



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.5, n.º. 1, p.03–15, 2011
 ISSN 1982-7679 (On-line)
 Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br/rbai>
 Protocolo 032 09 – 17/02/2010 Aprovado em 03/03/2011

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES *MESH* E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

Cleomar Ferreira de Oliveira¹, José Antônio Frizzzone², Osvaldo Rettore Neto³

¹ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, C.P.9; 13418-900, Piracicaba SP, Brasil. E-mail : cleomar@esalq.usp.br.

² Professor do Departamento de Engenharia Rural , Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. E-mail : frizzzone@carpa.ciagri.usp.br

³ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem da Escola Superior de Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, C.P.9; 13418-900, Piracicaba SP, Brasil. E-mail : oretore@esalq.usp.br

RESUMO

Considerou para esta pesquisa o sistema de filtração que é fundamental em projeto de irrigação localizada. Os emissores têm orifícios de dimensões reduzidas e ficariam obstruídos com o uso de água sem filtração adequada, e a busca por inovações na área de filtração deve ser constante para pesquisadores na área de irrigação. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia de Biosistemas, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, Campus de Piracicaba - SP. Com o auxílio das equações da perda de carga em função da vazão circulante, determinadas para os filtros de discos 1” *mesh* 120 e 155, empregados na irrigação localizada, estudou o processo de filtração por um período de 240 minutos, usando uma concentração de argila e silte em suspensão na água e duas vazões. Analisou o desempenho desses filtros quanto á remoção desses materiais sólidos e a evolução da perda de carga ao longo do tempo. Conclui-se que o filtro de *mesh* 155 mostrou-se superior com relação ao filtro de *mesh* 120 na remoção de sólidos em suspensão; a evolução da perda de carga nos filtros de *mesh* 155 foi mais rápida que nos filtros de *mesh* 120 devido ao maior acúmulo de material sólido em sua superfície, decorrência direta do diâmetro do orifício do elemento filtrante.

Palavras-Chave: Elemento filtrante; Perda de carga; Irrigação localizada

FILTRATION OF THE WATER WITH DIFFERENTS *MESH* AND FLOW WITH CLAY AND SILT’S CONCENTRATIONS IN DISC’S FILTERS

SUMMARY

It considered for this research the filtration system that is fundamental in project of trickle irrigation. The emitters have holes of reduced dimensions and they would be obstructed with the use of water without appropriate filtration. The trials were carried out in the irrigation laboratory of Biosystems Engineering Department of the ESALQ/USP. With

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

the head loss equations according the free flow, for disc's filters 1" mesh 120 and 155 used in trickle irrigation, it was studied the filtration process, for 240 minutes, using clay and silt's concentrations suspended of water and two flows. It was Analyzed the filters performance as to removal solids materials and the evolution of the head loss along the time. It is ended that: the filter of mesh 155 was shown superior than the filter of mesh 120 to removal of suspended solids of water; the evolution of the head loss in the filters of mesh 155 was faster than the filters of mesh 120 due to the largest accumulation of the solid material in its surface, direct consequence of the diameter of the hole of the filtration element.

KEYWORDS: Filtration element; Head loss; Trickle irrigation.

INTRODUÇÃO

O uso da irrigação localizada está em pleno crescimento no Brasil, em decorrência da escassez de recursos hídricos e a necessidade de poupar água na irrigação. Por isso, deve-se procurar avanços tecnológicos na agricultura irrigada, selecionando-se métodos de irrigação que facilitam um manejo da água com alta eficiência, aliando-se redução nos custos variáveis da irrigação pelos menores consumos de água e energia. Isto tem requerido aplicação de conhecimentos no desenvolvimento de materiais e equipamentos que tendem a melhorar o desempenho dos sistemas de irrigação localizada. Nos sistemas de irrigação localizada a água aplicada com baixas vazões e altas frequências, muitas vezes diárias, umedecendo um volume de solo menor do que por outros sistemas, o que reduz as perdas por evaporação e permite controle da percolação. Um dos fatores que eleva os custos de operação e manutenção do sistema e, em alguns casos, pode inviabilizar a utilização desse método, e a obstrução de emissores por sólidos presentes na água. Uma característica inerente aos métodos de irrigação localizada é a pequena área de passagem da água através dos emissores. Na tentativa de minimização desse problema, medidas preventivas relacionadas à melhoria da qualidade de água, ou mesmo corretivas, com o intuito de desobstrução de emissores, tem sido alvo de pesquisas com resultados altamente satisfatórios (Nakayama *et al.*, 1977, Gilbert *et al.*,

1981, Schawankl e Prichard, 1990) destacando-se principalmente os processos de filtração da água, pois o entupimento físico de componentes do sistema de irrigação localizada pode ser causado por fatores como partículas inorgânicas em suspensão (areia, silte e argila etc...), decomposição da matéria orgânica (principalmente resíduos: vegetal e animal), dissolução do solo, ferro e manganês. Com base nesse cenário que os métodos tradicionais de filtração de água foram sendo incorporados e adaptados à irrigação localizada, cuja característica principal é a realização de um procedimento de filtração essencialmente mecânico. Não existe uma análise prática comum para tratar estes fatores durante o projeto de um sistema de irrigação. Portanto, este trabalho de pesquisa considerou para estudo o sistema de filtração que é fundamental em projeto de irrigação localizada, pois os emissores têm orifícios de dimensões reduzidas e ficariam obstruídos com o uso de água sem um grau de filtração adequado. O objetivo deste trabalho foi estudar o processo de filtração por filtros de discos de 1", mesh 120 e 155, utilizados na irrigação localizada, usando uma concentração de argila e silte em suspensão na água e duas vazões. Analisou-se o desempenho desses filtros quanto à remoção desses materiais sólidos e a evolução da perda de carga ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em duas etapas: na primeira fez-se a caracterização

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

hidráulica dos filtros, determinando-se as perdas de carga em função da vazão circulante, em filtros de discos 1" *mesh* 120 e 155, utilizando água limpa e, na segunda, foi analisado o desempenho do processo de filtração da água tendo como concentração argila e silte. Com auxílio das equações ajustadas para as perdas de carga nos filtros, definiu-se a vazão para realizar os ensaios de filtração. (a) vazão denominada ideal, correspondente à recomendada pelo fabricante e (b) metade da vazão ideal. A solução com argila e silte diluída em água e mantida em suspensão foi bombeada para os filtro de discos 1" *mesh* 120 e 155 através de uma bomba centrífuga KSB, cuja potência do motor é de 4,0 cv e capacidade de vazão de 16 m³ h⁻¹. A solução foi armazenada em três reservatórios de 4.829,3 litros, na proporções previstas de argila mais silte: 1,0 g L⁻¹, sendo constituída de 61,50% argila, 33,85% silte e 4,65% de matéria orgânica e outros. As amostras de 1,5 L da solução de entrada e saída do filtro eram coletadas em garrafas de plástico, agitadas

para dispersar perfeitamente os sólidos e com auxílio de duas buretas calibradas com capacidade total de 0,1 L, esse conteúdo era transferido para os cadinhos com capacidade de 0,125 L devidamente pesados (vazio) na balança (0,001 g). Então as amostras eram transferidas para a estufa a 105° C por 24 horas para obtenção da massa seca (g). Após esse tempo as amostras eram retiradas, e depois de resfriadas, pesadas novamente para obter o valor do material sólido (silte e argila) retido durante o processo de filtração. A obtenção da diferença de concentração entre as concentrações de entrada e saída do filtro representa o material retido pelo elemento filtrante. Com o resultados do material sólido retido pelos filtros determinou-se a massa retida e a porcentagem de material retido em função do tempo. Durante o processo de filtração foram monitorados os seguintes parâmetros: vazão, tempo, pressão de entrada do filtro, volume acumulado e a perda de carga.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes iniciaram com o estudo do comportamento hidráulico dos filtros de discos 1" *mesh* 120 e 155, determinando

adequadamente o modelo matemático potencial da perda de carga em função da vazão para os filtros (equações 1 e 2).

