

AValiação DA DOSAGEM E TEMPO DE SEDIMENTAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA SUPERFICIAL DE BAIXA TURBIDEZ COM COAGULANTE A BASE DE *MORINGA OLEIFERA* LAM.

A. T. A. BAPTISTA¹, P. H. F. CARDINES¹, M. O. SILVA², R. BERGAMASCO², R. G. GOMES¹ e A. M. S. VIEIRA¹

¹ Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia de Alimentos

² Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química

E-mail para contato: @gmail.com

RESUMO – Para um controle de qualidade da água é necessário o monitoramento de diversos indicadores. Muitos coagulantes químicos são amplamente utilizados nos processos de tratamento de água, porém geram lodos não biodegradáveis e podem ter ligação com algumas doenças, como o mal de Alzheimer o qual está relacionado ao alumínio residual presente nas águas. Desta forma tem aumentado o interesse pelo uso de coagulantes naturais como, por exemplo, a semente de *Moringa oleifera* Lam a qual contém agentes ativos com excelente atividade e propriedades coagulantes. Este trabalho teve como objetivo estabelecer a melhor dosagem de coagulante de Moringa a ser utilizada e avaliar os diferentes tempos de sedimentação após a coagulação/floculação a fim de se otimizar o processo de tratamento de água superficial. Com os resultados obtidos foi possível encontrar a dosagem ótima de coagulante de 14,0 mg/L e o melhor tempo de sedimentação no processo de tratamento de água de 30 minutos. O coagulante de Moringa demonstrou ser uma boa alternativa para o tratamento de água bruta na redução da turbidez e cor, porém ainda se faz necessário aprimoramento da técnica para que sejam atingidos parâmetros de qualidade estabelecidos pela legislação.

1. INTRODUÇÃO

Para um controle da qualidade da água é necessário o monitoramento de diversos indicadores. A preocupação com a contaminação de ambientes aquáticos aumenta principalmente quando a água é usada para o consumo humano. Muitos coagulantes químicos são amplamente utilizados nos processos de tratamento de água com base nas suas características de coagulação e floculação, porém geram lodos não biodegradáveis e podem ter ligação com algumas doenças, como o mal de Alzheimer o qual está relacionado ao alumínio residual presente nas águas (Okuda *et al.*, 2001). Tendo em vista esta problemática, tem-se aumentado o interesse pelo uso de polímeros naturais no tratamento de águas superficiais para a produção de água potável devido às grandes vantagens em relação aos agentes coagulantes químicos (Kawamura, 1991). Um destes

coagulantes naturais é a semente da árvore tropical *Moringa oleifera* Lam a qual contém agentes ativos com excelente atividade e propriedades coagulantes.

A *Moringa oleifera* Lam é uma das espécies originária do nordeste indiano, cresce em regiões desde as subtropicais secas e úmidas, até tropicais secas e florestas úmidas (Gallão, 2006). A eficiência da semente de *Moringa* como coagulante natural para o tratamento de águas superficiais e residuárias já foi comprovada por vários autores (Madrona *et al.*, 2010; Vieira, *et al.*, 2010; Nishi *et al.*, 2011). Algumas pesquisas reportam que a ação clarificante da *Moringa* está relacionada à presença de uma proteína catiônica de alto peso molecular que desestabiliza as partículas contidas na água desempenhando a função de coagulante natural (Ndabigengesere *et al.*, 1995). Segundo Ndabigengesere e Narasiah (1998), as sementes de *Moringa* são uma alternativa viável de agente coagulante em substituição aos sais de alumínio, utilizados no tratamento de água em todo o mundo.

Diversos métodos para melhorar a eficiência da remoção de turbidez e cor têm sido propostos por pesquisadores, tais como a utilização da *Moringa* em pó (Amagloh e Benang, 2009; Mangale *et al.*, 2012), preparação da solução por extração aquosa (Pritchard *et al.*, 2010; Pise e Halkude, 2012) e preparação da solução por extração salina (Okuda *et al.*, 2001; Madrona *et al.*, 2012; Sánchez-Martín *et al.*, 2012). Mesmo diante de diversos estudos, ainda não há padronização para tais procedimentos.

Assim, este trabalho tem como objetivo estabelecer a melhor dosagem de coagulante a ser utilizado e avaliar os diferentes tempos de sedimentação após a coagulação/floculação a fim de se otimizar o processo de tratamento de água superficial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental deste trabalho foi realizada no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental, do Departamento de Engenharia Química – DEQ, da Universidade Estadual de Maringá – UEM. A água bruta utilizada nos ensaios, proveniente da bacia do Rio Pirapó foi coletada na Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar, localizada na cidade de Maringá – Paraná e as sementes de *Moringa* foram doadas pela Universidade Federal do Sergipe - SE.

