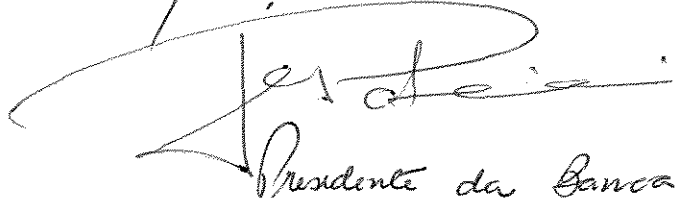


LEILA BEATRIZ SILVA CRUZ

**AVALIAÇÃO DE UM FILTRO DE MANTA SINTÉTICA NÃO
TECIDA PARA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

Caro

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Leila Beatriz Silva Cruz e aprovada pela Comissão Julgadora em 27 de agosto de 1996. Campinas, 14 de outubro de 1996.


Presidente da Banca

Campinas-SP

Agosto/96



LEILA BEATRIZ SILVA CRUZ

AVALIAÇÃO DE UM FILTRO DE MANTA SINTÉTICA NÃO TECIDA PARA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado na
Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade
Estadual de Campinas, como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Agrícola.

Área de Concentração: Água e Solo

Orientador: Prof. Dr. José E. Stipp Paterniani

Universidade de Campinas

Campinas

Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP

1996

JAUE 100
 CHAMADA: 100
C889a
 Ex. 1
 BO BC/ 39.108
 C. 229199
☐ ☐ ☐ ☒ ☐
 CO 0511,00
 A 2110199
 CPD

CM-00136414-4

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C889a Cruz, Leila Beatriz Silva
 Avaliação de um filtro de manta sintética não tecida
 para irrigação localizada / Leila Beatriz Silva Cruz.--
 Campinas, SP: [s.n.], 1996.

Orientador: José E. Stipp Paterniani.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Filtros e filtração. 2. Irrigação. 3. Águas residuais -
 Purificação - Filtração. I. Paterniani, José E. Stipp. II.
 Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
 Engenharia Agrícola. III. Título.

Ao meu marido Camilo, e a meus pais, Milton e
Iraci pela compreensão, carinho e amor oferecidos.

AGRADECIMENTOS

Ao professor José Euclides Stipp Paterniani, pela cooperação, orientação e amizade dedicadas.

Aos professores Edson Matsura e Dênis Miguel Roston, do Departamento de Água e Solo, pela assessoria científica.

Aos funcionários Túlio A. P. Ribeiro, Gelson E. da Silva, José Maria Silva, Luiz Carlos S. Silva, Roberto C. Souza, Célia P. Gonçalves, Rosa Helena A. Fonseca, Ana Paula Montagna, Marta A. R. Vechi, Susely Francisco, Mara S. I. Figueiredo e outros que contribuíram direta ou indiretamente, na elaboração do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa e ao Fundo de Apoio ao Ensino e à Pesquisa (FAEP/UNICAMP), pelo financiamento do projeto de dissertação.

A meu esposo Antônio Camilo Cruz Júnior, pela importante contribuição técnica no trabalho.

À grande amiga Maria Eugênia, pelo importante apoio e consideração.

Aos meus colegas, Rogério, Ester, Júnior, Rafael, Edson Zanon, José Ricardo, Edgardo, Mariela, Jacqueline, Cassiano, Regina e tantos outros, pelo apoio e grande amizade.

“E, agora, amigos, que meus agradecimentos se calem no papel, recolhendo-se ao grande silêncio da simpatia e da gratidão. Reconhecimento, amor e júbilo moram na alma. Creiam que guardarei semelhantes valores comigo, o respeito de todos vocês, no santuário do coração.”

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	I
LISTA DE TABELAS.....	IV
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
I - INTRODUÇÃO.....	1
II - OBJETIVOS	3
III - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 - Irrigação Localizada	4
3.2 - Qualidade De Água Para Irrigação Localizada	5
3.4 - Filtração	10
3.4.1 - Eficiência Dos Filtros	11
3.5 - Classificação Dos Filtros	12
3.5.1 - Filtro de Areia	12
3.5.2 - Filtro de Tela.....	14
3.5.3 - Filtro de Disco	16
3.5.4 - Manta Sintética Não Tecida.....	17
3.6 - Ensaios De Filtros	18
3.6.1 - Gravidade.....	18
3.6.2 - Pressão Negativa.....	19
3.6.3 - Pressão Positiva	19

3.6.4 - Pressão Diferencial.....	20
3.7 - Escoamento De Mistura Sólido - Líquido	22
IV - METODOLOGIA.....	25
4.1 - Descrição da Instalação Piloto.....	25
4.2. Filtro De Manta.....	26
4.3 - Programas Dos Ensaios (1ª Etapa).....	30
4.4 - Programas Dos Ensaios (2ª Etapa).....	31
4.5 - Parâmetros De Controle	32
V - RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 - Ensaios do Comportamento Hidráulico do Filtro de Manta.....	33
5.2 - Ensaios de Calibração da Bomba Injetora Tipo Venturi.....	39
5.3 - Ensaios dos Filtros De Manta, Tela e Disco para a Vazão do Sistema de 6 m ³ /h.	42
5.4 - Ensaios dos Filtros de Manta, Tela e Disco Para a Vazão do Sistema de 9 m ³ /h.....	49
5.5 - Ensaio do Filtro de Manta Para a Vazão do Sistema de 12 m ³ /h.....	55
5.6 - Aspectos Econômicos do Filtro de Manta.....	58
VI - CONCLUSÕES.....	59
VII - RECOMENDAÇÕES	60
VIII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
APÊNDICE	64

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Esquema de um Filtro de Areia	13
FIGURA 2 - Esquema de um filtro de tela	15
FIGURA 3 - Injetor Tipo Venturi. a - Esquema; b - Princípio de funcionamento.....	21
FIGURA 4 - Tipos de escoamento em função da velocidade e do tamanho das partículas.....	24
FIGURA 5 - Esquema da instalação utilizada para os ensaios.....	25
FIGURA 6 - Filtro de manta. a - Vista externa b - Componentes.....	28
FIGURA 7 - Esquema do filtro de Manta.....	28
FIGURA 8 - Perda de Carga em função da Vazão Com Tubos de PVC e inox com Tampa Cônica e sem Tampa Cônica (Água Limpa).....	34
FIGURA 9 - Perda de Carga em função da Vazão de diferentes espessuras de Manta (Água Limpa).....	37
Figura 10 - Perda de Carga em função da Vazão Com os filtros de Manta, Tela e Disco (Água Limpa).....	38
FIGURA 11 - Perda de Carga em função da Vazão do Filtro de Manta (6 mm)e dos Filtros de Tela e de Disco(Água Limpa).....	39
FIGURA 12 - Curvas de Calibração da Bomba Injetora Tipo Venturi com a Vazão de Injeção em Função do Diferencial de Pressão	40
FIGURA 13 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão 6 m ³ /h.(ensaio 1)	43
FIGURA 14 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 6 m ³ /h. (ensaio 2).....	43

FIGURA 15 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 6 m ³ /h. (ensaio 3).....	44
FIGURA 16 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Tela Para Vazão de 6 m ³ /h. (ensaio 1)	45
FIGURA 17 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Tela Para Vazão de 6 m ³ /h. (ensaio 2)	45
FIGURA 18 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Tela Para Vazão de 6 m ³ /h. (ensaio 3)	46
FIGURA 19 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Disco Para Vazão de 6 m ³ /h. (ensaio 1)	47
FIGURA 20 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Disco Para Vazão de 6 m ³ /h. (ensaio 2)	48
FIGURA 21- Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Disco Para Vazão de 6 m ³ /h. (ensaio 3)	48
FIGURA 22 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 9 m ³ /h. (ensaio 1).....	49
FIGURA 23 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 9 m ³ /h. (ensaio 2).....	50
FIGURA 24 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 9 m ³ /h. (ensaio 3).....	50
FIGURA 25 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Tela Para Vazão de 9 m ³ /h. (ensaio 1)	51
FIGURA 26 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Tela	

Para Vazão de 9 m ³ /h. (ensaio 2)	52
FIGURA 27 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Tela	
Para Vazão de 9 m ³ /h. (ensaio 3)	52
FIGURA 28 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de	
Disco Para Vazão de 9 m ³ /h. (ensaio 1)	53
FIGURA 29 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de	
Disco Para Vazão de 9 m ³ /h. (ensaio 2)	54
FIGURA 30 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de	
Disco Para Vazão de 9 m ³ /h. (ensaio 3)	54
FIGURA 31 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de	
Manta Para Vazão de 12 m ³ /h. (ensaio 1).....	55
FIGURA 32 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de	
Manta Para Vazão de 12 m ³ /h. (ensaio 2).....	56
FIGURA 33 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de	
Manta Para Vazão de 12 m ³ /h. (ensaio 3).....	56
FIGURA 34 - Areia retido na manta durante um ensaio.....	58
FIGURA A1 - Planilha utilizada para realizar os ensaios.....	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 18 - contribuição física, química e biológica para o entupimento dos sistemas de irrigação localizada.....	8
TABELA 29 - Classificação Da Água Para Irrigação Localizada	9
TABELA 3 - Características das mantas utilizadas	29
TABELA 4 - Programação dos ensaios (1 ^{ra} Etapa).....	30
TABELA 5 - Programação dos ensaios (2 ^a Etapa).....	31
TABELA 6 - Análise de variância da função Alométrica Linear do Filtro de Manta-Tubo interno de PVC CSC.....	35
TABELA 7 - Análise de variância da função Alométrica Linear do Filtro de Manta Tubo interno inox-CSC.	35
TABELA 8 - Análise de variância da função Alométrica Linear do Filtro de Manta Tubo interno de PVC-SSC.....	35
TABELA 9 - Valores dos Parâmetros das Equações Ajustadas Para Vazões de 3, 6, 8, 10 e 13 M ³ /h	

RESUMO

No presente trabalho apresenta-se a avaliação de um filtro de manta sintética não tecida desenvolvido para a irrigação localizada. Este filtro consiste de um corpo cilíndrico de PVC com 0.12 m de diâmetro e 0.40 m de comprimento, sendo instalado no seu interior outro Tubo de PVC com furos de 8 mm, que durante a primeira etapa do trabalho foi substituído por tubo de inox com diâmetro dos furos de 25 mm, usado como suporte para a manta. Nos ensaios de filtro foram avaliados o seu comportamento hidráulico e carreira de filtração, bem como sua eficiência de remoção de sólidos em suspensão. Para efeito de comparação foram ensaiadas sob as mesmas condições, um filtro de Tela e outro de filtro de Disco, ambos de mesh 120 marca AMIAD.

A primeira etapa do trabalho visou o desenvolvimento de uma metodologia apropriada para ensaios de filtros em laboratório. Para testar os filtros houve a necessidade de conhecer e controlar a qualidade da água a ser utilizada, e para alcançar este objetivo instalou-se no sistema um bomba injetora tipo Venturi que injetou mistura de água com sólidos suspensos na rede, podendo-se então analisar o afluente e efluente dos filtros.

Durante os primeiros ensaios, verificou-se a possibilidade de melhorar a estrutura do filtro de manta. O tubo interno de PVC foi substituído por Inox com diâmetro de furos maior. E a saída de água do filtro que era reta foi substituída por outra de saída cônica, obtendo-se com estas alterações uma grande redução da perda de carga em função da vazão.

Os resultados obtidos com os testes de filtração mostraram que o filtro de manta apresentou duração da carreira de filtração da ordem de 14 minutos, sendo que os filtros de tela e disco apresentaram duração da carreira de filtração em torno de 3 e 4 minutos, respectivamente. Com relação à remoção de sólidos em suspensão, o filtro de manta apresentou um valor médio de 25%, contra 12 % do filtro de disco e 5 % do filtro de tela, para vazão de 6 m³/h. Para a vazão de 9 m³/h, os valores médios percentuais da remoção de sólidos suspenso foram 15% para o filtro de manta contra 10 % do filtro tela e disco. O filtro de manta apresentou uma taxa de remoção de 18% para vazão de 12 m³/h, não sendo possível realizar testes com os filtros de tela e disco nestas condições.

Com base nesses dados, pode-se afirmar que o filtro de manta mostrou-se mais eficiente do que os de tela e disco. Também ficou evidente que a manta sintética não tecida é adequada para ser empregada como meio filtrante em filtros para a irrigação localizada.

ABSTRACT

A filter of non woven synthetic fabrics developed for localized irrigation was evaluated. This filter consists of a cylindrical pipe made of PVC with 0.12 m of diameter and 0.40 of length and in its interior another perforated pipe of PVC was installed to be used as a holder to the non woven synthetic fabrics. The trials were performed to evaluate the filter regarding its hydraulic behavior and filtration time, as well as its efficiency of removing the solids of water. A screen filter and disc filter (both of mesh 120 - AMIAD) were tested under the same conditions for comparison purpose.

The first work stage aimed at the development of an appropriated methodology to filter trials and other equipments in the laboratory. To test the filter it was necessary to control and find out the quality of water to be used and a Venturi inject pump was installed to inject the mixture of water and solids in the system, with this it was possible to analyze the filter affluent and effluent.

During the first trials, it was observed the possibility to improve the structure of the non woven synthetic fabrics filter. The intern pipe of PVC was substituted for inox with a diameter of larger holes. Also the original straight flush of water was substituted for conic flush achieving in this way a great reduction of lost pressure.

The results obtained with the trials of filtration showed that the non woven synthetic fabrics filter displayed 14 minutes of duration of filtration time, and the screen and disc filters displayed about 3 and 4 minutes respectively. With regard to removal of solids, the non woven synthetic fabrics filter displayed an average value of 25%, against 12% of disc filter and 5% of screen filter for a rate flow of 6 m³/h.

Based on these data, it is possible to say that the non woven synthetic fabrics filter is more efficient than the screen and disc filters. It was also observed that non woven synthetic fabrics is appropriated as a means for filtration in localized irrigation.

I - INTRODUÇÃO

Um dos métodos de irrigação que vem recebendo atenção especial na última década é a localizada, caracterizada pela aplicação de pequenas quantidades de água, atendendo às necessidades específicas da cultura. O grande interesse por este método de irrigação foi despertado, principalmente, pelos resultados de economia de água, aliados a um substancial aumento na produção das culturas. Por sua constituição, os equipamentos deste sistema de irrigação são bem diversificados e permitem uma melhor adaptação às várias situações que se apresentam no campo. O seu emprego apresenta, além disso, perspectivas de um melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis.

A água utilizada para a irrigação geralmente é captada de reservatório ou poços, e freqüentemente vem acompanhada de partículas sólidas em suspensão, de origem orgânica e inorgânica, que dependendo da sua composição e concentração, podem comprometer a uniformidade de distribuição de água às plantas com o entupimento dos emissores reduzindo a produtividade da cultura irrigada. As fontes de captação de água estão tornando-se cada vez mais poluídas e contaminadas limitando sua utilização para os diversos fins, inclusive para a irrigação. Para o aproveitamento destas águas, há necessidade de submetê-las a algum tipo de tratamento.

A utilização de filtros de diversos tipos tem sido recomendada, a fim de melhorar a qualidade físico-química e até bacteriológica da água para irrigação localizada, procurando reduzir os efeitos maléficos relacionados com o entupimento dos emissores e gotejadores que a água de má qualidade produz.

Os filtros de tela e disco atendem às necessidades da comunidade agrícola em geral. Entretanto, são usualmente filtros de tecnologia estrangeira, de alto custos, que nem sempre se adequam às condições brasileiras. Os filtros de areia são eficientes, na maioria dos casos, para

reter partículas de origem orgânica, sendo utilizados associados com outro tipo de filtro.

O emprego de mantas sintéticas não tecidas como meio filtrante já vem apresentado sucesso na remoção de impurezas do ar, e mais recentemente na filtração lenta para tratamento de água de abastecimento com resultados satisfatórios.

As mantas sintéticas não tecidas possuem uma porosidade bem maior do que a da areia para uma superfície específica equivalente, proporcionando menor perda de carga e maior volume de vazios para armazenar as impurezas retidas. O presente trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho e eficiência de um filtro de manta sintética não tecida em relação a filtros de tela e disco existentes no mercado, propondo uma tecnologia alternativa para melhorar a qualidade da água utilizada na irrigação localizada.

II - OBJETIVOS

Pretendeu-se, no presente trabalho avaliar o comportamento hidráulico de um filtro para a irrigação localizada, utilizando-se como meio filtrante manta sintética não tecida. Estudou-se sua eficiência na remoção de partículas sólidas em suspensão na água, verificando o seu desempenho com relação a sua perda de carga em função da vazão e do tempo de filtragem, comparando-o com filtros de tela e disco "mesh" 120, normalmente utilizados. Também foi objetivo deste trabalho avaliar a metodologia proposta para ensaios de filtros em laboratório.

III - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - Irrigação Localizada

A irrigação localizada é um método de irrigação que mantém a umidade do solo na zona radicular próximo à capacidade de campo, procedendo à aplicação de lâminas de água com pequena intensidade e com elevada frequência. De acordo com VERMEIREN & JOBLING (1984), foi utilizada inicialmente em estufas na Inglaterra, por volta de 1940, e em culturas abertas em Israel a partir de 1950, porém sua importância comercial se acentuou de 1960 em diante com o desenvolvimento de tubos e acessórios plásticos..

As principais vantagens que a irrigação localizada proporciona, segundo FISCHER (1977) e KOEKEMOER (1979), são :

- economia de água, energia e mão-de-obra;
- maior eficiência do sistema;
- uniformidade de aplicação e distribuição de água;
- reduz os riscos de erosão;
- não interfere no tratamento fitossanitário;
- facilita a fertirrigação;

A irrigação localizada é um método muito eficiente para suprir a necessidade de água e nutrientes para as plantas, mas isto depende de uma boa uniformidade de aplicação. Quando ocorrem problemas com a uniformidade de aplicação de água na cultura, a sua produção e produtividade ficam comprometidos, causando grandes prejuízos. O maior problema de variação de uniformidade está associado ao entupimento dos emissores (TESSLER, 1986 e RAVINA et. al., 1992).

O entupimento dos emissores também está diretamente associado às suas seções de

escoamento de dimensões milimétricas. As razões para tais entupimentos são atribuídas principalmente à presença, na água, de impurezas sólidas em suspensão de origens físico-químicas e biológicas.

NAKAYAMA & BUCKS (1986) afirmam que um entupimento de 5% dos gotejadores de um sistema de irrigação localizada pode reduzir consideravelmente a uniformidade de distribuição de água, necessitando de uma filtragem da água para minimizar a ocorrência de entupimento.

Os emissores são vulneráveis ao entupimento por agentes de origem física, química e biológicas comumente presentes na água utilizada para a irrigação. O entupimento parcial dos mesmos é verificado com a redução da uniformidade de aplicação e alteração do comportamento hidráulico do sistema, sendo ainda possível prognosticar o problema e tentar solucioná-lo (NAKAYAMA & BUCKS, 1991).

