

## I-321 - AVALIAÇÃO DA MORINGA OLEIFERA COMO COAGULANTE E A ASSOCIAÇÃO COM A MICROFILTRAÇÃO PARA REMOÇÃO DA CIANOBACTÉRIA *Microcystis aeruginosa*

**Joana Rupprecht Zablonsky<sup>(1)</sup>**

Professora do Instituto Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Fatima de Jesus Bassetti<sup>(2)</sup>**

Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Departamento Acadêmico de Química. Doutora em Engenharia de Materiais pela Universidade Estadual de Campinas.

**Augusto Lima da Silveira<sup>(3)</sup>**

Tecnólogo em Química Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Thomaz Aurélio Pagioro<sup>(4)</sup>**

Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Departamento Acadêmico de Química. Doutor em Ecologia pela Universidade Estadual de Maringá.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Antônio Carlos Rodrigues, 453. Porto Seguro. Paranaguá – PR CEP: 83215-750- Brasil - Tel: (41) 3721-8308 - e-mail: joana.zablonsky@ifpr.edu.br

### RESUMO

Devido ao descarte inadequado dos efluentes, diversos ambientes aquáticos estão sendo afetados sofrendo processos de eutrofização, ou seja, o excesso de nutrientes viabiliza a proliferação de algas e cianobactérias. Este problema está associado à deterioração da qualidade da água, principalmente devido a presença das cianobactérias que pelos tratamentos convencionais muitas vezes não são removidas. A *Microcystis aeruginosa* é uma das principais espécies de cianobactérias encontradas quando ocorrem processos de eutrofização, esta ainda pode ser produtora de microcistinas, uma hepatotoxina que pode matar. Os sistemas de tratamento de água atuais não conseguem remover estas cianobactérias, nesse sentido novos tratamentos devem ser desenvolvidos. As sementes de *Moringa oleifera* foram utilizadas para preparar uma solução coagulantes afim de remover esta cianobactéria da água de uma represa. Como polimento utilizou-se membranas de microfiltração, que apresentaram uma retenção de até 100%. O uso do coagulante alternativo foi eficiente na redução da turbidez da água e na remoção das células da cianobactéria. Por fim, ressalta-se a importância do uso de coagulantes alternativos por não deixarem remanescentes químicos na água, garantindo a qualidade da água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cianobactéria, microfiltração, coagulante alternativo.

### INTRODUÇÃO

A crescente urbanização e o desenvolvimento da agricultura vêm causando diversos problemas de poluição dos ambientes aquáticos do Planeta. O descarte inadequado de efluentes gera problemas de poluição de reservatórios, sendo um dos principais a eutrofização. Neste caso ocorre um aumento na produtividade deste ambiente e as principais consequências são o surgimento de cianobactérias com potencial tóxico e características a água como cor e odor, prejudicando a qualidade.

As cianobactérias ou cianofíceas, também conhecidas como algas azuis, são microrganismos procariontes aeróbicos fotoautotróficos, que necessitam apenas de água, dióxido de carbono, substâncias inorgânicas e luz para sua sobrevivência (BRASIL, 2003). A fotossíntese é sua principal forma de obtenção de energia para o metabolismo (CHORUS; BARTRAM, 1999; MELO FILHO, 2006).

A *M. aeruginosa* é uma cianobactéria com células esféricas, e apresenta envelope mucilaginoso incolor envolvendo as células. Florações desta cianobactérias têm sido relatadas em diversas regiões do mundo. A preocupação se deve quando esta é tóxica e produz microcistinas, toxina que ataca o fígado podendo levar a morte.

As elevadas concentrações de cianobactérias além de causarem problemas de ordem toxicológicas, acarretam problemas de ordem operacional nas estações de tratamento de água (ETA), tais como: obstrução da canalização, dificuldade nos processos de coagulação, floculação e sedimentação, e ainda pode ocorrer um aumento da dosagem requerida de desinfetantes (MELO FILHO, 2006).

Neste sentido muitos estudos têm sido realizados visando à remoção destes microrganismos nos reservatórios, dentre as tecnologias utilizadas e com resultados positivos, destacam-se os processos de separação por membranas (nanofiltração), flotação por ar dissolvido (FAD), cloração e ozonização (CORAL, 2009; SILVA, 2008; MELO FILHO, 2006; TEIXEIRA; ROSA, 2005).

A otimização dos processos de coagulação/floculação tem sido estudadas visando a remoção destes microrganismos na água tratada nas estações de tratamento. Porém os estudos também se voltam para o uso de coagulantes naturais pelas vantagens apresentadas, sendo a principal não apresentar remanescente químico na água coagulada. Nesse sentido tem sido avaliado o uso de amido, quitosana, taninos em geral como coagulantes. Mas o destaque vai para as sementes de *M. oleifera* que tem apresentado resultados satisfatórios no tratamento de água para abastecimento.

