

AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DA MORINGA COMO COAGULANTE NATURAL NA REDUÇÃO DA TURBIDEZ E COR APARENTE NO TRATAMENTO DE ÁGUA EM SISTEMA FIME

Edilaine Regina Pereira^{1*}; *José Euclides Stipp Paterniani*²; *Monalisa Franco*³; *Joseane Debora Peruço Theodoro*⁴

Resumo – O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma avaliação da potencialidade do uso da *Moringa oleifera*, como coagulante natural aplicado ao tratamento de água utilizando o sistema de Filtração em Múltiplas Etapas (FIME). O esquema de montagem da estação de FIME foi elaborado com as seguintes componentes: um reservatório de água bruta, pré-filtro dinâmico, floculador, pré-filtros de fluxo ascendente e filtros lentos. A aplicação de coagulante foi feita por bomba de diafragma sendo aplicado diretamente na saída da caixa dosadora que alimenta as unidades subsequentes. Ao verificar as etapas mais importantes para o estudo da eficiência da solução coagulante, optou-se por aplicar a solução coagulante somente nas etapas dos Pré-Filtros e dos Filtros Lentos perfazendo as seguintes linhas de aplicação: Linha 1 (água bruta/efluente PFD/efluente PF1/efluente FL3); Linha 2 (água bruta/efluente PFD/efluente PF1/efluente FL4) e Linha 3 (água bruta/efluente PFD/efluente PF2/efluente FL1 e FL2). Avaliaram-se os resultados obtidos de redução de turbidez no sistema FIME com o uso do coagulante sem passar pelo floculador e passando pelo floculador. Pode-se observar que os ensaios com a moringa sem floculação apresentaram valores bastante discrepantes num mesmo sistema. Avaliando-se também o parâmetro cor aparente notou-se que a partir do FL1 já podem ser observados valores bem menores de cor, fazendo com que a partir do FL1 a eficiência da redução deste parâmetro e enquadramento como água de Classe Especial já pode ser notada. Nota-se que os valores de redução de cor aparente acompanham a mesma linha de redução de turbidez ao longo de todo sistema.

Palavras-Chave – coagulante natural, filtração em múltiplas etapas.

REDUCTION EFFICIENCY OF TURBIDITY AND APARENT COLOR IN FIME SYSTEM USING MORINGA AS NATURAL COAGULANT

Abstract - The objective of the project was to evaluate the potential of using moringa as natural coagulant in filtration system in multiple stages (FIME) in water treatment. The station FIME reservoir was mounted through the raw water pre filter dynamic, flocculator, pre filters and upward flow slow sand filters. The application was made by coagulating diaphragm pump being applied directly to the output of the metering box that feeds the subsequent units. By checking the most important steps to study the efficiency of the coagulant solution, we chose to apply the solution coagulant only in steps of Pre-Filters and Filters slow making the following lines of application: Line 1 (raw water / effluent PFD / effluent PF1/effluent FL3) Line 2 (raw water / effluent PFD / effluent PF1/effluente FL4) and Line 3 (raw water / effluent PFD / effluent PF2/effluente FL1 and FL2). We evaluated the results obtained reduction in turbidity FIME system using the coagulant without passing through the flocculator and passing through the flocculator. It can be observed that the tests with a jug without flocculation showed a very different values in the same system.

^{1*}Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, edilainepereira@utfpr.edu.br

² Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, paterniani@feagri.unicamp.br

³ Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, monaocnarf@yahoo.com.br

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, joseaneph@utfpr.edu.br

Evaluating the parameter is also apparent color was noted that from FL1 can already be observed color values much lower, making from FL1 efficiency and reduction of this parameter framework as water Special Class already remodeling. Note that the values of apparent color reduction accompanying the same line of reduced turbidity throughout the system.

Keywords - natural coagulant, filtration system in multiple stages.

INTRODUÇÃO

A deterioração dos mananciais empregados tanto para irrigação quanto para abastecimento público, é cada vez mais acentuada e ainda que suas águas continuem sendo utilizadas, não mais apresentam os padrões qualitativos para o consumo humano tanto do ponto de vista físico como microbiológico devido principalmente à presença de partículas coloidais e de matéria orgânica e muitas vezes se mostram impróprias até mesmo para o fornecimento de água para os sistemas de irrigação.

O emprego da tecnologia de filtração em múltiplas etapas (FIME) como pós-tratamento de sistemas simplificados de tratamento de esgoto, possibilita a obtenção de um efluente final de boa qualidade tanto do ponto de vista físico-químico, quanto do ponto de vista bacteriológico, podendo viabilizar, de forma segura e econômica, o reuso destes efluentes em atividades agrícolas menos nobres. Além disso, a FIME pode ainda ter maiores campos de utilização se forem melhoradas sua eficiência com a utilização de produtos que também tenha baixo custo, alta disponibilidade e simplicidade de aplicação.

