

## I-282 - USO DE COAGULANTES ORGÂNICOS PARA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA COM ELEVADA COR E BAIXA TURBIDEZ

**Selma Cristina da Silva**<sup>(1)</sup>

Engenheira Sanitarista e Ambiental e Especialista em Gerenciamento de recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Ambiental da UFBA. Mestre em Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Civil da UFCG. Doutora em Tecnologia Ambiental pelo Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia da UnB. Pós Doutora em Saneamento pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Professora Associada – CETEC/UFRB.

**Alexia Palloma Araújo de Oliveira**<sup>(2)</sup>

Engenheira Sanitarista e Ambiental – CETEC/UFRB, mestranda em Meio Ambiente, Água e Saneamento – DEA/UFBA.

**Mayerlin Edith Acuña Montaña**<sup>(3)</sup>

Engenhara Ambiental - Universidad Autonoma Gabriel René Moreno

**Rafael de Matos Mota**<sup>(4)</sup>

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental – CETEC/UFRB

**Isabel Cristina Silva Maia**<sup>(5)</sup>

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental – CETEC/UFRB

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Rui Barbosa, 710, Centro, Cruz da Almas-BA CEP: 20000-000 - País - Tel: +55 (75) 3621-4314 - Fax: +55 (75) 3621-9362 - e-mail: [scsilva00@yahoo.com.br](mailto:scsilva00@yahoo.com.br) e [selma@ufrb.edu.br](mailto:selma@ufrb.edu.br)

### RESUMO

Os coagulantes inorgânicos bastante utilizados em todo o Brasil têm eficiência garantida para águas com cor verdadeira elevada, dependendo da dosagem aplicada. Dosagens altas, elevam bastante os custos das empresas responsáveis pelo tratamento da água e, podem conferir um residual acima do valor máximo permissível (VMP). Embora este coagulante seja o mais utilizado no tratamento de água para consumo humano, produz residual de alumínio que pode causar doenças como alzheimer, demência, a fibrose pulmonar, a encefalopatia, a osteomalácia e a anemia. Nesse contexto,

O uso dos coagulantes orgânicos: tanino, quiabo e *moringa olifeira*, como auxiliar da coagulação, pode reduzir as quantidades e custos associados aos coagulantes inorgânicos e, dependendo da característica da água, também ser empregado como coagulantes primários. Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de coagulantes orgânicos naturais (*moringa* e *quiabo*) e sintéticos (taninos Kurifloc e FA 920 PWG não aniônico) como coagulante primário e como auxiliar do  $Al_2(SO_4)_3$  no processo de clarificação de água com cor elevada e baixa turbidez.

Os ensaios foram nas seguintes condições: mistura rápida (coagulação) - 100 rpm em 30 segundos; mistura lenta (floculação) - 40 rpm em 30 minutos e, decantação em 30 minutos. Inicialmente foram testadas as seguintes dosagens: 90, 110, 120, 140, 150 e 170 mg/L. Visando reduzir a dosagem ótima, utilizou-se os coagulantes orgânicos como auxiliares da coagulação. As dosagens dos auxiliares foram de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 e 2,0 mg/L para o tanino branco e o quiabo; e 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 e 5,0 mg/L para a *moringa*.

Os resultados mostraram que como coagulante primário apenas o  $Al_2(SO_4)_3$  em dosagem de 170 mg/L foi possível reduzir a cor para próximo de 20 UC, valor estabelecido pela NBR 12216/92, que é o padrão considerado na ETA-SAJ, para águas afluentes aos filtros. Para atender a esse padrão com uma dosagem do  $Al_2(SO_4)_3$  de 140 mg/L, foi necessário utilizar os coagulantes auxiliares, cujas dosagens ótimas foram de 0,4 mg/L (taninos e *moringa olifeira*) e 0,6 mg/L (*quiabo* em pó). Todos os coagulantes orgânicos (comerciais ou naturais) empregados como auxiliar da coagulação apresentaram eficiências adequadas em dosagens iguais, exceto o *quiabo* cuja dosagem foi pouco maior e a cor da água e não atingiu o limite para águas decantadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coagulantes orgânicos, água com cor elevada, auxiliar da coagulação, *quiabo*, *moringa*.