A *M. oleifera* é uma planta nativa da Índia, plantada principalmente no nordeste devido às condições climáticas. Suas folhas podem ser utilizadas na alimentação, com seu óleo produz-se sabão e suas sementes possuem boa atividade coagulante. Por isso que o uso na clarificação das águas tem sido objeto de diversas pesquisas. A figura 1 apresenta as sementes de *M. oleifera*.



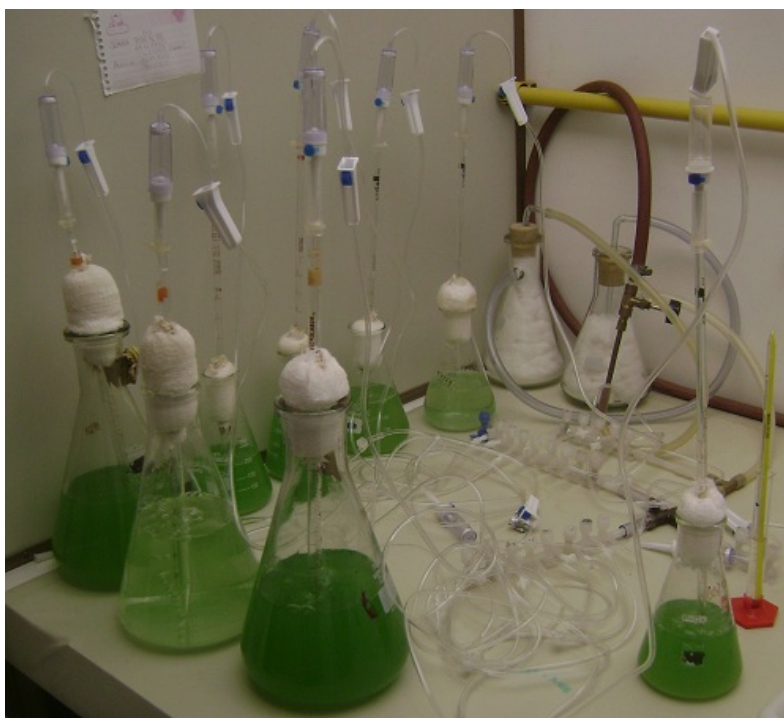
**Figura 1 – Fotografia das sementes de *M. oleifera***

Os processos de separação por membranas são relativamente recentes, e ainda pouco utilizados no Brasil. As membranas funcionam como filtros e impedem a passagem das impurezas, estas são classificadas de acordo com o diâmetro do poro. Os menores poros (0,1-10 $\mu$ m) são das membranas de microfiltração, usadas para retenção de células de bactérias, colóides e partículas suspensas.

O objetivo do trabalho foi avaliar a remoção de células da *M. aeruginosa* com a solução coagulante de *Moringa oleifera* e a microfiltração.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para os ensaios utilizou-se água de uma Represa que foi contaminada com o cultivo em laboratório da *M. aeruginosa* (Figura 2) com turbidez inicial de 250 uT e uma concentração de células da ordem de 10<sup>6</sup> cél. mL<sup>-1</sup>. Esta água foi utilizada para verificar a eficiência do tratamento num reservatório, portanto este estudo não faz parte de um monitoramento da Represa do Passaúna.



**Figura 2 – Fotografia do cultivo da *M. aeruginosa*: Cultivo em laboratório (temperatura ambiente (20-26°C); foto período claro escuro (12-12 h); luz: 215  $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )**

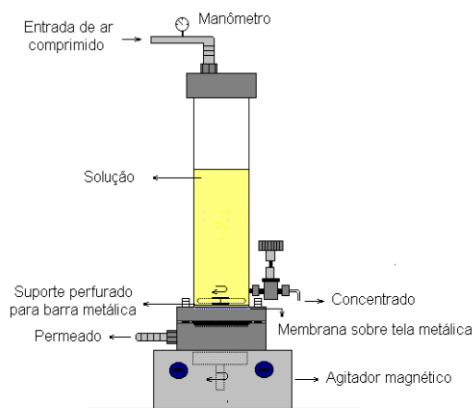
A solução coagulante foi preparada a partir das sementes descascadas da *M. oleifera*. Utilizou-se 1 g da semente descascada e completou-se com água destilada até 100 g, esta solução foi triturada em liquidificador e filtrada a vácuo em membrana de acetato de celulose 45  $\mu\text{m}$  de poro, formando uma solução padrão coagulante (1%) (m/m) (adaptado de CARDOSO, 2007).