2.1 Obtenção do Coagulante

O coagulante utilizado nos ensaios foi obtido da semente de *Moringa oleifera* Lam desengordurada segundo Sánchez-Martín *et al.* (2010) seguida de extração com solução salina (NaCl). Para o preparo do coagulante salino de *Moringa oleifera* Lam., utilizou-se 1000 mg de semente de *Moringa* desengordurada para 0,1L de água destilada, ou seja uma concentração de

1% m/v. A extração foi realizada por turbólise em liquidificador por 3 minutos com solução de NaCl 1M seguida de agitação em agitador magnético por 30 minutos (Madrona *et al.*, 2010), após ser agitada, a solução passou por filtração em papel filtro qualitativo. A solução coagulante de Moringa foi preparada no momento do ensaio, pois estudos demonstram que o armazenamento da mesma por alguns dias pode ocasionar ineficiência do processo (Cardoso *et al.*, 2008). O teor de proteínas presente no coagulante foi determinado segundo Lowry *et al.* (1951).

2.2 Coagulação/Floculação da água superficial

Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados em Jar Test simples, Milan - Modelo JT 101/6 de seis provas, com regulador de rotação das hastes misturadoras utilizando-se béqueres contendo 400 mL de água bruta. Primeiramente foram realizados ensaios para determinar a melhor dosagem do coagulante Moringa testando as dosagens de 3,5; 7,0; 14,0; 21,0; 34,0; 48,0; 55,0; 75,0 mg/L de proteína. As condições operacionais do Jar Test foram de tempo de mistura rápida de 3 minutos com gradiente de mistura rápida de 100 rpm e tempo de mistura lenta de 15 minutos com gradiente de mistura lenta de 15 rpm, após o ensaio de coagulação/floculação, o Jar Test foi desligado e as amostras mantidas em repouso por 60 minutos para que ocorresse a decantação do material floculado (Madrona *et al.*, 2012). Em seguida foram coletados aproximadamente 30 mL de amostra de cada béquer para análise dos parâmetros de cor, turbidez e compostos com absorção em UV_{254nm} a fim de verificar a eficiência de remoção pela comparação dos resultados com a água bruta.

Após a determinação da melhor dosagem repetiu-se o ensaio em Jar Test a fim de verificar qual o melhor tempo de sedimentação a ser utilizado, para isto as condições operacionais do equipamento foram as mesmas diferindo apenas nos tempos de sedimentação. Desta forma, ao final do ensaio de coagulação/floculação, o Jar Test foi desligado e as amostras mantidas em repouso para que ocorresse a decantação do material floculado. Em seguida foram coletados aproximadamente 30 mL de amostra de cada béquer, em intervalos de tempos de 15 minutos perfazendo um total de 60 minutos de decantação, para análise dos parâmetros de cor, turbidez e compostos com absorção em UV_{254nm}. Os parâmetros de cor e compostos com absorção em UV_{254nm} foram avaliados por meio de análise realizada em espectrofotômetro DR 5000 Hach, a turbidez com o auxílio do turbidímetro 2100P Hach e pH no phmetro Thermo Scientific segundo procedimento recomendado pelo Standard Methods (Apha, 1995).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características da água bruta utilizada nos ensaios de coagulação/floculação utilizando a Moringa como coagulante são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características da água bruta utilizada nos ensaios de Jar Test

Parâmetro	Unidade	Valores
Cor aparente	uH ⁽¹⁾	339,50
Turbidez	NTU ⁽²⁾	75,00
UV _{254nm}	cm ⁻¹	0,249
pH	-	7,98

(1) unidade Hanzen = mgPtCo L⁻¹; (2) Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU).

Foram realizados ensaios com diferentes concentrações de coagulante salino variando de 3,5 à 75,0 mg/L de proteína conforme descrito anteriormente na metodologia com o objetivo de se encontrar a melhor dosagem de coagulante a ser utilizado. A Figura 1 apresenta as porcentagens de remoção de cor e turbidez obtidos para cada dosagem de coagulante em mg/L.

