

# Avaliação de *Aloe arborescens* como coagulante para remoção de cor e turbidez em tratamento convencional de água

## *Evaluation of Aloe arborescens as a coagulant for color and turbidity removal in conventional water treatment*

Rodrigues, A.M.<sup>a1</sup>, Aquino, D.S.<sup>ib</sup>, Cordeiro, L.L.<sup>ic</sup>

<sup>a</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano Campus Rio Verde, Brasil.  
E-mail: <sup>a1</sup>andriane.melo@gmail.com

<sup>b</sup>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia campus Eunápolis, Brasil.  
E-mail: <sup>b</sup>davi.aquino@ifba.edu.br

<sup>c</sup>Floram Engenharia e Meio Ambiente, Brasil.  
E-mail: <sup>c</sup>lilian@floram.com.br

Recibido: 25/03/2019

Aceptado: 21/04/2020

Publicado: 30/04/2020

**Citar como:** Rodrigues, A.M., Aquino, D.S., Cordeiro, L.L. 2020. Avaliação de *Aloe arborescens* como coagulante para remoção de cor e turbidez em tratamento convencional de água. *Ingeniería del agua*, 24(2), 81-88. <https://doi.org/10.4995/ia.2020.11562>

## RESUMO

O uso de coagulantes naturais no tratamento de água é alternativo ao de sintéticos, possíveis causadores de toxicidade. Este trabalho avaliou a viabilidade do uso de extrato de babosa (*Aloe arborescens*) como coagulante para remoção de cor aparente e turbidez no tratamento convencional. Os ensaios foram realizados em *jar test*, com água bruta do rio São Tomás, estado de Goiás, Brasil, abrangendo os intervalos de 6.0 a 8.0 unidades de pH e de 0.025 a 10.0 mL L<sup>-1</sup> de coagulante. Elaboraram-se diagramas de coagulação com as eficiências obtidas de cada um dos 72 pares de valores pH *versus* dose de coagulante e obtiveram-se remoções na água decantada de 36% para turbidez e 52% para cor aparente e na água filtrada de 68% para turbidez e 70% para cor aparente. As eficiências obtidas não foram suficientes para atender às exigências do padrão de potabilidade brasileiro para os parâmetros analisados.

**Palavras chave** | *Aloe arborescens*; coagulante natural; diagramas de coagulação; tratamento de água.

## ABSTRACT

*The use of natural coagulants in water treatment is an alternative to synthetic that can cause toxicity. This research evaluated the viability of utilizing Aloe arborescens as a coagulant for the removal of color and turbidity in conventional water treatment. The assays were performed in a jar test with water from the São Tomás River, State of Goiás, Brazil, which covers a pH range of 6.0 to 8.0, with coagulant concentrations of 0.025 to 10.0 mL L<sup>-1</sup>. The authors elaborated coagulation diagrams with the efficiencies obtained from each of the 72 pH values versus the coagulant doses and obtained a 36% reduction in turbidity and 52% reduction in apparent color with the decanted water and a 68% reduction in turbidity and 70% reduction in apparent color with the filtered water. The efficiencies for the parameters analyzed were not sufficient to meet the requirements of the Brazilian Potability Standard.*

**Key words** | *Aloe arborescens*; coagulation diagrams; natural coagulant; water treatment.

## INTRODUÇÃO

O aumento significativo da turbidez nos cursos d'água é provocado principalmente pela poluição pontual e difusa, ocasionada pelas atividades antrópicas. A água turva dos corpos hídricos é um dos indícios de que a qualidade da água é inapropriada para consumo humano, indicando a presença de componentes físicos e microbiológicos na água, associados a partículas suspensas, que atuam como abrigo aos microrganismos patogênicos, dificultando, principalmente, o processo de desinfecção no tratamento convencional de água. Desse modo, o padrão de potabilidade brasileiro, definido por meio do Anexo XX da Portaria do Ministério da Saúde nº 05/2017 (Brasil, 2017) determina o valor máximo permitido de 5.0 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) como parte do padrão organoléptico no sistema de distribuição de água.

Outro importante parâmetro físico-químico de qualidade de água é a cor, que pode ter, ou não, relação direta com a turbidez. Quando mensurada a partir de uma amostra de água filtrada, a turbidez é denominada cor verdadeira. Quando não, é referida como cor aparente. A presença de substâncias dissolvidas na água, tais como, substâncias húmicas, químicas e de natureza orgânica podem atribuir cor à mesma. A cor é um parâmetro organoléptico para água tratada e, no Brasil, seu valor máximo permitido é de 15.0 unidades Hazen (UH) nas águas destinadas ao abastecimento público (Brasil, 2017).