A membrana de microfiltração foi preparada por Fernandes, Janissetti (2011) utilizando o polímero Polietersulfona (PES) e o solvente N,N Dimetilformamida (DMF). As concentrações em massa de PES e DMF foram respectivamente 11%:89% (m/m) na solução polimérica. Essas concentrações foram baseadas em estudos realizados por Bassetti (2002).

Para os ensaios de coagulação utilizou-se o equipamento *Jar test*. A coagulação ocorreu à 2 minutos e uma velocidade rápida de 80 rpm, com 130 mg da solução coagulante de *M. oleifera* (1%). Já a floculação foi a 13 rpm, por 18 minutos, na sequência 60 min de sedimentação.

Em seguida a amostra foi filtrada no equipamento de filtração perpendicular (Figura 3). Primeiramente filtrou-se à pressão de 1 bar, 1 hora de água ultrapura para promover a compactação dos poros da membrana de microfiltração, na sequência foram 3 horas de filtração da amostra após a coagulação/floculação, e por fim mais uma 1 hora de água ultrapura para verificar o entupimento dos poros. Durante as 5 horas de filtração o fluxo foi verificado com coletas a cada 15 minutos de acordo com a seguinte fórmula.

Foram avaliadas como respostas a remoção das células da cianobactéria *M. aeruginosa* por contagem em câmara de Neubauer, e a redução da turbidez analisada em turbidímetro digital, com coletas nos tempos 0, 30, 60, 90, 120 e 180 minutos de filtração a amostra.

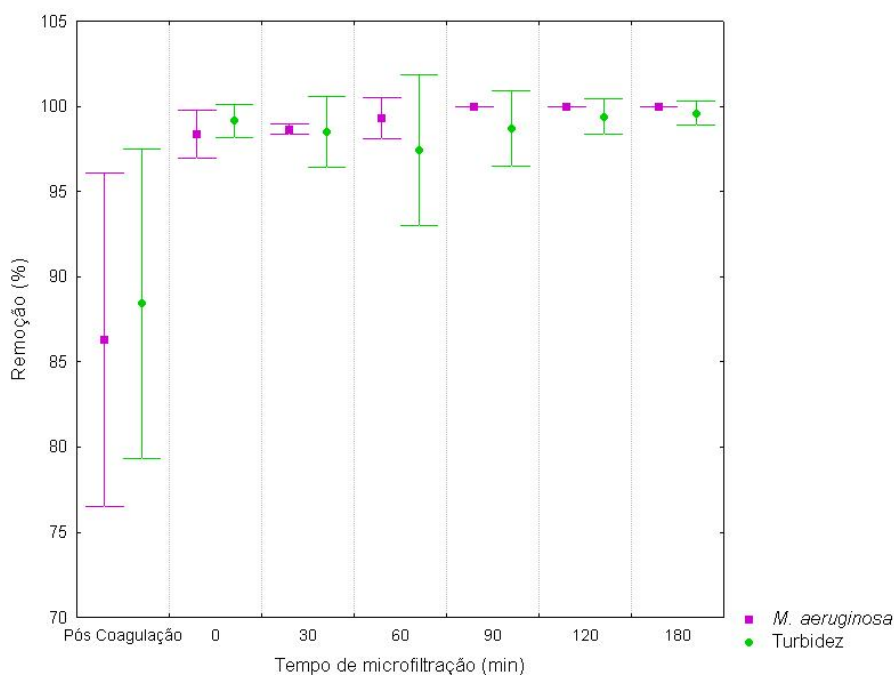


**Figura 3 – Célula de filtração utilizada nos ensaios (adaptado de BASSETTI, 2002)**

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o processo de coagulação/floculação/sedimentação verificou-se uma remoção média de 86,30% de células de *M. aeruginosa* e uma redução da turbidez de 88,41% . Bergamasco *et al.*, 2010 avaliou a remoção de *M. protoctystis* com sementes de *M. oleifera* e obteve uma remoção da ordem de 62 %.

A remoção da cianobactéria já é acima de 95% a partir do início de microfiltração conforme mostra a Figura 4. A redução da turbidez também é boa e verifica-se que em 60 minutos de filtração a turbidez do permeado chega a 0 uT e praticamente não há células de *M. aeruginosa*.



