in the irrigation water were based on the studies of the trickle irrigation systems. The research was executed in four phases of 30 days each, in different seasons. The results showed that the chemical factors, which presented medium risk of clogging for emitters, were pH and the concentration of iron and sulphites. The physical and biological parameters of water quality showed low risk of clogging the drippers. The evolution of head loss, according to the volume filtered was also followed up for the sake of comparison. It was observed that the non woven synthetic fabric showed higher and faster head loss evolution than the disc filter.

**Key words:** drip, non-woven synthetic fabric, filtration

## INTRODUÇÃO

O uso da irrigação localizada vem crescendo cada vez mais, devido ao avanço tecnológico na agricultura irrigada, que procura, sempre, métodos de irrigação que tenham grande eficiência aliada à redução nos custos de produção e consumo de água e energia; isto tem causado grande crescimento no

desenvolvimento de materiais e equipamentos que tendem a melhorar o desempenho nos sistemas de irrigação localizada. Um dos fatores que elevam 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 a presença de argila e produtos de corrosão envolvidos em massa biológica e cimentados com precipitados de  $\text{CaCO}_3$ , 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 agravamento devido à prática da fertirrigação, técnica cada vez mais freqüente em sistemas de irrigação localizada.

Processos físicos de filtração e tratamentos químicos são, muitas vezes, utilizados nesses sistemas, para minimizar a obstrução de emissores (Nakayama, et al., 1977; Gilbert, et al., 1981). Os mecanismos de filtração podem ser divididos em duas categorias: em filtros de tela e discos, quando são classificados como elementos de filtração mecânica ou de superfície e o processo de filtração é baseado no princípio de que os poros do meio filtrante são menores que o diâmetro das partículas a serem filtradas e nos filtros granulares ou de areia, onde as partículas a serem retidas são menores que os poros do elemento filtrante, porém a retenção dessas partículas é conseguida por processos físico-químicos (Adin & Alon, 1986).

A remoção de algas por filtros de superfície não é considerada eficiente, porém poucos testes têm caracterizado a capacidade de remoção desses 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 (Paterniani & Silva, 1996).

Com o presente trabalho objetivou-se realizar uma investigação experimental a fim de se comparar a evolução da perda de carga de dois filtros diferentes na remoção de impurezas da água de irrigação localizada. Os elementos filtrantes a serem ensaiados foram: disco (130 microns), comercialmente difundido entre os agricultores, e manta sintética não-tecida, a qual pode tornar-se uma tecnologia alternativa, mais acessível ao agricultor e tecnicamente viável.

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

## MATERIAL E MÉTODOS

A investigação experimental foi realizada no município de Campinas, Estado de São Paulo. O reservatório de água utilizado na pesquisa foi concebido para a irrigação do Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola, que se constitui de um pequeno açude, abastecido pelo bombeamento de água de uma pequena represa construída dentro do Campus universitário da UNICAMP, onde ocorre a contribuição hídrica de outras nascentes que estão a seu redor.

Na área experimental montou-se 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, três hidrômetros digitais tipo turbina

na faixa de vazões de 10 a 100 L min<sup>-1</sup>, dois manômetros de Bourdon, sistema de injeção de fertilizantes e cloro, composto de duas bombas dosadoras de pistão, sistema de filtração formado de dois filtros, um dos quais de disco de 130 microns, diâmetro de 25,4 mm da marca Amiad e o outro de manta sintética.

A escolha do tipo de manta sintética não-tecida foi feita conforme estudos já realizados por Scatolini (2001), em irrigação localizada em estufas para produção de flores situadas no município de Holambra, SP. Os corpos dos dois filtros eram idênticos e feitos de plástico; somente o elemento filtrante era diferente. Com este procedimento pôde-se garantir semelhança funcional entre os filtros.

A vazão média através de cada filtro foi de 600 L h<sup>-1</sup> e, para garantir pressão igual nos filtros instalaram-se reguladores de pressão de 69,94 kPa.

A manta sintética não-tecida utilizada como meio filtrante possui a permeabilidade normal 0,5 cm s<sup>-1</sup>; permissividade 1,6 s<sup>-1</sup>; abertura dos poros 0,150 mm; gramatura 380 g m<sup>2</sup>, e de espessura 3,8 mm.