$$\text{Filtro de discos 1" mesh 120} \quad H_f = 0,1077 \cdot Q^{1,961} \quad R^2 = 0,9993 \quad (1)$$

$$\text{Filtro de discos 1" mesh 155} \quad H_f = 0,1494 \cdot Q^{1,857} \quad R^2 = 0,9998 \quad (2)$$

Resultados do processo de filtração para filtro de discos de 1", mesh 120 com vazão de 4,04 m³ h⁻¹ e concentração baixa (0,812 g L⁻¹) de sólidos suspensos na entrada do filtro

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 são apresentados os resultados dos ensaios, realizados com o filtro de discos de 1" polegada, *mesh* 120, para vazão média contínua de 4,04 m³ h⁻¹, com concentração baixa (0,812 g L⁻¹) de sólidos suspensos na entrada do filtro e pressão média na entrada do filtro de 377 kPa. Por um período de 240 minutos passou pelo filtro um volume acumulado de 16,15 m³ de solução, com massa total de

13.123 g de material em suspensão (argila e silte). Na Figura 1 apresenta-se o processo de filtração em função do tempo. Verifica-se que a concentração máxima de sólidos suspensos na entrada do filtro foi 0,838 g L⁻¹ (60 minutos de filtração), e a mínima 0,787 g L⁻¹ (96 minutos de filtração). Na saída do filtro a concentração máxima de sólidos suspensos foi 0,829 g L⁻¹ (52 minutos de filtração) e a mínima de 0,785 g L⁻¹, (4 minutos de filtração) que proporcionou uma concentração média de entrada de 0,812 g L⁻¹, e saída de 0,811 g L⁻¹. Nos tempos 40, 48, 52, 64, 72, 80, 92, 96, 104, 108, 116, 120, 128, 132, 136, 144,

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

152, 164, 168, 176, 184, 188, 196, 200, 204, 212, 216, 220, 224, 228, 232 e 236 minutos, a concentração de sólidos

suspensos na saída do filtro foi superior à concentração de entrada.

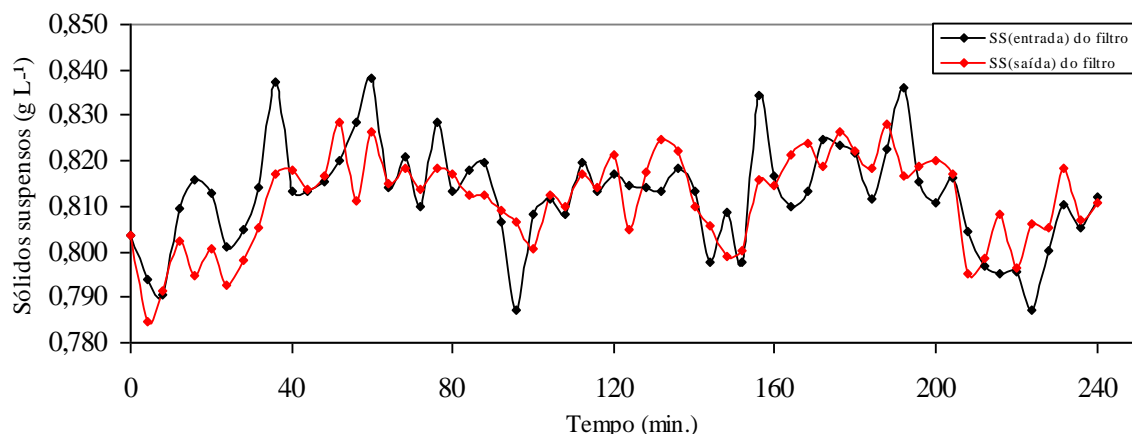


Figura 1. Processo de filtração em função do tempo para filtro de discos 1'' mesh 120, $Q(\text{média}) = 4,04 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,812 \text{ g L}^{-1}$, $P(\text{média de ent. do filtro}) = 377 \text{ kPa}$

Atribui-se a este fato a liberação intermitente de partículas sólidas retidas no elemento filtrante ao longo do tempo. A porcentagem de material sólido retido em função do tempo variou de -1,51 a 2,04%, conforme apresentado na Figura 2. O valor negativo significa liberação de material retido pelo filtro. O valor médio da porcentagem de material sólido retido

durante o ensaio (240 minutos) foi 0,11%. O melhor desempenho do filtro aconteceu nos primeiros 20 minutos de funcionamento (2,04% de retenção), sendo que nos tempos 8 e 12 minutos ocorreu liberação de 0,22% de material sólido retido, após esse período (20 minutos), ocorreu alternância dos valores da porcentagem de material sólido retido.

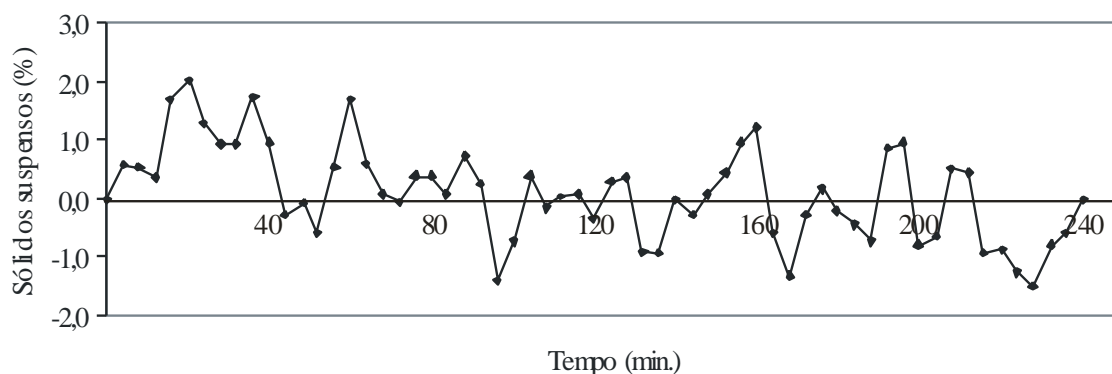


Figura 2. Porcentagem de material sólido retido em função do tempo para filtros de discos 1'' mesh 120, $Q(\text{média}) = 4,04 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,812 \text{ g L}^{-1}$

Na Figura 3 apresenta-se a perda de carga no filtro em função do tempo. Observa-se que a amplitude entre o valor inicial de 1,644 m e o final de 2,094 m não ultrapassou os limites propostos por Cabello (1996) e López *et al.* (1992), para

definição do momento de limpeza: quando o filtro está limpo a perda de carga é de 1 a 3 m e obstruído pode atingir valores da ordem de 4 a 6 m, quando se recomenda a limpeza do elemento filtrante.