A utilização de coagulantes de origem vegetal com a finalidade de clarificação de águas turvas e coloridas é de grande importância ecológica e ambiental, considerando que a presença das plantas, sempre contribui com a ecologia, o embelezamento e a melhoria do ambiente, tornando o meio mais agradável e ainda produzindo oxigênio molecular, composto indispensável à respiração dos seres vivos. Em diferentes países, plantas nativas estão sendo utilizadas para a obtenção de coagulantes naturais e particularmente a espécie *Moringa oleifera*, destaca-se como uma das mais promissoras fontes de coagulante natural aplicados na remoção de partículas presentes na água.

Assim, estima-se que, a aplicação do coagulante natural extraído das sementes de moringa, em conjunto com a filtração em múltiplas etapas, pode ampliar a empregabilidade desta tecnologia de tratamento de água, em áreas rurais, além de possibilitar, eventualmente, o uso de areias de granulometria mais grossas no filtro lento e a operação do mesmo com taxas de filtração mais elevadas. Além disso, espera-se também que a tecnologia proposta permita a sustentabilidade operacional do sistema de tratamento.

OBJETIVOS

Este trabalho de pesquisa visa avaliar a potencialidade do coagulante natural extraído da *Moringa oleifera*, submetido a aplicação de tratamentos de água, em processo floculado e em processo não floculado, juntamente com o sistema de filtração em múltiplas etapas (FIME), abordando os parâmetros turbidez e cor aparente da água.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tecnologias apropriadas

Entendem-se como tecnologias apropriadas de tratamento de água aquelas que são concebidas de forma adequadas às condições ambientais, sociais e culturais dos locais onde serão implantadas, respeitando as deficiências e carências de cada região.

Em se tratando de regiões rurais pouco desenvolvidas, essas tecnologias devem ser de simples concepção, operação e manutenção. Destacam-se aqui a filtração lenta e suas derivações na filtração em múltiplas etapas, bem como a sedimentação simples com o uso de coagulantes naturais.

Filtração em Múltiplas Etapas

A degradação e a variação da qualidade dos mananciais limitavam o uso de filtros lentos apesar da simplicidade de manutenção e dos baixos custos, com a Tecnologia de Filtração em Múltiplas Etapas (FIME), capaz de remover gradativamente as impurezas e atenuar picos de concentração de sólidos suspensos. Uma instalação FIME completa é composta por: pré filtro dinâmico, pré filtro de pedregulho e filtro lento (Di Bernardo et al., 1999).

a) Pré-Filtro Dinâmico

O pré-filtro dinâmico consiste de uma unidade de fluxo descendente com taxa de filtração entre 18 e 60 m d⁻¹ onde parte do afluente é utilizada como água de limpeza do topo do meio granular. A função dos pré-filtros dinâmicos é a remoção de materiais mais grosseiros, suportando picos de sólidos em suspensão (Di Bernardo et al., 1999).

b) Pré-Filtro

Os pré-filtros de pedregulho com fluxo vertical (descendente ou ascendente) podem ter configuração em camadas ou em série, com taxa de filtração entre 12 e 36 m d⁻¹ tendo eficiência de remoção de coliformes fecais de 99,4%, eficiência de remoção de turbidez de 80%, e de sólidos suspensos de 97% (Galvis et al., 1996), tornando então o efluente do pré-filtro de pedregulho adequado para a filtração lenta. Segundo Di Bernardo et al. (1999) os pré-filtros de pedregulho, apresentam sua eficiência praticamente inalterada em função do sentido de fluxo de água (ascendente ou descendente) e das taxa de filtração (entre 12 e 36 md⁻¹), entretanto a capacidade de atenuar picos de turbidez da água bruta é muito pequena.