Os ciclos de irrigação foram feitos através de 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 a injeção de fertilizantes na linha principal do sistema feita em uma hora e meia e, no tempo restante, aplicou-se somente água com cloro. Este processo é uma prática usual, de fundamental importância, adotada em sistemas fertirrigados para evitar que nutrientes fiquem disponíveis no interior das linhas laterais de irrigação, promovendo crescimento microbiano que possa potencializar problemas relativos ao entupimento dos gotejadores.

A fonte de cloro utilizada foi o hipoclorito de sódio (12%) que, de acordo com Clark & Smajstrla (1992) é a forma mais conveniente e segura de cloro para ser injetado em sistemas de irrigação.

Adotou-se o valor da concentração de cloro necessária na linha de gotejadores de 2 mg L<sup>-1</sup>; English (1985) sugere uma concentração de 1 a 2 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre nas linhas de gotejadores para o controle preventivo de entupimentos com relação ao controle de algas e limos.

Os períodos de amostragens da água do reservatório foram realizados nas quatro estações do ano em quatro etapas, nos períodos de 29 de junho a 30 de julho, 5 de novembro a 13 de dezembro, 28 de fevereiro a 27 de março e 9 de maio a 6 de junho, duas vezes por semana.

A partir das amostragens foram determinados os fatores físicos, químicos e biológicos mais importantes com relação a qualidade de água para irrigação localizada que podem causar obstrução nos gotejadores, tais como: pH, sólidos em suspensão (Ss), turbidez, sólidos dissolvidos, ferro (Fe), sulfetos de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), manganês (Mn), concentração de algas e bactérias. A classificação da água seguiu recomendações de acordo com Nakayama & Bucks (1986), visando, especificamente, ao risco quanto ao “problema de entupimento”, conforme Tabela 1.

A determinação da população bacteriana foi realizada pelo método de contagem em placa de Petri, utilizando-se ágar

Tabela 1. Classificação da água de irrigação segundo Nakayama &amp; Bucks (1986)

	Baixo	Moderado	Severo
<b>Físico</b>			
Sólidos em suspensão	< 50	50 – 100	> 100
<b>Químico</b>			
pH	< 7	7 – 8	> 8
Sól. dissolvidos	< 500	500 – 2000	> 2000
Ferro total	< 0.2	0.2 - 1.5	> 1.5
Manganês	< 0.1	0.1 - 1.5	> 1.5
Sulfeto de hidrogênio	< 0.2	0.2 - 2.0	> 2.0
<b>Biológico</b>			
População bacteriana (NMP mL <sup>-1</sup> )	< 10000	10000-50000	> 50000

Obs: As unidades dos parâmetros físicos e químicos, exceto pH, em mg L<sup>-1</sup>

(triptona, glucose e extrato de levedura) como meio de cultura e tempo de contagem de 48 horas (APHA, 1992).

A contagem de algas se deu pelo método de Sedgwick-Rafter, de acordo com o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 1985).

No monitoramento da perda de carga nos filtros foram utilizados transdutores diferenciais de pressão com tomada de pressão situada antes e depois dos filtros, cujos dados eram armazenados em um sistema de aquisição de dados (datalogger); com este sistema obtiveram-se leituras referentes à perda de carga medida por meio dos transdutores de pressão a cada 6 segundos e das 10 medidas, obtidas a cada minuto foi obtido um valor médio. O aumento da perda de carga em função da retenção de impurezas nos filtros foi determinado em função do volume filtrado.

## 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 2.

Nos resultados da Tabela 2, 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, além de uma correlação entre os parâmetros físicos analisados. Esta correlação é muito importante porque como a turbidez é um indicador de sólidos suspensos, porém, isoladamente, 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 filtragem 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 8 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. 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 2. 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 restabelecida durante a noite, quando cessa a fotossíntese, passando a preponderar a oxidação da matéria orgânica. Assim, as variações de insolação no decorrer das épocas do ano fez com que ocorresse 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 um risco médio de entupimento.

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.

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, conseqüentemente, haveria uma menor concentração de sólidos suspensos e uma diminuição na turbidez da água.

