

I-120 - AVALIAÇÃO DO USO DE MORINGA OLEIFERA COMO AUXILIAR DE FILTRAÇÃO NA REDUÇÃO DE OOCISTOS DE *CRYPTOSPORIDIUM PARVUM*, POR SIMULAÇÃO COM MICROESFERAS DE POLIESTIRENO NA PRÉ-FILTRAÇÃO SEGUIDA DE FILTRAÇÃO

Marcelo Jacomini Moreira da Silva⁽¹⁾

Pós- doutorando da Faculdade de Engenharia Agrícola da FEAGRI/UNICAMP, Doutor em Saneamento e Ambiente FEC/UNICAMP, Professor das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul - FUNEC.

José Euclides Stipp Paterniani

Doutor em Hidráulica e Saneamento EESC/USP. Professor do Departamento de Saneamento e Ambiente da FEAGRI/UNICAMP

Endereço⁽¹⁾: Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP Cidade Universitária Zeferino Vaz, Barão Geraldo, 13083-970, Campinas - SP – Brasil, tel.: (19) 3521-1019, e-mail: silvamjm@gmail.com

RESUMO

Um protozoário com grande grau de periculosidade e muito frequente nos maiores surtos já existentes mundialmente é o *Cryptosporidium spp.*, e uma vez seus oocistos presentes em águas de consumo humano podem causar danos à saúde humana e animal. Como a cloração não garante inativação completa desses organismos é necessário que as estações de tratamento de água tenham sistemas de tratamento eficazes, principalmente durante a coagulação e a filtração. Desta forma, esses organismos podem ser retidos no decorrer dessas etapas de tratamento e com isso viabilizando água de melhor qualidade para consumo. Além disso, é preciso buscar alternativas economicamente viáveis voltadas às populações que não possuem infraestrutura em saneamento, para que possa atender os principais parâmetros básicos de qualidade de água. Alternativas como os sistemas de Filtração, podem ser alternativas viáveis economicamente por obter materiais de fácil acesso. Também como agente coagulante é possível utilizar coagulantes naturais capazes de remover material particulado em suspensão e reduzir o número de muitos organismos presentes em água. Um coagulante natural empregado no tratamento de água em pequenas comunidades é a semente proveniente da árvore de *Moringa oleifera*. Alguns estudos tem mostrado que a utilização de substitutos de oocistos de *Cryptosporidium* para avaliar a efetividade de tratamentos tem sido empregados como alternativo para evitar a utilização do protozoário em pesquisas, e desta forma muitas vantagens são observadas como o custo, já que as análises para esses organismos são possuem custos elevados e a diminuição do risco de contaminação por esses oocistos. Entre esses substitutos, as microesferas de poliestireno tem se mostrado uma opção favorável por obter algumas características similares a do oocisto. Tendo em vista a importância da eliminação desses protozoários em águas de abastecimento, este trabalho teve como objetivo empregar um sistema de Filtração e o coagulante natural proveniente da semente de *Moringa oleifera* para a remoção de microesferas de poliestireno. Com isso comprovou-se que a coagulação e o sistema de filtração, retêm as microesferas nesses processos de tratamento, tornando-se uma alternativa viável do ponto técnico e econômico de tratamento de água voltado principalmente para atender populações que não possuem tratamentos convencionais obrigatório do trabalho será precedido pelo subtítulo

PALAVRAS-CHAVE: Coagulantes naturais, *Moringa oleifera*, Oocistos de *Cryptosporidium*, Microesferas de Poliestireno, Filtração Lenta.

INTRODUÇÃO

As exigências para utilização de águas tratadas estão cada vez mais restritas e por isso, um efluente depois de tratado necessita apresentar condições adequadas nos padrões estabelecidos para reutilização. Desta forma, tanto em casos de reuso de águas tratadas, como também no caso de água potável para o uso na agricultura e no consumo humano direto existem organismos vivos patógenos resistentes à desinfecção por cloro.