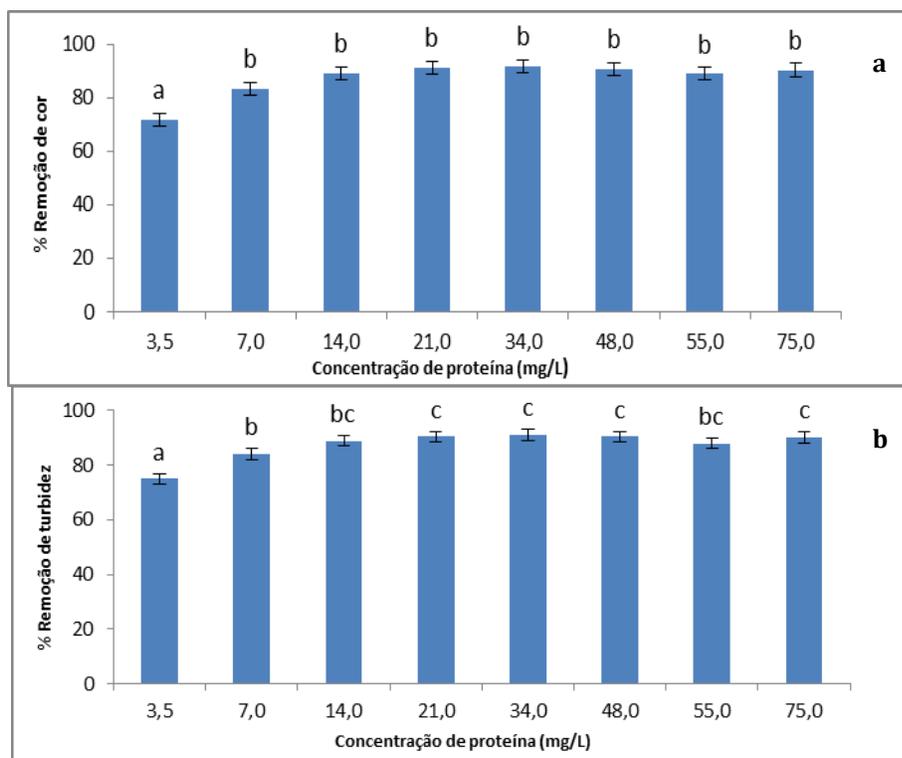


Figura 1 – Remoção de cor (a) e turbidez (b) para as diferentes concentrações de coagulante. *Os valores seguidos por mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

No que diz respeito à remoção de cor, Figura 1 (a), pode-se verificar que não houve diferença estatística na remoção deste parâmetro nas dosagens de 7,0 à 75,0 mg/L de proteína coagulante. Já para a remoção de turbidez não foi observado diferença estatística nas dosagens de

14,0 à 75,0 mg/L de coagulante, Figura 1 (b). Desta forma, no intuito de se utilizar menor volume do coagulante de Moringa na água a ser tratada e ao mesmo tempo manter a eficiência de coagulação, a melhor dosagem de coagulante seria de 14,0 mg/L. Tanto o parâmetro de turbidez quanto o de cor obtiveram porcentagem de remoções similares para a dosagem de 14,0 mg/L, sendo 88,75% e 89,15% respectivamente. Valores próximos ao obtido neste estudo foram relatados por Nkurunziza *et al.* (2009) que utilizaram extrato salino para tratamento de água de 50 NTU de turbidez encontrando percentual de remoção de turbidez e cor de 87,5% e 87,7% respectivamente. A Figura 2 apresenta as porcentagens de remoção de compostos com absorção em UV_{254nm} obtidos para cada dosagem de coagulante em mg/L.

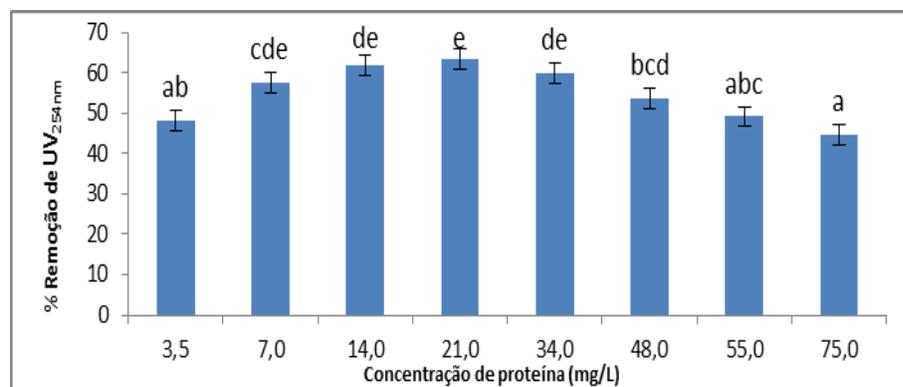


Figura 2 – Remoção de compostos com absorção em UV_{254nm} para as diferentes concentrações de coagulante. *Os valores seguidos por mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

Quanto ao percentual de remoção dos compostos com absorção em UV_{254nm}, expressos na Figura 2, este não apresentou diferença significativa no intervalo de dosagem de 14,0 à 34,0, havendo diminuição de remoção em concentrações de coagulante acima destas. Esta diminuição pode ser explicada pelo fato da moringa ser constituída de matéria orgânica e em concentrações elevadas pode acarretar em aumento na turbidez e na cor da água a ser tratada. Se comparado à turbidez e a cor, o parâmetro UV_{254nm} apresentou menor remoção atingindo 62,0 % na dosagem de 14,0 mg/L.