O tratamento convencional de água, usado na maioria das estações de tratamento de água (ETA) do Brasil, é uma tecnologia consolidada para remoção de cor e turbidez, apresentando como principais etapas a coagulação química, floculação, sedimentação ou flotação e filtração. A remoção de cor ocorre, principalmente, na etapa de coagulação, onde produtos químicos são adicionados no intuito de promover alteração na força iônica da solução e desestabilizar as partículas dissolvidas, que, de outra maneira, não poderiam ser removidas pelas etapas seguintes de processos físicos, tais como sedimentação ou flotação e filtração.

O processo de coagulação ocorre a partir de mistura rápida e homogênea do coagulante com a água que aflui à ETA, desempenhando um papel importante para as etapas sequenciais do tratamento convencional, principalmente na floculação (mistura lenta), em que as partículas desestabilizadas formam flocos, permitindo a decantação (sedimentação dos flocos) ou da flotação (ascensão dos flocos) e, assim, a filtração que se segue. Desse modo, o sucesso desses processos depende de uma coagulação bem sucedida (Richter, 2009).

Os principais produtos químicos usualmente utilizados como coagulantes são inorgânicos, como por exemplo, o sulfato de alumínio e o cloreto férrico. Apesar de apresentarem efetiva remoção de impurezas, estes coagulantes geram lodo com concentrações elevadas de compostos químicos, o que dificulta a disposição do mesmo no ambiente, por oferecer consideráveis riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Estudos demonstram relações entre o elemento alumínio e a incidência de doenças neurológicas (Veríssimo e Gomes, 2008; Wang et al., 2010; Muisa et al., 2011), inclusive o aceleração do processo degenerativo do Mal de Alzheimer (Yin, 2010). Buscando uma solução para este problema, começou-se a estudar coagulantes poliméricos naturais, alternativos aos coagulantes químicos, apresentando baixo custo e não oferecendo toxicidade para a saúde e o ambiente (Borri et al., 2014). Os principais coagulantes naturais estudados em pesquisas referentes ao tratamento de água são os encontrados na Moringa Oleífera Lam (*Malvaceae*), nos taninos e na quitosana (Heredia et al., 2010; Pritchard et al., 2010; Ng et al., 2013; Valverde et al., 2018).

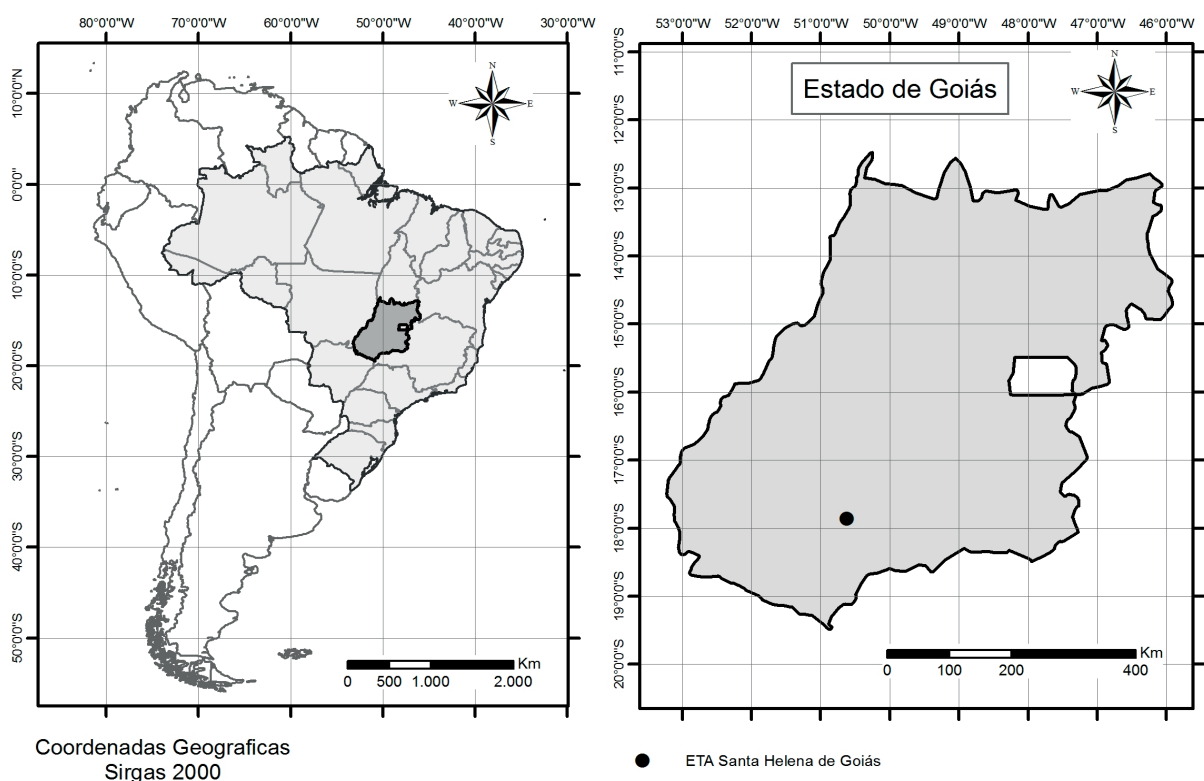
Num estudo em escala de bancada com Jar Test, utilizou-se extrato de *Aloe vera* diluído em água destilada com proporção de 100 mL mL<sup>-1</sup> para clarificação de água bruta do lago Nokoué, no país africano do Benin e obtiveram-se remoção de 91% para sólidos suspensos, 72% para turbidez e de 15% para cor aparente. Observou-se ainda, no extrato obtido, a presença de grupos fitoquímicos como taninos, saponinas, flavonoides, derivados da quitosana e do antraceno e mucilagens que podem ter contribuído para a remoção parcial das concentrações dos parâmetros analisados (Irma et al., 2016).

