

AVALIAÇÃO DE UM COAGULANTE NATURAL COMO AGENTE FLOCULANTE DE *Dolichospermum flos aquae*, ASSOCIADO À FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO

L. O. R. MORETI¹, P. F. COLDEBELLA¹, T. R.T. SANTOS¹, F. P. CAMACHO¹, K. C. VALVERDE¹, S. L. BAZANA¹, F. S. ARAKAWA¹, Q. L. SHIMABUKU¹, M. F. VIEIRA¹, R. BERGAMASCO¹

¹ Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química
E-mail para contato: li.moreti@hotmail.com

RESUMO – O aumento na ocorrência de florações de cianobactérias nos mananciais destinados ao abastecimento pode interferir diretamente no tratamento e na qualidade da água fornecida para o consumo humano. Os processos de coagulação/floculação/flotação por ar dissolvido (C/F/FAD), utilizando como coagulante natural *Moringa oleifera* (MO), apresentam-se como uma alternativa viável para a remoção de microalgas dado que a *Moringa* apresenta um alto poder floculante, entre outros pontos positivos, como baixo custo de obtenção de suas sementes e nula toxicidade. Já a flotação por ar dissolvido se destaca como um processo eficiente na remoção de células intactas de cianobactérias, de forma a reduzir a potencialidade de liberação de toxinas para a água tratada. Desta forma, este trabalho teve por objetivo avaliar a floculação, mediada por *Moringa*, de células de *Dolichospermum flos aquae*, cianobactéria dulcícola, através da remoção de clorofila-a, e verificar também a remoção de cor, turbidez, e compostos com absorção em UV_{254nm}. Foi observada intensa floculação (diminuição na concentração celular de até 96,4%) ao utilizar-se semente de *Moringa* triturada, desde a concentração de 0,05 até 1 g.L⁻¹. Os resultados indicam que o uso de sementes de *Moringa* é bastante promissor na remoção de células desta cianobactéria do meio de cultivo.

1. INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas tem contribuído para o aumento da concentração de nutrientes na água, em que se observa o crescimento desordenado da comunidade fitoplanctônica nos mananciais de abastecimento, em especial de cianobactérias, resultando na deterioração da qualidade da água. Desta forma maiores dificuldades em várias etapas do tratamento, como por exemplo, queda de eficiência da operação de decantação, redução na duração das carreiras de filtração e consequente aumento no consumo da água de lavagem dos filtros, diminuindo a produção efetiva da estação de tratamento de água (ETA). Todos esses problemas elevam o custo de produção da água e aumentam a necessidade de monitoramento da qualidade da água com maior frequência e em mais pontos do sistema (Di Bernardo, 1995).

Além disso, alguns gêneros de cianobactérias possuem espécies ou cepas potencialmente produtoras de toxinas, tal como *Dolichospermum flos aquae*, que possui potencial para produção de duas neurotoxinas (anatoxina-a(s) e anatoxina-a), que atuam no sistema nervoso central, funcionando como bloqueadores musculares, provocando dessa forma, a morte por parada respiratória (Carmichael, 1994).

Por isso, é evidente a necessidade de processos adequados que permitam a remoção dos referidos organismos, já que os processos convencionais de tratamento de águas, envolvendo normalmente as etapas de coagulação, floculação e sedimentação (C/F/S) podem apresentar problemas de ordem operacional quando cianobactérias estão presentes. Assim, uma alternativa está no processo de flotação por dissolvido (FAD), que quando comparada ao processo de sedimentação, se apresenta viável com relação a remoção de células intactas de cianobactérias, além de diminuir o tempo de contato do coagulante com a parede celular, evitando assim o seu rompimento e consequentemente maior liberação de toxinas intracelulares para o meio. (Oliveira, 2005)

E como auxiliar ao processo de C/F a *Moringa* aparece como uma possibilidade interessante para a floculação de microalgas, visto que já demonstrou o seu poder floculante até com microorganismos, é um material barato e apresenta baixa toxicidade (Ferreira *et al.* 2009).

Desta forma o objetivo deste trabalho é verificar a eficiência de remoção de *Dolichospermum flos aquae*, através do parâmetro clorofila-a, em conjunto com a remoção de cor, turbidez e compostos com absorção em UV_{254nm}, pelo processo de tratamento de água (coagulação/floculação/flotação), utilizando como coagulante natural sementes trituradas de *Moringa oleifera* Lam.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental foi realizada no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental, do Departamento de Engenharia Química – DEQ, da Universidade Estadual de Maringá – UEM.