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

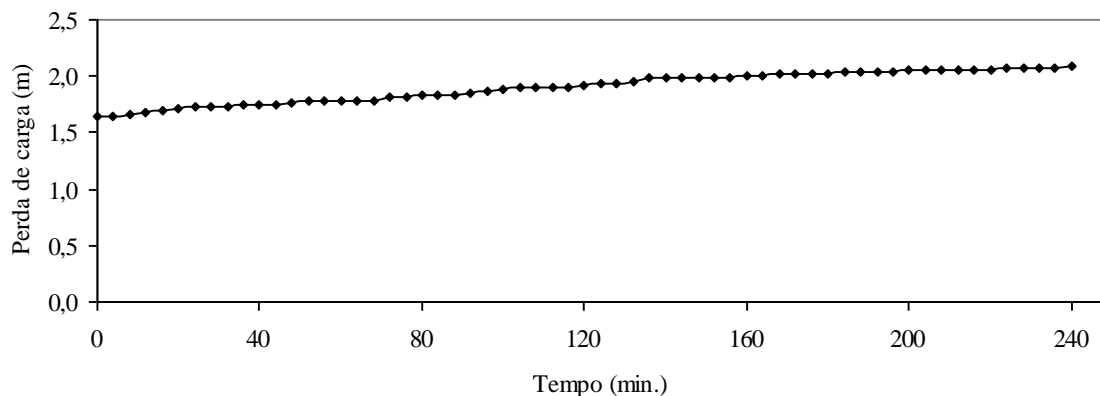


Figura 3. Perda de carga em função do tempo para filtro de discos 1'' *mesh* 120, $Q(\text{média}) = 4,04 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,812 \text{ g L}^{-1}$, $P(\text{média de ent. do filtro}) = 377 \text{ kPa}$

Observa-se então que a perda de carga não ultrapassou o limite máximo aceitável, sendo dispensável a limpeza do elemento filtrante durante os 240 minutos de

funcionamento. A massa retida acumulada em função do tempo está representada na Figura 4.

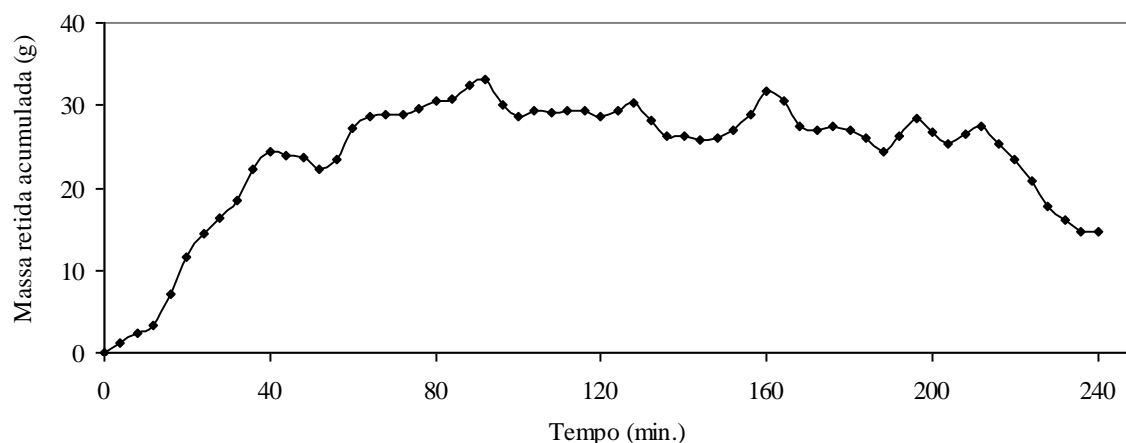


Figura 4. Massa retida acumulada em função do tempo para filtro de disco 1'' *mesh* 120, $Q(\text{média}) = 4,04 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,812 \text{ g L}^{-1}$

Denota-se que a máxima massa retida ocorreu aos 92 minutos (33,03 g), sendo que nos tempos de 44, 48, 52, 72, 96, 100, 108, 120, 132, 136, 144, 164, 168, 172, 180, 184, 188, 200, 204, 216, 220, 224, 228, 232, 236 e 240 minutos houve liberação de 36,11 g do material sólido suspenso. E a massa retida acumulada final foi 14,64 g, que corresponde a uma taxa de remoção de material sólido de 0,11%, em 13.123 g de material sólidos em suspensão (argila e silte). Durante os 240 minutos de

filtração passou pelo filtro um volume de 16,15 m^3 .

Resultados do processo de filtração para filtro de discos de 1'', *mesh* 120 com vazão de 2,00 $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ e concentração baixa (0,893 g L^{-1}) de sólidos suspensos na entrada do filtro

Para o filtro de discos 1'', *mesh* 120, com concentração baixa (0,893 g L^{-1}) de sólidos suspensos na entrada do filtro, vazão média contínua de 2,00 $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$, e pressão média na entrada do filtro de 381 kPa, os resultados dos ensaios do processo de filtração são

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

apresentados nas Figuras 5, 6, 7 e 8. Por um período de 240 minutos passou pelo filtro um volume de 8,00 m³ de solução com 7,141 g de massa total de sólidos em suspensão (argila e silte). O processo de filtração em função do tempo é

representado na Figura 5, a concentração máxima de sólidos suspensos na entrada do filtro foi 0,969 g L⁻¹ (24 minutos de filtração) e a mínima foi 0,853 g L⁻¹ (128 minutos de filtração).

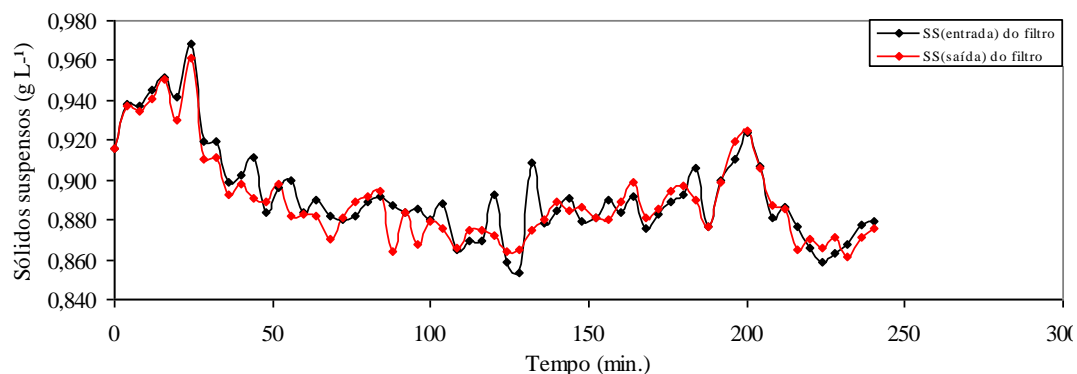


Figura 5. Processo de filtração em função do tempo para filtro de discos 1'' mesh 120, $Q(\text{média}) = 2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,893 \text{ g L}^{-1}$, $P(\text{média de ent. do filtro}) = 381 \text{ kPa}$