Singh et al. (2017) também utilizaram *Aloe vera* como princípio ativo de tratamento, mas o fizeram especificamente para bioadsorção de Cobre numa água residuária sintética e obtiveram remoção acima de 90% em condições otimizadas. Ademais, como em geral os coagulantes naturais, isoladamente, apresentam baixas eficiências de remoção de poluentes, pode-se utilizá-lo como um coagulante adicional, tal como realizado por Gaikwad e Munavalli (2019), que utilizaram *Aloe vera* como auxiliar, tendo *Moringa oleifera* e *Strychnos potatorum* como coagulantes principais e observaram que o uso de *Aloe vera* resultou em aumento na eficiência de remoção de turbidez.

Neste sentido, tornam-se imprescindíveis estudos mais específicos sobre os diversos tipos de coagulantes naturais que podem ser utilizados no processo de coagulação. Por conseguinte, o objetivo desse trabalho foi investigar a eficiência de remoção de turbidez e cor utilizando diagramas de coagulação elaborados para o coagulante natural de extrato de babosa (*Aloe arborescens*) aplicado ao processo convencional de tratamento de água.

## MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho utilizou-se água bruta do Rio São Tomás, manancial de captação para abastecimento público da cidade de Santa Helena de Goiás, estado de Goiás, região Centro-Oeste do Brasil. A estação de tratamento de água (ETA) localiza-se no ponto de coordenadas  $17^{\circ} 51' 28''$  de latitude sul e  $50^{\circ} 37' 27''$  de longitude oeste, conforme se apresenta na Figura 1.



**Figura 1** | Localização da estação de tratamento de água onde se realizaram os ensaios deste trabalho.

O ponto de coleta das amostras utilizadas para os ensaios foi o canal de entrada localizado imediatamente à montante da calha Parshall da referida ETA. Antes de serem utilizadas para os ensaios de tratamento, as amostras de água bruta tiveram sua qualidade físico-química aferida por intermédio da mensuração dos parâmetros de turbidez e cor. Para tal, utilizaram-se os aparelhos: turbidímetro de bancada microprocessado TB 1000 e colorímetro AquaColor Cor IP67. A análise destes parâmetros visou estimar a eficiência do ensaio de coagulação, tanto para a água decantada quanto para a filtrada.

A água bruta, utilizada no ensaio teve seu pH ajustado para valores compreendidos entre 6.0 e 8.0 com variação de 0.4 unidade, possibilitando analisar a eficiência do tratamento em meio às condições de pH tipicamente encontrado em águas naturais. As correções de pH foram realizadas por intermédio de soluções de ácido sulfúrico 0.01N e de hidróxido de sódio 0.1N, preparadas com reagentes com grau analítico de pureza. Os valores de pH foram medidos por intermédio de pHmetro Hanna®, modelo pH 21 mV meter.

Todos os procedimentos laboratoriais foram realizados no Laboratório de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas de Água, situado nas dependências da ETA, seguindo os manuais dos respectivos aparelhos e a metodologia analítica descrita nos *Standard Methods (APHA, AWWA, WEF, 2012)*.

