



I-382 – DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO UTILIZANDO A *MORINGA OLEIFERA* LAM E O SULFATO DE ALUMÍNIO, VISANDO A REMOÇÃO DE COR E TURBIDEZ DA ÁGUA

Rosângela Bergamasco⁽¹⁾

Engenheira Química. Mestre em Ciências de Alimentos. Doutora em Engenharia Química. Pós-doutorado em Engenharia Ambiental. Professora do Departamento de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá em regime de dedicação exclusiva à docência e pesquisa.

Leila Cristina Konradt-Moraes⁽¹⁾

Engenheiro Químico. Mestre em Engenharia Ambiental. Doutora em Engenharia Química – Pesquisadora Embrapa.

Karina Cordeiro Cardoso⁽¹⁾

Engenheira Química. Mestre em Engenharia Química.

Angelica Marquetotti Salcedo Vieira⁽¹⁾

Engenheira de Alimentos. Mestre em Engenharia Química. Doutora em Engenharia Química. Pós doutora. Professora do Departamento de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá em regime de dedicação exclusiva à docência e pesquisa.

Grasiele Scaramal Madrona⁽¹⁾

Engenheira de Alimentos. Mestre em Engenharia Química. Doutoranda em Engenharia Química. Professora do Departamento de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá em regime de dedicação exclusiva à docência e pesquisa.

Márcia Regina Fagundes Klen⁽²⁾

(Química Industrial, Professor da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Campus de Toledo.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Colombo, 5790 – Campus Universitário - Maringá - Paraná - CEP: 87.023-017 – Brasil - Tel: +55 (44) 3267-2312 - Fax: +55 (44) 3261-4792 - e-mail: rosangela@deq.uem.br

Endereço⁽²⁾: Rua da Faculdade, 645 - Jardim La Salle – Toledo- PR - CEP – 85903-000 – Brasil –Tel: (45) 3379-7095

RESUMO

Para um controle da qualidade da água é necessário o monitoramento das etapas de tratamento. Quando a etapa de coagulação não é realizada de modo adequado, o desempenho de todas as unidades de tratamento de água a jusante são comprometidas, aumentando os riscos sanitários da água produzida. O desconhecimento dos fatores que interferem na coagulação/floculação e sua otimização no que se refere ao tipo e dosagem do coagulante e pH, comprometem seriamente o desempenho da Estação de Tratamento de Água (ETA). Neste contexto, este estudo tem como objetivo a construção e utilização dos diagramas de coagulação como ferramenta para obtenção da água tratada por meio da verificação da eficiência de remoção de cor e turbidez da água bruta, variando-se as concentrações da *Moringa oleifera* Lam e sulfato de alumínio e o pH. Considerando as remoções dos parâmetros analisados, é possível desenvolver os ensaios nas regiões ótimas, em função das características da água bruta.

PALAVRAS-CHAVE: Água, Diagramas de Coagulação, *Moringa oleifera* Lam, Sulfato de Alumínio.

INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida, devendo atender aos padrões de potabilidade, a fim de abastecer a população mundial.

No entanto, as pequenas comunidades, zonas rurais e periferia, muitas vezes não possuem água potável, sendo importante dispor de técnicas alternativas para tentar solucionar esse problema.

A água bruta contém inúmeras impurezas, que não se aproximam umas das outras, caso suas características não sejam alteradas por meio da adição de coagulantes.

O sulfato de alumínio é amplamente utilizado no mundo como coagulante químico, mas recentemente seu uso tem sido discutido, em função de haver evidências de que o Mal de Alzheimer pode estar associado ao alumínio presente na água. Além disso, o alumínio não é biodegradável, podendo ocasionar problemas de disposição e tratamento do lodo gerado (MORAES, 2004).

Os coagulantes/floculantes naturais têm demonstrado vantagens em relação aos químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais. Sendo assim, em vários países inúmeras plantas estão sendo utilizadas como coagulantes/floculantes naturais, como é o caso da *Moringa oleifera* Lam, da quitosana e do tamarindo (DA SILVA *et al.*, 2003).

A *Moringa oleifera* Lam (Figura 1) pertence à família Moringaceae, que é composta apenas de um gênero (*Moringa*) e quatorze espécies. É uma árvore de pequeno porte, nativa do Norte da Índia de crescimento rápido, que adapta-se a uma ampla faixa de solo e é tolerante à seca.