Na saída do filtro a concentração máxima de sólidos suspensos foi 0,962 g L⁻¹ (24 minutos de filtração) e a mínima foi 0,861 g L⁻¹ (232 minutos de filtração) que propiciou uma concentração média de entrada de 0,893 g L⁻¹ e de saída 0,890 g L⁻¹. Nos tempos de funcionamento de 48, 52, 72, 76, 80, 84, 108, 112, 116, 124, 128, 136, 140, 148, 160, 164, 168, 172, 176, 178, 196, 200, 208, 220, 224 e 228 minutos, a concentração de sólidos suspensos na saída do filtro foi superior à concentração de entrada, devido à liberação de partículas retidas nas ranhuras dos anéis nos tempos anteriores. A porcentagem de material sólido suspenso em função do tempo é representada na

Figura 6. Observou-se uma variação de -0,96 a 1,76%, e, novamente, os valores negativos representam liberação de material retido pelo filtro. O melhor desempenho do elemento filtrante aconteceu do início do processo de filtração até o tempo de 24 minutos (1,00%), aos 16 minutos ocorreu redução da porcentagem de material retido (0,08%). Após este período ocorreram oscilações dos valores da porcentagem de remoção dos sólidos suspensos, indicando que houve retenção e liberação de partículas pelo elemento filtrante. O valor médio da porcentagem de material sólido retido durante 240 minutos de ensaio foi 0,28%.

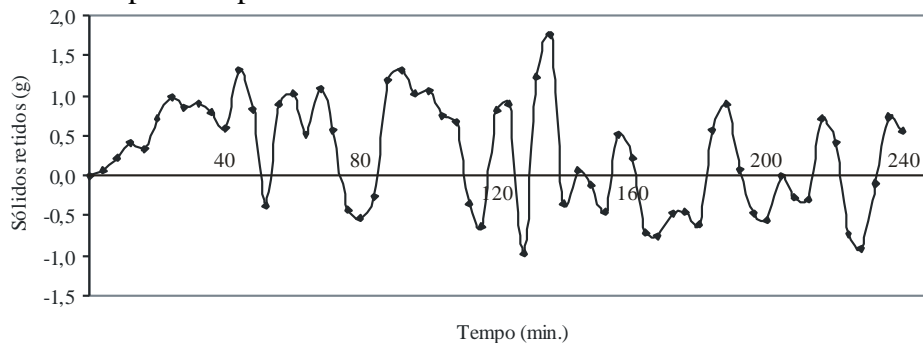


Figura 6. Porcentagem de material sólido retido em função do tempo para filtro de discos 1'' mesh 120, $Q(\text{média}) = 2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,893 \text{ g L}^{-1}$

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

Na Figura 7 observa-se que os valores da perda de carga no filtro em função do tempo foram sempre inferiores ao limite de 1 a 3 m proposto por Cabello (1996) e López *et al.* (1992) para caracterizar um

filtro sem necessidade de limpeza. O processo de filtração iniciou com 0,454 m e finalizou com 0,580 m de perda de carga, indicando que durante todo esse processo o elemento filtrante permaneceu limpo.

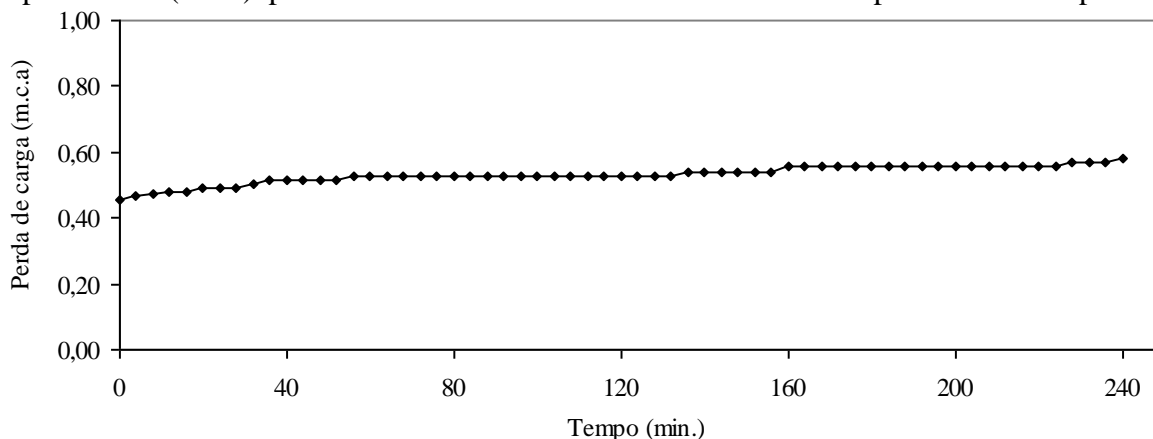


Figura 7. Perda de carga em função da vazão para filtro de discos 1'' mesh 120, $Q(\text{média}) = 2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,893 \text{ g L}^{-1}$

Estes valores de perda de carga foram inferiores àqueles do filtro de discos analisados anteriormente, devido à menor vazão média utilizada durante os 240

minutos do processo de filtração ($2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$). A Figura 8 representa a massa retida acumulada em função do tempo.

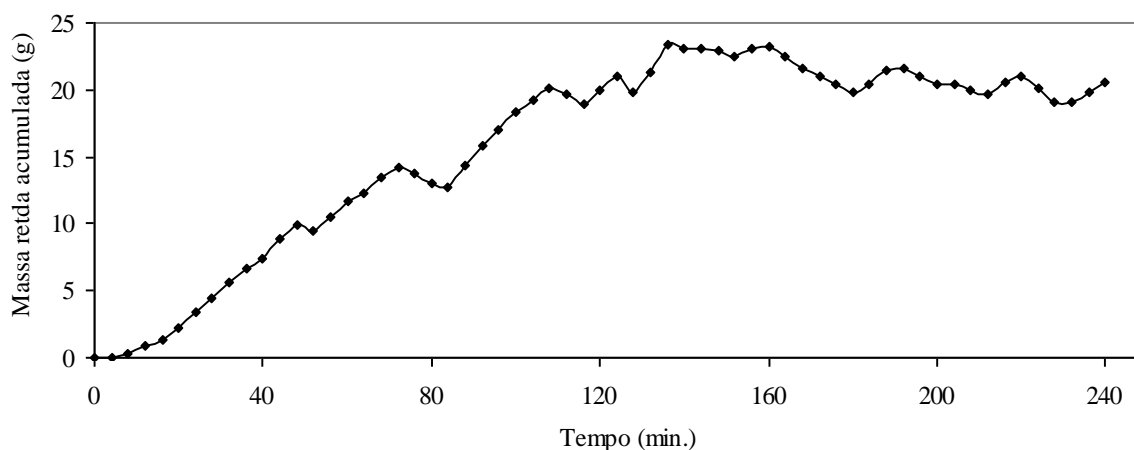


Figura 8. Massa retida acumulada em função do tempo para filtro de disco 1'' mesh 120, $Q(\text{média}) = 2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,893 \text{ g L}^{-1}$

Observa que o melhor desempenho de retenção da massa (23,4 g) ocorreu aos 132 minutos (0,58% de retenção) e a concentração de sólidos suspensos na saída do filtro foi superior àquela obtida na entrada, liberando 12,57 g nos seguintes tempos 52, 76, 80, 84, 112, 116, 128, 140,

148, 152, 164, 168, 172, 176, 180, 196, 200, 208, 212, 224, 228 e 232 minutos, retendo-se ao final do processo de filtração 20,52 g, comprovando assim 0,28% de retenção de sólidos em 7.141 g de massa em suspensão (argila e silte) em volume filtrado de $8,00 \text{ m}^3$.