Após definir a melhor dosagem de coagulante em 14,0 mg/L, repetiu-se os ensaios de coagulação/floculação na dosagem otimizada variando apenas os tempos de sedimentação que são expressos na Figura 3.

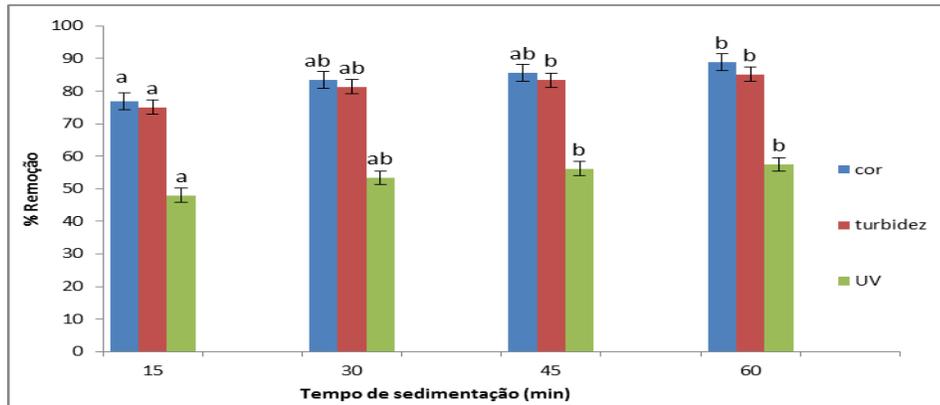


Figura 3 – Remoção de cor, turbidez e compostos com absorção em UV_{254nm} para os diferentes tempos de sedimentação. *Os valores seguidos por mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

Na Figura 3 pode ser observado que de uma forma geral quanto maior o tempo de decantação, maior o valor obtido para a remoção dos parâmetros avaliados, desta forma o tempo de 15 minutos apresentou os resultados menos expressivos. Este comportamento se deve ao fato de que quanto maior o tempo de repouso, maior será a quantidade de partículas floculadas que serão decantadas. Porém ao analisar estatisticamente os resultados obtidos para os tempos de decantação de 30, 45 e 60 minutos não foi encontrada diferença significativa entre eles. Estudos envolvendo o uso de Moringa como coagulante para tratamento de águas superficiais utilizam tempo de sedimentação de 60 minutos (Madrona *et al.*, 2012; Madrona *et al.*, 2010) o que torna difícil a aplicação da Moringa no tratamento de água em larga escala já que em estações de tratamento de água o tempo de sedimentação utilizado é de 30 minutos. Desta forma, devido à ausência de diferença estatística entre os tempos de sedimentação de 30, 45 e 60 minutos e visando obter um processo de tratamento de água mais rápido sem existência de grandes comprometimentos na remoção dos parâmetros ao final do processo, escolheu-se como ideal o tempo de decantação de 30 minutos.

Os valores residuais e respectivas porcentagens de remoção dos parâmetros nas melhores condições, ou seja, tempo de sedimentação de 30 minutos e dosagem de proteína de 14,0 mg/L são expressos na Tabela 2.

Tabela 2 – Valor residual e porcentagem de remoção nas melhores condições.

Parâmetros	Valores residuais	% Remoção
Cor	56,02 uH	83,50
Turbidez	14,00 NTU	81,33
UV _{254nm}	0,116 cm ⁻¹	53,41

Observando a Tabela 2 pode-se perceber que as condições escolhidas de dosagem de proteína e tempo de sedimentação proporcionaram bons percentuais de remoção no processo de coagulação/floculação dos parâmetros de cor, turbidez e UV_{254nm} .

4. CONCLUSÃO

Com base no estudo desenvolvido foi possível constatar que tanto a concentração de coagulante de Moringa utilizada quanto o tempo de sedimentação adotado no processo de coagulação/floculação, ambos possuem influência na remoção de cor, turbidez e compostos com absorção em UV_{254nm} . Os melhores resultados obtidos foram para dosagem de coagulante de 14,0 mg/L e tempo de sedimentação de 30 minutos. Desta forma a *Moringa oleifera* Lam apresentou-se eficiente na remoção de cor e turbidez, sendo desta maneira avaliada como um processo promissor na etapa de coagulação/floculação no tratamento de água. A utilização dessa semente pode ser considerada como um tratamento alternativo ao tratamento convencional.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro recebido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação Araucária.