Oocistos de *Cryptosporidium* são resistentes aos processos de desinfecção por cloração, que é uma barreira fundamental para deter a transmissão de outros agentes patogênicos presentes em água potável. Em alguns

processos de tratamento de água, os oocistos podem ficar retidos no decorrer do processo, apesar de que quaisquer oocistos que romper essas etapas de tratamento representam uma ameaça potencial para a saúde humana devido à sua resistência ao cloro (KEEGAN et al., 2003).

Em que pesem as incertezas quanto aos riscos reais de saúde impostos pela presença de reduzidas densidades de protozoários em águas tratadas, as evidências disponíveis têm concentrado novas atenções, no caso, de *Cryptosporidium spp* quanto à necessidade de se aprofundarem os conhecimentos sobre as fontes de contaminação, a distribuição de protozoários em mananciais de abastecimento e a eficiência de remoção desses organismos pelos processos de tratamento (HELLER et al., 2004).

Criptosporidium spp é um protozoário parasita que causa problemas gastrointestinais.

Em pesquisas levantadas, 90% dos casos desse protozoário patogênico ocorrem através da água, enquanto 10% mostraram ser devido à alimentação. Transmissão direta de contato de pessoa para pessoa também resulta na transmissão, principalmente entre crianças em creches (GUY et al., 2003).

A disponibilidade de recursos financeiros em países em desenvolvimento é restrita e por isso, o estudo de alternativas de tecnologias econômicas passa a ser uma necessidade ao equacionamento da questão do saneamento no país, principalmente quando se trata de reuso (VERAS e DI BERNARDO, 2008).

A filtração lenta tem mostrado ser um tratamento simples e bastante eficaz na remoção de oocistos *Cryptosporidium spp*, que apresentam, respectivamente, dimensões de aproximadamente 3,0-8,5 µm. É, portanto, potencial e significativamente removível por filtração. (HELLER et al., 2004).

Uma alternativa que pode complementar a pré-filtração e a filtração lenta é a utilização de coagulantes, que também contribuem na remoção de diversas partículas presentes em águas, incluindo microrganismos, que estão associados às partículas de sólidos em suspensão e coloidais. Por isso, quando a água apresenta características de cor e turbidez elevadas, significa interpretar a presença de organismos vivos.

A utilização de coagulantes também contribui na remoção de diversas partículas presentes em águas, incluindo microrganismos, que estão associados às partículas de sólidos em suspensão e coloidais. Por isso, quando a água apresenta características de cor e turbidez elevadas, significa interpretar a presença de organismos vivos.

O uso de coagulantes naturais como as sementes de *Moringa oleífera* favorecem a aplicação em países em desenvolvimento, cujo tratamento de água ainda possui custos onerosos ou não atende toda a população.

Combinado com um sistema de filtração, o uso de coagulantes naturais é uma alternativa viável do ponto de vista econômico para atender a falta de coagulantes produtos químicos no tratamento de água para pequenas comunidades.

OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade do sistema de pré-filtração e filtração lenta em não tecido e a coagulação/floculação com o uso de sementes de *Moringa oleífera* para a remoção de microesferas de poliestireno simulando oocistos de *Cryptosporidium parvum*.

Foi avaliado do uso de coagulantes em sistemas contendo apenas a unidade de filtração lenta e sistemas de filtração contendo pré-filtro de pedregulho e filtração lenta, avaliando-se a eficiência de remoção de cor aparente, turbidez, condutividade elétrica, pH e concentração de *Cryptosporidium parvum* por meio da simulação com microesferas de poliestireno

METODOLOGIA UTILIZADA

Unidades de Filtração

O sistema piloto construído para realização dos ensaios foi composto por um equipamento de Jar-test, um pré-filtro de pedregulho e dois filtros com meio filtrantes de não tecidos, uma visão geral do experimento montado pode ser visto na Figura 1.