A espécie vegetal babosa (*Aloe arborescens*) foi utilizada para realização dos ensaios de tratamento. Contrariamente a estudos que normalmente utilizam os polímeros naturais como auxiliares de floculação, ao invés de produto coagulante, o presente trabalho utilizou o extrato de babosa como coagulante, ou seja, utilizado na substituição dos coagulantes metálicos, normalmente utilizados. Este procedimento visou estudar apenas a influência da babosa, visto que sua utilização conjunta com outro coagulante, ainda que pudesse resultar em melhores eficiências de remoção, dificultaria a análise da contribuição advinda apenas do extrato de babosa.

Procedeu-se à extração manual do gel translúcido contido no interior das folhas da babosa e este gel foi triturado imediatamente após sua extração em aparelho liquidificador, sem a adição de água e posteriormente filtrado em papel filtro qualitativo, Ø 125 mm. O filtrado recolhido constituiu o coagulante utilizado. Devido à possibilidade de oxidação e perda de algumas propriedades do gel obtido, este foi preparado imediatamente antes de cada ensaio de coagulação. As dosagens utilizadas do extrato de babosa foram: 0.025; 0.05; 0.10; 0.20; 0.25; 0.5; 1.0; 1.5; 3.0; 5.0; 7.0 e 10.0 mL L<sup>-1</sup>, que em mg L<sup>-1</sup> correspondem, respectivamente às concentrações de: 104; 208; 416; 832; 1040; 2081; 4162; 6242; 12485; 20808; 29131 e 41615. Por sua vez, as variações de pH da água bruta foram: 6.0; 6.4; 6.8; 7.2; 7.6; 8.0, o que resultou em 72 ensaios de tratamento.

O procedimento de extração do gel foi baseado no trabalho realizado por Irma et al. (2016), o qual utilizou *Aloe vera* cultivado na cidade de Calavi, no país africano do Benin. No trabalho citado, o gel translúcido foi extraído manualmente, diluído em água destilada à uma proporção de 100 mL mL<sup>-1</sup> e filtrado com uma porosidade de 25 mm;

Os ensaios foram executados em escala de bancada utilizando aparelho Jar Test Nova Ética Modelo 218/LDB06, com as seguintes condições operacionais: mistura rápida com 160 rotações por minuto (RPM) durante 2 minutos, seguida de mistura lenta com 40 RPM durante 30 minutos e decantação sem rotação por uma hora, respeitando os parâmetros operacionais do Jar Test utilizados na estação de tratamento. Após o tempo de decantação, 100 mL do sobrenadante foram recolhidos, utilizando uma pipeta, a 3 cm da superfície, obtendo-se, portanto, de cada jarro do aparelho a respectiva amostra de água decantada. De cada amostra, foram mensuradas turbidez e cor utilizando os equipamentos anteriormente especificados. Assim, foi possível avaliar a eficiência de remoção de turbidez e cor aparente para a água decantada devido à utilização do extrato de babosa como coagulante. Na sequência, a amostra de água decantada recolhida foi filtrada em papel filtro analítico com Ø 1 µm, e analisado quanto aos parâmetros de turbidez e cor aparente, visando estimar a eficiência do tratamento para a água filtrada.

Para cada um dos 72 pares de valores de pH *versus* dose de coagulante, obtiveram-se as eficiências de remoção de turbidez e de cor aparente tanto para a água decantada quanto para a filtrada. De posse de tais eficiências, procedeu-se à sistematização dos dados em planilha eletrônica e posterior elaboração dos diagramas de coagulação. Para tal, utilizou-se o programa computacional SigmaPlot, versão 12.0.

Os dados e resultados dos ensaios de tratamento de água foram interpretados pelo programa como um sistema de coordenadas cartesianas com três dimensões para cada ponto, sendo elas: pH, dose de coagulante e eficiência de remoção. A partir dos pares de valores pH *versus* dose de coagulante, foi gerada para a eficiência de remoção uma malha triangular de Delaunay, que é recomendada por possuir a propriedade de construir os maiores triângulos equiláteros possíveis, fato que minimiza os erros advindos dos procedimentos de interpolação (Kaick e Pedrini, 2003). Através da malha de interpolações, foram determinados os valores de eficiência de todos os pontos de cada diagrama e assim geradas as curvas de isoeffiência. Obtiveram-se, portanto, quatro diagramas de coagulação, os quais representam as eficiências de remoção de turbidez e cor aparente tanto para a água decantada quanto para a filtrada, havendo 72 pontos em cada diagrama.

---

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos parâmetros físico-químicos da água bruta utilizada na realização dos ensaios de coagulação estão apresentados na Tabela 1.