## INTRODUÇÃO

Os processos de tratamento de água de abastecimento utilizam produtos químicos, para o condicionamento da água aos padrões exigidos pela Portaria MS n. 888/2021. Os produtos químicos utilizados na coagulação primária, geralmente são inorgânicos sintéticos. Como auxiliar, são utilizados coagulantes orgânicos que também podem ser empregados como coagulantes primários, dependendo da qualidade da água a ser tratada.

Os coagulantes inorgânicos bastante utilizados em todo o Brasil têm eficiência garantida para águas com cor verdadeira elevada, dependendo da dosagem aplicada. Dosagens altas, elevam bastante os custos das empresas responsáveis pelo tratamento da água e, podem conferir um residual acima do valor máximo permissível (VMP). Em função disso, diversos trabalhos de pesquisa estão sendo desenvolvidos para a substituição ou redução do uso dos coagulantes inorgânicos, especialmente, o sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ). Embora este coagulante seja o mais utilizado no tratamento de água para consumo humano, produz residual de alumínio que pode causar doenças como alzheimer, demência, a fibrose pulmonar, a encefalopatia, a osteomalácia e a anemia (Silva *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o uso dos coagulantes orgânicos: tanino, quiabo e moringa *olifeira*, como auxiliar da coagulação com sulfato de alumínio, pode reduzir as quantidades e custos associados aos coagulantes inorgânicos e, dependendo da característica da água, também ser empregado como coagulantes primários.

O quiabo (*Abelmoschus esculentus*) é um legume bastante utilizado na culinária brasileira, muito fácil de ser encontrado, e apresenta propriedades coloidais que permitem a retenção de impurezas presentes na água e, pode ser empregado, como auxiliar, no processo de clarificação da água.

A Moringa *oleifera* Lam é uma árvore nativa da Índia cujas sementes possuem propriedades coagulantes e bactericidas, sem restrições toxicológicas para humanos e animais; não requerem ajustes de pH e alcalinidade; não causam problemas de corrosão; não modificam o sabor; possuem baixo custo e produzem baixo volume de lodo (VAZ, 2009).

Os taninos vegetais são compostos de unidades monoméricas flavonóides (polifenólicos) polimerizados, significativamente presente na *Acacia mearnsii* de Wildemann, ou acácia negra (MANGRICH *et al.*, 2014). Os taninos naturais são, por definição, substâncias que possuem capacidade de associação e formação de complexos com proteínas e outras macromoléculas e minerais, atuando como agentes coagulantes naturais (TRUGILLHO *et al.*, 1997).

## OBETIVO

Avaliar o desempenho de coagulantes orgânicos naturais (moringa e quiabo) e sintéticos (taninos Kurifloc e FA 920 PWG não aniônico) como coagulante primário e como auxiliar do  $Al_2(SO_4)_3$  no processo de clarificação de água com cor elevada e baixa turbidez.

## METODOLOGIA

A qualidade das águas brutas e tratadas (clarificadas) foram caracterizadas quanto a cor (UC), turbidez (NTU), alcalinidade (mg/L) e temperatura (°C).

A água utilizada nos ensaios foi coletada no rio Dona, no qual a EMBASA do município de Santo Antônio de Jesus-Ba capta água para tratamento e abastecimento humano. Essa água entre setembro e dezembro de 2019, apresentava elevada cor aparente e baixa turbidez.