c) Filtração-Lenta

Os filtros lentos são estruturas bastante simples permitindo a utilização de materiais e mão-de-obra tradicionais na sua construção. Além disso, as tubulações e equipamentos necessários, bem como os trabalhos de montagem, são de pequeno valor comercial. A instrumentação pode ser completamente eliminada, pelo menos em pequenas instalações, e o material filtrante pode ser encontrado em praticamente todo o Brasil. Apenas quando o custo da área é significativo, o que ocorre geralmente junto aos centros urbanos médios e grandes, os filtros lentos passam a ter custos mais elevados (Azevedo Neto, 1987). Assim como a construção, as atividades de operação e manutenção dos filtros lentos não necessitam de mão-de-obra especializada, cuja função mais pesada consiste na remoção periódica da camada superficial de areia. Os custos de energia elétrica (com exceção de eventual recalque) e de produtos químicos (exceto uma eventual cloração) são nulos. Nosso país encontra condições de aplicação dos filtros lentos de areia, pois a temperatura

elevada predominante é favorável à atividade metabólica dos organismos que atuam na “schmutzdecke” e à cinética das reações químicas e físico-químicas de purificação. Os 2 a 5% de água consumidos em uma estação de tratamento convencional (lavagem de filtros, limpeza dos decantadores, etc.) são economizados nos filtros lentos. A água que não é utilizada durante a fase de “amadurecimento” dos filtros pode ser aproveitada, tanto através de seu retorno ao manancial como pela sua utilização em uma outra unidade.

Coagulantes naturais

A *Moringa Oleifera* é uma planta tropical, cujas sementes apresentam características coagulantes. Para que seja obtida maior eficiência nessa coagulação, é recomendável a utilização de sementes recém-colhidas, uma vez que as propriedades coagulantes podem ter seu efeito diminuído com o tempo (Al Azharia Jahn, 1986). A *Moringa oleifera* tem sido estudada para a melhoria da qualidade da água para consumo humano. Entretanto, pouco se sabe sobre seu potencial no tratamento de efluentes domésticos. A busca por soluções simples, de baixo custo e mais compatíveis ambientalmente no tratamento de águas residuárias se faz necessária.

De acordo com Embrapa (2006), dentro dos diferentes potenciais da moringa, o mais promissor parece ser a função de coagulante primário onde estudos realizados por Muyibi e Evison (1994) tratando água do Rio Nilo quanto a turbidez, foi observada a redução de 80-99,5% e paralelamente de 90 – 99,9% de bactérias. Neste contexto, os coagulantes naturais apresentam-se como uma alternativa viável, destacando-se a semente da *Moringa oleifera*, já que vários estudos laboratoriais desta última com águas brutas com elevada turbidez têm mostrado que suas sementes possuem propriedades coagulantes efetivas e que elas não são tóxicas a humanos e animais (Ndabigengesere *et al.*, 1995) sendo bastante eficientes não somente na remoção da turbidez e microrganismos, como também no condicionamento do lodo.

Fernandes e Roston (2005) avaliaram a utilização da semente da *Moringa oleifera* no tratamento de águas residuárias a partir dos resultados experimentais das análises de cor aparente, turbidez e demanda química de oxigênio. As análises realizadas com solução de moringa preparada com pó logo após este ter sido moído apresentaram remoção de cor e turbidez de 46,3% e 48,15%, respectivamente. Os resultados para DQO foram pouco significativos. Já as análises realizadas com solução de moringa preparada com o pó armazenado (aproximadamente 30 dias) não apresentaram resultados significativos. A semente de *Moringa oleifera* quando armazenada na forma de pó, perde o poder de coagulação.

Paulo *et al.* (2005) realizaram testes de coagulação utilizando a solução de moringa com água de turbidez modelo (caolin) e com esgotos tratados anaerobicamente. Os autores observaram através dos resultados que a solução da semente de moringa apresentou 64% de remoção de turbidez para a água de composto modelo (caolin) e que a solução da moringa não removeu significativamente a turbidez do esgoto tratado por processos anaeróbios.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp (FEAGRI / UNICAMP), no município de Campinas – SP, cujas coordenadas geográficas são: latitude 22°48'57" Sul, longitude 47°03'33" Oeste e altitude média de

640 m. A estação de filtração em múltiplas etapas apresentou as seguintes unidades: reservatório de água bruta, pré-filtro dinâmico, floculador, pré-filtros de fluxo ascendente e filtros lentos. A metodologia para extração do coagulante a partir das sementes de *Moringa oleifera*, foi baseada nas metodologias apresentadas por Ndabigengesere *et al.* (1995), adaptadas para o presente estudo. A partir da definição das dosagens de solução coagulante para aplicação nas etapas do Pré-Filtro 2 e Filtro Lento 4 iniciou-se a avaliação do uso do coagulante natural como auxiliar no Sistema FIME, com monitoramentos realizados para os parâmetros qualitativos de controle da eficiência do processo: cor e turbidez tanto para o coagulante não floculado como para este floculado. Todos os parâmetros foram analisados no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP de acordo com o Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1999).

RESULTADOS

Os resultados obtidos de redução de turbidez no sistema FIME, sem passar pelo floculador e passando pelo floculador pode ser observado na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente.