Os dados da concentração média de sulfetos variaram de um valor médio de aproximadamente 1,1 mg L<sup>-1</sup> medido na primeira etapa, chegando-se a aproximadamente 3,5 mg L<sup>-1</sup> na

Tabela 2. Variação média dos parâmetros físicos, químicos e biológicos nas 4 etapas da água de irrigação

Etapas	Parâmetros da Água de Irrigação						
	Físicos		pH	Químicos		Biológicos	
	Sólidos Suspensos (mg L <sup>-1</sup> )	Turbidez (NTU)		Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	Sulfetos (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	1,10	497	2438
2	10,96	8,27	7,39	1,10	2,42	1377	1202
3	17,61	11,30	7,13	0,74	2,83	459	223
4	19,70	10,14	6,88	0,48	3,50	512	1702

quarta (Tabela 2). Este aumento geralmente é acarretado pela quantidade de matéria orgânica que pode ter sido lançada na lagoa que abastecia o reservatório e de fatores indiretos tais como temperatura, quantidade de gás carbônico ou de oxigênio, que aumentam ou diminuem a sua solubilidade na água. A concentração média de ferro total da água aumentou de 0,52 para 1,1 mg L<sup>-1</sup> da primeira para a segunda etapa 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 abastecia o reservatório de irrigação. Na terceira etapa a concentração de ferro diminuiu para 0,74 mg L<sup>-1</sup>, mas nesta época (final de fevereiro e março) as precipitações foram menores e conseqüentemente 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 mg L<sup>-1</sup>.

Ayres & Westcot (1991) citam que a concentração de Fe de 0,5 mg L<sup>-1</sup>, deveria ser considerada como a máxima permissível, porém quando se incluem os custos, preço do sistema de filtragem, o valor máximo prático é de 2 mg L<sup>-1</sup>. English (1985) relata que problemas com interações bactéria-ferro têm ocorrido com concentrações de ferro tão baixa quanto 0,1 mg L<sup>-1</sup>. Teores deste íon, superiores a 0,2 mg L<sup>-1</sup>, 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 Fe<sup>+2</sup>, transformando-o em Fe<sup>+3</sup> que pode precipitar-se e provocar entupimento (Pizarro, 1996). Ford & Tucker (1986) relataram que águas utilizadas em sistemas de irrigação localizada com concentração de ferro maior que 0,4 mg L<sup>-1</sup> contribuem para o crescimento de bactérias féricas filamentosas que causam problemas de obstrução nos emissores.

Foi notória a tendência de queda apresentada pelas concentrações médias de sólidos dissolvidos das primeiras etapas e, depois, aumentou na última etapa (Tabela 2). 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 mg L<sup>-1</sup> (Nakayama & Bucks, 1986).

Esta ocorrência da diminuição da concentração de sólidos dissolvidos da etapa um para a dois e depois aumentou da etapa três para a quatro, foi porque na primeira e última etapa 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 sofreu elevada queda ao longo do tempo decorrido da primeira a terceira etapa e voltou a aumentar na última, como pode ser observado na Tabela 2. A concentração média de algas, após grande crescimento observado entre a primeira e segunda etapa que passou de 497 algas mL<sup>-1</sup> à cerca de 1377 algas mL<sup>-1</sup>, 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, conseqüentemente 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 fitoplanctônicos, 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 etapa 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 etapa) a 6,88 (quarta etapa). 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 retrolavagem 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. Esta observação pode ser constatada nas Figuras 1, 2, 3 e 4 onde mostra como ocorreu a evolução da perda de carga e o número de retrovalagens durante todas as etapas do experimento.

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).

### **Evolução da perda de carga versus volume filtrado para os sistemas de filtragem**

As Figuras 1, 2, 3 e 4 contêm os resultados das 4 etapas da pesquisa referentes à evolução da perda de carga localizada nos dois filtros de irrigação, ao longo do tempo.

O gráfico final é semelhante à figura do dente de serra, onde há crescimento da perda de carga contínuo até um momento em que ocorre queda abrupta; em seguida, dá-se novo crescimento, seguido de nova queda e assim sucessivamente. As quedas mais bruscas, em que a perda de carga retorna a um valor abaixo de 20 kPa, representam os momentos de lavagem



do elemento filtrante, ao passo que quedas de menor intensidade representam apenas a transição entre um turno e o seguinte, de irrigação.