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

Comparação entre o processo de filtração com vazão de $4,04 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (concentração de $0,812 \text{ g L}^{-1}$) versus vazão de $2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (concentração $0,893 \text{ g L}^{-1}$)

Para o filtro de discos de 1", *mesh* 120, comparando-se a vazão média de $4,04 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (concentração média de entrada $0,812 \text{ g L}^{-1}$ e volume filtrado de $16,15 \text{ m}^3$ de solução contendo uma massa total de $13,123 \text{ g}$ de material em suspensão), com a vazão média de $2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (concentração média de entrada $0,893 \text{ g L}^{-1}$ e volume filtrado de $8,00 \text{ m}^3$ de solução e $7,141 \text{ g}$ de massa total de sólidos em suspensão), observou-se 40,16% de aumento no material retido acumulado para a vazão de $2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ($14,64 \text{ g}$ de material retido com vazão de $4,04 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e $20,52 \text{ g}$ de material retido com vazão de $2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$). Assim, a "maior" retenção é atribuído ao filtro de discos de *mesh* 120 com a vazão média de $2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, durante os 240 minutos de filtração. Atribui-se a este fato a menor velocidade de passagem da solução no interior do filtro, facilitando o depósito e retenção de partículas de maior tamanho nas ranhuras do elemento filtrante. Isto também pode estar associado ao aumento de 9,98% na concentração do material sólido em suspensão na entrada do filtro ($0,812 \text{ g L}^{-1}$ para a vazão de $4,04 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e $0,893 \text{ g L}^{-1}$ para a vazão de $2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$). Observa-se que os valores da perda de

carga nos filtros foram sempre inferiores ao limite de 3 m proposto por Cabello (1996) Lopez *et al.* (1992), conforme apresentado nas Figuras 3 e 7, portanto sendo dispensável a limpeza dos filtros.

Resultados do processo de filtração para o filtro de discos de 1", *mesh* 155 com vazão de $3,70 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e concentração baixa ($0,837 \text{ g L}^{-1}$) de sólidos suspensos na entrada do filtro

Nas Figuras 9, 10, 11 e 12 são apresentados os resultados dos ensaios realizados com o filtro de discos 1", *mesh* 155, com vazão média contínua de $3,70 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, com concentração baixa ($0,837 \text{ g L}^{-1}$) de sólidos suspensos na entrada do filtro e pressão média na entrada do filtro de 378 kPa. Por um período de 240 minutos passou pelo filtro um volume acumulado de $14,80 \text{ m}^3$ de solução com $12,390 \text{ g}$ de massa total de sólidos em suspensão (argila e silte). A Figura 9 mostra o processo de filtração em função do tempo. Observa-se que a concentração máxima de sólidos suspensos na entrada do filtro foi $0,903 \text{ g L}^{-1}$ (no tempo inicial de 0 minuto) e a mínima $0,792 \text{ g L}^{-1}$ (aos 220 minutos). Na saída do filtro a concentração máxima de sólidos suspensos foi $0,903 \text{ g L}^{-1}$ (no tempo inicial de 0 minuto) e a mínima de $0,795 \text{ g L}^{-1}$ (aos 240 minutos). A concentração média na entrada do filtro ao longo do processo de filtração foi $0,837 \text{ g L}^{-1}$ e na saída $0,836 \text{ g L}^{-1}$.

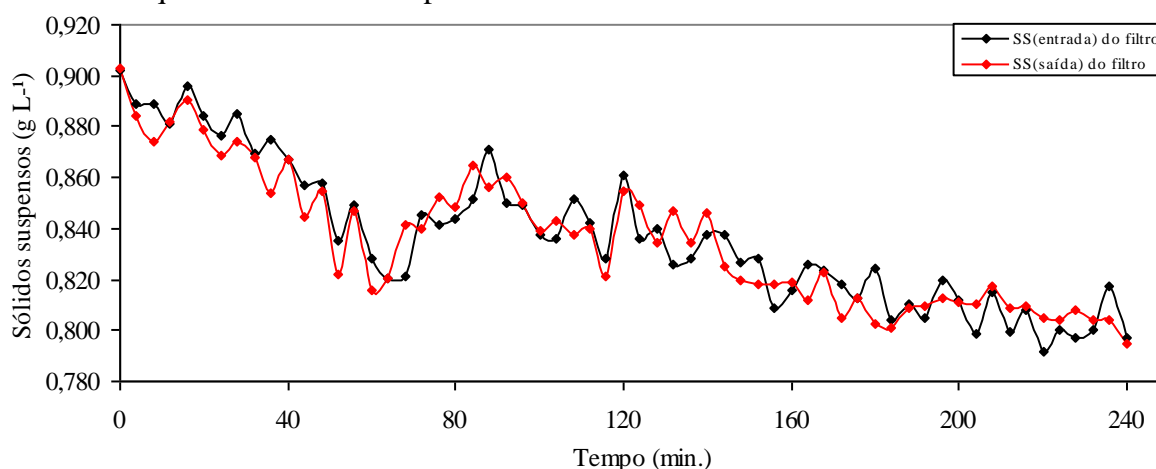


Figura 9. Processo de filtração em função do tempo para filtros de discos 1" *mesh* 155, $Q(\text{média}) = 3,70 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,837 \text{ g L}^{-1}$, $P(\text{média de ent. do filtro}) = 378 \text{ kPa}$

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

Nos tempos de 12, 68, 76, 80, 84, 92, 96, 100, 104, 124, 132, 136, 140, 156, 160, 176, 192, 204, 208, 212, 216, 220, 224, 228 e 232 minutos, a concentração de sólidos suspensos na saída do filtro foi superior à concentração de entrada, devido ao acúmulo de partículas retidas nas ranhuras dos anéis que foram liberadas pelo elemento filtrante. A porcentagem de material sólido retido em função do tempo está representada na Figura 10. Observou-se variação de -1,63 a 1,50% da

porcentagem de material sólido retido, sendo que os valores negativos significam liberação de material sólido retido pelo filtro. Durante os 240 minutos do ensaio do processo de filtração ocorreu alternância dos valores da porcentagem de material sólido retido, justificando assim a retenção e liberação do material sólido retido pelo elemento filtrante durante o processo de filtração, restando no final do processo apenas 0,16% de todo o material sólido filtrado.