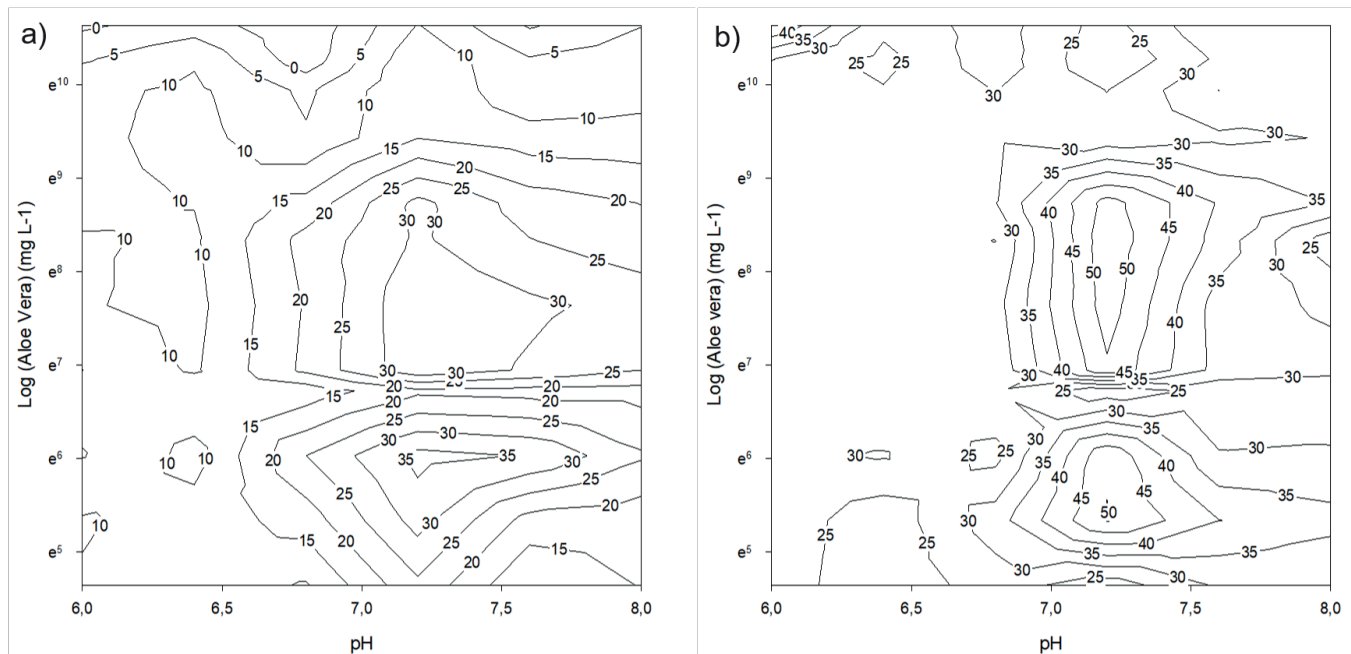
**Tabela 1** | Qualidade da água bruta utilizada nos ensaios.

Parâmetro	Unidade	Valor médio ± desvio padrão
Turbidez	UNT	17.01 ± 7.16
Cor aparente	UH	10.37 ± 7.10    7.36 ± 2.5
pH	-	

Na estação de tratamento de água onde foram realizados os procedimentos laboratoriais deste trabalho, tipicamente, as médias de turbidez e de cor aparente da água bruta são inferiores a, respectivamente, 20 UNT e 50 UH em períodos de estiagem, enquanto tais médias para períodos chuvosos são superiores a 600 UNT e 700 UH. Com o maior volume de chuvas e consequente aumento dos sólidos em suspensão nos cursos d'água, ocorre a elevação dos valores de turbidez nos meses chuvosos, pois tais sólidos dificultam a penetração dos feixes de luz na água. Como se pode observar na Tabela 1, a água bruta recebida na ETA durante a abrangência temporal do presente estudo apresentou valores relativamente baixos de cor e turbidez em relação às médias observadas nas demais épocas do ano. Assim, as discussões feitas a seguir têm validade para águas naturais que apresentem baixos valores de turbidez e cor aparente, devendo sua aplicação a águas com valores elevados destes parâmetros ser feita com cautela.

Nos diagramas de coagulação apresentados na sequência, são demonstrados os resultados dos ensaios para as diferentes dosagens de babosa e valores de pH. Estes gráficos foram construídos com o pH de coagulação no eixo das abscissas e a dosagem do coagulante no eixo das ordenadas, apresentando ainda as linhas e regiões de isoefficiência obtidas a partir dos experimentos.