Constata-se que a evolução da perda de carga no filtro de manta é muito mais rápida que aquela observada no filtro de disco, na primeira etapa (Figura 1). Neste primeiro período de experimentação a qualidade da água do reservatório esteve sempre muito boa, com baixas concentrações de sólidos suspensos, algas e bactérias. A partir da quarta lavagem do elemento filtrante (com um volume filtrado da ordem de 32,0 m<sup>3</sup>), o crescimento da perda de carga no filtro de manta passou a ser mais expressivo. Nesta etapa não foi necessário realizar-se qualquer operação de limpeza nos filtros de disco, já que o critério para a limpeza do elemento filtrante se baseou num diferencial de pressão superior a 40 kPa. A perda de carga desenvolvida nos filtros de disco foi praticamente estável e sempre no intervalo de 5 a 10 kPa.

Nesta primeira etapa da pesquisa, sentiu-se necessidade de efetuar a limpeza do filtro de manta quatorze vezes. O filtro de disco não precisou ser lavado.

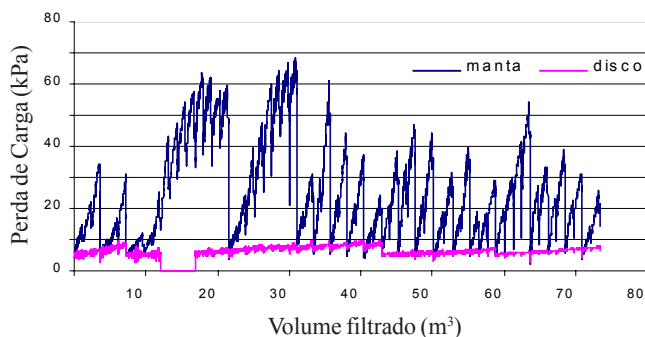


Figura 1. Variação da perda de carga versus volume filtrado para filtros de disco e manta sintética não-tecida na primeira etapa

Ressalta-se que a limpeza dos elementos filtrantes era realizada entre os turnos de rega, manualmente e com água de abastecimento urbano.

Na segunda etapa houve redução da qualidade da água evidenciada pelo aumento dos valores médios obtidos para as concentrações dos parâmetros sólidos suspensos, turbidez e algas analisadas (Tabela 2). Assim como ocorrido na primeira fase da pesquisa, na segunda etapa a evolução da perda de carga desenvolvida no filtro de manta foi mais rápida que no filtro de disco, como pode ser observado na Figura 2. O filtro de manta apresentou novamente a maior perda de carga em comparação com o filtro de disco. Foram necessárias oito lavagens no filtro de manta e nenhuma no filtro de disco. Com a redução da qualidade da água de irrigação, a perda de carga variou de 5 a 35 kPa no filtro de disco, estando mais comumente entre 20 e 30 kPa durante toda a segunda etapa.

As tendências observadas nas primeira e segunda etapas, repetiram-se também nesta terceira etapa, ou seja, houve maior necessidade de limpeza dos filtros em função desta redução da qualidade da água. No filtro de manta foram realizadas 12 operações de limpeza, sendo que em alguns casos a perda de carga chegou a valores de 100 kPa pela rapidez da elevação

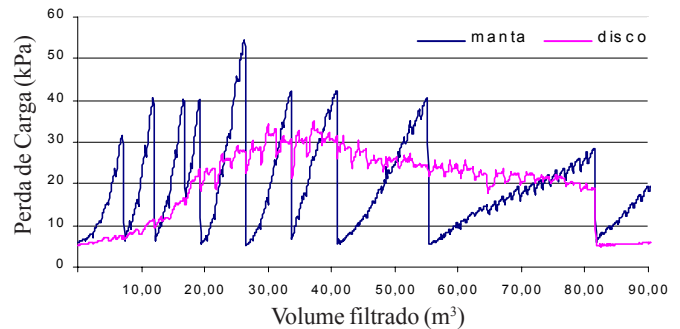


Figura 2. Variação da perda de carga versus volume filtrado para filtros de disco e manta sintética não-tecida, na segunda etapa

das perdas localizadas (Figura 3). No filtro de disco foram necessárias duas limpezas no mesmo período.