O contato entre o coagulante e a água foi realizado no equipamento de Jar-test, Para a condução da água floculada aos filtros, os jarros foram adaptados com um ponto de saída localizado a 0,9 cm do fundo do jarro e aproximação das pás do equipamento a 1,5 cm do fundo dos jarros.

O pré-filtro de pedregulho foi montado utilizando peças comerciais disponíveis (Figura 2) com diâmetro de 100 mm e altura total de 0,40 m.



Figura 1 Sistema piloto para ensaios de tratamento de água.



Figura 2 Unidade de Pré-Filtração em Pedregulho



Figura 3 Unidade de Filtração em Camadas não Tecidas

As características do meio filtrante de pedregulho utilizado no pré-filtro são mostradas na Tabela 1, sendo adotado com referência Franco (2010).

Tabela 1 Faixas granulométricas do meio filtrante utilizado no pré-filtro de pedregulho

Camada	Faixa Granulométrica	Espessura
Superior	1,68 a 2,40 mm	10 cm
Intermediária	3,36 a 6,35 mm	10 cm
Inferior	9,52 a 12,7 mm	10 cm

Nesta pesquisa as camadas foram estabelecidas com espessura de 10 cm e taxa de aplicação de $12 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$, valor sugerido por Di BERNARDO et al (1999).

Os filtros de não tecidos, também foram montados a partir de peças comerciais, o corpo do filtro montado em estrutura de garrafas PET comerciais, que possui diâmetro 100 mm e altura total de 1,40 m. (FIGURA 3)

A composição do meio filtrante foi formada por 30 cm areia grossa, lavada peneirada em malha de 1 mm, sendo que um filtro de continha acima da superfície de areia 5 camadas. Na utilização apenas de apenas não tecidos foram utilizados 10 camadas de não tecidos, cujas características estão disponíveis na Tabela 2.

Tabela 2 Características das camadas não tecidas utilizadas

Espessura	4 mm
Gramatura	: 600 g/m ² 1,68 a 2,40 mm
Fabricante	OBER

Adotou-se para os filtros lentos, taxa de filtração de $4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$. (Di BERNARDO et al, 1999).

Devido à presença de um pré-filtro antes de um dos filtros lentos com taxa de filtração maior que a da filtração lenta ocorrerá um acúmulo temporário de água no corpo do filtro, essa condição torna diferentes os sistemas, pois no filtro com areia o acúmulo ocorrerá nos interstícios do meio filtrante, enquanto nos filtros apenas com não tecidos, onde a camada de filtrante possui menor espessura, esse acúmulo irá ocorrer na superfície livre do filtro.

Preparação da Água para Realização dos Ensaio

Para o tratamento utilizou-se água turva preparada sinteticamente com adição de bentonita, de acordo com trabalhos realizados por ARANTES (2010). Cada jarro de 2 litros passou a conter 0,1 g de bentonita e cerca de 2×10^6 microesferas fluorescentes de poliestireno, contadas previamente em Câmara de Neubauer, para posterior observação da eficiência do tratamento empregado.

Preparação do Coagulante Natural à base de Moringa Oleífera

O extrato de sementes de *Moringa oleífera* foi preparado a partir de sementes trituradas a pó, elaborando-se uma solução de *Moringa oleífera* em peso/volume à 2% a uma concentração de 25 mg.L^{-1} , obtendo-se assim, o coagulante líquido.

Também foi testada a aplicação do coagulante em pó seco das sementes trituradas. Esse pó foi acondicionado em sachês confeccionados com papel poroso, comercialmente produzido para uso na filtração de café bebida, segundo ARANTES (2010), para cada jarro com 2 litros, o sachê continha 0,1902 g de pó de sementes, revertendo, após dispersão, na mesma dosagem que o coagulante líquido.

RESULTADOS OBTIDOS

O Pré-filtro de pedregulho apresentou eficiência de remoção em todos os parâmetros avaliados, como mostrado na Tabela 3, porém inferiores aos filtros lentos. Também se observa que o uso do pré-filtro não alterou a eficiência dos filtros lentos.