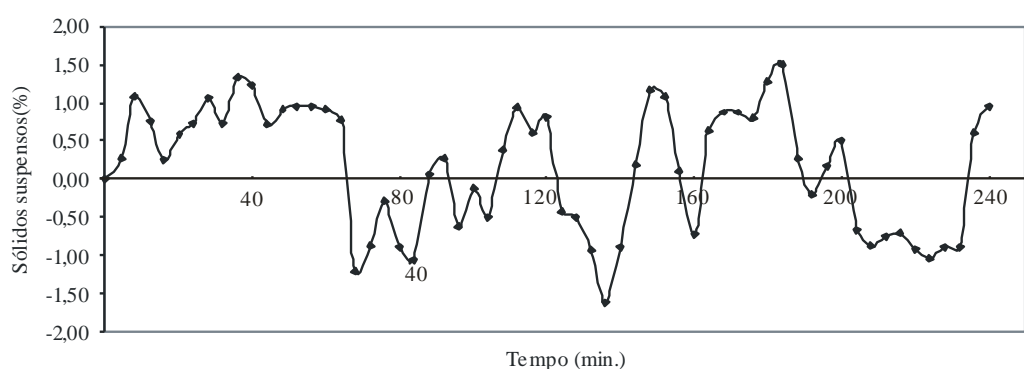


Figura 10. Porcentagem de sólidos retido em função do tempo para filtro de discos 1" mesh 155, $Q_{(média)} = 3,70 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,837 \text{ g L}^{-1}$

Na Figura 11 apresenta a perda de carga em função do tempo. O processo de filtração iniciou com perda de carga no valor de 2,003 m e finalizou com 7,031m, após 240 minutos.

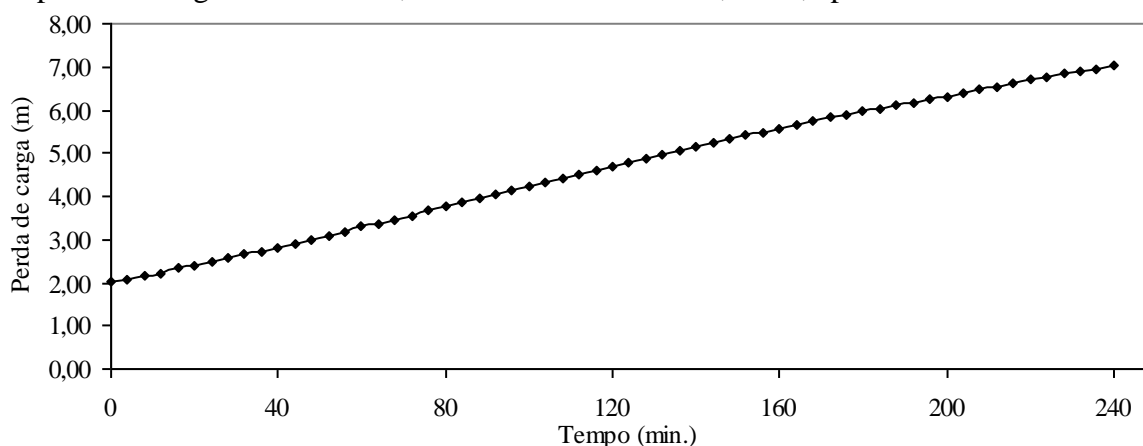


Figura 11. Perda de carga em função do tempo do tempo para filtro de discos 1" mesh 155, $Q_{(média)} = 3,70 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,837 \text{ g L}^{-1}$

Observa-se que a perda de carga ultrapassou o limite máximo aceitável da ordem de 4 a 6 m para filtro obstruído,

proposto por Cabello (1996) e López *et al.* (1997), sendo recomendado a limpeza do elemento filtrante no tempo de

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

funcionamento de 92 minutos quando indicou obstrução, com valor de 4,045 m de perda de carga. Entretanto, se considerar o valor máximo aceitável proposto acima, deve-se efetuar a limpeza do elemento filtrante no tempo de 180 minutos, quando a perda de carga foi 6,035 m. A massa retida acumulada em função do tempo está representada na Figura 12. Nota-se que a máxima massa retida (3,89 g) ocorreu aos 200 minutos (0,30% de retenção do material sólido suspenso filtrado), mas o melhor desempenho do processo de filtração em relação a porcentagem de massa retida foi nos primeiros 64 minutos (28,12 g), com

porcentagem média de retenção na ordem de 0,83% neste período. Após esse tempo ocorreu alternância dos valores da massa retida acumulada, demonstrando que nos tempos 68, 72, 76, 80, 84, 96, 100, 104, 124, 128, 132, 136, 140, 160, 192, 204, 208, 212, 216, 220, 224, 228, e 232 minutos houve liberação de 36,33 g do material sólido suspenso pelo elemento filtrante. Este processo resultou em uma massa retida acumulada de 20,46 g, correspondendo a uma taxa de remoção de material sólido de 0,16% nos 240 minutos do processo de filtração, tendo entrado no filtro 12.390 g de massa total de sólidos em suspensão (argila e silte).

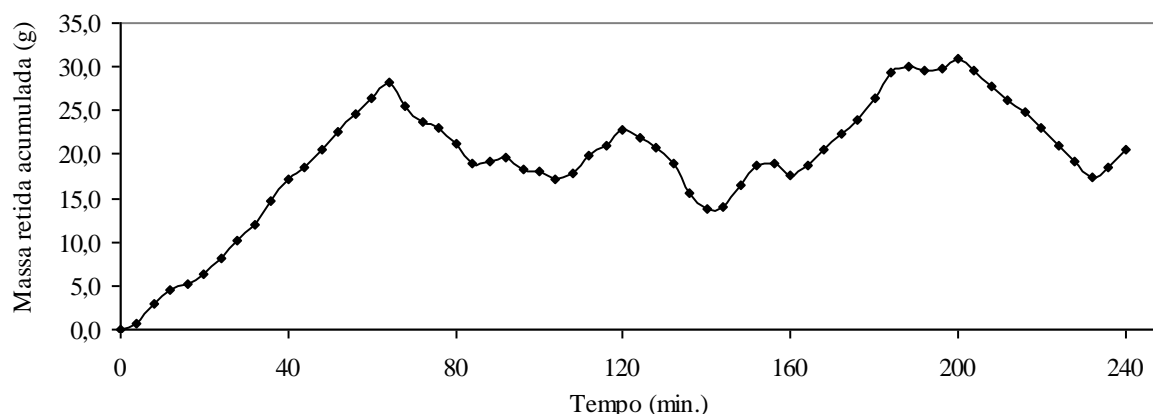


Figura 12. Massa retida acumulada carga em função do tempo do tempo para filtro de discos 1'' mesh 155, $Q(\text{média}) = 3,70 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,837 \text{ g L}^{-1}$

Embora a filtração de material sólido em suspensão tenha sido muito pequena, observou-se valores de perda de carga superiores ao máximo permitido para início do processo de limpeza. Isso ocorreu porque as ranhuras dos discos do elemento filtrante têm dimensões suficientemente pequenas (diâmetros de entrada de 0,442 mm e de saída de 0,291 mm) para serem obstruídas com pequeno acúmulo de material sólido (argila e silte).