Segundo DASBERG & BRESLER (1985) e PHILLIPS (1993), a determinação dos tipos de filtros a serem utilizados nos projetos de sistemas de irrigação localizada dependem geralmente da qualidade da água (tipo e tamanho do material a ser retido), da vazão do sistema e das características hidráulicas dos filtros (vazão, pressão de serviço e perda de carga).

3.2 - Qualidade De Água Para Irrigação Localizada

A qualidade de uma água se refere às suas características biológicas, físicas e químicas. O grau de aceitabilidade da água para um uso específico (agricultura, abastecimento público, industrial, recreação, etc.) depende da composição, da concentração e da influência das características acima mencionadas sobre o uso.

Além do entupimento dos emissores do sistema de irrigação localizada, causado por

sólidos em suspensão na água de irrigação, impurezas de origem biológica, tais como algas e microrganismos podem comprometer a utilização da água para fins de irrigação devido à possibilidade de contaminação da cultura por agentes patogênicos, colocando em risco a saúde da população, principalmente quando a cultura irrigada for consumida "in natura".

Mais recentemente, com o desenvolvimento da técnica de irrigação por gotejamento e microaspersão, o estudo da qualidade da água se tornou ainda mais importante, pois, problemas como o entupimento de gotejadores e microaspersores e a redução da capacidade de condução de água ficaram mais freqüentes.

As impurezas de natureza física, como partículas inorgânicas em suspensão (silte, areia e argila) podem acumular-se nos emissores entupindo-os.

As substâncias químicas dissolvidas na água de irrigação, como o carbonato de cálcio e o sulfato de cálcio em altas concentrações podem precipitar e eventualmente formar incrustações que restringem a passagem da água pelos emissores. As suspensões que mais comumente podem produzir estas incrustações, são: areia, silte, os carbonatos, o ferro, e os organismos biológicos (GOLDTEIN, 1990).

O grau de salinidade da água de irrigação também pode trazer conseqüências maléficas à cultura irrigada, uma vez que podem produzir um desequilíbrio do teor de sais no solo, podendo alterar as características de permeabilidade e infiltrabilidade destes provocando um desbalanceamento na quantidade de água fornecida à planta, como a lixiviação de sais para fora da zona radicular, que ocorre quando a quantidade de água infiltrada é superior à parcela evapotranspirada. (BUCKS *et al.*, 1979).

Segundo SCALOPPI & BRITO (1986) a salinidade também afeta a disponibilidade de água às culturas, devido à redução do potencial osmótico da água presente no solo, sendo os íons

cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos como sendo os mais comumente associados ao problema.

Dentre as impurezas da água incluem-se aquelas de origem biológica, responsáveis principalmente pela transmissão de doenças de vinculação hídrica. Esses agentes tais como protozoários, bactérias e vírus podem contaminar as águas de irrigação, e causar epidemias. A ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (s.d.) estima que 80% das doenças contagiosas que atingem os países de terceiro mundo sejam transmitidas por via hídrica, tais como: malária, esquistossomose, febre amarela, cólera, etc. Além do aspecto sanitário e de saúde pública as impurezas de origem biológica também contribuem para o entupimento dos emissores.

SCALOPPI & BRITO (1986) afirmam que os aspectos físicos, químicos e biológicos da água aliados a outros fatores, como propriedades do solo, características das culturas, condições climáticas e práticas de manejo, podem tornar a água inadequada para irrigação.

NAKAYAMA & BUCKS (1986) apresentam na TAB. 1 a contribuição física, química e biológica para o entupimento dos sistemas de irrigação localizada na TAB. 2 uma classificação da água de irrigação especificamente para a irrigação localizada. De acordo com os autores, orientando-se pela TAB.2 pode-se estimar a eficiência de um sistema de irrigação localizada e adotar soluções de tratamento da água, como por exemplo a filtração quando se julgar necessário.

TABELA 1

Contribuição física, química e biológica para o entupimento dos sistemas de irrigação localizada

A. Físicos: Sólidos em suspensão	B. Químicos: Precipitação	C. Biológicos: Bactérias e algas
1. Orgânicos	1. Carbonatos de Cálcio e Magnésio	1. Fibras
(a) Plantas aquáticas (fitoplânctons)	2. Sulfatos de Cálcio	2. Limo, lodo
(b) Animais aquáticos (zooplânctos)	3. Hidróxidos de metais pesados, óxidos, carbonatos, silicatos e sulfatos	3. Depósitos de microbiano
(c) Bactérias	4. Fertilizantes	(a) Ferro
2. Inorgânicos	(a) Fósforo	(b) Enxofre
(a) Areia	(b) Amônia aquosa	(c) Magnésio
(b) Silte	(c) Ferro, zinco, cobre, magnésio	
(c) Argila		

Fonte: BUCKS *et. al.* (1986).

TABELA 2

Classificação da água para irrigação localizada

Tipo de problema	Fraco	Moderado	Severo
FÍSICO			
Sólidos em suspensão (mg/l)	≤ 50	50 - 100	> 100
QUÍMICO			
pH	≤ 7.0	7.0 - 8.0	> 8.0
Sólidos dissolvidos (mg/l)	≤ 500	500 - 2000	> 2000
Manganês (mg/l)	≤ 0.1	0.1 - 1.5	> 1.5
Ferro total (mg/l)	≤ 0.2	0.2 - 1.5	> 1.5
Sulfeto de Hidrogênio (mg/l)	≤ 0.2	0.2 - 1.5	> 1.5
BIOLOGICO			
População bacteriana	≤ 10000	10000 - 50000	> 50000

Fonte: NAKAYAMA & BUCKS (1986).

3.3 - Tratamento Da Água Para Irrigação

De acordo com DI BERNARDO (1993), a água pura é um conceito limite, cuja existência é considerada hipotética. A obtenção de água com elevado grau de pureza exige sofisticadas técnicas de tratamento. A aplicação de determinadas técnicas de tratamento de água dependerá de sua qualidade inicial e da finalidade a que se destina, devendo para tal

propósito serem avaliados todas suas as características.

Segundo ULLOA SANTAMARÍA (1993), a eliminação dos resíduos encontrados na água pode ser feita através de processos físicos, químicos e biológicos. Normalmente, um sistema de tratamento é uma combinação dos processos já citados.

De acordo com PHILLIPS (1993), a irrigação não requer tratamento de água específico como a potabilidade, mas atender a uma qualidade de água para as culturas de um modo geral e principalmente as que são consumida “in natura”. Para a obtenção desta qualidade é indicado o uso de tratamento por processos físicos, dentre eles a filtração.

3.4 - Filtração

MATSURA *et al.* (1989) citam que o objetivo da filtragem da água de irrigação visa remover impurezas da água que podem comprometer a eficiência da irrigação localizada, em especial a concentração de sólidos em suspensão, colóides e sólidos dissolvidos.

Segundo FARRELL (1989), o uso de água limpa na irrigação localizada é essencial para manter a vida útil do sistema como o previsto em projeto, e para que este objetivo seja alcançado é necessário o uso de um sistema de filtragem de água.

A filtragem da água pode ser realizada através de vários tipos de filtros, usados individualmente, ou agrupados de forma a se obter uma melhor eficiência conforme afirmam ZEIER & HILL (1987) e PHILLIPS (1993). Dentre os vários tipos de filtros destacam-se: filtros de camadas (filtros de areia), filtros de tela e filtro de disco.

3.4.1 - Eficiência Dos Filtros

NAKAYANA & BUCKS (1986) definem como sendo três os parâmetros mais importantes na avaliação do desempenho dos filtros num sistema de irrigação localizada, os quais são:

a) eficiência de remoção

Segundo ZEIER & HILL (1987), a avaliação de campo do sistema de irrigação localizada inclui a determinação da eficiência de remoção e do diferencial de pressão antes e depois do filtro. A concentração seja na entrada ou na saída do filtro inclui o material em suspensão e sólidos dissolvidos.

A eficiência de remoção pode ser avaliada pela equação 1:

$$E_R = \frac{S_1 - S_2}{S_1} * 100 (\%) \quad [1]$$

Em que:

E_R → Eficiência de Remoção;

S_1 → Concentração de sólidos na entrada do filtro (mg/l);

S_2 → Concentração de sólidos na saída do filtro (mg/l).

b) perda de carga

O segundo aspecto da avaliação do desempenho dos filtros num sistema de irrigação localizada é medido através da diferença de pressão na entrada e na saída do filtro. O aumento da diferença entre estas duas medidas de pressão representa a perda de carga no filtro devido à

retenção de impurezas e presta-se também como indicador do momento de se efetuar a limpeza do mesmo.

c) entupimento dos emissores

Refere-se a observação local do grau de entupimento nos emissores, que pode ser estimado através da medida da vazão destes, e permite estimar, de forma indireta a eficiência do filtro.

3.5 - Classificação Dos Filtros

3.5.1 - Filtro de Areia

RAMOS (1992) e PHILLIPS (1995) afirmam que em sistemas de filtração com areia ocorrem fenômenos físico-químicos quando a água passa no interior do filtro permitindo a retenção de partículas de silte, areia fina e principalmente matéria orgânica.

Ainda segundo PHILLIPS (1995), o filtro de areia pode ser muito valioso quando operado corretamente, podendo ter uma vida útil de 10 a 20 anos com manutenção normal. Entretanto, este tipo de filtro é um equipamento que requer seleção de tamanho, instalação e operação próprias.

RODRIGO LOPEZ et. al. (1992), descrevem que o filtro de areia é um tanque, geralmente de metal (aço galvanizado inoxidável ou pintados com antioxidantes), ou de plástico reforçado (poliéster bobinado com fibra de vidro ou poliéster laminado) capaz de resistir às pressões estáticas e dinâmicas da rede. O diâmetro do tanque pode variar de 10 a 50 cm (0,1 a 0,5 metro) e a altura mínima de areia para compor a camada filtrante deve ser de 40 a 50 cm. A FIG. 1 mostra o esquema do filtro de areia.

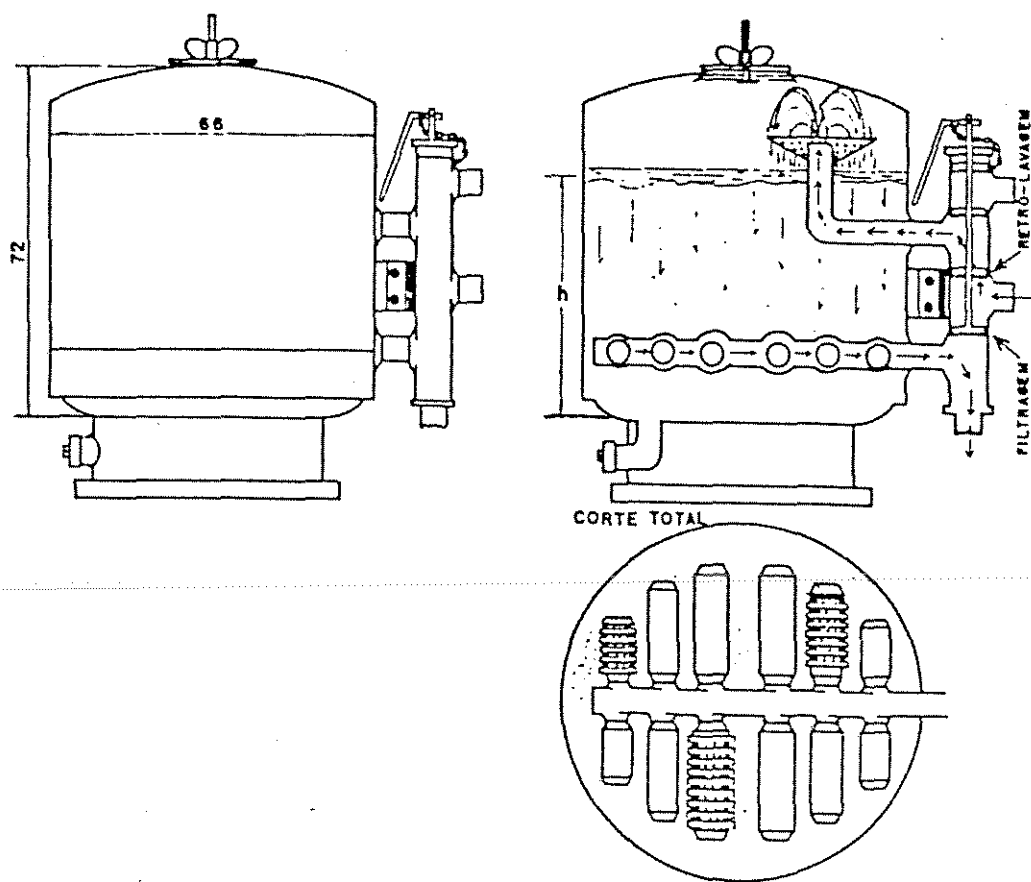


FIGURA 1 - Esquema de um Filtro de Areia.

Fonte: MATSURA et. al., 1989. p. 603.

A granulometria do material filtrante apresenta-se em torno de 1 mm a 2 mm de diâmetro. Para se obter uma orientação de seu funcionamento são instalados medidores de pressão na entrada e saída do filtro. Desta forma, pode-se saber o momento exato de efetuar-se a retrolavagem.

NAKAYAMA & BUCKS (1986) e FARRELL (1989) sugerem que para um bom desempenho do filtro de areia, a retrolavagem deve ser iniciada quando o diferencial de pressão entre a entrada e saída do filtro for da ordem de 69 kPa. E a velocidade de retrolavagem deve ser suficiente para provocar uma separação e suspensão do material filtrante, sendo que deve-

se levar em consideração no dimensionamento da câmara do filtro a expansão devido a este processo de limpeza do filtro.

Este filtro é geralmente dimensionados através da vazão por unidade de tempo ou também por unidade de área. As faixas de funcionamento dos sistemas de irrigação localizada são da ordem de 80 a 2000 l/min/m². A classificação granulométrica da areia utilizadas no filtro varia do número 11 (0.79 mm), número 16 (0.66 mm) e número 20 (0.46 mm) para a filtragem de partículas cujos tamanhos variam de 75, 50 e 40 micros, respectivamente

3.5.2 - Filtro de Tela

Este filtro é constituído de um corpo, geralmente metálico, de forma cilíndrica, que alojam em seu interior o elemento filtrante. Pode ser composto por um suporte perfurado metálico ou plástico, recoberto por uma tela (RODRIGO LOPES et. al. 1992). A FIG. 2 mostra o esquema do filtro de tela.

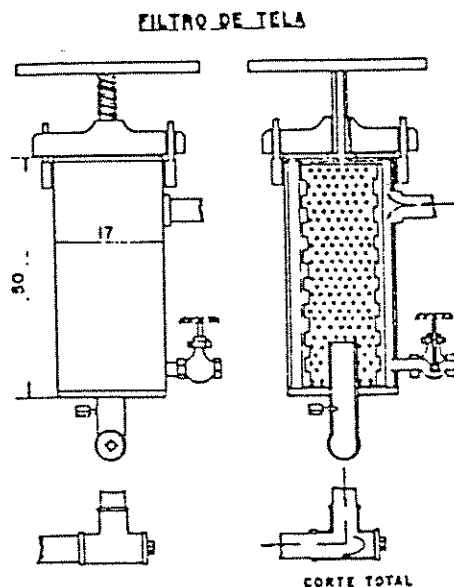


FIGURA 2 - Esquema de um filtro de tela.

Fonte: MATSURA et. al., 1989. p. 603.

De acordo com manual da empresa israelense PLASTRO, a tela deste filtro pode ser de

nylon ou de aço inoxidável, e pode ser classificada quanto ao tamanho em número de aberturas por polegada linear (mesh), que geralmente variam, na irrigação localizada, entre 50 a 200 mesh (RODRIGO LOPES et. al. 1992). O principal objetivo dos filtros de tela é reter a passagem de partículas sólidas inorgânicas suspensas, contidas na água de irrigação.

Segundo VERMEIREM & JOBLING (1984), geralmente nos sistemas de irrigação localizada o filtro de tela está instalado depois do filtro de areia e do sistema injetor de fertilizante, quando for empregada a fertirrigação, com a função de reter as partículas não dissolvidas. Entretanto, este filtro é pouco eficiente para a retenção de matéria orgânica, microorganismos e partículas finas ou coloidais, pois a separação das impurezas consiste em um processo de retenção superficial de partículas na tela, que se contamina muito rápido.

O fator determinante para o entupimento dos filtros de tela é o diâmetro das partículas de areia fina porque bloqueiam diretamente a área dos poros, enquanto que as partículas de areia grossa necessitam preencher todo o volume do elemento filtrante para que ocorra o mesmo efeito (PHILLIPS, 1993).

ADIN & ALON (1986) utilizam a lei de Boucher para determinar uma expressão matemática que indica o crescimento exponencial da perda de carga em relação ao volume filtrado por uma tela. Esta lei pode ser expressa segundo a equação 2.

$$H = H_0 * e^{Iv} \quad [2]$$

Em que:

$H \rightarrow$ perda de carga após filtrado um volume "v"

$H_0 \rightarrow$ perda de carga no filtro limpo

$I \rightarrow$ índice de filtrabilidade (função características do filtro)

$v \rightarrow$ volume filtrado

Segundo ZEIER & HILLS (1987) para se obter um funcionamento adequado do sistema de filtração necessita-se selecionar um filtro que tenha uma boa eficiência para uma dada vazão e para a sua correspondente perda de carga.

Para selecionar um bom filtro de tela deve-se observar a sua capacidade de armazenamento de partículas, com o objetivo de minimizar as operações de limpeza. Portanto, o melhor filtro de tela será aquele que tiver maior capacidade de retenção com baixos valores de perda de carga e possuir boa operacionalidade de manutenção.

3.5.3 - Filtro de Disco

O filtro de disco apresenta forma cilíndrica é disposto na linha em posição horizontal. O elemento filtrante que o compõe é um conjunto de anéis com ranhuras impressas sobre um suporte central também cilíndrico e perfurado. A água é filtrada ao passar pelos pequenos dutos formados pelas ranhuras entre dois anéis consecutivos (RODRIGO LOPEZ et. al. 1992; PHILLIPS, 1993).

A qualidade da água filtrada neste tipo de filtro dependerá da espessura das ranhuras, podendo-se conseguir um número de ranhuras equivalentes a uma tela de 200 mesh. O filtro compacto é bastante compacto resistente, admitindo pressões de trabalho até 10 atm. A limpeza manual também é bastante fácil. Consiste em abrir a carcaça, separar os anéis e limpá-los com jato de água, podendo ser utilizada a retrolavagem.

Ainda de acordo com RODRIGO LOPEZ et. al. (1992), o filtro de disco, assim como o de areia, podem reter grande quantidade de sólidos antes de saturar-se. As perdas de carga do filtro limpo oscilam entre 1 a 3 mca.