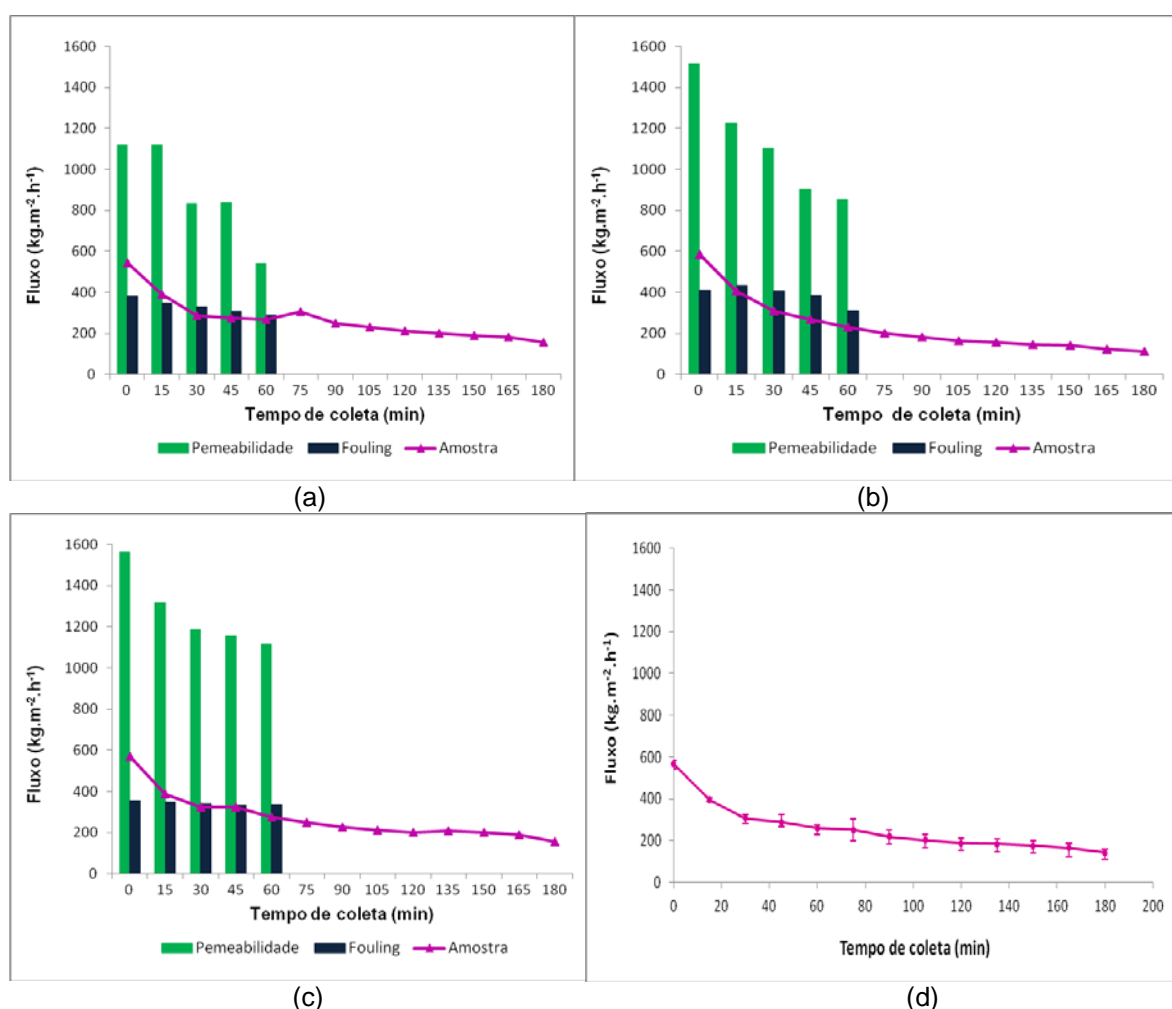
**Figura 4 – Gráfico da remoção de *M. aeruginosa* e redução da turbidez nas 3 horas de microfiltração.**

De acordo com a figura 4 comprova-se que a microfiltração foi boa para reter a concentração de  $297.500 \text{ cél.mL}^{-1}$  que permaneciam após a coagulação/floculação com *M. oleifera*.

Segundo Silva (2005) apud Cardoso (2007) a *M. oleifera* satisfaz as características exigidas para um bom coagulante, que é a de que haja uma redução da turbidez da ordem de 90% a 95%.

A Figura 5 apresenta os valores dos fluxos permeados nos três ensaios realizados, sendo que primeira hora de filtração com água ultrapura indica a permeabilidade da membrana, e a última hora de filtração o processo de *fouling* que pode ter ocorrido devido ao entupimento dos poros da membrana nas 3 horas de passagem da amostra.

