



## OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE MISTURA E SEDIMENTAÇÃO, UTILIZANDO A ASSOCIAÇÃO DOS COAGULANTES PAC e *Moringa oleifera* Lam NO TRATAMENTO DE ÁGUA SUPERFICIAL

Karina Cardoso Valverde<sup>1</sup>; Priscila Ferri Coldebella<sup>2</sup>; Letícia Nishi<sup>3</sup>; Franciele Pereira Camacho<sup>4</sup>; Lívia de Oliveira Ruiz Moreti<sup>5</sup>; Rosângela Bergamasco<sup>6</sup>

**RESUMO:** Este estudo propõe avaliar a eficiência da associação dos coagulantes PAC e *Moringa oleifera* Lam (MO) na remoção de cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub>, em função da alteração das velocidades e tempos de mistura, a fim de se obter as condições de operações ideais para o processo de coagulação/floculação e sedimentação de água superficial com turbidez inicial em torno de 70 NTU. Os ensaios foram realizados em *Jar Test*, com água bruta proveniente da bacia do Rio Pirapó, Maringá, PR, adicionando-se dosagens de coagulantes de 12,5 mg.L<sup>-1</sup> e 50 mg.L<sup>-1</sup> de PAC e MO, respectivamente. Após os ensaios, amostras de água tratada foram coletadas para avaliar a eficiência do processo. Utilizou-se delineamento fatorial 27x4, sendo vinte e sete variações quanto à velocidade de mistura rápida e lenta (VMR e VML) e tempos de mistura rápida e lenta (TMR e TML); e quatro tempos de sedimentação (TS). Os parâmetros de mistura rápida e lenta, incluindo o tempo e intensidade da mistura, influenciam a eficiência de remoção dos parâmetros de qualidade no processo de coagulação/floculação e sedimentação. Por meio do teste Tukey, observou-se que as melhores condições de operação foram: 100 rpm (VMR), 1 min (TMR), 45 rpm (VML), 15 min (TML e TS), com eficiência de remoção de 97,1%, 95,8% e 85,6% para cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub>, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** associação de coagulantes; coagulação/floculação; *Moringa oleifera* Lam; PAC; tratamento de água.

### 1. INTRODUÇÃO

O policloreto de alumínio (PAC) é amplamente utilizado como coagulante químico devido sua elevada eficiência e baixa toxicidade. A *Moringa oleifera* Lam (MO) se destaca como coagulante na clarificação de água devido à presença de uma proteína coagulante catiônica solúvel capaz de reduzir a turbidez da água tratada (Gidde, Bhalerao; Malusare, 2012).

<sup>1</sup> Acadêmica de Pós-graduação em Engenharia Química (Doutorado), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Bolsista CAPES. ka.cc@bol.com.br

<sup>2</sup> Acadêmica de Pós-graduação em Engenharia Química (Doutorado), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Bolsista CAPES. priscila.ferri@bol.com.br

<sup>3</sup> Acadêmica de Pós-graduação em Engenharia Química (Pós-doutorado), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Bolsista Fundação Araucária/CAPES. leticianishi@hotmail.com

<sup>4</sup> Acadêmica de Pós-graduação em Engenharia Química (Doutorado), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Bolsista CAPES. franciele\_camacho@hotmail.com

<sup>5</sup> Acadêmica de Pós-graduação em Engenharia Química (Mestrado), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Bolsista CNPq. li.moreti@hotmail.com

<sup>6</sup> Docente do Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Bolsista de Produtividade em Pesquisa CNPq. rosangela@deq.uem.br

Apesar de haver muitas pesquisas sobre a utilização de coagulantes naturais, informações sobre as condições de operação no processo de coagulação/floculação ainda são insuficientes, principalmente relacionadas aos efeitos dos coagulantes químicos em conjunto com a MO.

Cardoso et al. (2008) comprovaram que, o tempo para propiciar a mistura rápida, mistura lenta e sedimentação, influenciam no processo de coagulação/floculação. Segundo Baghvand et al. (2009), os parâmetros de mistura, incluindo o tempo e intensidade, podem afetar a eficiência de remoção de turbidez e deste modo, devem ser investigados para se obter uma melhor visão sobre o seu papel para a otimização do processo de coagulação.