Em diversos momentos, a perda de carga no filtro de manta ultrapassou 50 kPa devido à rapidez com que o material em suspensão da água promovia obstrução dos poros dos elementos filtrantes, já que a proposta era efetuar a limpeza dos filtros sempre que a perda de carga localizada atingisse 40 kPa.

Verifica-se, na Figura 4, que a alta frequência de lavagem do filtro de manta, e os altos valores de perda de carga atingidos no filtro de disco, são condizentes com o aumento das concentrações médias de sólidos suspensos e turbidez da água do reservatório que ocorreu na última etapa da pesquisa.

Assim como nas etapas anteriores, a evolução da perda de carga desenvolvida no filtro com manta sintética não-tecida foi superior àquela desenvolvida no filtro de disco. Isto ocorre como a manta sintética não-tecida estava sendo usada em um sistema pressurizado de filtragem rápida, os mecanismos envolvidos na retenção de sólidos suspensos, algas e bactérias estão associados à aderência das impurezas no emaranhado de fibras e na formação de uma camada biológica (Scatolini, 2001). Verificou-se um acúmulo, na superfície do filtro, de grande número de algas e bactérias, especialmente quando mortos, fez com que ocorresse um aumento na perda de carga. Segundo Wilkinson (1986), os diâmetros das fibras das mantas sintéticas não tecidas, estão entre 2 e 100  $\mu$  é apropriado para remoção de partículas presentes na água com diâmetro entre 1 e 100  $\mu$ , são apropriadas para remoção de partículas a partir de 130  $\mu$ . Nota-se na Figura 4 que foram necessárias, no período, 23 operações de limpeza do filtro de manta e 3 no filtro de disco.

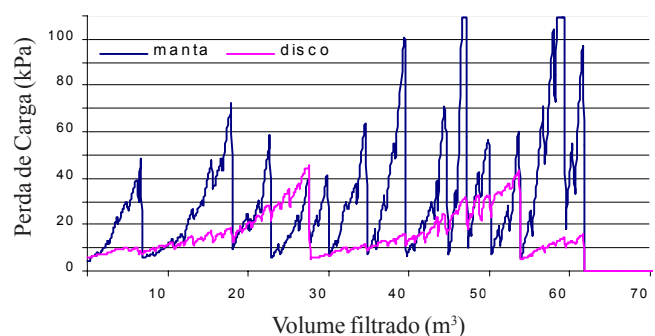


Figura 3. Variação da perda de carga versus volume filtrado para filtros de disco e manta sintética não-tecida, na terceira etapa

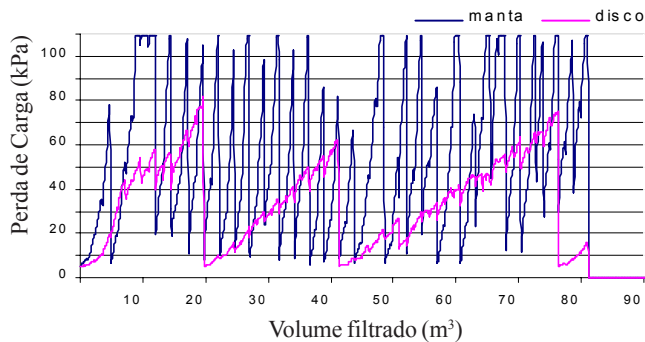


Figura 4. Variação da perda de carga versus volume filtrado para filtros de disco e manta sintética não tecida, na quarta etapa

Depois de finalizadas as 4 etapas da pesquisa, pode-se afirmar que as perdas de carga desenvolvidas no filtro contendo manta sintética não-tecidas superaram sempre aquelas desenvolvidas no filtro de disco. Houve, portanto, necessidade de se efetuar a retrolavagem no filtro de manta sintética com mais frequência que no filtro com elemento filtrante de disco. Esta desvantagem aparente dos filtros de manta só é confirmada se este filtro não apresentar maior retenção das partículas em suspensão na água. Caso contrário, o maior aumento da perda de carga seria justificado por uma maior eficiência e retenção de materiais em suspensão na água.