Resultados do processo de filtração para o filtro de discos de 1'', mesh 155 com vazão de $1,82 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e concentração baixa ($0,841 \text{ g L}^{-1}$) de sólidos suspensos na entrada do filtro

Nas Figuras 13, 14, 15 e 16, mostram-se os resultados dos ensaios com o filtro de

discos de 1'', mesh 155, para vazão média contínua de $1,82 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, concentração baixa de sólidos suspensos na entrada do filtro ($0,841 \text{ g L}^{-1}$) e pressão média na entrada do filtro de 381 kPa. No período de 240 minutos de filtração entrou no filtro um volume de $7,28 \text{ m}^3$ de solução e 6,118 g de massa total de sólidos em suspensão (argila e silte). A Figura 13 corresponde ao processo de filtração em função do tempo. Observa-se que a concentração máxima de sólidos suspensos na entrada do filtro foi $0,887 \text{ g L}^{-1}$ (no início do processo), e a mínima $0,819 \text{ g L}^{-1}$ (200 e 232 minutos), resultando uma concentração média de $0,841 \text{ g L}^{-1}$ ao final do 240 minutos. Neste período a concentração média de saída foi $0,837 \text{ g L}^{-1}$.

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

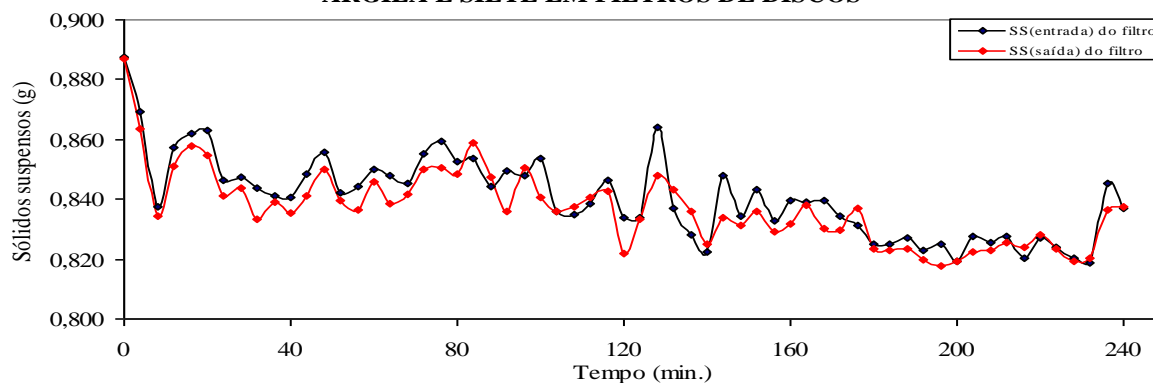


Figura 13. Processo de filtração em função do tempo para filtro de discos 1" mesh 155, $Q(\text{média}) = 1,82 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,841 \text{ g L}^{-1}$, $P(\text{média de ent. do filtro}) = 381 \text{ kPa}$

Nos tempo 84, 88, 96, 108, 112, 132, 136, 140, 176, 200, 216, 220, 232 e 240 minutos as concentrações de sólidos suspensos na saída do filtro foram superiores às da entrada, denotando a liberação de material

retido no filtro. Em qualquer intervalo de tempo, a porcentagem de material sólido retido foi inferior a 0,98%, conforme se observa na Figura 14.

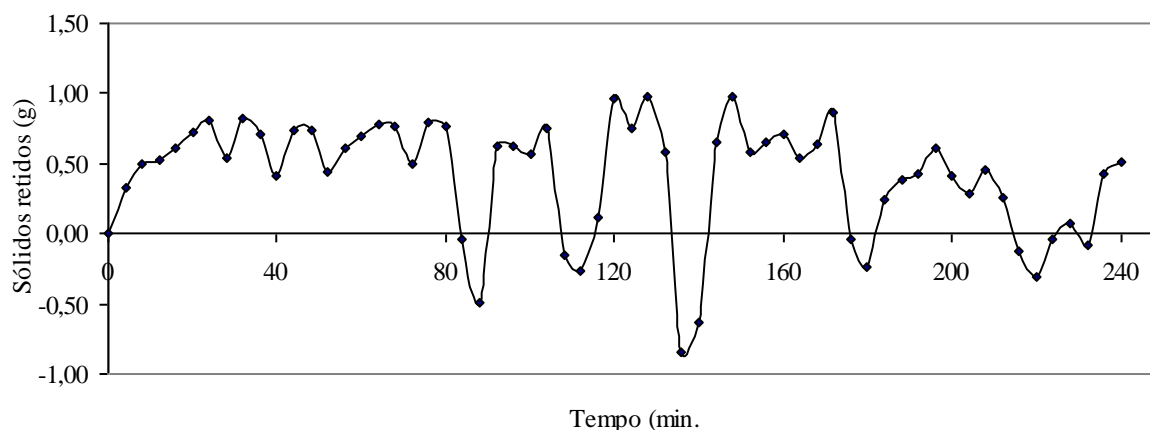


Figura 14. Porcentagem de material retido em função do tempo para filtro de discos 1" mesh 155, $Q(\text{média}) = 1,82 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,841 \text{ g L}^{-1}$

Durante os 240 minutos de funcionamento, o melhor desempenho do filtro ocorreu nos primeiros 24 minutos do processo de filtração em relação a porcentagem de material retido, atingindo um percentual médio de 0,58% de retenção. Após esse período, ocorreram oscilações dos valores da porcentagem de material retido. Essas oscilações resultaram uma porcentagem média de retenção 0,42%, até o final do processo. Na Figura 15 são mostrados os valores da perda de carga em função do tempo. Observa-se que a perda de carga

durante os 240 minutos do processo ficou no limite de 1 a 3 m, representativo filtro limpo conforme Cabello (1996), Keller e Bliesner (1990) e López *et al.* (1997). No ensaio a perda de carga iniciou com um valor de 0,536 m e finalizou com 1,134 m. São apresentados na Figura 16 os valores da massa retida acumulada em função do tempo, para o período de funcionamento de 240 minutos do processo de filtração. Nos primeiros 80 minutos a retenção foi contínua (13,16 g) e isso representou 0,65% de material retido sobre um volume filtrado de $2,41 \text{ m}^3$, com uma concentração

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

média de sólidos suspensos na entrada do filtro de 0,841 g L⁻¹.