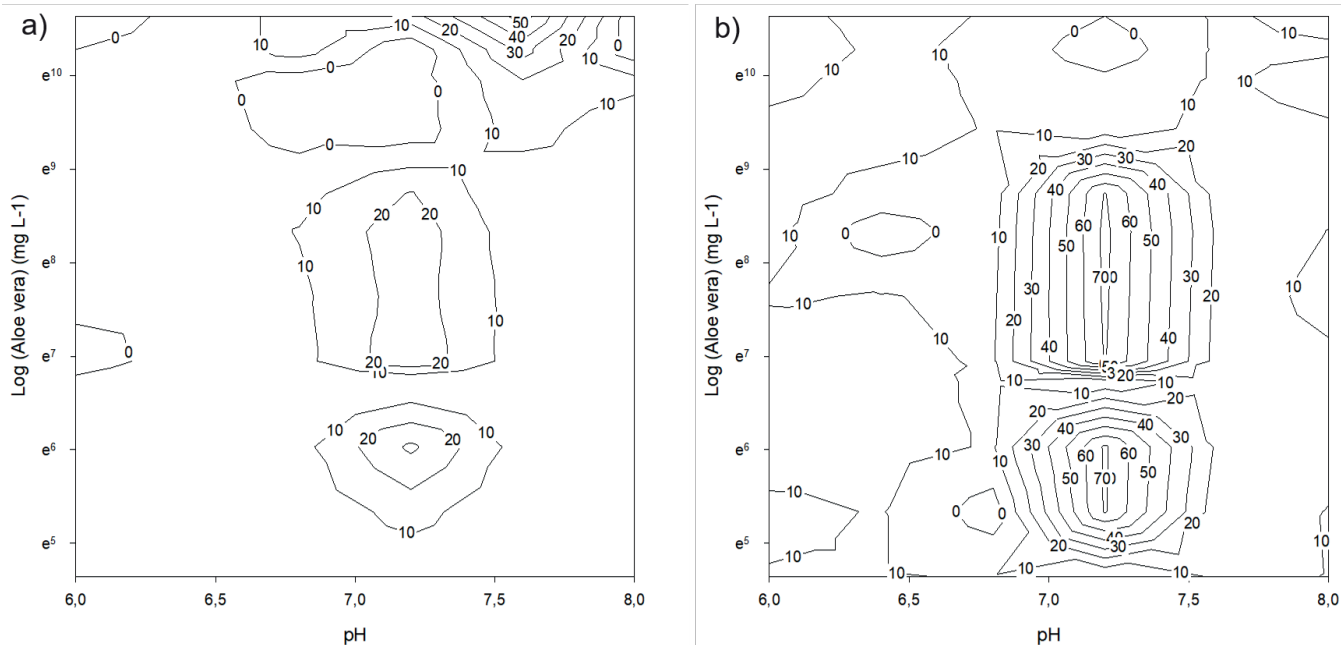
Com relação à eficiência de remoção de turbidez devido à utilização do extrato natural de babosa como coagulante, são apresentados na Figura 2 os diagramas de coagulação para a água decantada (a) e para a filtrada (b).

**Figura 2** | Diagramas de coagulação para remoção percentual de turbidez na água decantada (a) e filtrada (b).

De acordo com a análise da Figura 2a, os maiores valores de eficiência de remoção de turbidez para a água decantada foram entre 30% e 35%, conforme as regiões de isoefficiência apresentadas. Tais regiões foram obtidas quando utilizado pH de coagulação entre 7.0 e 7.6 e doses de coagulante entre 0.1 e 1.5 mL L<sup>-1</sup>. Quanto às eficiências de remoção deste mesmo parâmetro para a água filtrada, observa-se que os maiores valores correspondem a duas regiões no diagrama, apresentado na Figura 2b, com eficiências da ordem de 50%, ambas com pH variando entre 7.0 e 7.4. Uma região foi obtida pela aplicação de 0.25 a 1.0 mL L<sup>-1</sup> de coagulante, enquanto a outra o foi com doses entre 0.025 e 0.1 mL L<sup>-1</sup>. Ressalta-se que tanto para a água decantada quanto para a filtrada,

obtiveram-se baixas remoções de turbidez quando se utilizaram dosagens de 3.0 a 10 mL L<sup>-1</sup> do extrato de babosa, evidenciando que, para as condições deste experimento, não se recomenda a utilização de dosagens do coagulante acima de 3.0 mL L<sup>-1</sup>.

Similarmente, os diagramas de coagulação que expressam remoção de cor aparente são apresentados na Figura 3 tanto para a água decantada (a) quanto para a filtrada (b).