3.5.4 - Manta Sintética Não Tecida

De acordo com MBWETTE & GRAHAM, (1987) e DI BERNARDO et. al. (1990) as mantas sintéticas são produzidas a partir do uso combinado de fios de diferentes materiais, por meio de agulhas que os entrelaçam, que em geral apresentam espessura entre 3 e 10 mm. Ainda conforme os autores, os principais materiais constituintes das mantas sintéticas não tecidas são: poliéster (PES), poliamida (PA) e polipropileno (PP). A medida do diâmetro do fio é feita através da unidade têxtil, designada de DTEX.

Com a finalidade de aperfeiçoar os sistemas de filtração lenta para o tratamento de águas de abastecimento, MBWETTE & GRAHAM, (1987) e mais recentemente PATERNIANI (1991) realizaram intensas investigações experimentais utilizando mantas sintéticas não tecidas instaladas no topo da camada de areia de filtros lentos. Os resultados das pesquisas revelaram uma grande potencialidade do emprego destas mantas na filtração no tratamento de água, já que até então, eram utilizadas na filtração de ar.

As mantas possuem alta porosidade (cerca de 80% a 90% contra 45% da areia), o que proporciona pequena perda de carga aumentando-se conseqüentemente a duração do tempo filtração, além de possuir maior volume de vazios para armazenagem das impurezas retidas. As características e propriedades físicas das mantas sintéticas não tecidas sugerem que são bastante adequadas para a filtração de água contendo partículas sólidas em suspensão, já que não se deterioram na água e são fáceis de serem limpas.

PATERNIANI (1991) afirma que a combinação dos parâmetros: porosidade, superfície específica e espessura das mantas determina a manta que melhor se adapta às condições de filtração, como taxa de filtração e qualidade da água, bem como o sistema de filtração utilizado.

Devido à grande variedade de composição e tipos de mantas existentes no mercado, acredita-se ser possível obter através de investigações experimentais parâmetros que

determinem as características que uma manta sintética não tecida deve possuir a fim de ser utilizada com sucesso na filtração de água para irrigação localizada.

3.6 - Ensaio De Filtros

Existem pelo menos duas maneiras de se estudar a eficiência de filtros: a) pela medida do aumento da perda de carga ao longo do tempo, devido à retenção de impurezas no meio filtrante; b) medindo-se a concentração de impurezas nas amostras de água coletadas antes e depois do filtro.

Em qualquer um dos casos citados acima é importante conhecer as características da água a qual está sendo utilizada no experimento. A simulação de uma água com impurezas pode ser feita através da introdução de um determinado agente “contaminante”, físico, químico ou biológico. Esta técnica permite trabalhar com uma água com características conhecidas, facilitando as análises dos testes com filtros.

A introdução de agentes contaminantes pode ser feita através de injetores de solução instalados na rede de alimentação do filtro. São vários os tipos existentes de injetores de solução em rede de água. Estes injetores são comumente usados para fertirrigação e aplicação de produtos químicos na agricultura. O princípio de aplicação de soluções pode ser por Gravidade, Pressão Positiva ou negativa Diferencial de Pressão (COSTA *et. al.*, 1986)

3.6.1 - Gravidade

A base do seu funcionamento é a pressão existente na linha principal, o trabalho desenvolvido pelo conjunto moto-bomba do sistema e pelo componente gravitacional devido à posição do injetor. O injetor está localizado acima do ponto de injeção.

Segundo SOUZA *et. al.* (1993) este método é simples e relativamente de baixo custo, pois não necessita de estruturas ou equipamentos sofisticados, além de dispensar

energia externa para o seu funcionamento. Porém para sua utilização é necessário ter um desnível no terreno que irá proporcionar a energia para o seu funcionamento.

3.6.2 - Pressão Negativa

De um modo geral, as bombas centrífugas em operação geram uma pressão negativa responsável pela entrada de água na tubulação de sucção. Essa depressão pode ser utilizada para injetar qualquer tipo solução à rede de água.

De acordo com SOUZA & SOUZA (1993) o método de pressão negativa utiliza-se um tubo ligado à sucção da bomba e um tanque despressurizado. A calibração da vazão de saída do tanque de solução para a sucção é feita mediante um registro, e o volume correspondente é medido por um hidrômetro.

A pressão negativa, ou seja, o vácuo criado na tubulação de sucção das bombas centrífugas, é um método bastante comum de baixo custo, no entanto, quando os produtos são corrosivos, danificam a parte interna da tubulação, o que reduz a vida útil do equipamento (ZANINI, 1987).

A possibilidade de retorno da solução para a fonte de água, quando ocorre quedas de tensão na rede elétrica, também é outro inconveniente deste método (citado por SOUZA & SOUZA, 1993).

3.6.3 - Pressão Positiva

SOUZA & SOUZA (1993) determinam que o funcionamento deste método preconiza a geração de uma pressão maior que a pressão do conjunto principal, através de um conjunto moto-bomba auxiliar. A solução é normalmente bombeada de um tanque despressurizado, e a escolha do tipo de bomba a ser usada depende da fonte de energia.

DASBERG & BRESLER (1985) comentaram que nestes dispositivos de injeção,

a solução pode ser suprida à rede de água em taxas mais ou menos constantes. Entretanto, o fluxo de água e de solução são controlados independentemente.

3.6.4 - Pressão Diferencial

Esse método funciona de acordo com a lei de transformação de energia. A energia de pressão se transforma em energia de velocidade e esta novamente em energia de pressão. NAKAYAMA (1986) define que o funcionamento do método usa a pressão da linha e parte do fluxo da água para introduzir qualquer solução no fluxo principal.

De acordo com ZANINI (1987), os métodos de irrigação pressurizados são os que melhor oferecem condições à quimigação, visto que nestes sistemas a água é aplicada através de condutos fechados e sob pressão, permitindo um melhor controle das aplicações.

O uso de injetores tem sido amplamente difundido não só para a aplicação de fertilizante juntamente com a água de irrigação, como também em experimentos hidráulicos com aplicação de soluções específicas para ensaios de filtros e de desgastes de equipamentos.

O Venturi ou Venturímetro, amplamente realizado como medidor de vazão em condutos forçados, baseado no teorema de Bernoulli, tem se mostrado bastante eficiente também como sistema injetor de soluções por atender aos critérios indicados por VERMEIREM & JOBLING (1984). Neste caso, a introdução da substância desejada ocorre no ponto de baixa pressão, localizado no estrangulamento do fluxo, provocando a sucção desta para dentro da linha principal (FRIZZONE et al., 1985; NAKAYAMA, 1986 e SILVA et al. 1995).

A FIG. 3 apresenta um esquema de um injetor tipo Venturi e seu funcionamento hidráulico para instalação em condutos com escoamento forçado.

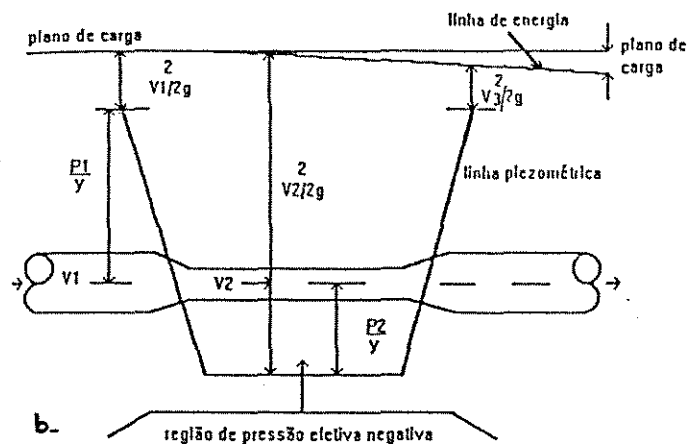
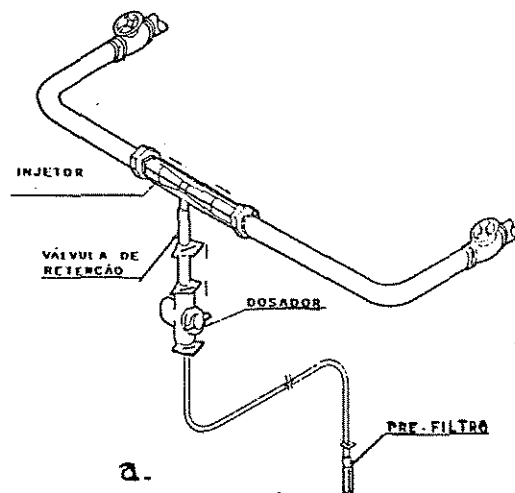


FIGURA 3 - Injetor Tipo Venturi. a - Esquema; b - Princípio de funcionamento.

Fonte: FEITOSA FILHO & ARRUDA, 1994, p. 3.

Conforme DELMÉE (1989) o Venturi divide-se em três partes:

- Cone de Entrada: onde ocorre um aumento progressivo da velocidade do fluido;
- Parte Intermediária Cilíndrica ou Garganta: nesta parte há formação do vácuo devido ao aumento de velocidade, por onde a substância é succionada;
- Cone de Saída: é onde a velocidade diminui se igualando com a velocidade de entrada.

Tendo por finalidade reduzir as perdas de pressão com o aumento da velocidade e conseqüentemente da pressão resultante.

O Venturi é um equipamento simples, entretanto provoca altas perdas de carga no sistema que podem atingir 1/3 da pressão de operação (DASBERG e BRESLER, 1985). Esse equipamento requer uma regulagem precisa de fluxo, pois a taxa de injeção é muito sensível à variação de vazão e depende também da altura de solução no reservatório de sucção. O Venturi permite a injeção constante de qualquer solução na rede, porém uma grande limitação está na dificuldade de automatização ((NAKAYAMA, 1986; VALVERDE & LOPEZ, 1990).

3.7 - Escoamento De Mistura Sólido - Líquido

O cálculo da concentração de um contaminante sólido a ser introduzido na tubulação do filtro para teste de sua eficiência pode ser calculado pela equação 3.

$$C_m = \frac{C_{ab} * Q_{ab} + C_e * Q_e}{Q_{ab} + Q_e} \quad [3]$$

Em que:

C_m → Concentração média na linha (mg/l);

C_{ab} → Concentração na água limpa(mg/l);

C_e → Concentração no tanque(mg/l);

Q_{ab} → Vazão na linha(l/h);

Q_e → Vazão da bomba injetora(l/h).

Segundo CAIADO (1984), o escoamento de misturas sólidos-líquido

depende do diâmetro das partículas e da velocidade de escoamento do fluxo na rede. As partículas sólidas por sua densidade sedimentam no leito da tubulação. Existirá uma velocidade denominada **velocidade crítica de sedimentação**(V_{cv}), que para maiores valores de velocidade todas as partículas do leito estacionário estarão em suspensão. Para menores valores de velocidade, haverá trocas de partículas entre o leito e o fluxo. Este autor apresenta uma comparação entre a velocidade média do escoamento e a velocidade crítica de sedimentação e têm-se as seguintes situações:

1. Para $V < V_{cv}$, ocorrerão constantes trocas de partículas entre o leito e o fluxo. Partículas movimentam-se junto ao leito por saltitação. O leito apresenta-se bem instável com formação de dunas. Esta situação, segundo DURAND & CONDOLIOS¹ citado por CAIADO (1984), mostrada na FIG. 4, ocorrerá mesmo para velocidades altas, desde que, as partículas sólidas tenham diâmetro superior a 0,15 mm.
2. Para $V > V_{cv}$, as dunas são arrastadas, não ocorrerá sedimentação e todas as partículas do leito estarão em suspensão originando misturas em suspensão homogênea ou heterogênea. Na primeira, até as partículas sólidas de tamanho inferior a 0,03 mm estarão uniformemente distribuídas em toda a seção do conduto, mesmo em baixas velocidades. Nas misturas em suspensão heterogênea as maiores concentrações encontram-se junto à parede do conduto.

¹ DURAND,R. e CONDOLIOS, E. - Congr s du Centenaire de 1^{re}. SOC. De L'Ind. Min., Paris, 1995.

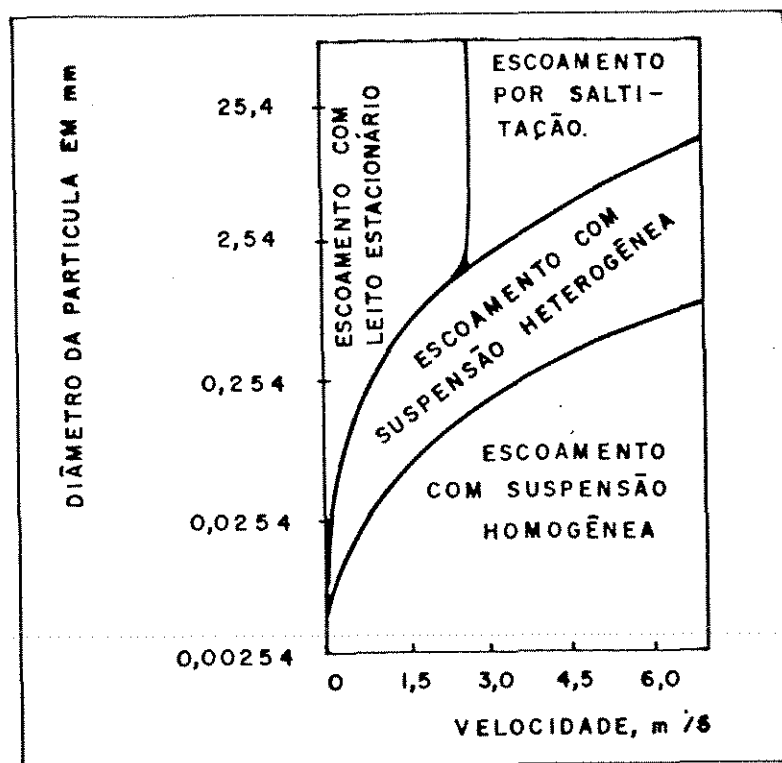


FIGURA 4 - Tipos de escoamento em função da velocidade e do tamanho das partículas.

Fonte: CAIADO, 1984. p.33.

De acordo com metodologia seguida por ZEIER & HILLS (1987), para determinar o desempenho de filtros de tela para microirrigação, a concentração de sólidos em suspensão na água para estes sistemas de irrigação variar de 1mg/l a 75 mg/l ou mais. Nesta metodologia adotada por estes autores, a granulometria da areia usada variou de 85 a 462 micros. A TAB. 2 apresenta uma classificação de água para a irrigação localizada, podendo-se verificar que os problemas com sólidos em suspensão torna-se moderado com uma taxa de 50 a 100 mg/l e severo para uma taxa maior que 100 mg/l. Baseando-se nas informações da TAB. 2 do item citado anteriormente, é relevante a realização de testes da eficiência de filtros considerando a máxima concentração de sólidos em suspensão, podendo-se desta maneira fazer uma melhor avaliação do filtro em estudo.

IV - METODOLOGIA

4.1 - Descrição da Instalação Piloto

A FIG. 5 apresenta um esquema da instalação piloto a qual foi utilizada para realizar os ensaios.

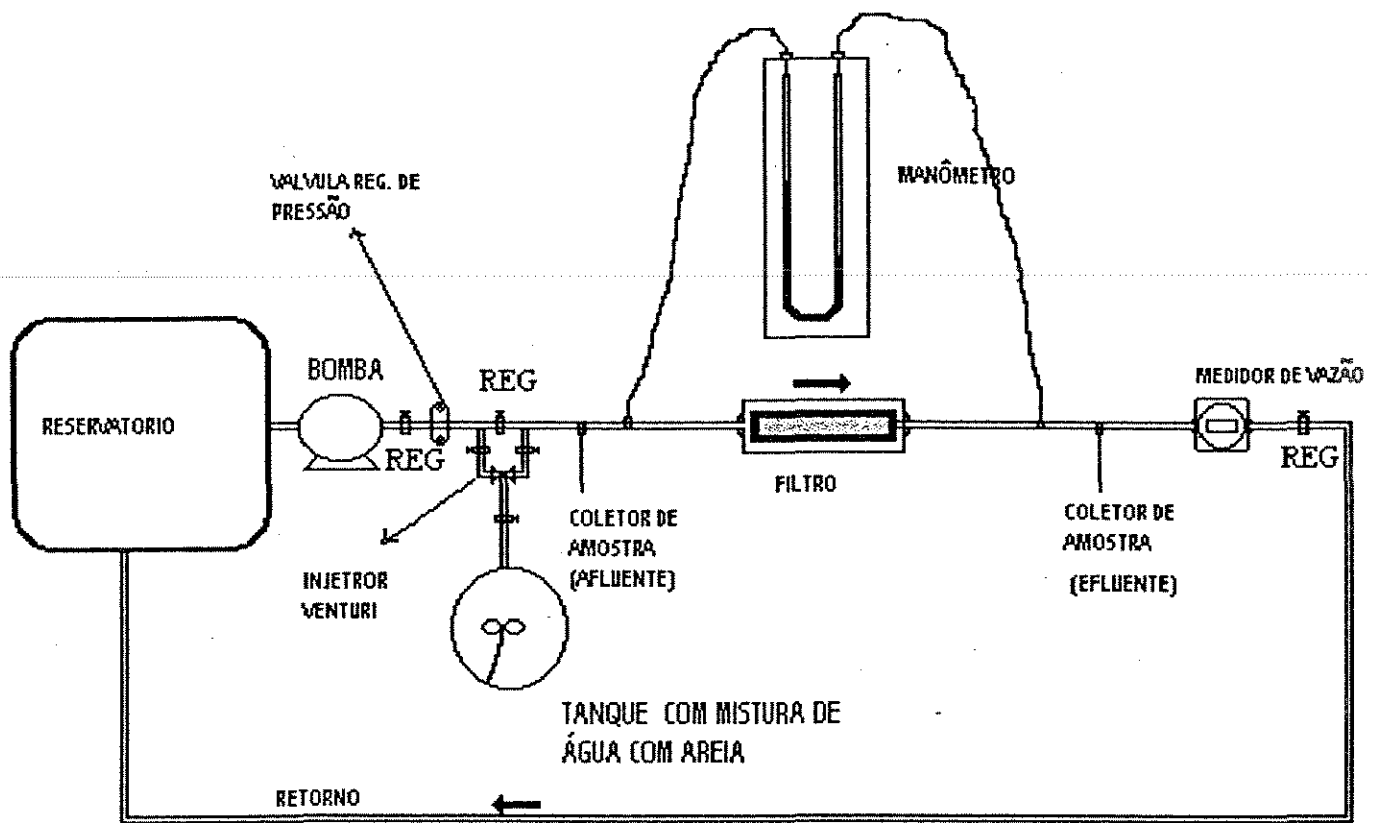


FIGURA 5 - Esquema da instalação utilizada para os ensaios.