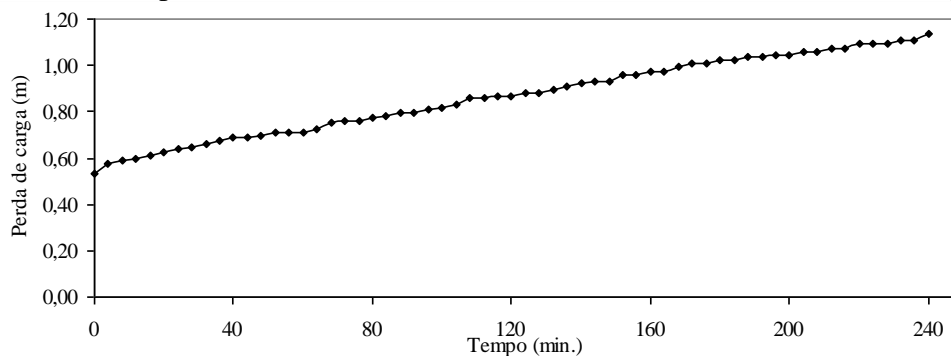


Figura 15. Perda de carga em função do tempo do tempo para filtro de discos 1'' mesh 155, $Q(\text{média}) = 1,82 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,841 \text{ g L}^{-1}$

Nos tempos 84, 88, 108, 112, 136, 140, 176, 180, 216, 220, 224 e 232 minutos ocorreu liberação de 3,28 g de material sólido das ranhuras do elemento filtrante, resultando na massa retida acumulada final

de 25,81g. Estes valores indicam uma taxa de material sólido de 0,42%, em 6.118 g de massa total de sólidos em suspensão (argila e silte) em um volume filtrado de 7,28 m³.

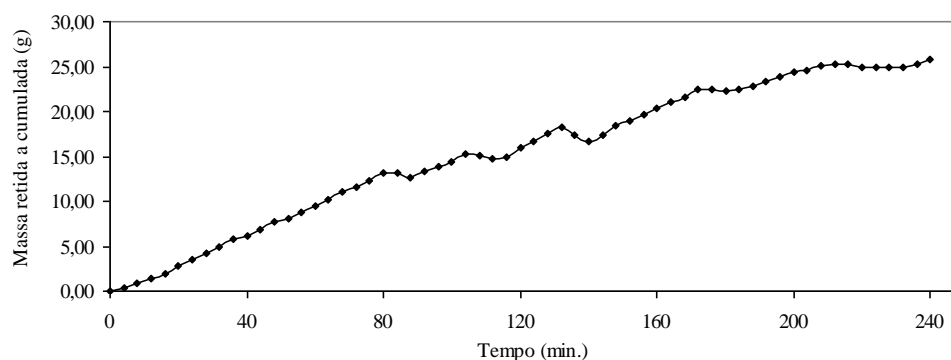


Figura 16. Massa retida acumulada carga em função do tempo para filtro de discos 1'' mesh 155, $Q(\text{média}) = 1,82 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, $SS = 0,841 \text{ g L}^{-1}$

Comparação entre o processo de filtração com vazão de 3,70 m³ h⁻¹ (concentração 0,837 g L⁻¹) versus vazão de 1,82 m³ h⁻¹ (concentração 0,841 g L⁻¹) Comparando a vazão de 3,70 m³ h⁻¹ (concentração de entrada 0,837 g L⁻¹ e volume filtrado de 14,80 m³ de solução contendo uma massa total de sólidos em suspensão de 12.390 g) com a vazão de 1,82 m³ h⁻¹ (concentração de entrada 0,841 g L⁻¹ e volume filtrado de 6,78 m³ de solução e 6,118 gramas de sólidos em suspensão), verifica-se nas Figuras 9, 10, 12, 13, 14 e 16 o filtro de discos 1'' mesh 155 com vazão de 1,82 m³ h⁻¹ apresentou melhor desempenho, com uma taxa de

remoção da ordem de 26,15%, superior à obtida com vazão de 3,70 m³ h⁻¹ (20,46 e 25,81g). Atribui-se a este fato a menor velocidade de filtração na menor vazão. As concentrações de entrada, quando comparadas, apresentaram uma diferença de apenas 0,48% (0,837 e 0841 g L⁻¹) não justificando a maior quantidade de material retido na menor vazão durante os 240 minutos do processo de filtração. Comparando-se as perdas de carga apresentadas nas Figuras 12 e 15, observa-se que para a vazão de 3,70 m³ h⁻¹ e concentração de sólidos em suspensão na entrada de 0,837 g L⁻¹, do início do processo de filtração até o tempo de 48

FILTRAÇÃO DE ÁGUA COM DIFERENTES MESH E VAZÕES COM CONCENTRAÇÃO DE ARGILA E SILTE EM FILTROS DE DISCOS

minutos, o filtro permaneceu limpo, apresentando perda de carga entre 1 e 3 m. Entre os tempos de 48 e 92 minutos a perda de carga ficou na faixa intermediária de 3 a 4 m, e a partir deste momento até o término dos 240 minutos de filtração, o elemento filtrante apresentou obstrução, com perdas de carga variando de 4,045 a 7,031 m. Para a vazão de $1,82 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e concentração de sólidos em suspensão na entrada de $0,841 \text{ g L}^{-1}$ observou-se que durante os 240 minutos do processo de filtração, a perda de carga no filtro foi inferior a 3 m (0,536 e 1,134 m), indicando que o filtro permaneceu limpo, de acordo com o critério proposto por Cabello (1996) e Keller e Bliesner (1990) (Figura 15). Verifica-se que para a vazão de $3,70 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e concentração de sólidos em suspensão na entrada de $0,837 \text{ g L}^{-1}$, o filtro de discos *mesh* 155 apresentou obstrução, embora se tenha observado pequena porcentagem de material sólido retido (0,47%). Esse fato ocorreu provavelmente devido ao “mecanismo de ponte” e de cimentação das partículas nas ranhuras do elemento filtrante.

CONCLUSÃO

Para os filtros de discos 1”, *mesh* 120, a porcentagem máxima de remoção dos sólidos suspensos pelo elemento filtrante foi 2,04%, sempre no período inicial do processo de filtração. No período de 240 minutos a porcentagem média de remoção de partículas sólidas foi 0,20%.

Para filtros de discos de 1”, *mesh* 155, a porcentagem máxima de remoção de sólidos suspensos pelo elemento filtrante foi 1,62%, no início do período de filtração e a porcentagem média de 0,29% durante os 240 minutos de filtração.

Para os filtros de discos 1”, *mesh* 120 com a vazão média de $2,00 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e *mesh* 155 com vazão média de $1,82 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ durante os 240 minutos de filtração, ocorreu um desempenho melhor na retenção do material sólido retido. Atribui-se a este fato

a menor velocidade de passagem da solução no interior do filtro, facilitando o depósito e retenção de partículas de maior tamanho nas ranhuras do elemento filtrante.

O aumento da perda de carga nos filtros de discos *mesh* 155 foi mais rápido que nos elementos dos filtros de *mesh* 120 devido, principalmente, ao maior acúmulo de material sólido (argila e silte) em sua superfície, decorrência do menor diâmetro dos orifícios do elemento filtrante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia; goteo, microaspersión, exudación**. 3.ed. Madri: Mundi-Prensa, 1996. 513p.

GILBERT, R. G.; NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A.; FRANCE, O. F.; ADAMSON, K. C. Las obstrucciones de los emisores y los problemas de caudal. **Agri. Water Manage.**, v.3, p.45. 1981.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.

LÓPEZ, J. R.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNANDES, J. F. G. **Riego Localizado**. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1992, 405p.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D.; FRENCH, O. F. Reclaiming partially clogged trickle emitters. **Transactions of the ASAE**, v. 20, p.278-280, 1977.

SCHAWANKL, L.; PRICHARD, T. Clogging of buried drip irrigation systems. **California Agriculture**, Berkeley, California. V.44, p.16-17, 1990.