Assim, este estudo propõe avaliar a eficiência da associação dos coagulantes PAC e MO na remoção de cor aparente, turbidez e compostos com absorção em  $UV_{254nm}$ , em função da alteração das velocidades e tempos de mistura, a fim de se obter as condições de operações ideais para água superficial de estudo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental, do Departamento de Engenharia Química (DEQ), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), utilizando a água de estudo coletada na Sanepar, localizada na cidade de Maringá, Paraná, proveniente da bacia do Rio Pirapó.

Para a preparação da solução padrão do coagulante PAC, foi considerada uma concentração de 1% v/v. Para a obtenção do coagulante em pó de MO, 5 g 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.

Os ensaios de coagulação/floculação e sedimentação foram realizados em *Jar Test* Nova Ética Modelo 218/LDB06 de seis provas em recipientes com 700 mL de água bruta. A temperatura da água foi mantida na faixa de  $25,0 \pm 3,0^{\circ}C$  (Valverde et al., 2013).

Baseados nas condições de operação ótimas da MO, previamente estudadas por Cardoso et al. (2008); Madrona et al. (2012) e Valverde et al. (2013); e do PAC, obtidas através de informações na Sanepar, já que optou-se por adotar as condições reais de operação da ETA de Maringá, obteve-se as condições a serem avaliadas na associação dos coagulantes PAC e MO (Tabela 1).

**Tabela 1:** Condições de operação para a associação do PAC e MO

Parâmetro	Valores			
VMR	100 rpm	105 rpm	110 rpm	
TMR	1 min	2 min	3 min	
VML	15 rpm	30 rpm	45 rpm	
TML	15 min			
TS	15 min	30 min	45 min	60 min

As dosagens adicionadas de coagulantes nos ensaios foram adaptadas segundo dados citados na literatura, sendo  $12,5 \text{ mg.L}^{-1}$  para o PAC (Makki et al., 2010) e  $50 \text{ mg.L}^{-1}$  para a MO (Joshua e Vasu, 2013).

Após o processo de coagulação/floculação e sedimentação, a amostra de água tratada foi coletada, e a avaliação do processo foi feita com base na redução percentual dos parâmetros cor aparente, turbidez e compostos com absorção em  $UV_{254nm}$ .

A caracterização da água bruta foi realizada por meio dos parâmetros: cor aparente e compostos com absorção em  $UV_{254nm}$  (espectrofotômetro DR 5000 Hach),

turbidez (turbidímetro 2100P Hach) e pH (pHmetro Thermo-Scientific VSTAR92 Orion Versastar).

Para a comparação dos resultados obtidos nos ensaios de coagulação/floculação e sedimentação, foram realizados a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de comparação de médias, teste Tukey, com 95% de confiança, sendo significativo um p-valor < 0,05, para verificar as diferenças significativas, através do programa estatístico SISVAR versão 5.3.

Utilizou-se delineamento fatorial 27x4, sendo os fatores: ensaios (vinte e sete variações quanto à VMR, TMR, VML e TML) e tempos de sedimentação (quatro TS), com duas repetições, totalizando 216 ensaios com 648 leituras dos parâmetros de qualidade. Os melhores resultados serão apresentados a seguir.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a caracterização da água bruta.

**Tabela 2:** Caracterização da água bruta

Parâmetro de qualidade	Cor aparente	Turbidez	UV <sub>254nm</sub>	pH
Água bruta	386 uH	72,9 NTU	0,275 cm <sup>-1</sup>	7,813

Avaliando-se os resultados obtidos, observa-se que não houve diferença estatisticamente significativa para as seguintes condições de operação (Tabela 3).

**Tabela 3:** Condições de operação para a associação dos coagulantes MO e PAC

Parâmetros					Eficiência de remoção (%)		
VMR (rpm)	TMR (min)	VML (rpm)	TML (min)	TS (min)	Cor aparente	Turbidez	UV <sub>254nm</sub>
100	1	45	15	15 – 60	95,9 – 97,1	95,7 – 96,0	84,8 – 85,6
105	1	45	15	15 – 30	96,3 – 97,3	95,7 – 95,9	84,1 – 85,1
110	1	45	15	15 – 60	95,4 – 96,0	95,3 – 96,0	82,8 – 84,6
105	3	45	15	15 – 45	95,4 – 96,2	95,8 – 96,4	82,3 – 84,4
110	3	45	15	15 – 60	95,0 – 95,7	96,0 – 96,4	81,5 – 82,9

Vale destacar que o tempo necessário para que os flocos sedimentem é um fator importante para a produção de água potável. Segundo a literatura, estudos realizados com a MO relatam que a utilização deste extrato bruto não é adequada para grandes sistemas de abastecimento de água, já que o tempo de residência hidráulico é muito elevado (Ali et al., 2010), normalmente 60 min.