De acordo com a Figura 5 verifica-se que nos três ensaios nas 3 horas de filtração da amostra não houve grandes variações de fluxo entre a triplicata. Também é possível verificar uma queda no fluxo durante o processo de filtração, segundo Bassetti (2002) isto é ocasionado por dois fenômenos que limitam o transporte dos solventes tais como, polarização por concentração, formação de uma camada de gel e a colmatagem. Esta pequena variação também indica que o processo de limpeza da membrana realizado entre os três ensaios foi eficiente.



**Figura 5 – Fluxo antes, durante e após a passagem da água pós coagulação (água da Represa) pela membrana de microfiltração: (a) ensaio 1; (b) ensaio 2; (c) ensaio 3; (d) fluxo médio da amostra pós coagulação nos três ensaios fluxo 3 h de filtração; a pressão de 1 bar, temperatura média  $25^{\circ}\text{C}$ .**

Na Figura 5 verifica-se que o fluxo permeado variou  $585,58$  a  $111,60 \text{ kg.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$  durante as 3 horas de filtração da amostra após a coagulação, a pressão de 1 bar. Estes valores encontram-se próximos dos apresentados por

Ribeiro; De Luca (1998), para membranas de cerâmica com titânio, que com a mesma pressão que foi de 150-300 kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>. Porém, estão acima do fluxo da membrana de polipropileno com 120 kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> avaliada pelos mesmos autores. Contudo, devem ser consideradas as características da água filtrada.

## CONCLUSÕES

A coagulação com sementes de *M. oleifera* mostrou-se eficiente tanto na redução da turbidez da água como na remoção das células da cianobactéria *M. aeruginosa*, porém não a níveis que a legislação exige. No entanto a utilização da microfiltração na sequência foi satisfatória já que removeu todos os parâmetros avaliados.

A associação do processo de coagulação/floculação/sedimentação estudado inicialmente com a microfiltração através da membrana de microfiltração demonstrou-se satisfatória, pois as remoções variaram de 99,2-100% para remoção de *M. aeruginosa* e 96,1-100% para redução da turbidez.

O uso da *M. oleifera* como coagulante mostra-se promissor por indicar que pode substituir coagulantes químicos sem deixar remanesce químico na água e produzir um logo que poder ser utilizado na agricultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BASSETTI, Fátima Jesus. Preparação, caracterização e aplicação de membranas poliméricas microporosas assimétricas, 2002. 180p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Materiais). – Faculdade de Engenharia Química – UNICAMP, Campinas, 2002.
2. BERGAMASCO, Rosângela; BASSETTI, Fátima de Jesus; MORA, Norma D; NISHI, Letícia; MADRONA, Grasiela S.; GUILHERME, Ana Lúcia F.; VIERA, Angélica M. S.; WURZLER, Gleicielle T.; SILVA, Fernando A.; ARAÚJO, Álvaro Alberto. Remoção de células de cianobactérias (*Microcystis* protocystis) pelo processo de coagulação/floculação com coagulante natural *Moringa Oleifera* Lam. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 32, 2010, Punta Cana-República Dominicana. Anales do XXXII Congreso de Punta Cana, 2010. p. 1-5.
3. CARDOSO, Karina Cordeiro. Estudo do processo de coagulação/floculação por meio da *Moringa oleifera* Lam para a obtenção de água potável. 2007. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.
4. 4.CHORUS, Ingrid; BARTRAM, Jamie (Eds.). Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. London and New York: E & FN SPON, WHO. 1999. 416 p.
5. CORAL, Lucila Adriani. Remoção de Cianobactérias e Cianotoxinas em águas de abastecimento pela associação de flotação por ar dissolvido e nanofiltração. 2009. 199 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
6. FERNANDES Manoela L.; JANISSETTI, Tâmara C. Uso de coagulante alternativo e membranas para potabilização da água. 2011. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Processos Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
7. MELO FILHO, Luiz C. Avaliação da ozonização como pré ou pós-tratamento à filtração direta descendente na remoção de cianobactérias e saxitoxinas. 2006. 283 p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
8. RIBEIRO, M. L.; DE LUCA, S. J. Tratamento de Águas por Filtração por Membranas. Estado da Arte. XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, Lima, Peru, 1998.
9. SILVA, Cleuza A. Estudos Aplicados ao Uso da *Moringa oleifera* como Coagulante Natural para Melhoria da Qualidade de Águas. 2005. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.
10. TEIXEIRA, Margarida R.; ROSA, Maria J. Microcystins removal by nanofiltration membranes. Separation and Purification Technology, v. 46, p. 192-201, 2005.