Tabela 3 Valores de eficiência obtidos com pré-filtro de pedregulho e filtros lentos com não tecidos

Parâmetro	Valor Inicial	Eficiência de Remoção (%)		
		Pré-Filtro	Pré-Filtro seguido de Filtro Lento	Filtro Lento
Turbidez (NTU)	11,17	80,08	95,61	96,57
Cor Ap. (mg Pt-Co L^{-1})	48,3	85,51	96,68	97,10
Cond. Elétrica (μScm^{-1})	5,9	-	-	41,02
Microesferas (quant.)	171,1	86,75	100	100

Comparando os meios filtrantes utilizados pode-se observar nas Figuras 4 a 7, que no início da carreira de filtração as amostras coletadas no filtro lento com não tecidos têm concentração mais elevadas dos parâmetros avaliados, sendo estes gradativamente reduzidos, tendendo a valores semelhantes os demais filtros, esse comportamento faz com que o uso areia seja necessário, pois existe a possibilidade de um número significativo de microesferas (*Cryptosporidium parvum*) transpor o meio filtrante caso esse seja composto apenas por não tecidos, como mostrados na Figura 11.

Foi avaliada também a alternativa de uso do coagulante na forma de sachês, permitindo que a proteína com ação coagulante disperse no meio e retendo a matéria em suspensão oriunda das sementes no papel utilizada nos sachês.

Os resultados mostraram que o uso dos sachês proporcionou ao sistema eficiência similar aquela obtida com o uso do coagulante líquido, com se observa na Tabela 4, evidenciando a viabilidade da aplicação do coagulante dessa forma, a qual é mais prática e reduz o consumo de água.

Tabela 4 Valores de eficiência obtidos com diferentes formas de aplicação do coagulante natural a base de *Moringa oleifera*

Parâmetro	Valor Inicial	Eficiência de Remoção - %	
		Sache	Solução
Turbidez (NTU)	18,7	97,65	97,77
Cor Ap. (mg Pt-Co / L)	69,9	98,57	99,28
Microesferas (quant.)	303,45	100	100

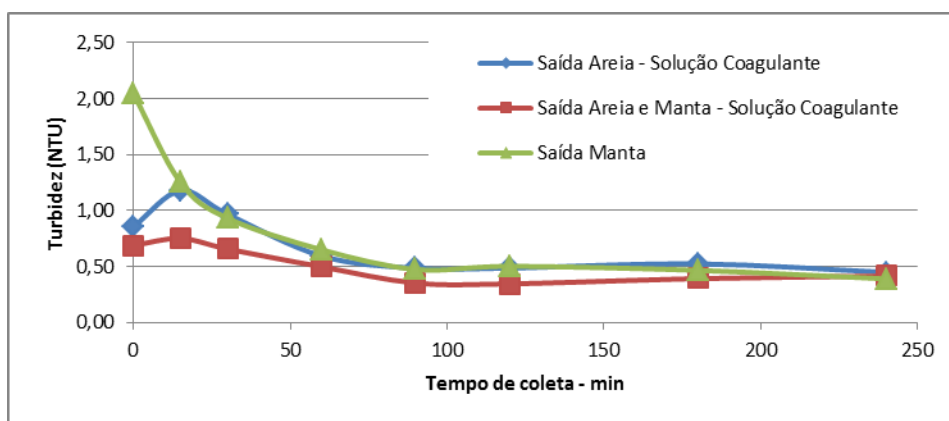


Figura 4 Valores de turbidez na saída dos filtros lentos com diferentes meios filtrantes