Para resolver este problema, Bratby (2006) relata que, quando um polímero orgânico é adicionado como auxiliar de coagulação, o desempenho de floculação é significativamente melhorado no que diz respeito à remoção orgânica, densidade e sedimentação dos flocos. Assim, é possível que a associação dos coagulantes natural e químicos contribua para a diminuição do TS.

Em vista destes resultados, o TS de 15 min foi escolhido por ser o TS padrão normalmente usado nos decantadores das ETAs.

Em relação à velocidade de mistura rápida (VMR), 100 rpm é mais interessante, por se tratar da menor intensidade de agitação aplicada ao processo, o que está relacionado com a diminuição de gastos com energia. Segundo Julio, Fioravante e Oroski (2008), quanto maior o gradiente de velocidade, maiores serão os custos de implantação e operação em uma ETA.

Assim, as condições de operação ótimas para a associação da MO e PAC são: 100 rpm (VMR), 1 min (TMR), 45 rpm (VML), 15 min (TML) e 15 min (TS).

#### 4. CONCLUSÃO

Pode-se afirmar com este trabalho que os parâmetros de mistura rápida e lenta, incluindo o tempo e intensidade da mistura, afetam a eficiência de remoção dos parâmetros de qualidade cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub>, no processo de coagulação/floculação e sedimentação.

A associação dos coagulantes PAC e MO contribui para a diminuição do tempo de sedimentação, sendo 15 min suficientes para a remoção dos parâmetros de qualidade.

Foram obtidos residuais em torno de 12 uH para cor aparente, 3 NTU para turbidez e 0,040 cm<sup>-1</sup> para compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub>, nas condições de operação ótimas: 100 rpm (VMR), 1 min (TMR), 45 rpm (VML) e 15 min (TML).

#### 5. REFERÊNCIAS

ALI, E. N.; MUYIBI, S. A.; SALLEH, H. M.; ALAM, M. Z.; SALLEH, M. R. Production of natural coagulant from *Moringa oleifera* seed for application in treatment of low turbidity water. **Journal Water Resource and Protection**, v. 2, n. 3, p. 259-266, mar. 2010.

BAGHVAND, A.; ZAND, A. D.; MEHRDADI, N.; KARBASSI, A. Optimizing coagulation process for low to high turbidity waters using aluminum and iron salts. **American Journal of Environmental Sciences**, v. 6, n. 5, p. 442-448, 2010.

BRATBY, Jonh. **Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment**. 2<sup>th</sup> ed. London, UK: IWA Publishing, 2006.

CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R.; COSSICH, E. S.; MORAES, L. C. K. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 3, n. 2, p. 193-198, 2008. doi:10.4025/actascitechnol.v30i2.5493.

GIDDE, M. R.; BHALERAO, A. R.; MALUSARE, C. N. Comparative study of different forms of *Moringa oleifera* extracts for turbidity removal. **International Journal of Engineering Research and Development**, v. 2, n.1, p. 14-21, jul. 2012.

JOSHUA, R.; VASU, V. Characteristics of stored rain water and its treatment technology using *Moringa* seeds. **International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research**, India, v. 2, n. 1, p. 154-175, jan. 2013.

JULIO, M. de; FIORAVANTE, D. A.; OROSKI, F. I. Avaliação da influência dos parâmetros de mistura rápida, floculação e decantação no tratamento de água empregando o sulfato de alumínio e o PAC. **Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v. 14, n. 2, p. 109-120, ago. 2008.

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 Scientiarum Technology**, Maringá, v. 34, n. 3, p. 289-293, jul./sep. 2012. doi:10.4025/actascitechnol.v34i3.9605.

MAKKI, H. F.; AL-ALAWY, A. F.; ADBUL-RAZAQ, N. N.; MOHAMMED, M. A. Using aluminum refuse as a coagulant in the coagulation and flocculation processes. **Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering**, v. 11, n. 3, p. 15-22, sep. 2010.

VALVERDE, K. C.; MORAES, L. C. K.; BONGIOVANI, M. C.; CAMACHO, F. P. BERGAMASCO, R. Coagulation diagram using the *Moringa oleifera* Lam and the aluminium sulphate, aiming the removal of color and turbidity of water. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 5, n. 3, p. 485-489, jul./sep. 2013. doi:10.4025/actascitechnol.v35i3.12268.