6. REFERÊNCIAS

- AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification. *Afr. J. Agric. Res.*, v.4, n.1, p. 119-123, 2009
- APHA-American Public Health Association. Standard methods for the examination for water and wastewater. 19th ed. Washington, D.C.: APHA, 1995.
- CARDOSO, K. C; BERGAMASCO, R.; COSSICH, E. S.; MORAES, C. K. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da Moringa oleifera Lam. *Rev. Acta Sci. Tech.*, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2008.
- GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. Chemical and structural evaluation of moringa seeds. *Rev. Ciênc.Agron.*, v. 37, n.1, p. 106-109, 2006.
- KAWAMURA, S. Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. *J. Am. Water Work Assoc.*, v.79, n. 6, p. 88-91, 1991.
- LOWRY, O. H., ROSEBROUGH, N. J., FARR, A. L.; RANDALL, R. J., *J. Biol. Chem.*, v.193, p. 265, 1951.

- MADRONA, G. S.; BRANCO, I. G.; SEOLIN, V. J.; ALVES FILHO, B. de A.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; BERGAMASCO, R. Evaluation of extracts of *Moringa oleifera* Lam seeds obtained with NaCl and their effects on water treatment. *Acta. Sci. Technol.*, v. 34, n 3, p. 289-293, 2012.
- MADRONA, G. S.; SERPELLONI, G. B.; VIEIRA, A. M. S.; NISHI, L.; CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R. Study of the effect of saline solution on the extraction of the *Moringa oleifera* seed's active component for water treatment. *Water Air Soil Poll*, v. 211, p. 409-415, 2010.
- MANGALE, S. M.; CHONDE, S. G.; JADHAV, A. S.; RAUT, P. D. Study of *Moringa oleifera* (drumstick) seed as natural absorbent and antimicrobial agent for river water treatment. *IJNPR*, v.2, n.1, p. 89-100, 2012.
- NDABIGENGESERE, A., NARASIAH, K. S., Quality of Water Treated by Coagulation Using *Moringa oleifera* Seeds, *Water Res.*, v. 32, n. 3, p. 781- 791, 1998.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Res.*, v. 29, n. 2, p. 703-710, 1995.
- NISHI, L.; MADRONA, G. S.; GUILHERME, A. L. F.; VIEIRA, A. M. S.; ARAÚJO, A. A.; UGRI, M. C. B. A.; BERGAMASCO, R. Cyanobacteria removal by coagulation/flocculation with seeds of the natural coagulant *Moringa oleifera* Lam. *Chem. Eng. Transactions*, v. 24, p. 1129-1134, 2011.
- NKURUNZIZA, T.; NDUWAYEZU, J. B.; BANADDA, E. N.; NHAPI, I. The effect of turbidity levels and *Moringa oleifera* concentration on the effectiveness of coagulation in water treatment. *Water Sci. Technol.*, v. 59, n. 8, p. 1551-1558, 2009.
- OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. *Water Res.*, v. 35, n. 2, p. 405-410, 2001.
- PISE, C. P.; HALKUDE, D. S. A. Blend of natural and chemical coagulant for removal of turbidity in water. *IJCIET*, v. 3, n. 2, p. 188-197, 2012.
- PRITCHARD, M.; CRAVEN, T.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A. S.; O'NEILL, J. G. A comparison between *Moringa oleifera* and chemical coagulants in the purification of drinking water – An alternative sustainable solution for developing countries. *Phys. Chem. Earth*, v. 35, p. 798-805, 2010
- SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; BELTRÁN-HEREDIA, J.; PERES, J. A. Improvement of the flocculation process in water treatment by using *Moringa oleifera* seeds extract. *Braz. J. Chem. Eng.*, v. 29, n. 3, p. 495-502, 2012.
- SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; GHEBREMICHAEL, K.; BELTRÁN-HEREDIA, J. “Comparison of single-step and two-step purified coagulants from *Moringa oleifera* seed for turbidity and DOC removal”. *Bioresour. Technol.*, v. 101, p. 6259-6261, 2010.
- VIEIRA, A. M. S.; VIEIRA, M. F.; SILVA, G. F.; ARAÚJO, A. A.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; VEIT, M. T.; BERGAMASCO, R. Use of *Moringa oleifera* Seed as a Natural Adsorbent for Wastewater Treatment. *Water Air Soil Poll*, v. 206, p. 273-281, 2010.