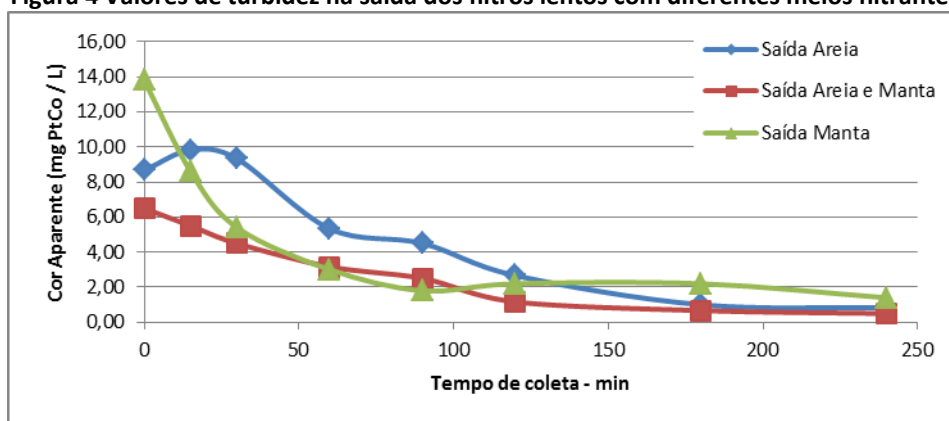


Figura 5 Valores de cor aparente na saída dos filtros lentos com diferentes meios filtrantes

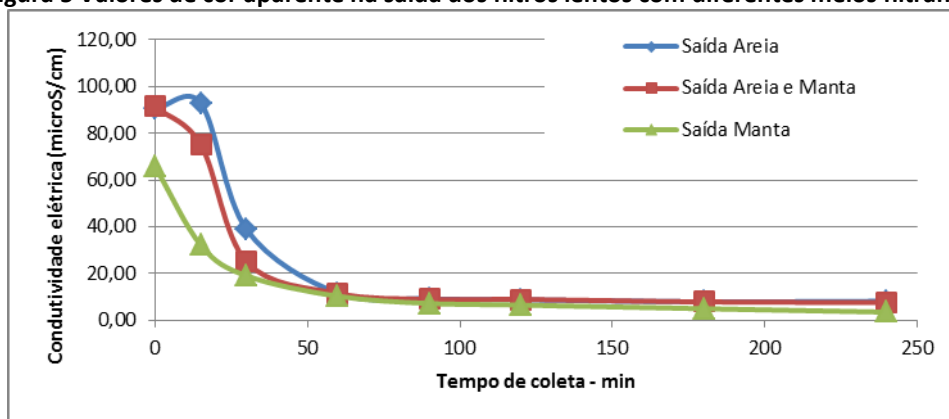


Figura 6 Valores de condutividade elétrica na saída dos filtros lentos com diferentes meios filtrantes

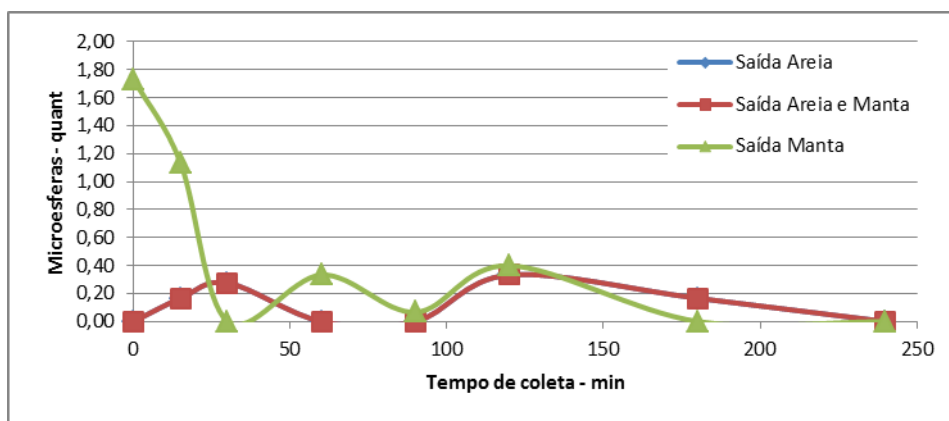


Figura 7 Quantidade de microesferas na saída dos filtros lentos com diferentes meios filtrantes