Para uma maior praticidade e um melhor controle na evolução perda de carga no filtro de manta sintética não-tecida, seria recomendável a instalação de um sistema automático de retroalagem, com controladores compostos de medidores diferenciais de pressão eletricamente ligados a um painel de controle e hidráulicamente conectados ao filtro. Quando a perda de carga no filtro supera o limite ajustado, seria realizada a retrolavagem do mesmo. Este ajuste seria feito em função da variação da qualidade da água para as diferentes épocas do ano.

## CONCLUSÕES

1. As variações da qualidade da água de irrigação influenciaram a evolução da perda de carga dos sistemas de filtragem e os intervalos das retrolavagens.
2. Para um melhor controle dos números de retrolavagens, melhoria no sistema de filtragem e praticidade na sua limpeza, seria de vital importância a instalação de um sistema de retrolavagem automático por diferencial de pressão.
3. 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 uma evolução mais rápida de perda de carga em função do volume filtrado e um maior número de retrolavagens em comparação com o de disco.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pelo auxílio financeiro e concessão de bolsas de estudo para a realização deste projeto (Processo: 00/01292-5) e (Processos: 01/02058-9 e 01/01719-1).

## LITERATURA CITADA

- Adin, A.; Alon, G. Mechanisms and process parameters of filter screens. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Jerusalem, v.112, n.4, 293-304, 1986.
- APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16. ed. Washington, D.C. 1985, 1268p.
- APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. Washington, D.C. 1992, p.9.32-9.34.
- Ayers, R.S.; Westcot, D.W. 1991. A qualidade da água na agricultura. Campinas Grande: UFPB, 1991. 218p.
- Branco, S. M.. Hidrologia aplicada à engenharia sanitária. 2 ed. São Paulo: CETESB, 1978. 620p
- Clark, A.G.; Smajstrla, A.G.. Treating irrigation systems with chlorine. Gainesville, University. of Florida, 1992. 140p. Circular 1039
- Di Bernardo, L. Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento. Rio de Janeiro: ABES. 1995. 140p.
- English, S.D. Filtration and water treatment for micro-irrigation. In. *Internacional Drip/Trickle Irrigation Congress*, 3, Fresno, Proceedings. St Joseph: ASAE, 1985, p.50-57.
- Ford, H.A.; Tucker, D.P.H. Clogging of drip systems from metabolic products of iron and sulfur bacteria. *International Drip Irrigation. Congress, Proc.*, San Diego: 1986 p.212-214
- Gilbert, R.G.; Nakayama, F.S.; Bucks, D.A.; French, O.F.; Adamson, K.C. Trickle irrigation: emitter clogging and other flow problems. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.3, n.3, p.159-178, 1981.
- Nakayama, F.S.; Bucks, D.A.; French, O.F. Reclaiming partially clogged trickle emitters. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.20, n.2, p.278-280, 1977.
- Nakayama, F.S; Bucks, D.A. Trickle irrigation for crop production: Design, operation and management. Amsterdam: Elsevier, 1986. 164p.
- Paterniani, J.E.S.; Silva, L.B. Comparação entre diferentes meios filtrantes de filtros para irrigação localizada. *Congresso Argentino, 4, Congresso Internacional de Ingenieria Rural*, 2, Neuquen, Argentina. 1996. p.397-401.
- Pizarro, F. Riegos localizados de alta frecuencia. 3.ed. Madrid: Ed. Mundi Prensa, 1996. 471p.
- Scatolini, M.E. Utilização de mantas não -tecidas como elemento filtrante em sistemas de irrigação localizada, Campinas: UNICAMP, 2001. Tese Doutorado
- Soares, J.B.; Maia, A.C.F. Água: microbiologia e tratamento. Fortaleza: UFC, 1999. 206p.
- Testezlaf, R.; Matsura, E.E.; Roston, D.M.; Paula Jr., D.R.; Paterniani, J.E.; Ribeiro, T.A.P. Potencialidade do uso de irrigação por gotejamento em propriedades agrícolas produtoras de hortaliças da região de Campinas, SP. *Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem*, 10, Salvador: ABID, 1994.
- Wilkinson, A. D. The filtration of dilute suspensions using non-woven cloths and membranes. *World Filtration Congress*, 22-25 April. Ostend, Belgium: 1986.