O coagulante metálico utilizados nos ensaios foi o sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) e os orgânicos sintéticos foram os taninos o FA 920 PWG não aniônico (branco) e o Kurifloc (escuro). O  $Al_2(SO_4)_3$  e o tanino branco cedido pela EMBASA e, o tanino escuro pela Petrobrás. Os coagulantes orgânicos naturais utilizados foram (Moringa oleifera e o quiabo). Todos os coagulantes foram utilizados em solução com concentração de 1%, o equivalente à 10 g/L. Os taninos sintéticos e o sulfato de alumínio eram líquidos com concentrações elevadas e foram apenas diluídos. As sementes de Moringa e o quiabo foram secos em estufa a 105°C por 24h para desidratação, a fim de obter um teor de umidade de 90%. Após secagem, as sementes de moringa foram descascadas e trituradas em pilão e o pó deverá foi adicionado em água destilada e agitado manualmente por 4

minutos. A suspensão foi filtrada a vácuo em filtro descartável utilizado no preparo de café. O filtrado foi o coagulante pronto para o uso. Este era preparado no dia do uso, como conforme recomendado por MARQUES (2017).

Os ensaios foram realizados no “Laboratório de Tratamento e Reuso de Águas (LABTARE)” do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC) da UFRB com a seguinte condição de teste: mistura rápida (coagulação) - 100 rpm em 30 segundos; mistura lenta (floculação) - 40 rpm em 30 minutos e, decantação em 30 minutos.

Inicialmente foram testadas as seguintes dosagens: 90, 110, 120, 140, 150 e 170 mg/L. Após obtenção da dosagem ótima, visando reduzi-la, utilizou-se os coagulantes orgânicos como auxiliares da coagulação. As dosagens dos auxiliares foram de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 e 2,0 mg/L para o tanino branco e o quiabo; e 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 e 5,0 mg/L para a moringa. As dosagens de coagulantes utilizadas nos ensaios foram escolhidas em função da cor da água bruta.

## RESULTADOS

Na figura 1 é possível observar dosagens dos diferentes de coagulantes utilizados nos ensaios de teste de jarro para obtenção das dosagens ótimas.