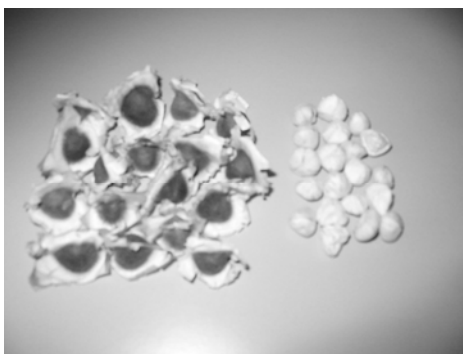


Figura 1. Sementes de *Moringa oleifera* Lam com e sem casca

Segundo Ndabigengesere e Narasiah (1996), as sementes de *Moringa oleifera* Lam são uma alternativa viável de coagulante em substituição aos sais de alumínio. Comparada com o alumínio, essas sementes não alteram significativamente o pH e a alcalinidade da água após o tratamento e não causam problemas de corrosão.

A semente de *Moringa oleifera* Lam possui uma proteína catiônica de alto peso molecular que atua em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este processo responsável pela formação de flocos e conseqüente sedimentação.

A descoberta do uso da polpa das sementes do polímero natural conhecido como *Moringa oleifera* Lam para purificação de água, a um custo menor que do tratamento químico convencional, constitui uma alternativa da mais alta importância (SILVA, 2005). Além de serem eficientes no tratamento de água potável, suas folhas, vagens e sementes podem ser utilizadas na alimentação humana, possuindo função farmacêutica.

Segundo Pavanelli (2002), o diagrama de coagulação representa uma ferramenta muito útil para definir regiões otimizadas de remoção de cor e turbidez, podendo-se conseguir grande economia no consumo de produtos químicos para o tratamento de água, quando se estudam os intervalos de pH e dosagem de coagulante.

Assim, este estudo tem como objetivo a utilização dos diagramas de coagulação como ferramenta para verificar a eficiência de remoção dos parâmetros cor e turbidez, utilizando como coagulante a *Moringa oleifera* Lam, e a associação deste biopolímero com o coagulante químico sulfato de alumínio, além de verificar as melhores dosagens de coagulante em função do pH, para águas de cor e turbidez relativamente baixas.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR).



MATERIAIS E MÉTODOS

A água bruta utilizada foi coletada na Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, proveniente da bacia do Rio Pirapó. Para esses ensaios foram consideradas águas com características de baixa cor/turbidez, nas condições estudadas.

Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados em “Jar Test”, utilizando seis beakers contendo 200 mL de água bruta, onde, em cada um destes foi adicionado quantidades pré-determinadas da solução padrão utilizada. As velocidades foram fixadas em 95 rpm durante 3 min e 10 rpm durante 15 min, para propiciar a mistura rápida e lenta, respectivamente. Após, os béckers ficaram em repouso durante 40 min. A temperatura da água foi mantida na faixa de $25,0 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$ para a realização dos ensaios.

As sementes utilizadas na pesquisa foram gentilmente cedidas pela Universidade Federal de Sergipe. Para a preparação da solução padrão do coagulante *Moringa oleifera* Lam, foi considerada uma concentração de 1% m/v, ou seja, para cada 1 grama de polpa de semente da *Moringa oleifera* Lam, adicionou-se 100 mL de água destilada. Esta foi triturada em liquidificador, e após, filtrada a vácuo.

Para a construção dos diagramas de coagulação quando da utilização do coagulante *Moringa oleifera* Lam, as dosagens de solução padrão foram: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550 e 600 ppm.

Foi utilizada uma solução padrão de sulfato de alumínio com concentração de 1%.

Para a associação dos coagulantes estudados, as variações das concentrações de sulfato de alumínio/*Moringa oleifera* Lam foram realizadas da seguinte forma: 55/0 (1), 50/50 (2), 45/100 (3), 40/150 (4), 35/200 (5), 30/250 (6), 25/300 (7), 20/350 (8), 15/400 (9), 10/450 (10), 5/500 (11), 0/550 (12) ppm de sulfato de alumínio/ppm de *Moringa oleifera* Lam.

Os valores do pH de coagulação utilizados foram corrigidos para 4,0, 5,0, 6,0, 7,0 e 8,0, com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 25% e 50% e ácido sulfúrico P.A. Após o término das etapas de coagulação/floculação/sedimentação, foi coletada uma amostra de aproximadamente 30 mL de cada bécker a aproximadamente 2 centímetros da superfície.

Os parâmetros cor aparente e turbidez foram avaliados por meio de análise realizada em espectrofotômetro HACH DR/2010, segundo procedimento recomendado pelo Standard Methods (APHA, 1995).

Com os dados obtidos, os diagramas de coagulação foram construídos. O programa utilizado para a construção dos diagramas de coagulação foi o 3DField 2.7.0.0.