O sistema é composto de uma tubulação principal de 1.5 polegadas de diâmetro (0.038m), onde foi instalado o filtro de manta para ser testado. A alimentação é feita com água proveniente de um tanque com capacidade de 800 litros (0.8 m^3), através de uma bomba centrífuga cuja potência do motor elétrico é de 5 cv. Ligado à tubulação principal uma bomba

injetora tipo Venturi capta uma mistura de água com areia de um tanque com capacidade de 200 litros (0.2 m^3), onde esta mantém-se sob agitação.

O agitador é composto por um eixo acoplado a uma hélice, movida por um motor de 1/3 CV de potência. Este agitador tem por objetivo manter uma concentração homogênea dos sólidos suspensos (contaminantes usados no teste) na mistura.

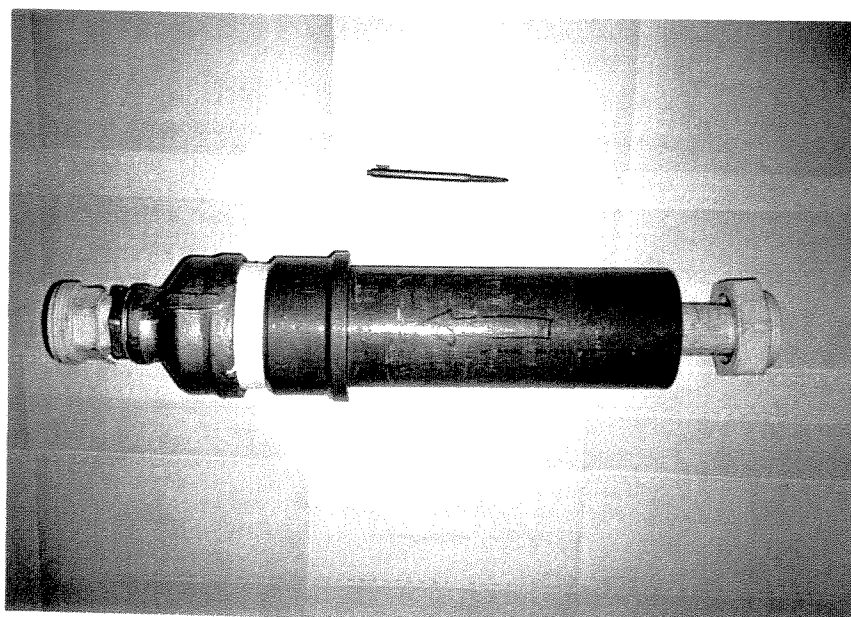
A vazão do sistema foi medida através de medidor eletromagnético CONAUT instalado na tubulação principal. Ainda na tubulação principal, foi instalado um medidor de pressão diferencial de mercúrio ligado antes e depois do filtro que monitorou a perda de pressão continuamente durante os testes.

Foram instaladas tomadas para coletas de amostras de água para análise da qualidade em pontos anterior e posterior ao filtro, onde foi analisado o seu afluente e efluente a fim de avaliar a quantidade de impurezas retidas, ou seja, a eficiência de filtragem. Um coletor de amostras tipo Pitot foi colocado na parte central dentro da tubulação principal para amostras de forma homogênea.

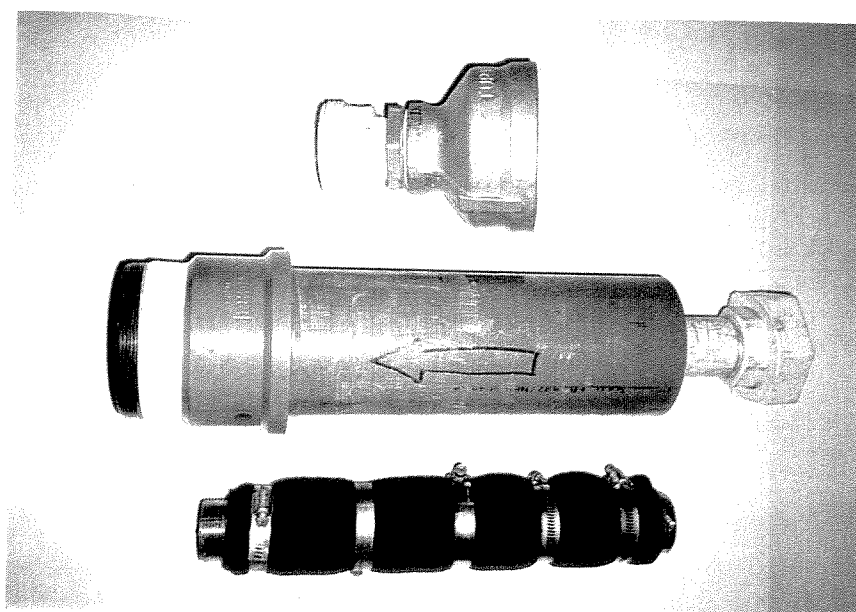
O modelo das planilhas usadas para retirada dos dados é apresentado no Apêndice 1.

4.2. Filtro De Manta

O filtro de manta esquematizado nas FIG. 6 e 7 consiste de um corpo cilíndrico de PVC com 0.12 m de diâmetro e 0,40 m de comprimento, no interior do qual foi instalado um segundo tubo de PVC de 0,38 m de diâmetro, perfurado com furos de 8 mm.



a



b

FIGURA 6 - Filtro de manta. a - Vista externa b - Componentes.

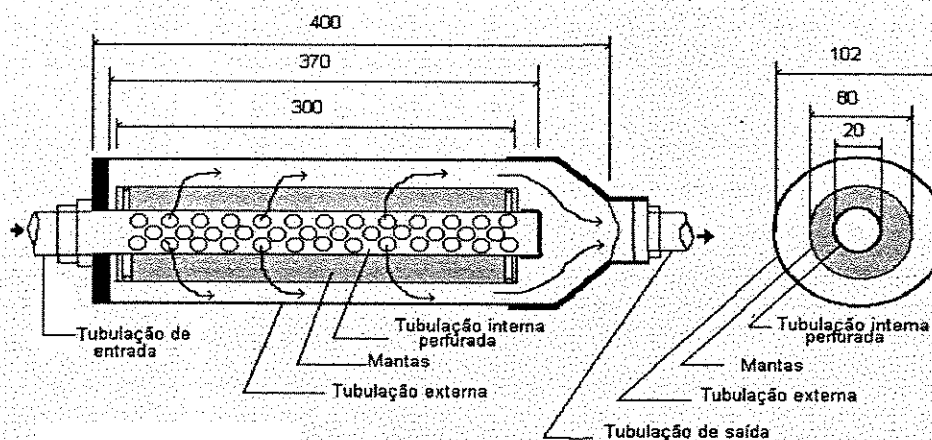


FIGURA 7 - Esquema do filtro de Manta.

No tubo interno foram fixadas camadas de 3 mm de espessura de manta sintética, constituindo o meio filtrante efetivamente. As mantas foram fixadas por 5 presilhas tipo “abraçadeiras” espaçadas igualmente entre si.

O filtro de manta foi instalado na tubulação e seu princípio de funcionamento consiste na entrada da água pelo tubo interno perfurado e saída da água pelos orifícios, passando em seguida pelas camadas da manta, onde as partículas sólidas em suspensão ficam retidas. A água já filtrada prossegue seu fluxo pela tubulação.

As mantas que foram utilizadas no filtro são fabricadas pela Empresa Tapetes São Carlos S/A, e suas principais características são apresentadas na TAB. 3. A escolha dessas mantas baseia-se nas informações e resultados obtidos por PATERNIANI (1991).

TABELA 3

Características das mantas utilizadas

MANTAS	M1
Cor	Preta
Massa Específica Do Fio (Média) (g/cm ³)	0.9835
Massa Específica Da Manta (Média) (g/cm ³)	0.1151
Porosidade (%)	88.29
Diâmetro Médio Das Fibras (µm)	45.09
Superfície Específica (m ² /m ³)	10388
Condutividade Hidráulica (mm/s)	7.16
Composição	68% PP 15 DTEX 32% PA 17 DTEX

Fonte: PATERNIANI (1991)

OBS: PP = Polipropileno e PA = Poliamida

Na avaliação do Filtro de Manta, as suas características serão comparadas com filtros de Tela e de Disco AMIAD de tecnologia israelense, comumente usados em sistemas de irrigação localizada.

Os ensaios foram divididos em duas etapas, apresentadas nos itens 4.3 e 4.4, respectivamente.

4.3 - Programas Dos Ensaio (1ª Etapa)

Na primeira etapa deste trabalho, foram feitos ensaios do comportamento hidráulico do filtro de manta, com a finalidade de estabelecer metas para a continuidade do mesmo (TAB.4).

Após os ensaios preliminares, a tubulação interna foi substituída por uma de inox com o mesmo diâmetro e comprimento, composta por furos de 25 mm. Também a conexão de saída do filtro foi substituída por uma peça mais cônica, para reduzir as perdas de carga. Mais considerações sobre essas alterações são discutidas no capítulo 5.

A espessura da manta variou de acordo com o número de voltas usadas ao redor do tubo inserido dentro do filtro. Foram analisadas 3 espessuras (3, 6 e 9 mm), juntamente com o tubo inox, para testar a perda de carga em função da vazão em cada uma delas, podendo-se assim escolher a melhor espessura a ser utilizada.

TABELA 4

Programação dos ensaios (1ª Etapa)

TIPO DE FILTRO		REPETIÇÕES	QUALIDADE DA ÁGUA DE TESTE	VAZÃO (m ³ /h)
Manta	Tubo PVC-SMC Tubo PVC-CMC Tubo INOX-CMC (espessura 3,6 e 9 mm)	3	Potável	0-12
Tela		3	Potável	0-9
Disco		3	Potável	0-9

Obs: SMC - Sem Saída Cônica e CMC - Com Saída Cônica

4.4 - Programas Dos Ensaio (2ª Etapa)

Em função da grande possibilidade de experimentação do Filtro de Manta que pode tornar-se uma inovação no mercado de filtros, foi preciso adequar o número de testes de acordo com o tempo disponível para a dissertação em questão. De acordo com os dados obtidos na primeira etapa dos experimentos, pôde-se estabelecer algumas metas para os experimentos da eficiência de filtragem.

Embora a vazão de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, segundo a teoria apresentada por CAIADO (1984), garanta a manutenção dos sólidos em suspensão na água, para fazer uma melhor avaliação do filtro foram também empregados outros valores de vazão (TAB. 5).

TABELA 5

Programação dos ensaios (2ª Etapa)

ETAPA	REPETIÇÕES	FILTRO Manta (espessura)	VAZÃO (m^3/h)	GRANULOMETRIA DA AREIA (10^{-6} m)	CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (mg/l)
			6		
SEGUNDA	5	6 mm	9	53 a 125	< 100
			12		
TERCEIRA	5	TELA	6	53 a 125	Idem
		DISCO	9		

4.5 - Parâmetros De Controle

As amostras retiradas em recipientes volumetricamente graduados (becker 200 ml) foram

secas na estufa a 105 °C, e depois resfriadas em dessecadores, para posterior pesagem.

Para obter o valor da variação de concentração dos sólidos em suspensão na amostra coletada, foi feito o cálculo da diferença de peso dos beakers através da equação 4.

$$\Delta C = C - C_o \quad [4]$$

Onde:

$\Delta C \rightarrow$ Diferença de concentração;

$C \rightarrow$ Concentração final;

$C_o \rightarrow$ Concentração inicial.

Durante a investigação experimental foram monitorados e analisados os seguintes parâmetros:

- **vazão** $\rightarrow$ foi mantida constante em valores de 6, 9 e 12 m³/h.

- **perda de carga** $\rightarrow$ foi monitorada continuamente através de um manômetro diferencial instalado antes e depois do filtro.

- **controle da qualidade de água:**

* **afluente** $\rightarrow$ fixado de acordo com a TAB. 4 e controlado pela análise da concentração de sólidos suspensos.

* **efluente** $\rightarrow$ controlado pela análise da concentração de sólidos suspensos.

V - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Ensaio do Comportamento Hidráulico do Filtro de Manta

O filtro desenvolvido para a irrigação localizada, que usa manta sintética não tecida como meio filtrante, apresentou resultados viáveis nos aspectos de perda de carga em função da vazão e também com relação à eficiência de filtragem das partículas sólidas em suspensão na água.

Os testes iniciaram-se com a verificação do comportamento hidráulico do Filtro de Manta, estudando a perda de carga em função da vazão usando água limpa. Os resultados destes testes estão apresentados nas FIG. 8, 9, 10 e 11.

Após a análise dos primeiros resultados, observou-se a possibilidade de alterar as características do filtro com a finalidade de melhorar o seu desempenho com relação a perda de carga em função da vazão. Tais alterações consistiram em troca do tubo interno do filtro constituído de PVC, que apresentava superfície perfurada com furo de 8 mm de diâmetro, por um tubo de inox com as mesmas dimensões do tubo usado anteriormente, porém apresentando os diâmetros dos furos maiores (25 mm) em relação ao tubo de PVC. Para aumentar o diâmetro dos furos no tubo de PVC, o mesmo deveria ter um diâmetro maior, o que não era possível devido ao tamanho estabelecido para o corpo do filtro. Então, buscando materiais alternativos para usar como tubo interno descobriu-se as chapas de inox encontradas em “ferro velho” já com os furos de 25 mm, sendo por isso utilizada apresentando bons resultados.

Os resultados conseguidos com a referida alteração é apresentado na FIG. 8, onde verifica-se que a curva de maior perda de carga em função da vazão é aquela referente ao experimento realizado com Tubo PVC-SSC com saída reta. Neste caso, a tampa de vedação do corpo de filtro que estava sendo utilizada, estava causando um grande aumento da perda de carga, pois no seu acabamento havia uma redução brusca de diâmetro. Buscando alternativas para

solucionar este problema, foi utilizado uma redução de diâmetro em forma de cone, como pode ser observado nas curvas Tubo PVC-CSC e Tubo INOX-CSC da FIG. 8, que proporcionou ao filtro uma otimização em relação à perda de pressão.

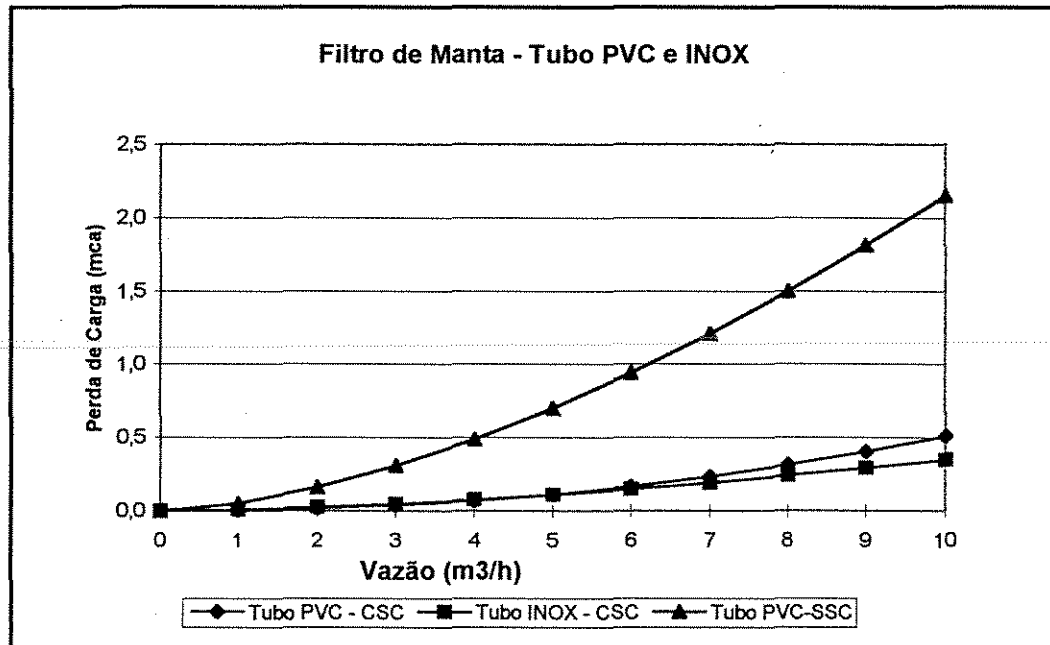


FIGURA 8 - Perda de Carga em função da Vazão Com Tubos de PVC e inox com Tampa Cônica e sem Tampa Cônica (Água Limpa)

Ainda de acordo com a FIG. 8, pode-se verificar que o uso do tubo de inox com diâmetro de furos maior que o de PVC reduziu ainda mais perda de carga do filtro, produzindo resultados bastante satisfatórios. A partir destes resultados, decidiu-se usar o filtro de manta com saída cônica e tubo interno de inox com furos de 25 mm para realizar os experimentos de retenção de impurezas.

Para o ajuste dos dados dos ensaios hidráulicos do filtro de manta, foi utilizada a função modelo Alométrica linear do Software AJUSTE-CEPAGRI/UNICAMP. Estatisticamente, as curvas ajustadas apresentaram coeficientes de correlação de dados acima de 0,98. Esta afirmação

também pode ser conferida com a análise de variância apresentadas nas TAB. 6, 7 e 8.

TABELA 6

Análise de variância da função Alométrica Linear do Filtro de Manta-Tubo interno de PVC CSC

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
REGRESSÃO	1	4.114	4.114	312.82
RESÍDUO	16	0.210	0.013	
TOTAL	17	4.325		

TABELA 7

Análise de variância da função Alométrica Linear do Filtro de Manta Tubo interno inox-CSC.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
REGRESSÃO	1	4.588	4.588	511.73
RESÍDUO	18	0.161	0.009	
TOTAL	19	4.749		

TABELA 8

Análise de variância da função Alométrica Linear do Filtro de Manta Tubo interno de PVC-SSC

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
REGRESSÃO	1	11.451	11.451	64.70
RESÍDUO	18	3.217	0.179	
TOTAL	19	14.675		

Todas as análises da variância das equações modelo Alométricas Linear apresentaram coeficiente “F” maiores que 64.

As equações 5, 6 e 7 apresentam a relação da perda de carga em função da vazão

referentes ao filtro de manta com tubo interno de PVC com saída cônica (CSC), tubo interno de inox com saída cônica (CSC) e com tubo interno de PVC sem saída cônica (SSC), respectivamente.

$$\Delta H = 0.00329 * Q^{2.19} \quad [5]$$

$$\Delta H = 0.00744 * Q^{1.67} \quad [6]$$

$$\Delta H = 0.0522 * Q^{1.61} \quad [7]$$

Onde:

$\Delta H \rightarrow$ Perda de Carga Diferencial do filtro (mca);

$Q \rightarrow$ Vazão do Sistema (m³/h)

Também nesta primeira etapa dos testes, foram avaliadas as perdas de carga para diferentes espessuras de manta sintética não tecida, sendo utilizadas uma volta de manta em torno do tubo interno perfurado (3 mm de espessura), duas voltas (6 mm de espessura), três voltas (9 mm de espessura) que respectivamente apresentaram os resultados de perda de carga em função da vazão de acordo com as funções 8, 9 e 10.

$$\Delta H = 0.06527 * Q^{1.47} \quad [8]$$

$$\Delta H = 0.08430 * Q^{1.35} \quad [9]$$

$$\Delta H = 0.10653 * Q^{1.25} \quad [10]$$

Os resultados da perda de carga em função da vazão para diferentes espessuras de manta em água limpa, apresentados na FIG.9, mostram que a espessura da manta apresenta perda de carga muito pequena, devido ao alto grau de filtrabilidade e porosidade, não apresentando

diferença significativa quanto a espessura das mesmas.