**Figura 3** | Diagramas de coagulação para remoção percentual de cor aparente na água decantada (a) e filtrada (b).

Conforme apresentado na Figura 3a, o diagrama de cor aparente para a água decantada foi o único que apresentou regiões de eficiência maior que 50% para dosagem maior que 7.0 mL L<sup>-1</sup> de extrato de babosa. Em oposição aos demais diagramas apresentados neste trabalho, apresentando eficiência de 52% para pH 7.6 e a dosagem 10 mL L<sup>-1</sup>, maior que as de 22% obtidas com dosagens menores (de 0.025 a 1.25 mL L<sup>-1</sup>) e pH em torno de 7.2. Com alusão à água filtrada, conforme se observa na Figura 3b, também no valor de 7.2 para o pH de coagulação foram obtidas as maiores eficiências de remoção de cor, quando se utilizaram dosagens de 0.025 a 1.5 mL L<sup>-1</sup> de extrato de babosa.

Dentre os valores de pH utilizados nos ensaios, a faixa de otimização determinada pelos experimentos foi em torno da neutralidade, o que é bastante interessante para a ETA, pois as águas naturais do manancial de captação estão bem próximas desta condição. Assim, o uso de babosa como coagulante não implicaria em elevados gastos para a ETA com produtos destinados à correção de pH. Os mínimos valores para turbidez e cor aparente obtidos pelo presente trabalho para a água filtrada foram, respectivamente, 11.57 UNT e 7.26 UH, dos quais apenas o valor de cor aparente atende ao estabelecido pelo Anexo XX da Portaria do Ministério da Saúde N° 05/2017 que determina 5 UNT para turbidez e 15 UH para cor aparente (BRASIL, 2017). Ressalta-se, entretanto, que os ensaios foram concebidos com o objetivo precípua de estudar as remoções destes parâmetros devido ao uso do extrato de babosa como coagulante único, não sendo o atendimento ao padrão de potabilidade brasileiro um objetivo do presente trabalho.

O coagulante utilizado possui cadeias poliméricas e o mecanismo de adsorção de partículas no meio pode ter sido favorecido, mas não o suficiente para formar pontes entre a superfície a qual está aderido e a outras partículas. De acordo com Richter (2009), a coagulação com polímeros é realizada principalmente por adsorção-desestabilização e completada por um efeito de ligação de ponte entre as partículas. Estes polímeros podem ser usados como coagulantes ou auxiliares de floculação e quando são catiônicos se aderem aos colóides, possuindo a capacidade de se ligarem a diversas partículas como laços em uma corda. Ressalta-se ainda

que na espécie vegetal utilizada já a literatura reporta presença de grupos fitoquímicos que podem influenciar do processo de coagulação, como os grupos de taninos, saponinas, flavonoides, mucilagens, além de derivados da quitosana e do antraceno (Irma et al., 2016).

Adicionalmente, durante a execução dos ensaios não foi verificada a formação de precipitados de forma visualmente nítida. Em contrapartida, observou-se a presença de pequenos aglomerados que permaneceram suspensos no meio. Esta constatação pode ser explicada pelo fato de que o uso de polímeros frequentemente é incapaz de precipitar coloides de origem orgânica, requerendo para tal a adição de um coagulante metálico (Richter 2009). Ademais, uma discussão coesa acerca dos mecanismos de coagulação devido ao uso de extrato de babosa como coagulante é de difícil obtenção, visto que são escassos os resultados de trabalhos que a utilizaram como coagulante para tratamento de água. Assim, não é possível fazer nenhuma afirmação sobre qual mecanismo de coagulação prevaleceu nas regiões de maiores eficiências de remoção apresentadas nas Figuras 2 e 3. Entretanto, segundo Gonçalves et al. (1997), para sistemas nos quais são adicionados polímeros de cadeia longa, como o extrato da babosa, o mecanismo de formação de pontes prevalece nos mesmos, ocorrendo interações entre os sítios ativos destas macromoléculas e os coloides, promovendo desta forma a aglomeração destas partículas e posterior formação dos flocos.

Não obstante à impossibilidade de se afirmar quais mecanismos de coagulação ocorreram nos ensaios de tratamento utilizando extrato de babosa como coagulante, o mesmo apresenta potencial de utilização para a etapa de coagulação no tratamento de água para abastecimento, dada a sua facilidade de aquisição e ausência de substâncias nocivas à saúde humana ou ao ambiente. Assim, recomendam-se novos estudos que utilizem a babosa como auxiliar na coagulação, bem como ensaios realizados com águas que apresentem elevados valores de turbidez e/ou cor.

---

## CONCLUSÃO

A utilização da babosa como coagulante para o tratamento de água mostrou-se promissor, uma vez que foram obtidas significativas reduções dos parâmetros turbidez e cor aparente nos ensaios experimentais realizados, principalmente quando realizados com valores de pH entre 7.0 e 7.5 e dosagens de coagulante abaixo de 3.0 mL L<sup>-1</sup>.