CONCLUSÕES

O presente estudou o efeito da aplicação do coagulante natural a base de sementes de moringa sob diferentes formas e em pontos distintos de um sistema de filtração, permitindo concluir que:

- ✓ O uso de pré-filtro de pedregulho possui eficiência da ordem de 85% na redução dos parâmetros avaliados (turbidez, cor aparente e microesferas de poliestireno simulando oocistos de *Cryptosporidium parvum*), e não tendo efeito sob a qualidade da filtração lenta como tratamento subsequente, sendo indicado para sistema que não têm exigência de valores elevados de eficiência de remoção;
- ✓ A comparação dos diferentes meio filtrantes (não tecidos, areia e associação de ambas) permitiu observar que no início da carreira de filtração o uso apenas de não tecidos demanda maior tempo de amadurecimento do filtro e no decorrer da carreira os valores obtidos passam a ser similares para os 3 meios filtrantes avaliados.
- ✓ A forma de aplicação do coagulante mostrou resultados também semelhantes para os parâmetros avaliados, favorecendo o uso do coagulante com saches pois o preparo é mais simplificado em relação a solução líquida e não adiciona material sólido o sistema de filtração e economizando água.
- ✓ Para a avaliação da remoção de *Cryptosporidium parvum* pode-se observar que a eficiência atinge índices de 100% de remoção, sendo então a *Moringa oleífera* um coagulante com potencial de uso para tal contaminante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Processo: 2010/16223-0 e 2010/16118-2) pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARANTES, C.C. Utilização de coagulantes naturais à base de sementes de *Moringa oleífera* e tanino como auxiliares da filtração em não tecidos. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas (Dissertação de Mestrado)., SP. 129p. 2010.
2. Di Bernardo, L.; Brandão, C.S.S.; Héler, L. Tratamento de Águas de Abastecimento Por Filtração Em Múltiplas Etapas. 1. ed. Rio de Janeiro: PROSAB-ABES, 1999. 114 p.
3. Franco, M. Uso de Coagulante Extraído de Sementes de *Moringa oleífera* como Auxiliar no Tratamento de Água por Filtração em Múltiplas etapas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas (Dissertação de Mestrado)., SP. 109p. 2010
4. Guy, R. A.; Payment, P.; Krull, U.J.; Horgen, P.A. Real-Time PCR for Quantification of *Giardia* and *Cryptosporidium* in Environmental Water Samples and Sewage. Appl. Environ. Microbiol., 69(9): 5178–5185, 2003.

5. Heller, L.; Bastos, R. K.X.; Vieira, M.B.C.M.; Bevilacqua, P.D.; Brito, L.L.A.; Mota, S.M.M.; Oliveira, A.A.; Machado, P.M.; Salvador, D.P.; Cardoso, A.B. Oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia*: circulação no ambiente e riscos à saúde humana. *Epidemiol. Serv. Saúde*, 13 (2), 79 –92, 2004.
6. Keegan, A.R.; Fanok, S.; Monnis, P.T.; Saint, C. Cell Cuture-Taqman PCR Assay for evaluation of *Cryptosporidium parvum* disinfection. *Appl. Environm. Microbiol.*, 69 (5): 2505-2511, 2003
7. Silva, M.J.M., Paterniani, J. E. S., Ribeiro, A. F., Arantes, C.C., Silva, G. K., Utilização de Coagulante Natural de *Moringa Oleifera* para Clarificação e Desinfecção de Efluentes Domésticos Tratados em Leitos Cultivados e Filtração em Múltiplas Etapas, In: 26º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25 a 29 de setembro de 2011, Porto Alegre/RS – CD-ROM.
8. Veras, L. R. V.; Di Bernardo, L. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas –FIME. *Eng. Sanit. Ambient.*, 13 (1): 109-116, 2008.