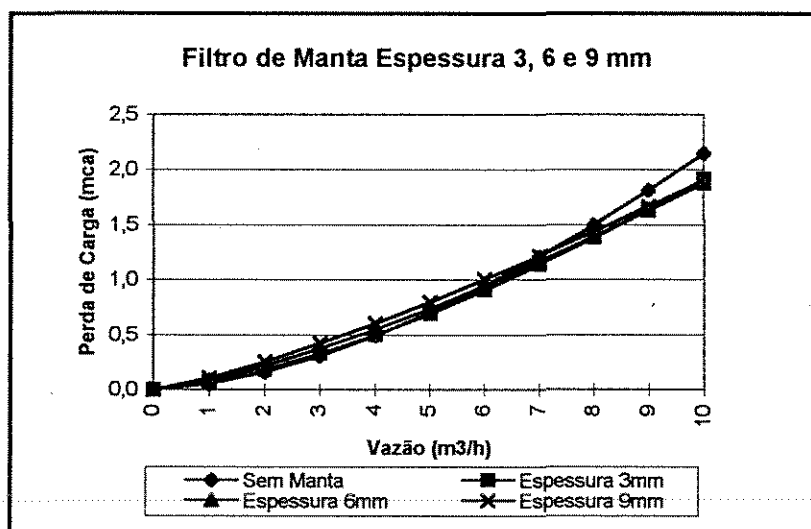


FIGURA 9 - Perda de Carga em função da Vazão de diferentes espessuras de Manta (Água Limpa).

Este fato comprova a afirmação de PATERNIANI (1991), sobre o grande potencial de filtração dessas mantas, por apresentarem baixa perda de carga e alta filtrabilidade, favorecendo o seu emprego em filtros rápidos.

Os testes de carreira de filtragem foram efetuados com o filtro de manta com espessura de 6 mm, uma vez que a utilização da espessura de 9 mm não mostrou-se necessária devido a constatação de ausência de impurezas retidas na segunda camada de manta (6 mm) dispensando o emprego da terceira camada (complemento dos 9 mm). E ainda, a falta de confiabilidade na filtragem utilizando apenas uma camada de manta (3 mm), reforçou a hipótese do uso do filtro de manta com 6 mm de espessura para os testes de retenção de impurezas ou carreira de filtração.

A FIG. 10 mostra a comparação dos parâmetros perda de carga em função da vazão do filtro de manta, tela mesh 120 e de disco mesh 120, onde observa-se que todas as mudanças realizadas no corpo do filtro de manta proporcionou uma favorável melhoria, pois a perda de

carga em função da vazão apresentou grande redução, sendo até inferior às perdas nos filtros de tela e disco AMIAD.

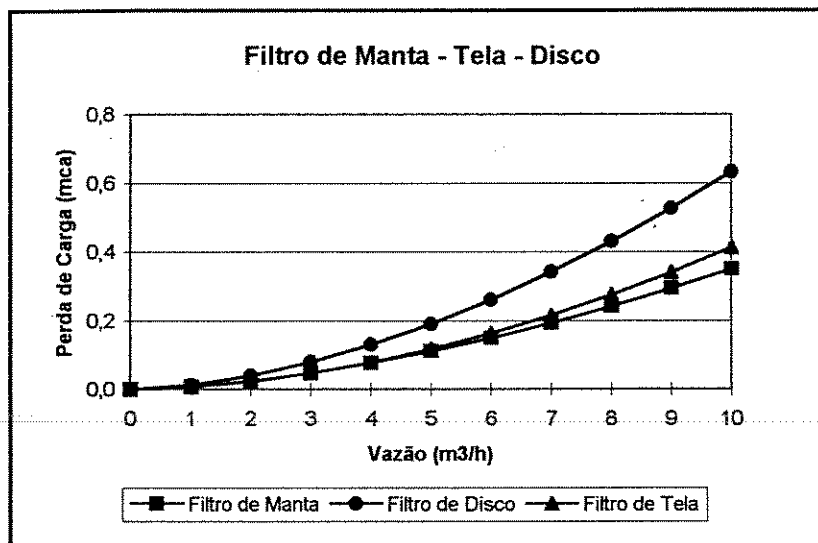


Figura 10 - Perda de Carga em função da Vazão Com os filtros de Manta, Tela e Disco (Água Limpa).

A função Alométrica Linear dos filtros de tela e disco são apresentadas pelas equações 11, 12:

$$\Delta H = 0.01179 * Q^{1.73} \quad [11]$$

$$\Delta H = 0.00634 * Q^{1.84} \quad [12]$$

A FIG.11 mostra os resultados da perda de carga em função da vazão dos filtros de manta com 6 mm de espessura, tela e de disco (água limpa).

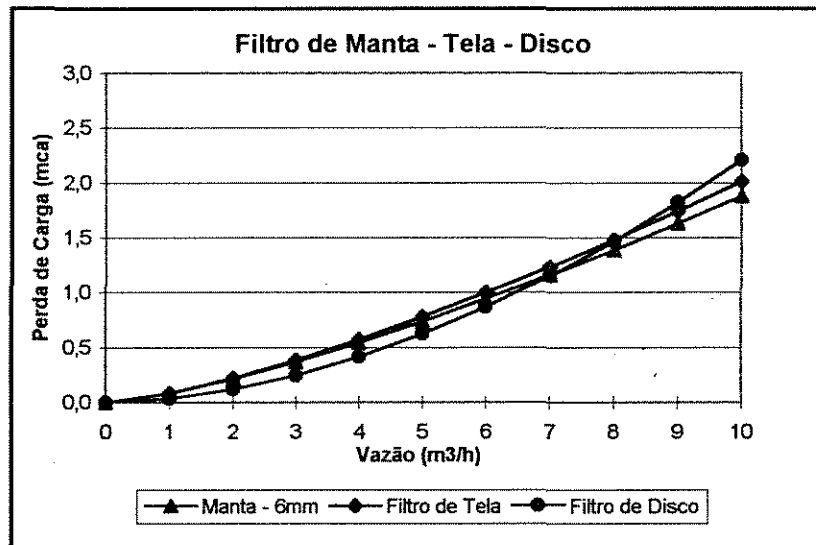


FIGURA 11 - Perda de Carga em função da Vazão do Filtro de Manta (6 mm)e dos Filtros de Tela e de Disco(Água Limpa).

De acordo com a FIG. 11 é possível observar que a perda de carga em função da vazão para o filtro de manta (6 mm de espessura) apresentou-se menor em relação aos filtros de tela e disco para vazões acima de 6 m³/h indicando uma carreira de filtragem maior.

5.2 - Ensaios de Calibração da Bomba Injetora Tipo Venturi

Como os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Hidráulica e Irrigação/DAGSOL, a água disponível para os testes teria que ser da rede de fornecimento SANASA (Água Limpa). Portanto, foi preciso modificar a qualidade da água. Em virtude desta necessidade, desenvolveu-se uma metodologia para ensaios de filtros e outros equipamentos com possíveis mudanças da qualidade da água preestabelecidas.

No sistema descrito no capítulo 4, a bomba injetora tipo Venturi, muito utilizada para fertirrigação, teve como função na presente pesquisa injetar mistura de água com areia na rede

principal para simular uma água de má qualidade. Para manter a mesma qualidade de água em todos os testes foi realizado ensaio de calibração da bomba injetora tipo Venturi. A FIG. 12 expressa as curvas para diferentes vazões da rede principal, notando-se uma grande semelhança quanto aos seus comportamentos.

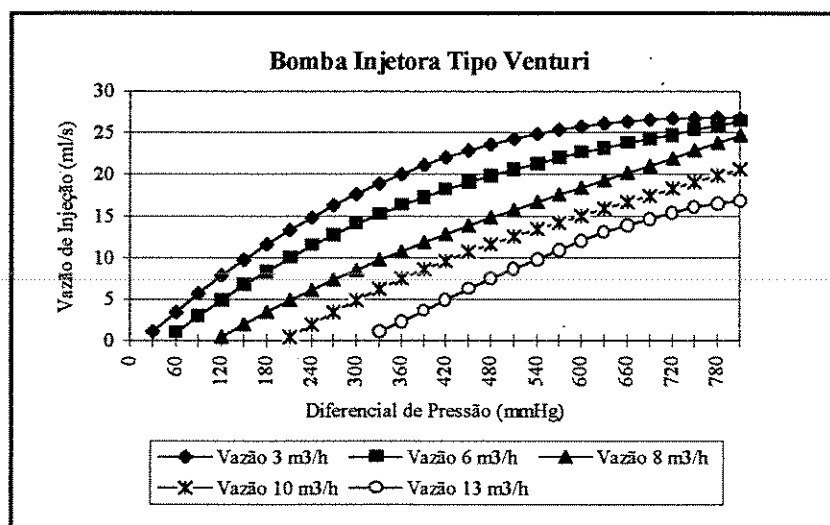


FIGURA 12 - Curvas de Calibração da Bomba Injetora Tipo Venturi com a Vazão de Injeção em Função do Diferencial de Pressão

Estas curvas mostram valores das taxas de injeção da bomba injetora em função do diferencial de pressão produzido pela mesma.

A equação ajustada que melhor exprime a correlação entre as duas grandezas (vazão e pressão) é a cúbica, também obtida com o Software AJUSTE-CEPAGRI/UNICAMP que é apresentado pela equação 13.

$$Y = A + (B * x) + (C * x^2) + (D * x^3) \dots\dots\dots [13]$$

Em que:

$Y \rightarrow$ Vazão de Sucção;

$x \rightarrow$ Diferencial de Pressão;

A, B, C e D → Parâmetros estatísticos.

TABELA 9

Valores dos parâmetros das equações ajustadas para vazões de 3, 6, 8, 10 e 13 m³/h.

PARÂMETROS	VAZÕES				
	3 m ³ /h	6 m ³ /h	8 m ³ /h	10 m ³ /h	13 m ³ /h
A	-1.31	-3.57	-6.08	-14.09	-8.36
B	0.0851	0.0798	0.0605	0.0857	0.0091
C	-7.95*10 ⁻⁵	-8.21*10 ⁻⁵	-4.46*10 ⁻⁵	-8.79*10 ⁻⁵	8.29*10 ⁻⁵
D	2.1*10 ⁻⁸	3.5*10 ⁻⁸	2.3*10 ⁻⁸	4.3*10 ⁻⁸	-6.8*10 ⁻⁸

Das cinco vazões empregadas na linha principal, foi possível atender a faixa de vazão de injeção compreendida entre 0 e 25 ml/s. Apenas para a vazão de 13 m³/h na linha principal não foi possível atingir mais do que 16 ml/s de vazão de injeção, devido a limitação de altura do manômetro de mercúrio. Contudo, observou-se uma tendência da taxa de injeção ter seu crescimento reduzido para diferenciais de pressão acima de 850 mmHg, principalmente quando se empregava vazões mais baixas na linha principal.

Pela FIG.12, nota-se nitidamente que a vazão de injeção é tanto menor quanto maior for a vazão na linha principal para um menor diferencial de pressão, o que implica no estabelecimento de valores mínimos de diferenciais de pressão acima dos quais se inicia a sucção da mistura a ser injetada. Estes valores mínimos para as vazões de 3, 6, 8, 10 e 13 m³/h na linha principal foram respectivamente: 15, 50, 100, 200 e 300 mmHg.

Embora respeitando essas faixas de valores, tanto para vazão na linha principal quanto para o diferencial de pressão, seja possível obter a vazão de injeção com boa precisão,

recomenda-se não empregar valores maiores que $10 \text{ m}^3/\text{h}$, para as condições ensaiadas e para a bomba injetora utilizada, sob o risco de ocorrer cavitação e flutuações na taxa de injeção prejudicando o desempenho do ensaio.

A determinação das curvas de calibração apresentadas contribuiu para uma rápida e confiável determinação da vazão de injeção a partir do diferencial de pressão empregado, mesmo necessitando de interpolação. A presente metodologia de calibração pode ser empregada para bombas injetoras de tipos e dimensões diferentes da utilizada no presente trabalho.

Durante o desenvolvimento da metodologia para ensaiar os filtros verificou-se a necessidade de injetar uma mistura homogênea, procurando assim manter as mesmas condições em todos os experimentos. Então, para que a mistura de água com areia a ser utilizada fosse injetada homogeneamente, anexou-se ao tanque de mistura um agitador, que manteve-se ligado durante todos os ensaios para promover a suspensão dos sólidos.

5.3 - Ensaios dos Filtros De Manta, Tela e Disco para a Vazão do Sistema de $6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Os resultados da remoção de sólidos em suspensão, assim como a evolução da perda de carga devido à colmatação do meio filtrante obtidos nos experimentos com o filtro de Manta, filtro de Tela AMIAD mesh 120 e filtro de Disco AMIAD mesh 120 para a vazão do sistema de $6 \text{ m}^3/\text{h}$ são mostrados, nas FIG. 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21.

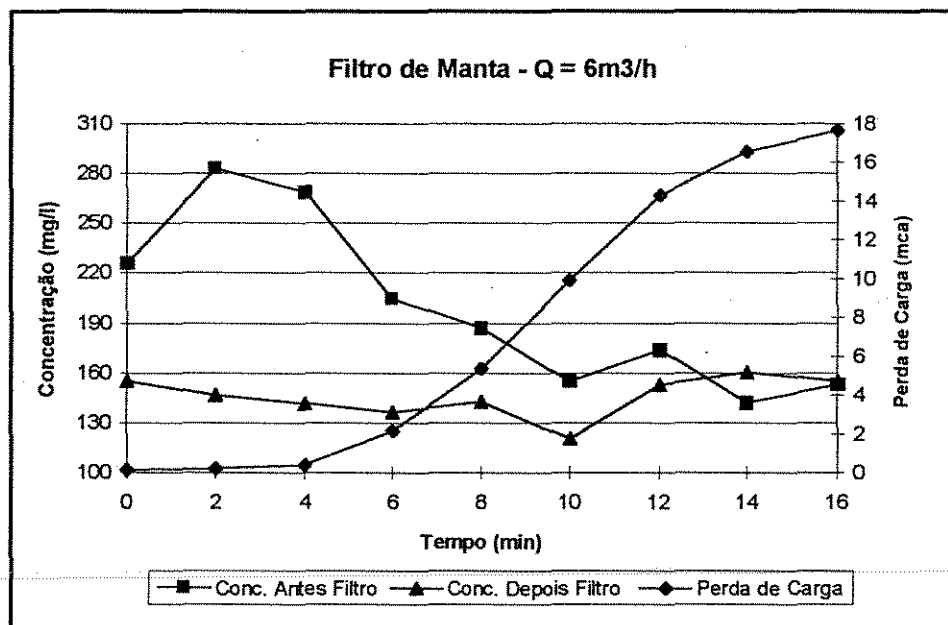


FIGURA 13 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão 6 m³/h.(ensaio 1)

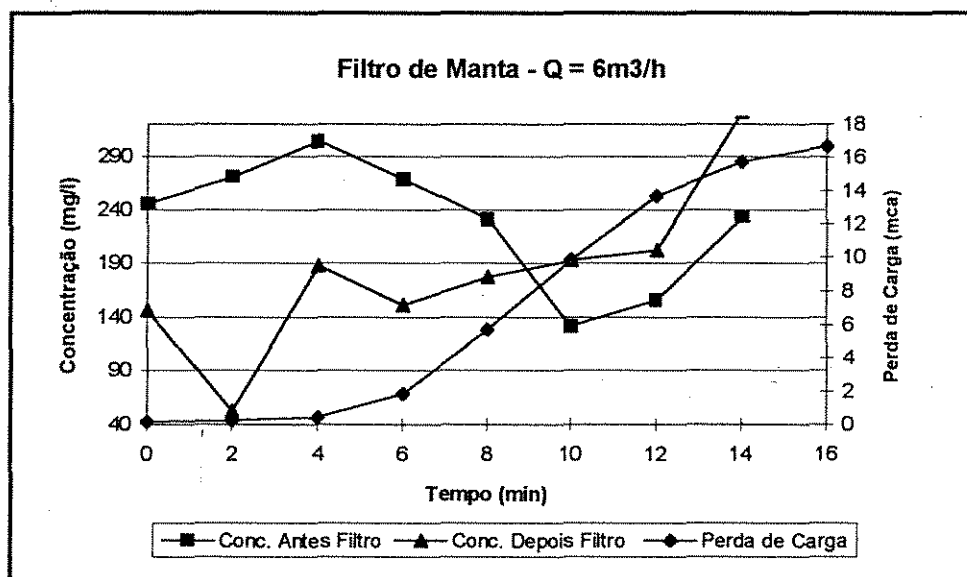


FIGURA 14 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 6 m³/h. (ensaio 2)

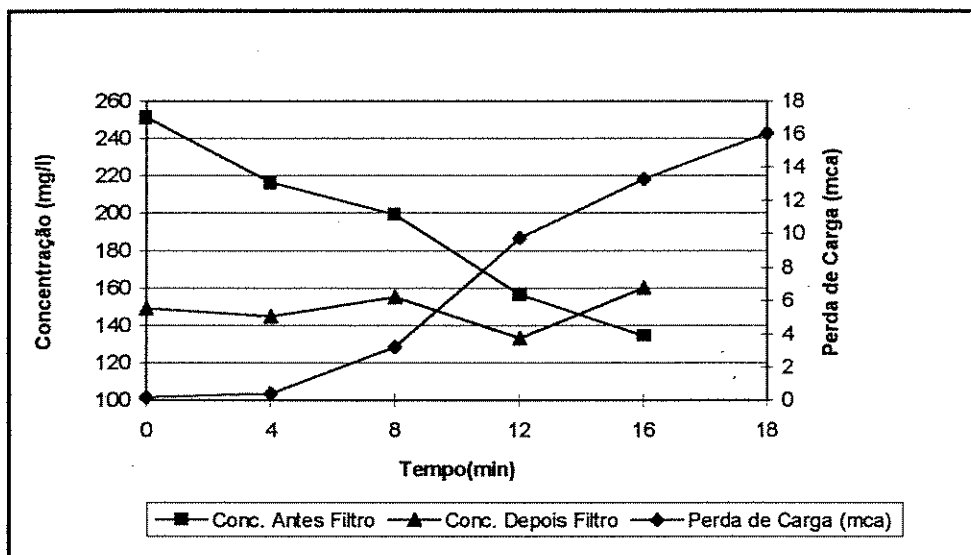


FIGURA 15 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 6 m³/h. (ensaio 3)

Em todos os ensaios procurou-se estabelecer as mesmas condições de vazão e da concentração de sólidos em suspensão. A FIG.13 (ensaio 1) representa o resultado de um ensaio realizado com o filtro de Manta de 6 mm de espessura. A duração da carreira de filtração neste caso, foi de 16 minutos e a perda de carga diferencial máxima atingida foi de 16 mca. Na FIG. 14 (ensaio 2), esta média foi menor, em torno de 9 minutos. Este fato ocorreu porque a taxa de injeção da bomba injetora foi maior em relação aos ensaios representados pela FIG.13 e 15.