Nem todas as eficiências obtidas neste trabalho foram suficientes para atender às exigências do padrão de potabilidade brasileiro. Assim, sugerem-se novos estudos do emprego da babosa como coagulante auxiliar, visando o melhor detalhamento dos seus mecanismos de coagulação.

---

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal Goiano e às empresas Saneamento de Goiás S/A e Asplan Assessoria e Planejamento Agropecuário Ltda. pelos suportes fornecidos para a elaboração do presente estudo.

---

## REFERENCIAS

- APHA, AWWA, WEF. (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22ª Edição, AWWA, E.U.A.
- Borri, R.B., Freire, R., Boina, W.L.O. 2014. Remoção da turbidez da água usando *Aloe Vera* como coagulante natural. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.17271/1980082710122014857>
- Brasil. 2017. Portaria N° 05, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, Brasil.
- Gaikwad, V.T., Munavalli, G.R. 2019. Turbidity removal by conventional and ballasted coagulation with natural coagulants. *Applied Water Science*, 9(130), <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1009-6>

- Gonçalves, R.F., Piotto, Z.C., Resende, M.B. 1997. Influência dos mecanismos de coagulação da água bruta na reciclagem de coagulantes em lodos de estações de tratamento de água. *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Foz do Iguaçu, Brasil, 1353-1363.
- Heredia, J.B., Sánchez-Martín, J., Gómez-Muñoz, M.C. 2010. New coagulant agents from tannin extracts: preliminary optimization studies. *Chemical Engineering Journal*, 162(3), 1019-1025. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.07.011>
- Irma, N.Y.A.E., Philippe, S., Abdoukarim, A., Alassane, Y.A.K., Pascal, A.C., Daouda, M., Dominique, S.K.C. 2016. Evaluation of *Aloe vera* leaf gel as a Natural Flocculant: Phytochemical Screening and Turbidity removal Trials of water by Coagulation flocculation. *Research Journal of Recent Sciences*, 5(1), 9-15.
- Kaick, V.O.M., Pedrini, H. 2003. Estudo comparativo de métodos de compressão de modelos de terrenos digitais através de superfícies triangulares. *Anais do III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas*, maio 6-9, Curitiba, Brasil, 1-15.
- Muisa, N., Hoko, Z., Chifamba, P. 2011. Impacts of alum residues from Morton Jaffray Water Works on water quality and fish, Harare, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(14-15), 853-864. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.07.047>
- Martel, A.B. 2004. Aspectos físico-químicos de la calidad del agua. In: *Tratamiento de agua para consumo humano* (L. Vargas, coor.). CEPIS/OPS, Lima, Peru, 1-56.
- Ng, M., Liu, S., Chow, C.W., Drikas, M., Amal, R., Lim, M. 2013. Understanding effects of water characteristics on natural organic matter treatability by PACl and a novel PACl chitosan coagulants. *Journal of Hazard Materials*, 263(2), 718-725. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.10.036>
- Pritchard, M., Craven, T., Mkandawire, T., Edmondson, A.S., O'Neill, J.G.A. 2010. A Comparison between *Moringa Oleifera* and chemical coagulants in the purification of drinking water – an alternative sustainable solution for developing countries. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35(13-14), 798-805. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.07.014>
- Richter, C.A. 2009. *Métodos e tecnologia de tratamento de água*. Blucher, São Paulo, Brasil.
- Singh, K., Sharma, S.K., Jain, A.K., Mandal, M.M., Pandey, P.K. 2017. Removal of Copper Ion from Synthetic Wastewater using *Aloe Vera* as an Adsorbent. *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, 4(4), 249-254.
- Valverde, K.C., Coldebella, P.F., Silva, M.F., Nishi, L., Bongiovani, M.C., Bergamasco, R. 2018. *Moringa oleifera* Lam. and Its Potential Association with Aluminium Sulphate in the Process of Coagulation/Flocculation and Sedimentation of Surface Water. *International Journal of Chemical Engineering*, 2018(1-15), 4342938. <https://doi.org/10.1155/2018/4342938>
- Veríssimo, M.I.S., Gomes, M.T.S.R. 2008. The quality of our drinking water: aluminium determination with an acoustic wave sensor. *Analytica Chimica Acta*, 617(1-2), 162-166. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.12.034>
- Wang, W., Li, H., Liu, Y. 2010. Spatial variations of aluminum species in drinking water supplies in Xi'an studied applying geographic information system. *Journal of Environmental Science*, 22(4), 519-525. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60136-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60136-4)