RESULTADOS

Na Tabela 1, estão apresentadas as características da água superficial utilizada nos ensaios de coagulação/floculação/sedimentação.



Tabela1: Características das Águas Superficiais Utilizadas nos Ensaio em “jar test”

Parâmetro	Unidade	Água Bruta
Cor aparente	uH ⁽¹⁾	167
Turbidez	UT ⁽²⁾	29
pH	-	8,31
Alcalinidade	mg/L	42
Acidez Volátil	mg/L	44
Dureza	mg/L	8
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	45
Sólidos Dissolvidos	mg/L	102
Amônia	mg/L	0,34
Nitrito	mg/L	0,036
Nitrato	mg/L	-

(1) unidade Hanzen = (mgPt-Co/L); (2) unidade de Turbidez;

Nas Figuras 2 e 3 estão apresentados os diagramas de coagulação, para o coagulante natural *Moringa oleifera* Lam juntamente com o coagulante químico sulfato de alumínio, em função da eficiência de remoção de cor e turbidez, respectivamente.

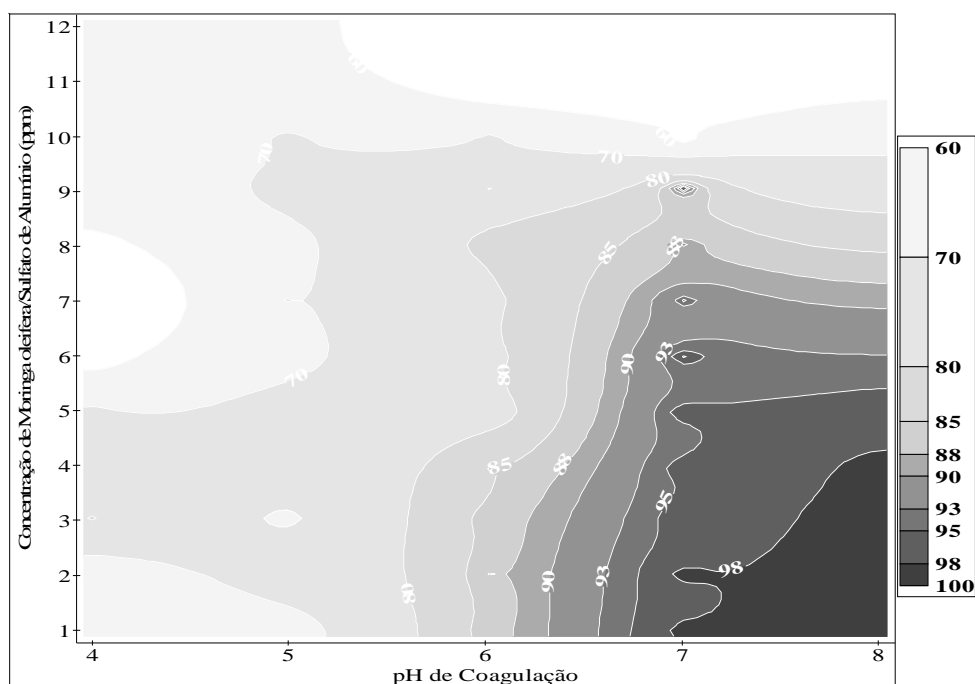


Figura 2. Diagrama de coagulação utilizando a *Moringa oleifera* Lam e o sulfato de alumínio contendo curvas de remoção de cor