Quanto à remoção de impurezas, verifica-se pela FIG. 13 (ensaio 1) que o máximo de concentração de sólidos encontrado no afluente do filtro de manta foi de 280 mg/l, e o mínimo foi de 140 mg/l; enquanto que no efluente a concentração máxima foi de 150 mg/l e a mínima de 120 mg/l.

Neste ensaio, a concentração média no afluente foi de 200 mg/l, enquanto que no efluente foi de 145 mg/l. Estes resultados comprovam uma taxa de remoção aproximada de 25%.

As FIG. 16, 17 e 18, mostram os resultados dos experimentos feitos com o filtro de Tela

mesh 120 AMIAD. Nestas figuras, torna-se possível verificar que o tempo de filtração para este filtro foi menor que o de manta, não ultrapassando 4 min, para as mesmas condições.

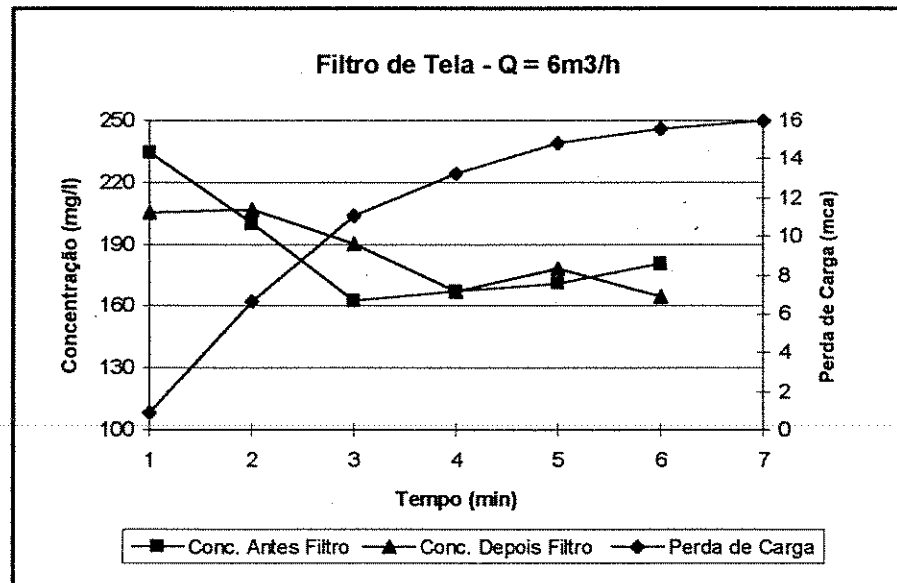


FIGURA 16 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Tela Para Vazão de 6 m³/h. (ensaio 1)

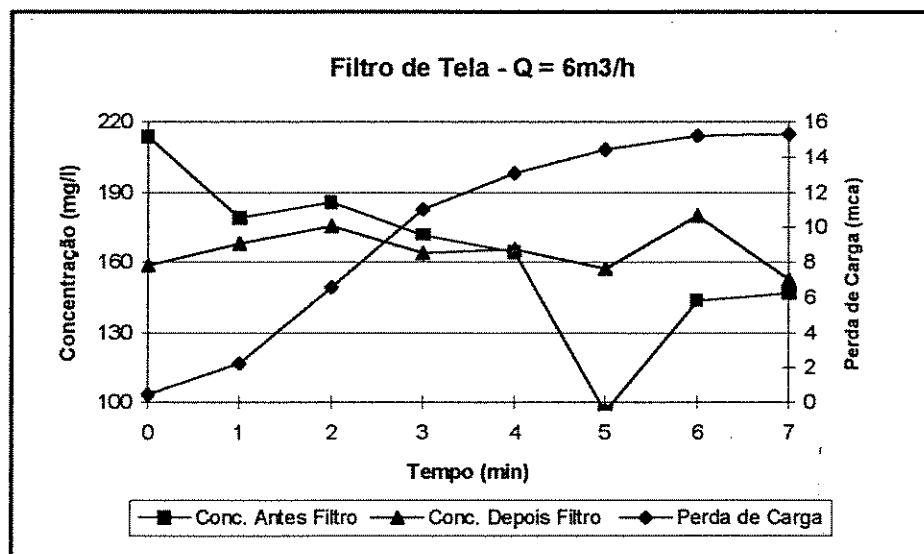


FIGURA 17 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Tela Para Vazão de 6 m³/h. (ensaio 2)

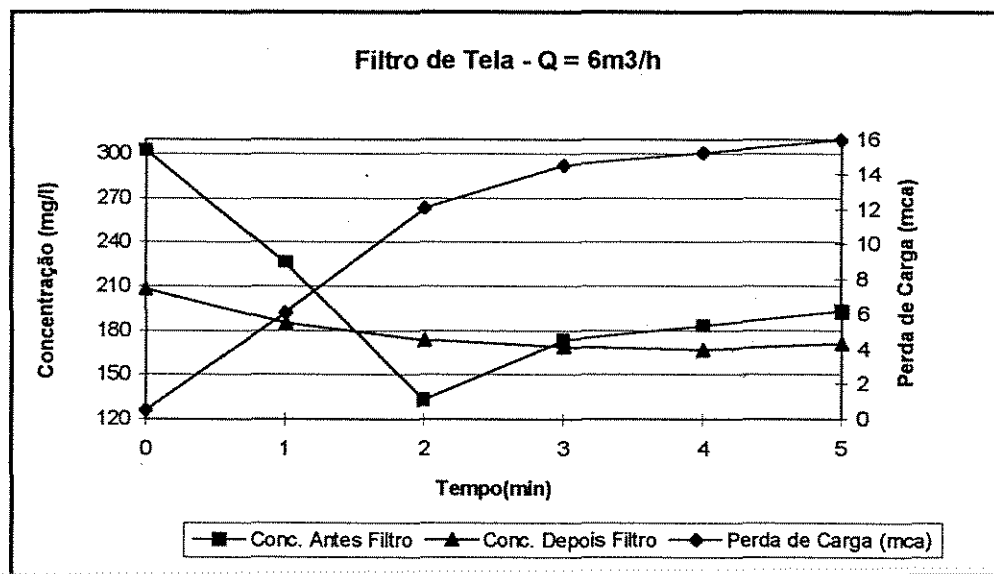


FIGURA 18 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Tela Para Vazão de 6 m³/h. (ensaio 3)

Podemos observar que houve perda de sólidos já retidos na tela, e após esta perda o filtro de tela volta a filtrar novamente. A perda de carga de 12 mca foi alcançada na média de 3 minutos.

Analizando a remoção de sólidos para o filtro de tela, o máximo de concentração no afluente foi de 235 mg/l e o mínimo de 160 mg/l. Enquanto que no efluente, a concentração máxima atingida foi de 210 mg/l e a mínima de 160 mg/l. (ensaio 1)

A concentração média encontrada no afluente foi de 195 mg/l, e no afluente de 185 mg/l apresentando uma remoção média de 5%.

Para o filtro de Disco, os resultados não foram muito diferentes do que aqueles encontrados para o filtro de Tela. Verifica-se nas FIG 19, 20 e 21, que a duração da carreira de filtração deste filtro manteve-se em torno de 6 minutos, sendo ainda bastante inferior ao filtro de Manta.

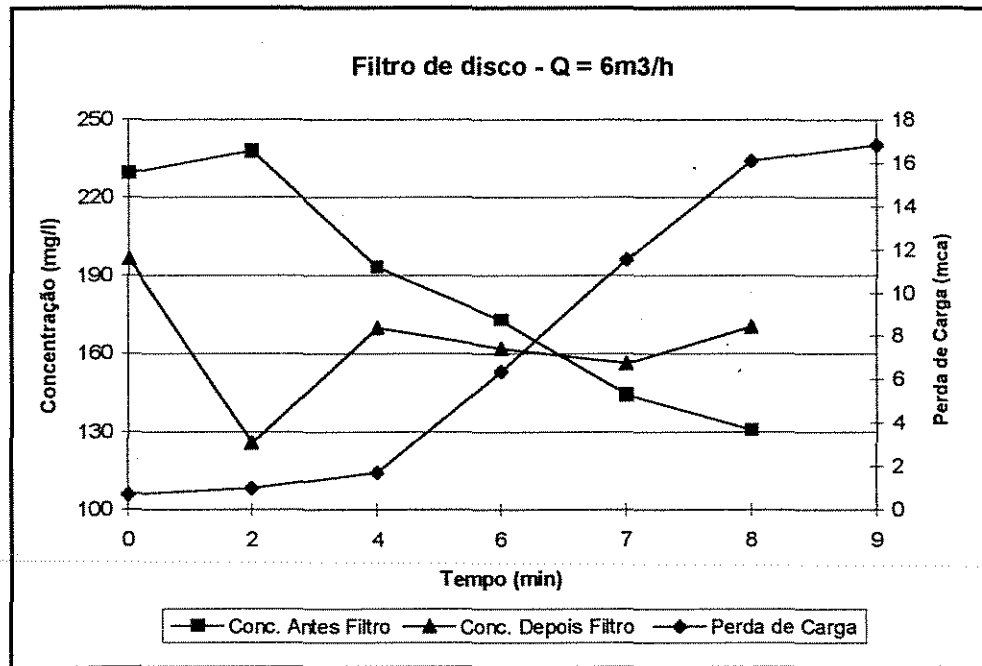


FIGURA 19 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Disco Para Vazão de 6 m³/h. (ensaio 1)

A perda de carga atingiu 16 mca em 8 min e a concentração máxima e mínima de sólidos no afluente foram de 240 mg/l e 130 mg/l, respectivamente. No efluente, os valores foram de 195 mg/l e 130 mg/l. A concentração média encontrada antes do filtro foi de 185 mg/l e depois do filtro foi de 164 mg/l, apresentando uma remoção média de 12%.

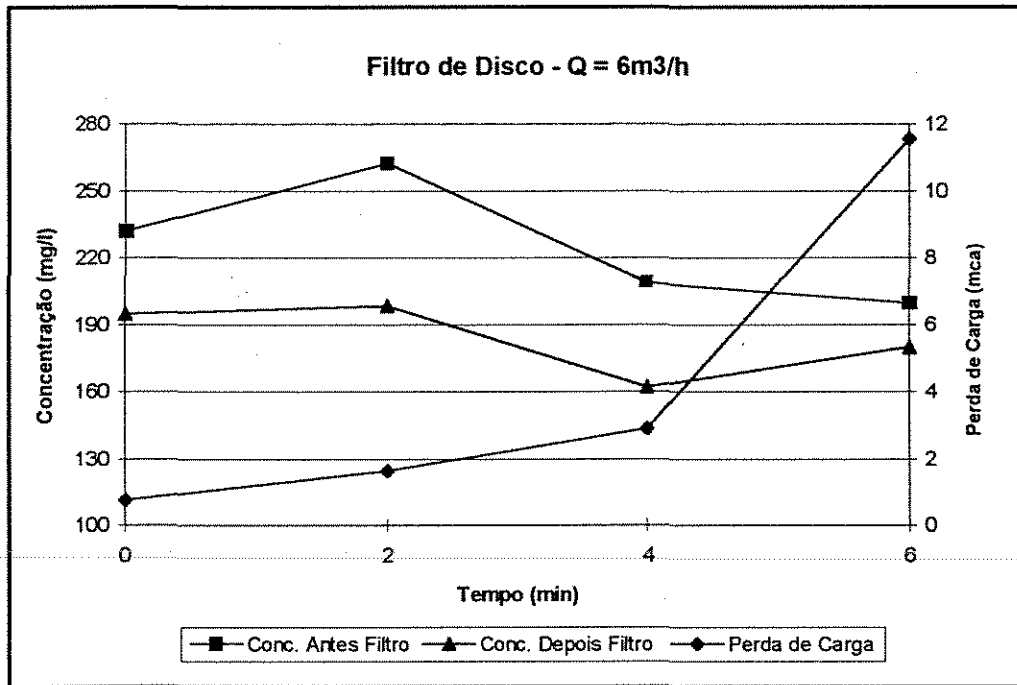


FIGURA 20 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Disco Para Vazão de 6 m³/h. (ensaio 2)

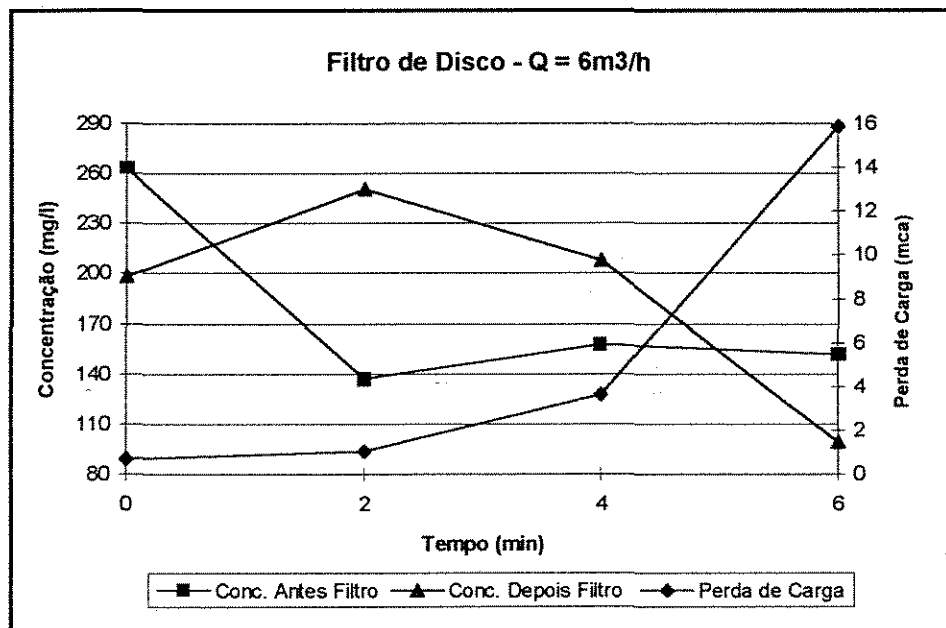


FIGURA 21- Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de

Disco Para Vazão de 6 m³/h. (ensaio 3)

Baseando-se nos resultados do filtro de manta, tela e disco para vazão no sistema de 6 m³/h discutidos, é possível afirmar que para estas condições o filtro de manta apresentou uma taxa média de remoção superior em relação aos filtros de tela e disco. Sendo de 25% para o filtro de manta, 12% para o filtro de disco e 5% para o de tela.

5.4 - Ensaio dos Filtros de Manta, Tela e Disco Para a Vazão do Sistema de 9 m³/h

As FIG. 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30 expõem os resultados dos testes realizados com os 3 filtros para a vazão do sistema de 9 m³/h

Para os filtro de tela e disco o tempo de filtragem ficou ainda menor em relação aos ensaios realizados com a vazão do sistema de 6 m³/h, apresentando em média a duração de 3 minutos para ambos. O filtro de tela reteve impurezas até alcançar um diferencial de pressão de 8 mca, enquanto que o de disco reteve impurezas até atingir um diferencial médio de 3 mca. Para estas condições, o filtro de tela apresentou melhor desempenho em relação ao filtro de disco.

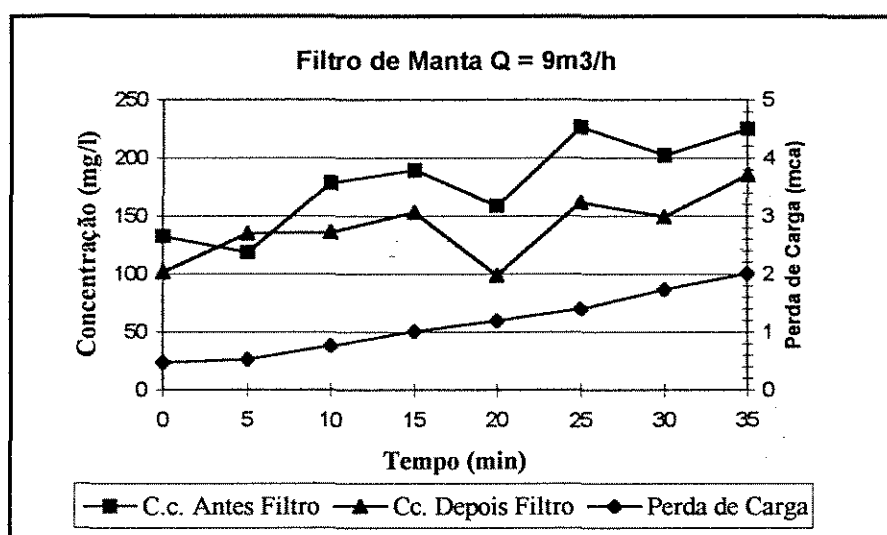


FIGURA 22 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de

Manta Para Vazão de 9 m³/h. (ensaio 1)

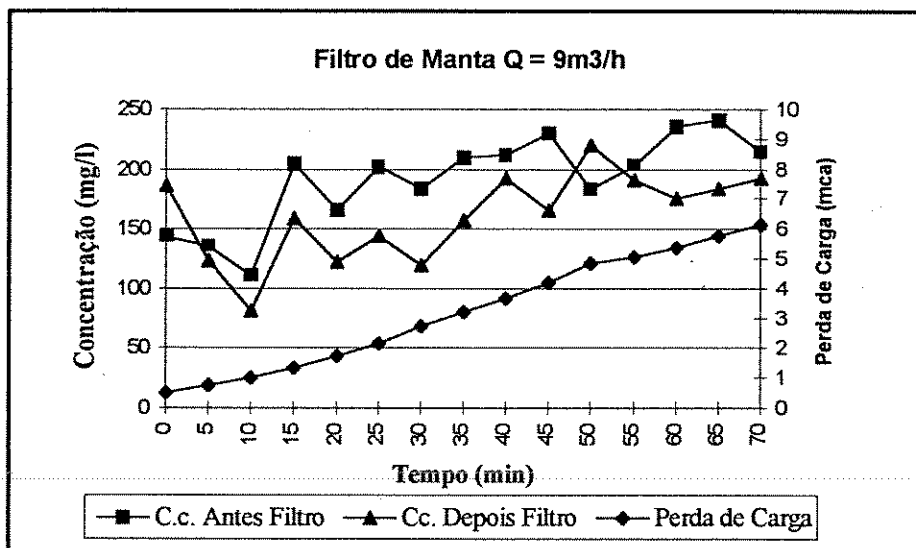


FIGURA 23 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 9 m³/h. (ensaio 2)

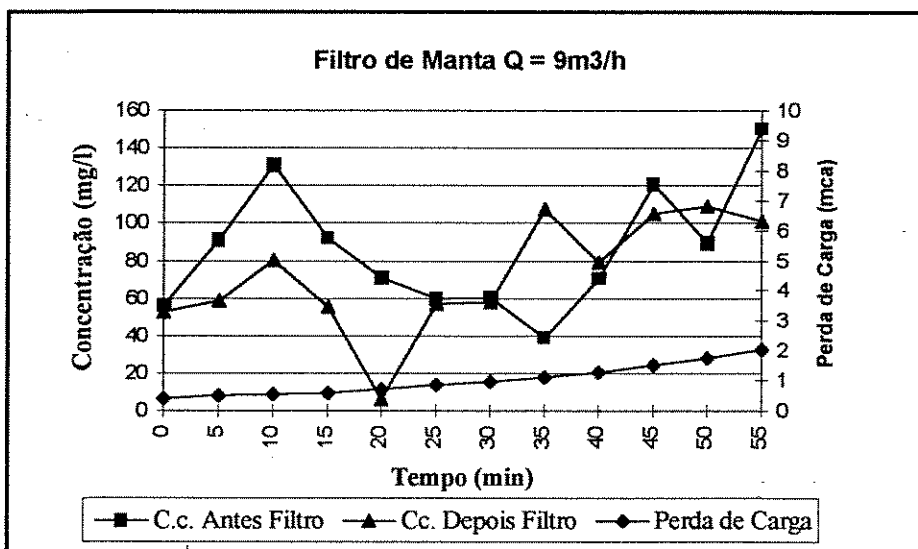


FIGURA 24 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 9 m³/h. (ensaio 3)

Analisando as FIG. 22, 23 e 24, nota-se que a duração da carreira de filtração do filtro de manta aumentou em relação aos ensaios com vazão de 6 m³/h, sendo o seu valor médio de 35

minutos e a perda de carga máxima de 2 mca. (ensaio 1)

A concentração máxima de impurezas no afluente foi de 230 mg/l e a mínima de 130 mg/l. Para o efluente foi de 170 mg/l e 100 mg/l, respectivamente. A concentração média de sólidos antes do filtro de manta foi de 200 mg/l e depois do filtro de 160 mg/l, sendo a taxa de remoção da ordem de 15%.