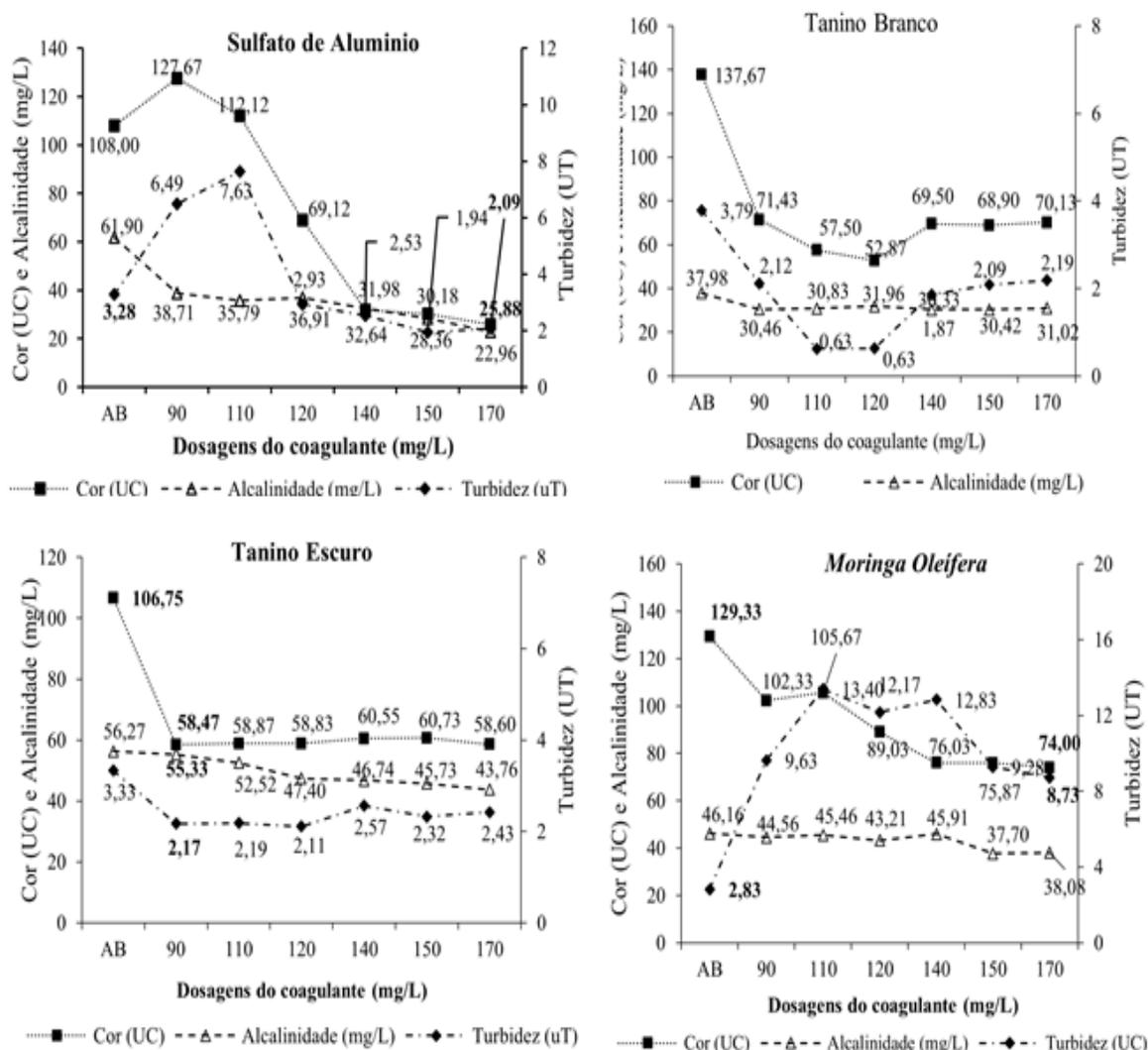
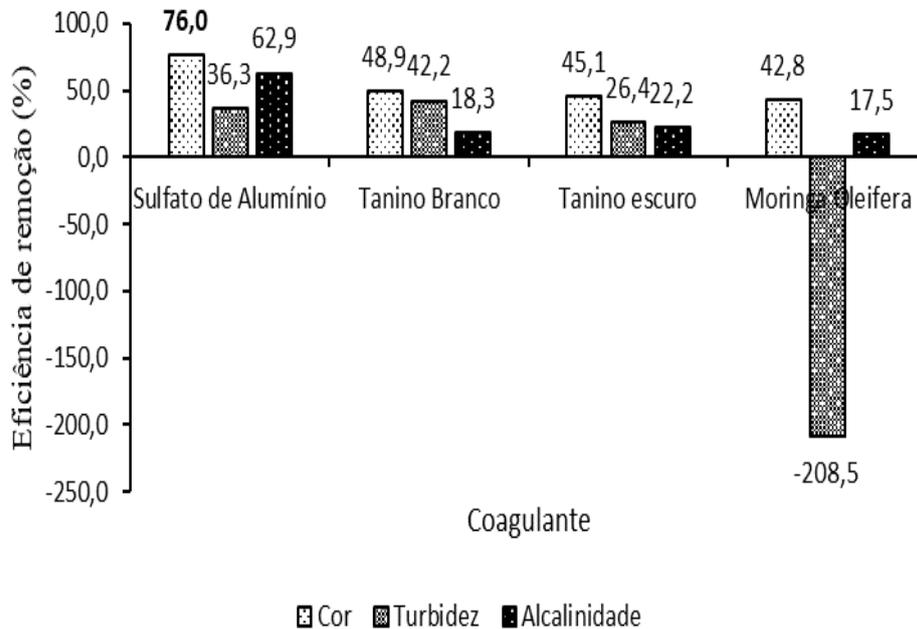


Figura 1. Eficiências obtidas com diferentes coagulantes para a dosagem ótima (170 mg/L).

Para esse tipo de água o quiabo não teve nenhuma eficiência como coagulante primário.

As eficiências de remoção dos coagulantes utilizados para clarificação da água podem ser observadas na figura 2.