2.1. CULTIVO

As culturas foram realizadas a partir de inóculo precursor de uma cultura pura de *Dolichospermum flos aquae* fornecida pelo laboratório de Cianobactérias, Departamento de Ciências Biológicas, USP – Piracicaba/SP. A inoculação das culturas de *D. flos aquae* foram realizadas quinzenalmente, seguindo a proporção de inóculo: meio (1:9), sendo mantidas em microcosmos (erlenmeyers de 2 L), até atingir uma concentração da ordem de 10^4 céls.mL⁻¹, que é representativa de uma floração. Essa concentração foi escolhida também com base no fato desse valor ser empregado comumente em trabalhos que visam avaliar a sua remoção de cianobactérias. O cultivo da espécie de cianobactéria foi mantido no meio ASM-1 autoclavado, preparado com

água deionizada, sob condições de máxima assepsia, temperatura controlada em torno de 25°C, sob lâmpadas fluorescentes (Philips TLT 20 W/75 S cool) com foto-período de 12 horas (claro/escuro).

2.2 PROCESSO DE C/F/FAD

As sementes de *Moringa oleifera* foram coletadas de árvores do Estado de Sergipe e foram fornecidas pelo Dr. Gabriel Francisco da Silva da Universidade Federal de Sergipe.

Para a obtenção do coagulante em pó de MO, 5g de sementes foram descascadas, trituradas em liquidificador (NL-41 Mondial) e secas em estufa com circulação e renovação de ar (Digital Timer SX CR/42) a 40°C até peso constante.

As dosagens do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam utilizadas nos ensaios foram adaptadas segundo dados citados na literatura, sendo de 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8 e 1,0 g.L⁻¹ (Teixeira *et al.*, 2012).

Os ensaios de coagulação/floculação foram conduzidos no equipamento “jartest” Nova Ética (218/LBD 06), este possui regulador de rotação das hastes misturadoras.

As condições experimentais foram: velocidade de mistura rápida (VMR) de 600 rpm, tempo de mistura rápida (TMR) de 20 s, velocidade de mistura lenta (VML) de 40 rpm, tempo de mistura lenta (TML) de 20 min.

Os ensaios de FAD foram realizados no equipamento “flotest” Nova Ética (218 – FLOW) e as condições experimentais fixadas foram: pressão de 600 Kpa, tempo de saturação de 4 minutos, velocidade de flotação de 20 cm/min e taxa de recirculação de 30%.

Essas condições utilizadas nos ensaios de C/F/FAD foram baseadas em estudos de otimização realizados previamente.

Análises de cor, turbidez, clorofila-a e compostos com absorção em UV_{254nm} foram realizados antes e depois dos ensaios para avaliar a eficiência do processo através das porcentagens de remoção.

A caracterização da água sintética foi realizada por meio dos parâmetros: cor aparente e compostos com absorção em UV_{254nm} (espectrofotômetro DR 5000 Hach), turbidez (turbidímetro 2100P Hach), pH (pHmetro Thermo-Scientific VSTAR92 Orion Versastar), contagem de células (câmara de Utermöhl, com metodologia descrita por Lund *et al.*, 1958), e clorofila-a (Golterman *et al.*, 1978).

Os ensaios foram realizados em duplicatas e os resultados obtidos nos testes de C/F/FAD foram avaliados pela análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias, teste Tukey, com 95% de nível de confiança, através do programa Statsoft STATISTICA versão 8.0. Assim, pode-se verificar as diferenças das eficiências de remoção dos parâmetros (turbidez, cor,

clorofila-a e UV_{254nm}) e avaliar a concentração ótima de Moringa utilizada no processo de C/F/FAD.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a caracterização da água sintética.

Tabela 1 - Caracterização da água sintética

Parâmetro de qualidade	Cor	Turbidez	Clorofila-a	UV_{254nm}	Contagem	pH
Água sintética	218 uH	40 NTU	149,5 $\mu\text{g/L}$	0.161 cm^{-1}	2.3×10^4 cel/mL	7.77

Avaliando-se os resultados obtidos (Figura 1) em destaque, pode-se observar as porcentagens de remoções dos parâmetros citados anteriormente:

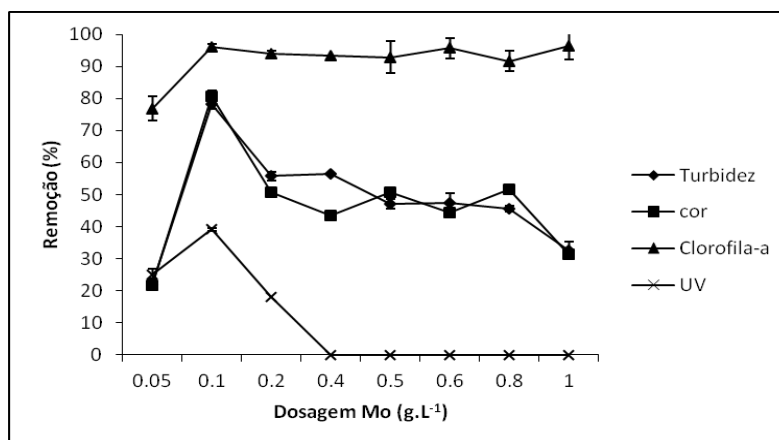


Figura 1 - Porcentagem de remoção de cor, turbidez, compostos com absorção em UV_{254nm} e clorofila-a em relação à dosagem do pó de Moringa

Desta forma os resultados apontam que o pó da semente da Moringa adicionada diretamente às suspensões celulares apresenta-se eficiente na remoção de células, cor e turbidez, chegando a atingir remoções de até 96,4, 80,5 e 78,1%, respectivamente. Foi encontrado como dosagem ideal de pó de Moringa $0,1 \text{ g.L}^{-1}$ após análise estatística.

Com relação a remoção de UV_{254nm} nota-se que a MO não obteve resultados muito satisfatórios, atingindo um máximo de 39,1% de remoção na dosagem de $0,1 \text{ g.L}^{-1}$. Houve uma queda na eficiência de remoção conforme foi aumentada a dosagem de Moringa. Este resultado pode estar atribuído pelo fato da Moringa ser um coagulante orgânico, composta basicamente de proteínas, lipídeos e carboidratos, responsáveis pelo residual orgânico na água tratada.

Sementes de *Moringa oleifera* têm demonstrado ser um agente floculante adequado para biomassa de microalgas, atingindo uma atividade floculante comparável ao sulfato de alumínio. Já que experimentos com sulfato de alumínio tiveram uma eficiência de 72% para a floculação de microalgas em 2 mg.L^{-1} , com um tempo de repouso de 10 min (Oh *et al.*, 2001). Entretanto, além da boa eficiência as sementes de Moringa, em comparação com o sulfato de alumínio, apresenta baixa toxicidade, não apresenta problemas de corrosão e produzem menor volume de lodo (Ndabigengesere and Narasiah 1998), e associado à FAD resulta em um menor tempo gasto durante o processo de tratamento.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram que sementes de Mo trituradas são eficientes no que se refere a remoção de cor, turbidez e clorofila-a da água tratada pelos processos de coagulação/floculação/flotação por ar dissolvido.

Concluiu-se que 0.1 g.L^{-1} foi a dosagem ideal do coagulante utilizado, obtendo residuais em torno de 43 uH para cor aparente, 8 NTU para turbidez e $5,3 \text{ µg/L}$ de clorofila-a, nas condições de operação adequadas.

5. REFERÊNCIAS

CARMICHAEL, W.W. The Toxins of Cyanobacteria. *Scientific American*, 270 (1), p. 64-72, 1994.

DI BERNARDO, L. *Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento*. Rio de Janeiro, Editora: ABES, p. 127, 1995.

FERREIRA, P. M. P.; CARVALHO, A. F. U.; FARIAS, D. F.; CARIOLANO, N. G.; MELO, V. M. M.; QUEIROZ, M. G. R.; MARTINS, A. M. C.; MACHADO-NETO, J. G. Larvicidal activity of the water extract of *Moringa oleifera* seeds against *Aedes aegypti* and its toxicity upon laboratory animals. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 81 (2), p. 207-216, 2009.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAND, M. A. Methods for physical and chemical analysis of fresh water. Oxford: Blackwell, p. 213, 1978.

LUND, J. W. G., KIPLING, C., LE-CREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiolog.*, 11 (2), p. 143-170, 1958.

NDABIGENGESERE A, NARASIAH K. S. *Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds*. *Water Res*, v. 32, P. 781–791, 1998.

OLIVEIRA, J. M. B. Remoção de *Cylindrospermopsis raciborskii* por meio de sedimentação e flotação: avaliação em escala de bancada. p. 141 Dissertação (Mestrado em

Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

OH, H. M., LEE, S. J., PARK, M. H., KIM, H. S., KIM, H. C., YOON, J. H., KWON, G., YOON, B. D. Arvesting of *Chlorella vulgaris* using a bioflocculant from *Paenibacillus* sp. AM49. *Biotechnol Lett.* v. 23, p. 1229–1234, 2001.

TEIXEIRA, C. M. L. L., KIRSTEN, F. V., TEIXEIRA, P. C. N. Evaluation of *Moringa oleifera* seed flour as a flocculating agent for potential biodiesel producer microalgae. *J Appl Phycol.* v. 24, p. 557–563, 2012.