A duração da carreira de filtração do filtro de manta para vazão de 9 m³/h aumentou em relação a vazão de 6 m³/h. No entanto, a taxa de remoção foi menor, alcançando a diferença de 10%.

Os ensaios realizados com os filtros de Tela e de Disco foram bastante difíceis de serem executados por causa do curto tempo de filtragem. As amostras foram retiradas antes e depois do filtro no intervalo de tempo de 1 minuto, o que impossibilitou a obtenção de um número grande de amostras. Em razão dessa dificuldade, tornou-se inviável realizar os testes com estes filtros para vazões acima de 10 m³/h.

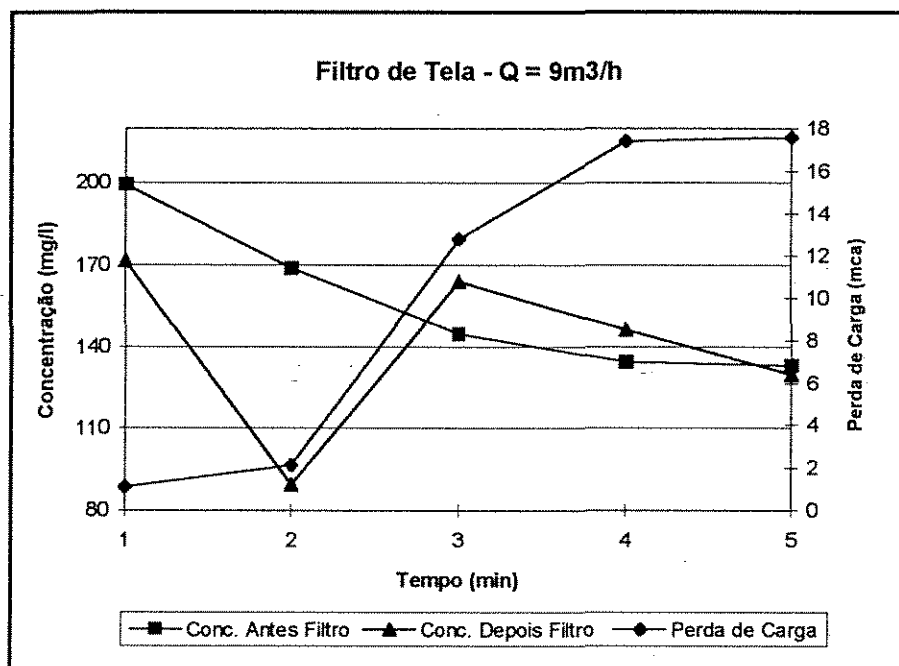


FIGURA 25 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de

Tela Para Vazão de 9 m³/h. (ensaio 1)

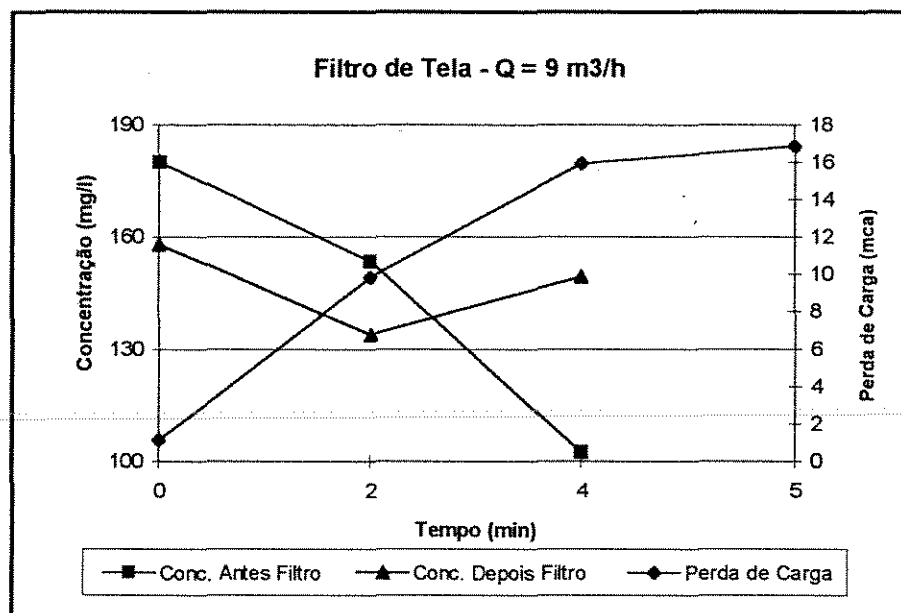


FIGURA 26 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Tela Para Vazão de 9 m³/h. (ensaio 2)

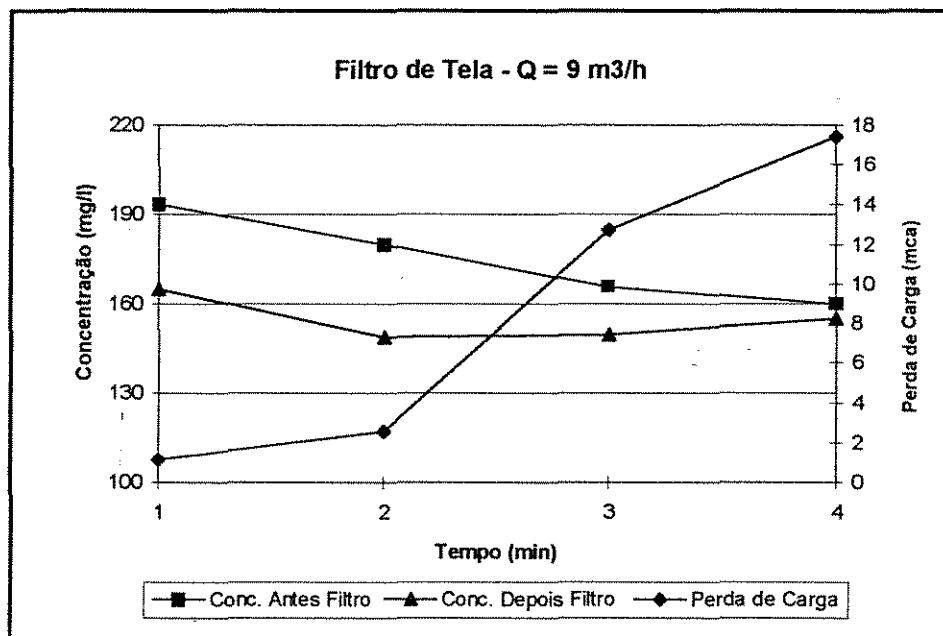


FIGURA 27 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Tela

Para Vazão de 9 m³/h. (ensaio 3)

A concentração máxima de sólidos no afluente do filtro de tela foi de 200 mg/l e a mínima de 130 mg/l, enquanto que para o filtro de disco a valor máximo foi de 220 mg/l e o mínimo de 150 mg/l. Para o efluente do filtro de tela a concentração máxima e mínima foi de 170 mg/l e 90 mg/l, respectivamente e para o filtro de disco 175 mg/l e 150 mg/l.

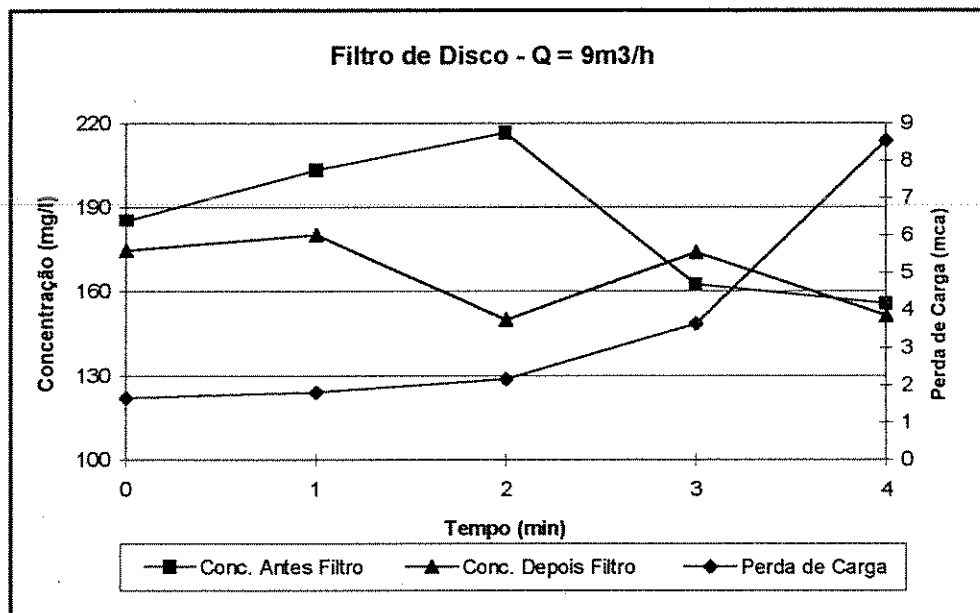


FIGURA 28 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Disco Para Vazão de 9 m³/h. (ensaio 1)

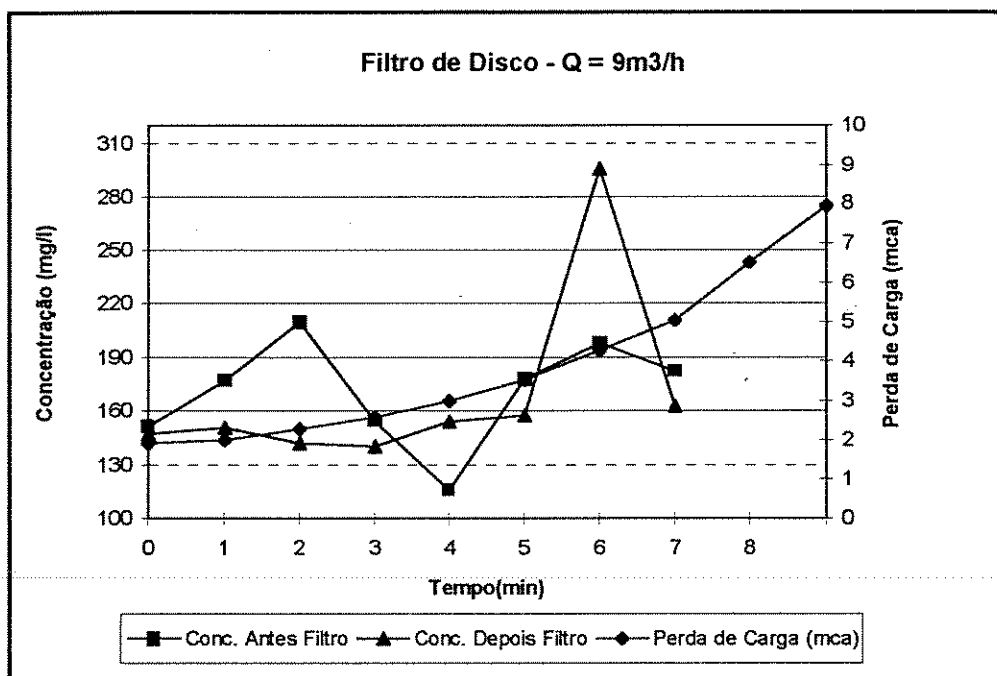


FIGURA 29 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Disco Para Vazão de 9 m³/h. (ensaio 2)

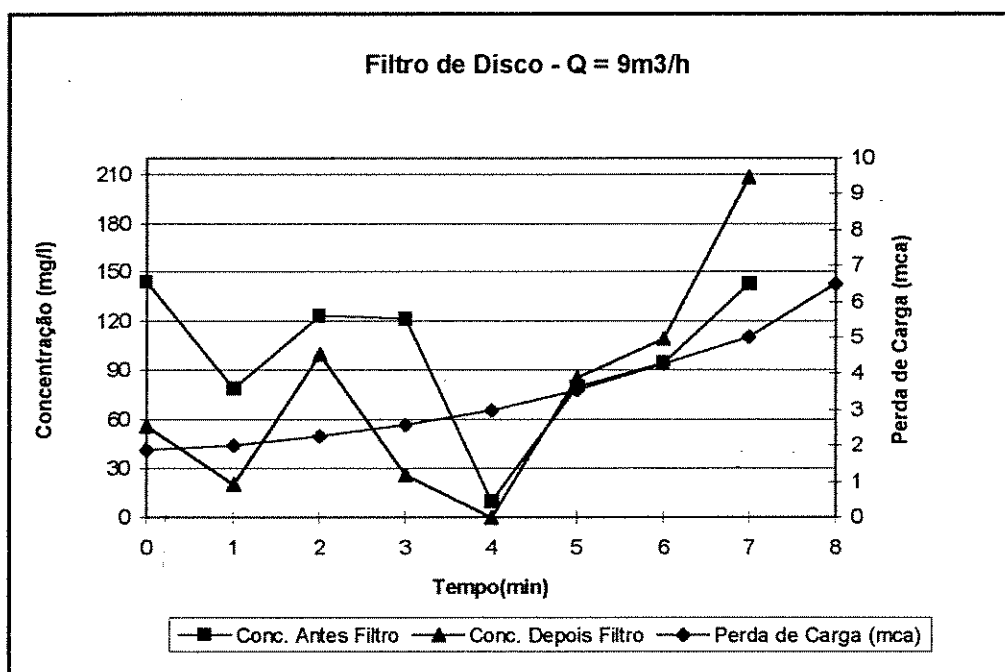


FIGURA 30 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Disco Para Vazão de 9 m³/h. (ensaio 3)

A concentração média de sólidos no afluente do filtro de tela foi de 156 mg/l e 140 mg/l no efluente, contra 185 mg/l e 166 mg/l do filtro de disco.

A taxa de remoção para ambos nessas condições foi de 10%, apresentando-se ainda inferior ao filtro de manta.

5.5 - Ensaio do Filtro de Manta Para a Vazão do Sistema de 12 m³/h

Os resultados deste ensaios são mostrados na FIG. 31, 32 e 33. Mesmo nestas condições, o desempenho do filtro de Manta apresentou boa eficiência com relação a sua duração da carreira de filtração, que durou em média 5 minutos; enquanto que a perda de carga atingiu 5 mca.