Tabela 1. Resultados obtidos nos ensaios de redução de turbidez no sistema FIME com aplicação da moringa no pré-filtro 2 e filtro lento 4 sem passagem pelo floculador.

Turbidez - Moringa sem Floculação - PF2 e FL4								
Dias	Afluente Água Bruta	Efluente PFD	Efluente PF1	Efluente PF2	Efluente FL1	Efluente FL2	Efluente FL3	Efluente FL4
1	70,9	59,6	26,8	10,7	0,927	1,14	2,71	1,26
2	117	53	16,7	4,49	1,15	0,845	1,49	1,01
3	108	66	12,6	10,9	1,04	1,55	1,47	1,11
4	57,4	54,8	54,7	51,3	7,65	7,24	8,18	1,3
5	101	72,3	58,1	58,7	9,14	5,88	12,3	0,84
6	22,8	20,9	22,9	20,5	5,74	4,05	6,19	0,65

PFD = pré filtro dinâmico; PF = pré filtro; FL = filtro lento.

Tabela 2. Resultados obtidos nos ensaios de redução de cor no sistema FIME com aplicação da moringa no pré-filtro 2 e filtro lento 4 com passagem pelo floculador.

Turbidez - Moringa Floculada PF2 e FL4								
Dias	Afluente Água Bruta	Efluente PFD	Efluente PF1	Efluente PF2	Efluente FL1	Efluente e FL2	Efluente FL3	Efluente FL4
1	82,80	50,60	18,90	11,20	4,10	4,33	3,09	1,78
2	90,10	58,20	18,10	4,45	1,02	0,96	1,12	1,29
3	68,50	26,80	11,60	20,80	0,85	0,76	1,00	0,95
4	143,00	100,00	30,80	14,50	1,16	1,48	1,58	0,84
5	85,70	58,00	38,70	9,29	1,70	1,56	4,50	1,83
6	42,70	35,20	19,40	3,49	0,66	0,68	2,62	0,78
7	115,00	64,10	26,60	6,86	0,51	0,58	2,35	0,69
8	105,00	58,90	23,30	4,35	0,72	0,66	1,38	--
9	123,00	82,40	25,20	7,16	1,25	1,11	2,91	--

PFD = pré filtro dinâmico; PF = pré filtro; FL = filtro lento.

Para o enquadramento nos padrões de qualidade para águas superficiais, a resolução CONAMA (Mancuso e Santos, 2003), utiliza para o parâmetro Turbidez os limites de Classe Especial 1,0 NTU; Classe 1 de 40 NTU; Classe 2 e 3 de 100 NTU. Pela Tabela 1 pode-se observar que os ensaios com a moringa sem floculação apresentam valores bastante discrepantes num mesmo sistema. O mesmo acontece com os resultados dos ensaios do efluente em PF1 que variam de 12,6 a 58,1 NTU não podendo ser totalmente enquadrada como água de Classe 1 pois apresenta valores superiores a 40 NTU. Já como Classe Especial, este sistema apresenta-se eficiente apenas nas etapas de FL4 onde podem ser encontrados valores inferiores a 1,0 NTU. Pela Tabela 2 pode-se observar que em alguns ensaios com a moringa floculada os valores atingidos no efluente do PFD apresentam ainda resultados que enquadram essa água como uma água de Classe 2 e 3, porém, a partir do efluente do PF1 água obtida já pode ser enquadrada como Classe 1 pois apresenta valores inferiores a 40 NTU. Já como Classe Especial, este sistema apresenta-se eficiente nas etapas de FL onde podem ser encontrados valores inferiores a 1,0 NTU, principalmente nos efluentes do FL4, observando a eficiência do sistema e do uso da moringa floculada para o parâmetro turbidez.

Os resultados obtidos de redução de cor aparente no sistema FIME com o uso do coagulante sem passar pelo floculador e passando pelo floculador pode ser observado na Tabela 3 e Tabela 4, respectivamente.

Tabela 3. Resultados obtidos nos ensaios de redução de cor no sistema FIME com aplicação da moringa no pré-filtro 2 e filtro lento 4 sem passagem pelo floculador.

Temperatura - Moringa sem Floculação - PF2 e FL4								
Dias	Afluente Água Bruta	Efluente PFD	Efluente PF1	Efluente PF2	Efluente FL1	Efluente FL2	Efluente FL3	Efluente FL4
1	20,30	20,40	20,30	20,30	20,00	20,00	20,00	19,90
2	21,10	21,20	21,20	21,30	21,30	21,30	21,20	21,20
3	21,40	21,50	21,60	21,50	21,50	21,50	21,50	21,60
4	22,60	22,20	20,90	20,60	19,80	19,80	19,70	19,30
5	25,60	24,80	24,40	24,10	21,60	21,50	21,70	21,80
6	20,00	20,20	20,40	20,60	20,80	20,90	21,40	21,70

PFD = pré filtro dinâmico; PF = pré filtro; FL = filtro lento.