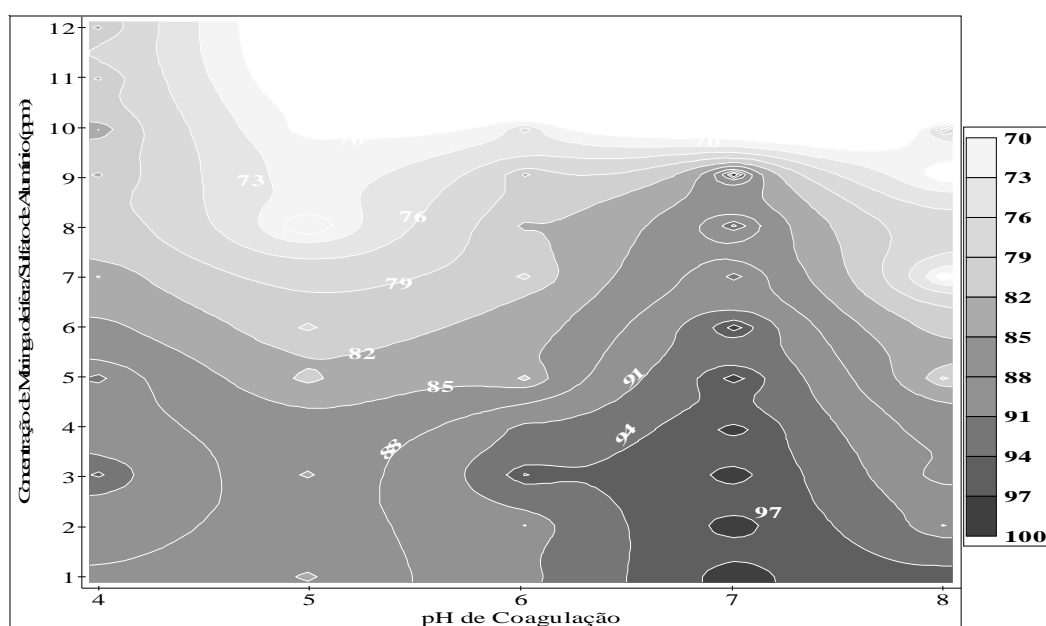


Figura 3. Diagrama de coagulação utilizando a *Moringa oleifera* Lam e o sulfato de alumínio contendo curvas de remoção de turbidez

Remoções de cor acima de 85% foram notadas para o pH de coagulação entre 6,5 e 8,0, até o ponto 9 (Figura 2). Em pH menor que 5,5, observa-se remoções abaixo de 80%, comprovando que o sulfato de alumínio atua melhor em pH maior que 5,5.

Segundo CARDOSO (2007) se comparados os diagramas para o parâmetro cor para água de baixa cor/turbidez e para água de alta cor/turbidez, observa-se claramente que, a adição do sulfato de alumínio, mesmo em pequena quantidade, proporciona um aumento na remoção do parâmetro em águas de baixa cor/turbidez. Esse fato também foi verificado quando da utilização da associação de coagulantes no tratamento realizado para água altamente turva e colorida. Ainda segundo a autora a *Moringa oleifera* Lam é mais eficiente no tratamento de águas de alta turbidez.

Altas remoções de turbidez, acima de 90% foram obtidas em alguns pontos, entretanto, com uma dosagem de coagulante químico elevada para água bruta de baixa cor/turbidez. A partir dos diagramas de coagulação utilizados, pode-se definir as regiões otimizadas de remoção de cor e turbidez, em função da água bruta utilizada, para as condições estudadas.

Nas Figuras 4 e 5 estão apresentados os diagramas de coagulação, para o coagulante natural *Moringa oleifera* Lam, em função da eficiência de remoção de cor e turbidez, respectivamente.

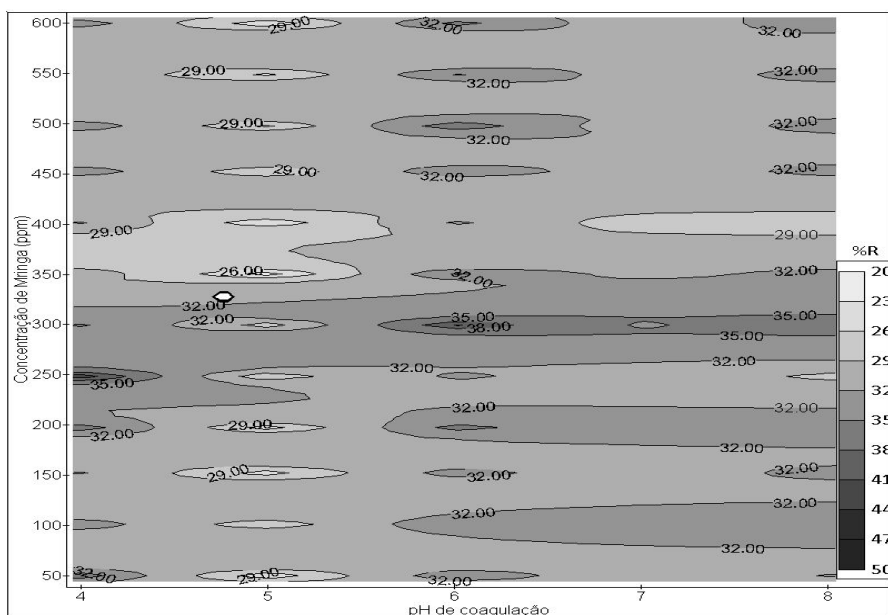


Figura 4. Diagrama de coagulação utilizando a *Moringa oleifera* Lam contendo curvas de remoção de cor

Os melhores resultados obtidos foram de aproximadamente 50% para remoção de cor. Aparentemente observa-se atuação em ampla faixa de pH, porém em menores concentrações da solução coagulante, é válido citar que as remoções de cor não foram muito expressivas, afirmando que apenas o coagulante natural não é eficiente para remoção de cor.