**Figura 2: Eficiência de remoção de cor, turbidez e Alcalinidade dos diferentes coagulantes para água do rio Dona – Santo Antônio de Jesus-Ba, na dosagem ótima (170 mg/L).**

Os resultados obtidos com as diferentes dosagens ótimas dos coagulantes podem ser observados na tabela 1.

**Tabela 1: Resultados obtidos com as diferentes dosagens ótimas dos coagulantes.**

COAGULANTES	Dosagem ótima (mg/L)	ÁGUA BRUTA			ÁGUA TRATADA		
		Cor (UC)	Turb (UNT)	Alc (mg/L)	Cor (UC)	Turb (UNT)	Alc (mg/L)
<b>Sulfato de Alumínio</b>	170	108,00	3,28	61,90	25,88	2,09	22,96
<b>Tanino Branco</b>	120	137,67	3,79	37,90	52,70	0,63	31,96
<b>Tanino escuro</b>	90	106,75	3,33	56,27	58,47	2,17	53,33
<b>Moringa Oleifera</b>	170	129,33	2,83	46,16	74,00	8,73	38,08

As menores dosagens foram obtidas com o uso dos taninos sintéticos (tanino branco e tanino escuro). Porém, as concentrações de cor na água decantada foram duas vezes superiores àquelas obtidas com o uso do coagulante metálico (sulfato de alumínio) (Tabela 1). Sendo assim, foram realizados testes empregando os coagulantes orgânicos sintéticos (Taninos) e naturais (Quiabo e Moringa *Oleifera*) como auxiliares da coagulação, a fim de reduzir a dosagem do sulfato de alumínio.

Os resultados obtidos para dosagens de  $Al_2(SO_4)_3$  de 140 mg/L e diferentes dosagens dos coagulantes podem ser observados na figura 3

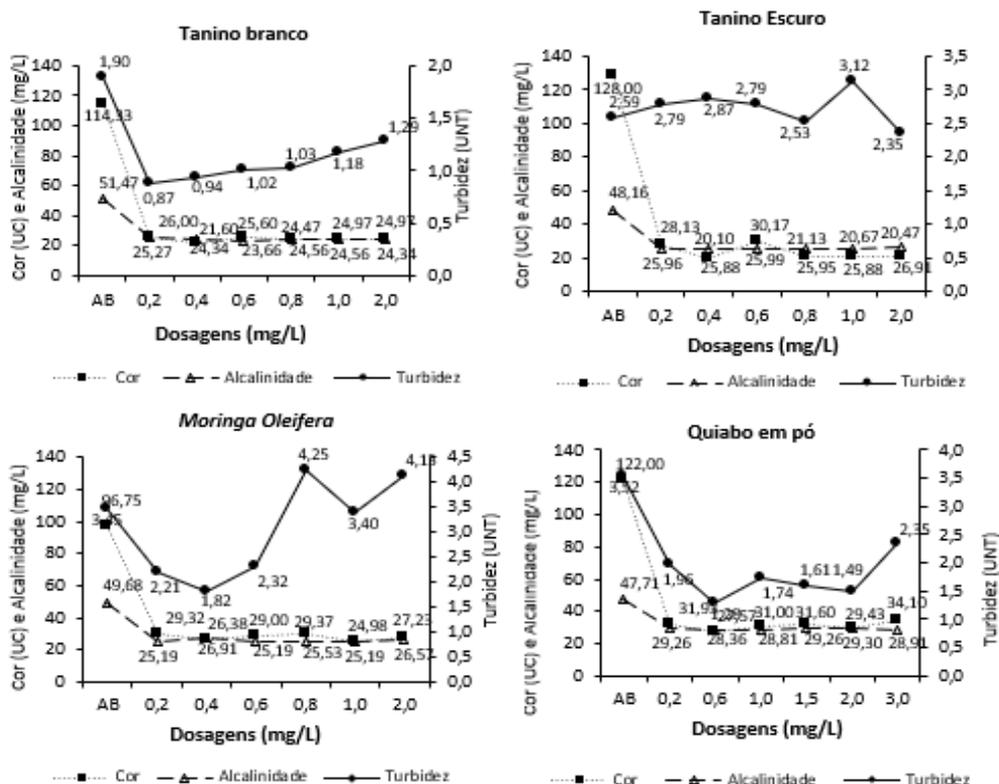


Figura 3: Resultados obtidos com o Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> e diferentes concentrações dos coagulantes auxiliares.