Tabela 4. Resultados obtidos nos ensaios de redução de cor no sistema FIME com aplicação da moringa no pré-filtro 2 e filtro lento 4 com passagem pelo floculador.

Temperatura - Moringa com Floculação - PF2 e FL4								
Dias	Afluente Água Bruta	Efluente PFD	Efluente PF1	Efluente PF2	Efluente FL1	Efluente FL2	Efluente FL3	Efluente FL4
1	27,2	26,7	26,3	25,8	26,8	24	24	24,2
2	23,6	23,7	23,8	23,9	23,9	23,9	24	24
3	24,3	24,5	25,1	25,2	24,6	24,4	24,3	24,4
4	24,2	24,2	24,1	24,1	24	23,9	23,9	23,9
5	22	21,8	21,4	21,5	21,6	21,6	21,7	21,8
6	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,6	20,6	20,6
7	19,5	19,2	18,9	18,8	17,4	17,4	17,7	17,5
8	21	21	21	21,1	21,1	21,1	21,1	--

9	22,4	22,5	22,5	22,5	22,5	22,6	22,6	--
---	------	------	------	------	------	------	------	----

PF2 = pré filtro dinâmico; PF = pré filtro; FL = filtro lento.

Com os resultados obtidos de temperatura no sistema FIME com o uso do coagulante sem passar pelo floculador (Tabela 3) e passando pelo floculador (Tabela 4) pode-se observar que em todos os casos os ensaios apresentam valores aceitáveis e que enquadram à água utilizada no sistema dentro dos padrões aceitáveis para qualidade de água para recreação. Isso devido à água bruta utilizada que antes de passar pelo sistema FIME foi pré-ensaiada de forma que pudesse haver um controle maior dos parâmetros que influenciariam ou fossem influenciados pela turbidez e cor, como no caso da temperatura.

CONCLUSÕES

Nota-se que os valores de redução de cor aparente acompanham a mesma linha de redução de turbidez ao longo de todo sistema (99% na saída do sistema). E entre as etapas é possível destacar que, devido a adição da solução coagulante, o PF2 apresenta menor eficiência se comparado a aplicação direta no FL4. Não foram encontrados nenhum valor em que a água não possa ser utilizada para fins de irrigação visto que não ultrapassou o limite de 8,5 definido pela legislação.

REFERÊNCIAS

- AL AZHARIA JAHN, S. Proper use of African natural coagulants for rural water supplies: research in the Sudam and guide for new projects Eschborn: GTZ, 541f. 1986.
- APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste water*, 20th ed. Washington D.C., 1999, 1111p.
- AZEVEDO NETTO, J.M., PARLATORE, AC., ROSSIN, AC., MANFRINI, C., HESPANHOL, I., CAMPOS, JR., POVINELLI, J., YAGUINUMA, S., Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água, v.2. 3ªedição. CETESB/ASCETESB. 317p. São Paulo, 1987.
- DI BERNARDO, L. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*, vols. 1 e 2. ABES, Rio de Janeiro. 1993.
- EMBRAPA. Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do semi-árido do Brasil. Documentos 53, pp 21-27, 2006.
- FERNANDES, J.L.; ROSTON, D.M. Utilização da semente da *Moringa oleifera* no tratamento de águas residuárias. In Anais do XIII Congresso interno de iniciação científica da Unicamp, Campinas. Resumos. 1f. 2005.
- MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. *Reuso de água*. São Paulo: USP, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental, 2003. 579p.
- MUYIBI, S.A.; EVISON, L.M. Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with *Moringa oleifera* seeds. *Water Resources*, Fenix, v.29, n.12, pp 2689-2695, 1995.
- MUYIBI, S. A.; EVISON, L. M. *Moringa oleifera* seeds for softening hardwater. *Water Resources*, v.29, n.4, pp 1099-1105, 1994.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, S.; TALBOT, B.G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Research*, Cardiff, UK. V.29, n.2, pp 703-710, 1995.
- PAULO, P.L. (2005). Preliminary studies on the use of *Moringa oleifera* water extract as a coagulant for the post-treatment of anaerobically treated wastewater. In Anais do 8 Taller y Simposio latino americano sobre digestion anaerobia, Punta Del Este. pp 353-358. CD-ROM.