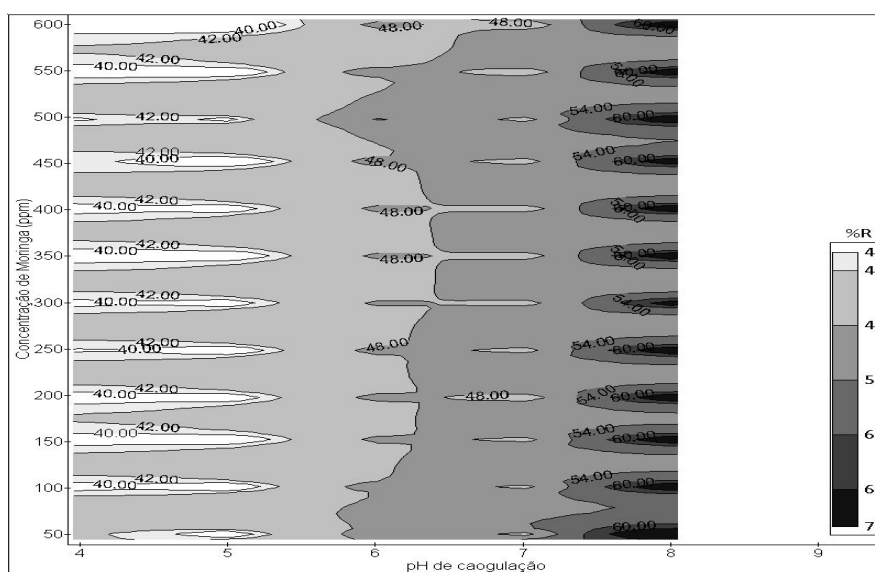


Figura 5. Diagrama de coagulação utilizando a *Moringa oleifera* Lam contendo curvas de remoção de turbidez

Observa-se por meio da Figura 5 que as melhores porcentagens de remoção estão situadas em pH 8,0, assim como foi observado para a associação dos dois coagulantes estudados. Verifica-se ainda que a turbidez evidenciou remoção em todas as dosagens de *Moringa oleifera* Lam estudadas.



CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Baseados nos diagramas de coagulação quando da utilização da *Moringa oleifera* Lam, observou-se que boas eficiências de remoção foram obtidas com variadas concentrações de solução coagulante adicionados ao processo de coagulação/floculação/sedimentação.

Percebeu-se também que, a adição do sulfato de alumínio, mesmo em pequena quantidade, proporcionou um aumento na remoção dos parâmetros avaliados.

Observou-se que a associação do sulfato de alumínio com a semente de *Moringa oleifera* Lam é mais eficiente no tratamento de águas de baixa cor e turbidez do que a utilização da semente de *Moringa oleifera* sozinha.

Desta forma, a associação do sulfato de alumínio com a semente de *Moringa oleifera* Lam foi considerada vantajosa e promissora na etapa de coagulação/floculação de águas potáveis.

Pode-se verificar ainda que a utilização do diagrama de coagulação como uma ferramenta para a determinação das condições de trabalho nos processos de coagulação/floculação e sedimentação é de grande valia, porque possibilita o desenvolvimento dos ensaios nas regiões ótimas, em função das características da água bruta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal do Sergipe por ter cedido gentilmente as sementes de *Moringa Oleifera* Lam utilizadas nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination for water and wastewater**. 19th ed., Washington, D.C, 1995.
2. CARDOSO, K. C., **Estudo do processo de coagulação/floculação por meio da *moringa oleifera* lam para obtenção de água potável**. 2007. Dissertação de M.Sc., Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, Paraná, Brasil.
3. MORAES, L. C. K. **Estudo da coagulação-ultrafiltração com o biopolímero quitosana para a produção de água potável**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
4. NDABIGENGESERE A.; NARASIAH, S. K. Influence of operating parameters on turbidity removal by coagulation with *Moringa oleifera* seeds. **Environmental Technology**, v. 17, p. 1103-1112, 1996.
5. PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com turbidez elevada e cor verdadeira baixa. In: VI SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2002, Vitória. p. 1-9.
6. SILVA, C. A., **Estudos Aplicados ao Uso da *Moringa oleifera* como Coagulante Natural para Melhoria da Qualidade de Águas**. 2005. Dissertação de M.Sc., Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.