Na tabela 2, podem ser observadas as dosagens ótimas dos coagulantes auxiliares e as características das águas brutas e tratadas.

Tabela 2. Dosagem de Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> de 140 mg/L e dosagens ótimas dos coagulantes auxiliares.

COAGULANTES AUXILIARES	DOSAGEM ÓTIMA (mg/L)	ÁGUA BRUTA			ÁGUA TRATADA		
		Cor (UC)	Turb (UNT)	Alc (mg/L)	Cor (UC)	Turb (UNT)	Alc (mg/L)
Tanino Branco	0,4	114,38	1,90	51,47	21,60	0,94	24,34
Tanino escuro	0,4	128,00	2,59	48,16	20,10	2,87	25,88
Moringa Oleifera	0,4	96,75	3,45	49,51	26,38	1,82	26,91
Quiabo em pó	0,6	122,00	3,52	47,71	34,10	2,35	28,91

As eficiências de remoção de cada coagulante auxiliar do Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> podem ser observadas na figura 3.

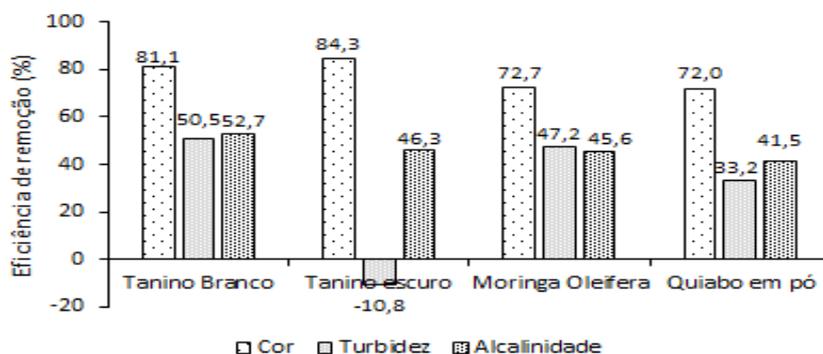


Figura 3: Eficiências de remoção do Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> na dosagem de 140 mg/L em combinação com as dosagens ótimas dos coagulantes auxiliares.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O quiabo não apresentou eficiência como coagulante primário. As dosagens ótimas dos taninos branco e escuro foram menores, comparadas àquelas obtidas com o uso do sulfato de alumínio e da Moringa oleifera. Somente com o  $Al_2(SO_4)_3$  em dosagem de 170 mg/L foi possível reduzir a cor para próximo de 20 UC, valor estabelecido pela NBR 12216/92 (ABNT, 1992), que é o padrão considerado na ETA-SAJ, para águas afluentes aos filtros. Para atender a esse padrão com uma dosagem do  $Al_2(SO_4)_3$  de 140 mg/L, foi necessário utilizar os coagulantes auxiliares.

A dosagem de 170 mg/L eleva os custos de tratamento e monitoramento da água e pode conferir à água decantada um residual acima do padrão de potabilidade, de 0,2 mg/L (BRASIL, 2021) e que não é possível ser removido em filtros de camada única. O alumínio, dependendo do residual, pode ser removido em filtros de camada dupla com uso do carvão ativado (OLIVEIRA, 2014).

Dosagens do tanino FA 920 PWG acima de 120 mg/L reduziram a eficiência de remoção de cor e turbidez. Em qualquer dosagem, o consumo da alcalinidade se manteve aproximadamente constante.

As dosagens do tanino Kurifloc acima de 90 mg/L promoveram remoções de cor quase constantes, com concentrações remanescentes variando de 58,9 a 60,7 UC; pequeno acréscimo nas concentrações de turbidez; e leve aumento no consumo de alcalinidade proporcional às dosagens aplicadas.