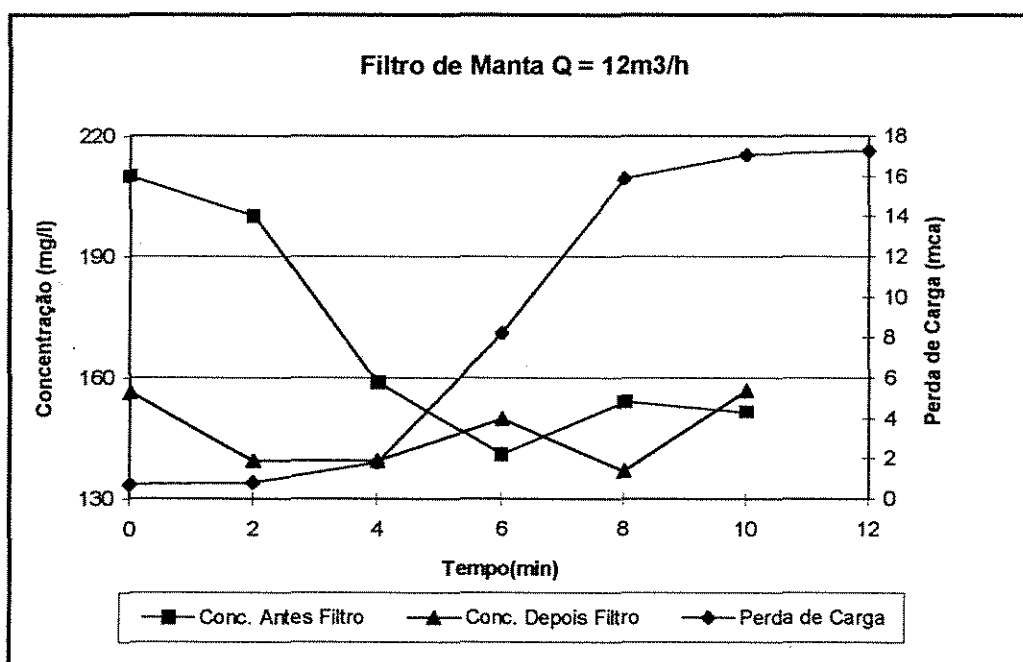


FIGURA 31 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 12 m³/h. (ensaio 1)

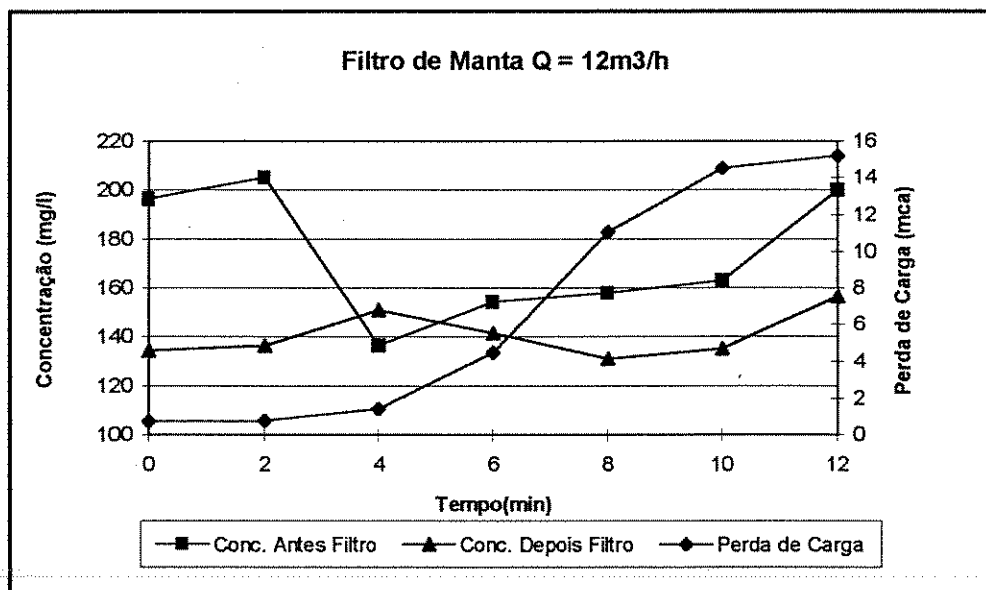


FIGURA 32 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 12 m³/h. (ensaio 2)

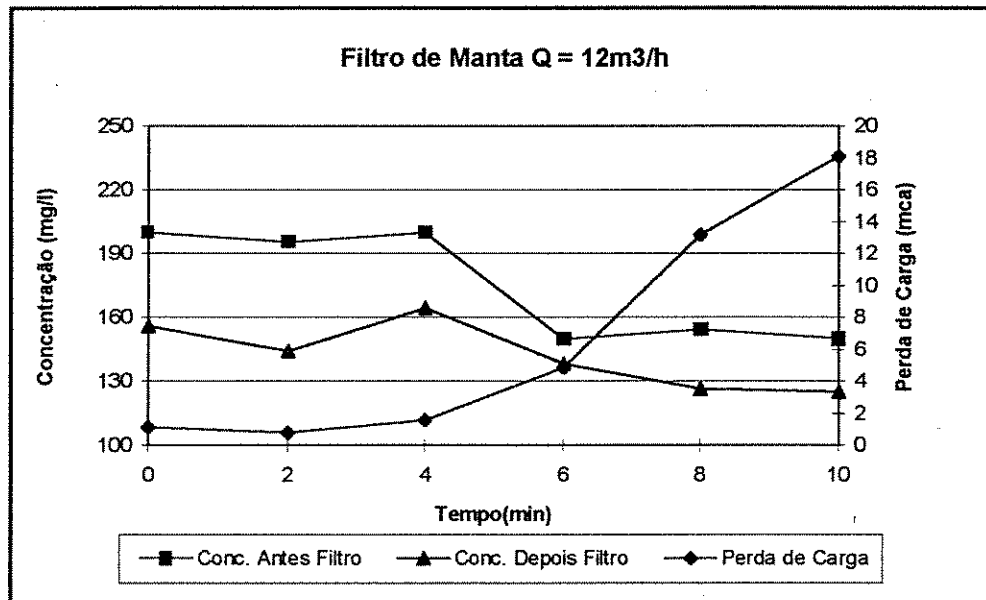


FIGURA 33 - Perda de Carga e Concentração de Sólidos no Afluente e Efluente do Filtro de Manta Para Vazão de 12 m³/h. (ensaio 3)

As concentrações máxima e mínima no afluente foram de 200 mg/l e 140 mg/l, respectivamente, sendo as do efluente iguais a 155 mg/l e 135 mg/l. A concentração média foi de 170 mg/l no afluente e 150 mg/l no efluente, apresentando uma taxa média de remoção de 18%.

A taxa média de remoção de sólidos do filtro de manta para vazão de 12 m³/h foi maior em relação a vazão de 9 m³/h. Todavia, o tempo de filtragem ou carreira de filtração foi menor em relação a vazão de 9 m³/h.

No retorno da água para o reservatório foi colocada uma peneira de malha 0.035 mm para observar a quantidade de sólidos em suspensão presentes na água filtrada. Nos ensaios feitos com o filtro de manta para a vazão de 6 m³/h, ficaram retidos na peneira em média 0,2 gramas de sólidos em um intervalo de tempo de 16 minutos, enquanto que para os filtros de tela e de disco ficaram retidos na peneira em média 2 gramas de sólidos para intervalo de tempo de 6 e 8 minutos respectivamente. Esses valores conferem ao filtro de manta uma maior eficiência na remoção de sólidos em suspensão do que os filtros de tela e de disco, devido a sua maior capacidade de armazenar e reter as partículas sólidas presentes na água.

As mantas utilizadas no filtro foram pesadas antes e depois dos testes para notificar a quantidade de sólidos retidos durante o ensaio(vazão de 6 m³/h), apresentando em média o valor de 142 gramas para o intervalo de tempo de 16 minutos. O mesmo não pôde ser feito com os outros meios filtrantes testados devido à sua disposição dentro corpo do filtro. A FIG. 34 mostra a manta após o final de um ensaio.

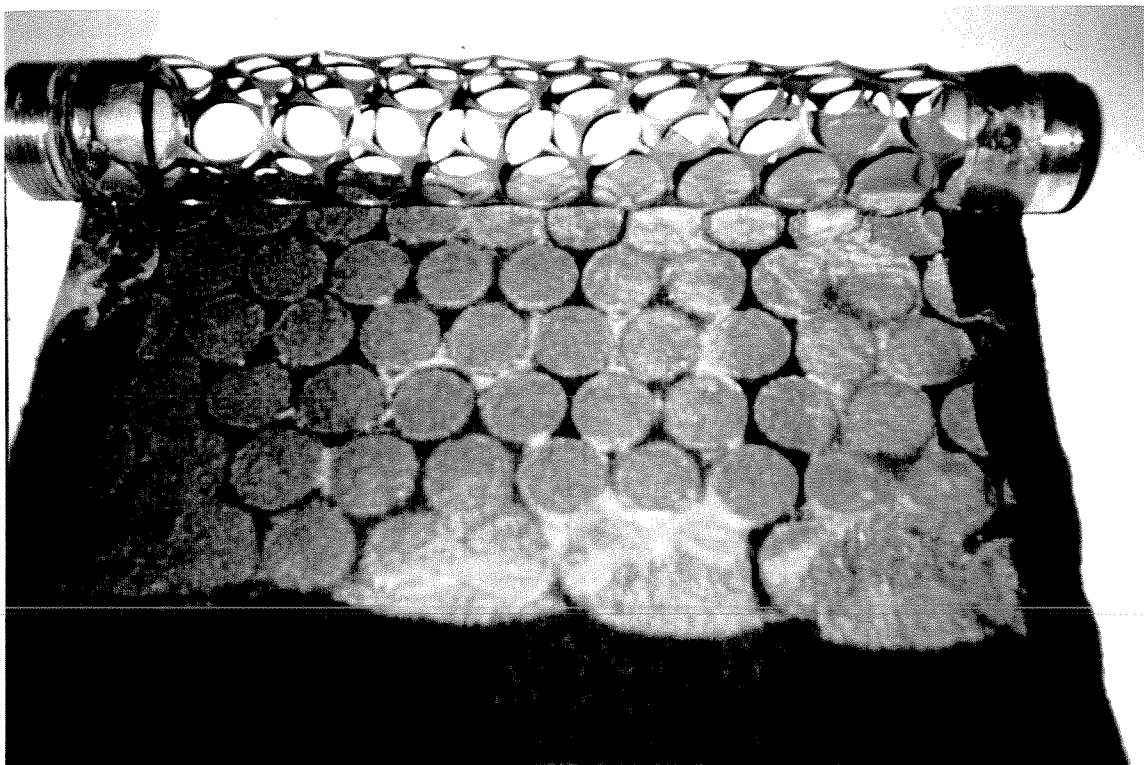


FIGURA 34 - Areia retido na manta durante um ensaio.

5.6 - Aspectos Econômicos do Filtro de Manta

O filtro de manta ensaiado nesta pesquisa foi construído com peças hidráulicas simples facilmente encontrada no mercado. Por se tratar de um protótipo, torna-se difícil avaliar quantitativamente o seu custo. Tendo em vista uma produção em alta escala para disposição no mercado, relativamente o seu custo não seria superior aos filtros de tela e de disco AMIAD.

As mantas sintéticas não tecidas são facilmente adquiridas no mercado, apresentando um custo médio de 8 U\$/m². Por ser um material não degradável, após retrolavagem ou limpeza poderão ser reutilizadas não necessitando de substituição freqüente, o que impõe ao filtro grande durabilidade.

VI - CONCLUSÕES

- A mudança do tubo interno de PVC com diâmetro de furos 8 mm para tubo interno de inox com diâmetro de furos 25 mm e saída de água reta para forma cônica foram alterações feitas na estrutura do filtro de manta promoveram um melhor desempenho da perda de carga em função da vazão, apresentando-se abaixo do filtro de disco e de tela.
- A metodologia desenvolvida para ensaios de filtros em laboratório mostrou-se eficaz para atender os objetivos propostos.
- A manta sintética não tecida, por apresentar alta filtrabilidade e porosidade, mostrou-se adequada para ser utilizada em filtros destinados à irrigação localizada.
- O filtro de manta apresentou o tempo de filtragem, ou carreira de filtração superior aos filtros de tela e de disco para as mesmas condições, em todos os ensaios realizados.
- Para vazão acima de 10 m³/h não foi possível realizar ensaios com os filtro de tela e disco devido ao fato de ocorrer uma evolução rápida da perda de carga ao longo do tempo, enquanto que, o filtro de manta apresentou um boa eficiência de remoção para estas condições com uma taxa média de remoção de 18%.
- Com relação à eficiência de remoção de sólidos em suspensão, o filtro de manta mostrou-se superior em relação aos filtros de disco e tela por apresentar maior porcentagem de remoção percentual durante o tempo de funcionamento.

VII - RECOMENDAÇÕES

Com base no trabalho desenvolvido, verificam-se inúmeras possibilidades de realizar pesquisas mais aprofundadas sobre o filtro de manta.

Recomenda-se elaborar uma pesquisa para melhorar a forma de disposição do filtro na rede do sistema de irrigação, possivelmente torná-lo de engate rápido, facilitando assim as operações de limpeza ou retrolavagem e também realizar testes com uma espessura maior a fim de obter uma melhor eficiência.

Também seria viável o estudo da aplicação de outros tipos de manta sintéticas em sistemas de filtragem, visto que estas apresentam inúmeras variedades.

VIII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADIN, A. & ALON, G. *Mechanism and process parameters of filter Screens*; Journal of the irrigation and drainage division ASCE. Ann Arbor, 1986. v.112 (4), p.293-305.

BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S.; GILBERT, R.G. Trickle irrigation quality and reventive maintenance. *Agricultural water management*, n. 2, p.149-162, 1979.

CAIADO, E.M. *Estado da arte do transporte sólido em conduto forçado*. Bragança Paulista Separata - Revista das Faculdade Franciscanas, 1984. v.2. 55p.

COSTA, E. F.; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizante via água de irrigação; III Curso de uso manejo de irrigação. *Informe Agropecuário*., Belo Horizonte, v.12,n.129, p.63-68, 1986.

DASBERG, S.; BRESLER, E. *Drip irrigation manual*. Israel: Internatinal Irrigation. Information Center, 1985. p.95.

DELMÉE, J. *Manual de medição de vazão*, São Paulo, Edgar Blücher, 1989. p.476.

DI BERNARDO, L. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. Rio de Janeiro, ABES, 1993. v. 1, p. 496.

DI BERNARDO, L. et. al. Caracterização de mantas sintéticas não tecidas utilizadas na filtração lenta de águas de abastecimento. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, XXIII, 1990, Porto Rico. San Juan: Setembro de 1990. 13p.

FARRELL, M.D. Filtration: The Key to Successful Microirrigation Systems. *Irrigation Journal*, v.39, n.6, p.8-15, 1989.

FEITOSA FILHO, J.C.; ARRUDA, N.T. Protótipo, dimensionamento e metodologia de construção de um injetor de produtos químicos “tipo Venturi”, metálico, para uso em quimigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXIII, 1994, Universidade de Campinas-UNICAMP. SBEA. Campinas: 18 a 23 de julho de 1994. 18p.

FISCHER, J. The Citrus Industry. *Pampa*, v.9, n.58, p.32 -42, 1977.

FRIZZONE, J. A.; ZANINI, J. R., DIAS PAES, L. A., NASCIMENTO, V. M. Fertirrigação Mineral. Ilha Solteira, UNESP, *Boletim Técnico*, 2, 31p., 1985.

GOLDSTEIN, A. Reduction of Clogging in Buried Drip Systems. *Irrigation Journal*, v.40, n.3, p. 18-21, 1990.

KOEKEMOER, R. W. Successful Microirrigation in Zululand. The citrus and subtropical fruit, *Jonhasburg Journal*. n.549, p. 5-14, Agosto 1979.

MATSURA, E.E; TESTEZLAF, R. e ALMEIDA NETO, J.A. *Perda de carga nos filtros de areia e tela do sistema de irrigação por gotejamento*. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (CONBEA), 1989.RECIFE, p.585-607.

MBWETTE, T. S. A. & GRAHAM, N.J.D. Improving the efficiency of slow sand filtration with non woven synthetic fabrics. In: FILTRATION AND SEPARATION. v. 24, p. 46-50, 1987.

NAKAYAMA, F.S. e BUCKS, D.A. *Trickle Irrigation for crop production U.S.* Department of Agriculture, agricultural research service, U.S. Water Conservation Laboratory, Phoenix, Arizona - U.S.A. p.383, 1986.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D. A. Water Quality in Drip/Trickle Irrigation: A Review. *Irrigation Science*, v.12, n.4, p. 187-192, 1991.

PATERNIANI, J.E.S. *Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração em areia de águas de abastecimento* São Carlos: EESC - USP, 1991. (Tese, Doutorado em Eng. Sanitária).

PHILLIPS, K.P. Filtration's Role in Water Quality: Polishing Water For Low-Volume Irrigation. *Irrigation Journal*, v.43, n.4, p. 8-12, 1993.

PHILLIPS, K.P. Long-Term Operation of Microirrigation Filtration Systems; Successes, Failures and Operational Solutions. In: PROCEEDING OF THE FIFTH INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS. Orlando - Florida, 2^a 1995. v.1, p. 579-586.

RAMOS, J.P.S. *Análise de Perda de Carga em Filtros de Tela e Disco de Sistemas de Irrigação Localizada Utilizando um Sistema de Aquisição de Dados*. Campinas: FEAGRI-UNICAMP, 1992. (Dissertação, Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, p.102, 1992.

RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SHISHA, A.; SAGI, G. Control of Emitter Clogging in Drip Irrigation With Reclaimed Wastewater. *Irrigation Science*, v.13, n.3, p. 129-139, 1992.

RODRIGO LOPEZ, J.; HERNANDEZ ABREU, J.M.; PEREZ REGALADO, A.; GONZALEZ HERNANDEZ, J.F. *Riego Localizado*. Regadíos-Centro Nacional de Tecnología de Regadíos, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - IRYDA, 1^oed. 445p, 1992.

SCALOPPI, E. J. & BRITO, R. A. L. Qualidade da água do solo para irrigação. *Informe Agropecuário*, EPAMIG, Belo Horizonte. v.12 (139), p. 80-94. julho 1986.

SILVA, L. B. ; PATERNIANI, J. E. S. & RIBEIRO, T. A. P. Metodologia para ensaios em condutos forçados de mistura sólido-líquido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXIV, 1995, UFV. *Anais*. Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, Viçosa: 1995. p. 224 - 225.

- SOUSA, V.F. & SOUSA. A. P. Fertirrigação; Tipos e seleção de produtos, aplicação e manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXII, 1993. *Anais SBEA*. Ilhéus-BA: CEPLAC, 19 A 23 de julho 1993. p.2529-2537.
- SOUZA, V. F.; MELLO JR, A. V.; DANTAS, J. N. Considerações sobre o uso e manejo da aplicação de fertilizante através de sistemas de irrigação localizada. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXII, 1993. *Anais SBEA*. Ilhéus-BA: CEPLAC, 19 A 23 de julho 1993. p.2539-2545.
- TESSLER, M. H. Água no ponto certo. *A GRANJA*, Porto Alegre. V.3 p. 40-44. Dezembro. 1986.
-
- ULLOA SANTAMARÍA, J.J. Los Distintos Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y Su Ambito de Aplicacion, Parametros Fisicos, Quimicos y Biologicos, In: VI CURSO INTERNACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE - Tecnologias y Servicios Agrários, 11/01 a 23/7/1993. 50p.
- VALVERDE, J.A., LOPEZ, T. M. Factores a tener en cuenta en el diseno y manejo del riego localizado. *Riegos e drenaje*, n. 47, ano I, p20-24, 1990.
- VERMEIREM, L. & JOBLING, G. A. Localized Irrigation equipment, *Localized irrigation; design, installation, operation, evaluation*. Rome, FAO, 1984, cap 3, p. 85 - 144. (FAO Irrigation and Drainage Paper 36).
- ZANINI, J. R. *Hidráulica de fertirrigação por gotejamento utilizando tanque de derivação de fluxo e bomba injetora*. Piracicaba: ESALQ, 1987. p.103.(Tese, Doutorado - Solos e nutrição de plantas),
- ZEIER K. R. e HILLS, J. D. Trickle Irrigation Screen Filter Performance as Affect by Sand Size and Concentration. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph , v.30,(3), p. 375-379, 1987.

APÊNDICE 1

PLANILHA DE ENSAIOS								
Tipo de Filtro	Diferencial de Pressão				Concentração de Sólidos antes e depois do filtro			
Tempo (min)	P2 (mmHg)	P1 (mmHg)	ΔP (mmHg)	ΔP (mca)	Antes (mg/l)	Depois (mg/l)	ΔC (mg/l)	Obs

FIGURA A1 - Planilha utilizada para realizar os ensaios