A eficiência de remoção de cor da Moringa foi diretamente e a de turbidez inversamente proporcional à dosagem aplicada. O uso da moringa oleifera pode atingir um nível adequado de cor e turbidez aumentando a dosagem aplicada e/ou o tempo de decantação (SARGENTINI *et al.*, 2009), podendo inviabilizar o uso desse coagulante natural para águas com cor elevada.

O uso dos coagulantes orgânicos como auxiliares com o sulfato de alumínio proporcionou redução da dosagem ótima de  $Al_2(SO_4)_3$  e aumento na eficiência de remoção; reduziu o consumo da alcalinidade; atingiu concentrações de cor adequada para encaminhamento aos filtros. A Moringa teve desempenho na remoção de cor semelhante aos coagulantes orgânicos comerciais e foi mais eficiente do que o tanino escuro na remoção de turbidez. O uso deste causou pequeno aumento da turbidez, porém os valores estavam abaixo daquele exigido para águas afluentes aos filtros.

## CONCLUSÃO/RECOMENDAÇÃO

Entre os coagulantes testados, somente o sulfato de alumínio conseguiu reduzir a cor da água ao limite estabelecido pela NBR 12216/92, usado pela ETA-SAJ como parâmetro para água decantada.

Para se atingir um valor de cor adequado com o uso da Moringa Oleifera, é necessário dosagens muito superiores a 170 mg/L, visto que se trata de um coagulante natural. Isso inviabilizaria o seu uso desse como coagulante primário para tratamento de grandes volumes de água. O uso desse coagulante aumentou a turbidez da água. Isso possivelmente ocorreu devido ao uso de papel com porosidade inadequada para filtragem da solução. Isso pode ser resolvido, filtrando-se a solução em papel filtro de menor porosidade ou aumentando o tempo de decantação.

Qualquer dos coagulantes orgânicos (comerciais ou naturais) podem ser utilizados como auxiliares da coagulação com o sulfato de alumínio em dosagens iguais, exceto o quiabo cuja dosagem seria um pouco maior e a cor da água e não atingiria o limite estabelecido pela ETA-SAJ para águas decantadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992. 18p.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 888 de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, Brasília, DF, 2021. Diário Oficial da União (*D.O.U.*) no dia 7 de maio de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 05 de novembro de 2022.
3. HELLER, L.; PÁDUA, V.L. Abastecimento de água para consumo humano. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006, 689p.
4. LEAL, F. C. T. e LIBÂNIO, M. Estudo da remoção da cor por coagulação química no tratamento convencional de águas de abastecimento. Engenharia sanitária e ambiental. v. 7, n 3,4, p. 117-128, 2002.



5. OLIVEIRA L. R. Remoção de alumínio em sistema contínuo por adsorção em coluna de leito fixo com carvão ativado. Dissertação (mestrado). UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA, 121 f.
6. SARGENTINI, E. C. P.; RODRIGUES, E. S.; SARGENTINI JUNIOR, É. Tratamento de água alternativo utilizando semente de Moringa Oleifera Lam como clarificante natural de águas do rio negro-Am. 49º Congresso Brasileiro de Química. A Química e a Sustentabilidade. Porto Alegre-RS, 2009. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2009/trabalhos/5/5-494-3832.htm>. Acesso em 05 de novembro de 2022.
7. SILVA, A. L. O. S.; RAMOS, M. S.; LUIZ, M.R.; SOUZA, N. C. Possíveis efeitos do alumínio presente na água tratada. In: Anais do I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade – COMINAS e, III Congresso Internacional de Diversidade do Semi-árido – CONIDIS. ISSN: 2526-186X.
8. MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de Acacia mearnsi. Revista Virtual de Química, v. 6, p. 2-15, 2014.
9. TRUGILLHO, P. F.; CAIXETA, R. P.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro. Revista CERNE, V. 3, n. 1, p. 01-013, 1997
10. VAZ, L.G.L. et al, Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. Eclética química, v. 35, n. 4, p. 45 - 54, 2010.