

Sementes de moringa como coagulante natural no tratamento de água residuária proveniente do abate de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*)

José Sérgio de Sousa, Erivane Oliveira da Silva , Pedro Thiago Barbosa de Oliveira, Diego Isaias Dias Marques, Max Rocha Quirino  & Guilherme Leocárdio Lucena 

Universidade Federal da Paraíba – Campus III, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Laboratório de Química, Cidade Universitária 58220-000, Bananeiras, Paraíba, Brasil. E-mail: labquim.ufpb@gmail.com

Sousa J.S., Silva E.O., Oliveira P.T.B., Marques D.I.D., Quirino M.R. & Lucena G.L. (2020) Sementes de moringa como coagulante natural no tratamento de água residuária proveniente do abate de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*). *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, 4: e1487. <http://dx.doi.org/10.29215/pecen.v4i0.1487>

Editor acadêmico: Everton Vieira da Silva. **Recebido:** 14 julho 2020. **Aceito:** 26 agosto 2020. **Publicado:** 31 agosto 2020.

Resumo: O crescente consumo de água potável tem resultado em uma grande quantidade de efluentes gerados e lançados de forma inadequada ao meio ambiente. Diante disto, este trabalho teve como objetivo investigar a eficiência do coagulante natural moringa no tratamento de coagulação, floculação e sedimentação do efluente líquido proveniente do abate de rã-touro. Avaliou-se a potencialidade do coagulante (na forma mássica e como extrato) por meio de testes de jarros variando a concentração do coagulante. Foram avaliados os parâmetros: cor aparente, turbidez, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio consumido e avaliação microbiológica. Os resultados dos ensaios mostraram que a utilização do extrato de moringa na concentração de 0.125 g L⁻¹ foi favorável no tratamento da água residuária proveniente do abate de rãs, proporcionando uma remoção de 96% da cor aparente e 91% da turbidez. Verificou-se que o extrato de moringa reduziu em 47.5% o teor de oxigênio consumido e em 89% os coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*). Estes resultados apontam que a utilização das sementes de moringa possui elevado potencial como coagulante no tratamento de águas residuárias, podendo servir como um substituinte de coagulantes químicos sintéticos.

Palavras chave: Efluente, extrato, coliformes.

Moringa seeds as a natural coagulant in the treatment of wastewater from the slaughter of bullfrogs (*Lithobates catesbeianus*)

Abstract: The increasing consumption of clean water has resulted in a large amount of generated effluents and inadequately released to the environment. The aim of this work was to investigate seeds moringa on coagulation, flocculation and sedimentation treatments of liquid effluent from frogs slaughter system. It was evaluated a potential coagulation (mass form and as an extract) by means of jar tests varying the concentration of the coagulant. The parameters had been evaluated: apparent color, turbidity, pH, electrical conductivity, total solids dissolved, oxygen consumed and microbiological analysis. Tests results showed that the use of the moringa was favorable in the treatment of wastewater from frogs, providing a removal of 96% for apparent color and 91% of turbidity. It had verified that the extract of moringa reduced in 47.5% the consumed oxygen content and 89% of thermotolerant coliforms (*Escherichia coli*). These results indicate that the use of moringa has a high potential as a coagulant in the treatment of wastewater, and can serve as a substitute for synthetic chemical coagulants.

Key words: Effluent, extract, coliforms.

Introdução

O consumo de água nos processos de beneficiamento das carnes de animais (frango, peixe, bois, rãs, etc.) pelas indústrias de abate consomem uma elevada demanda de água potável em decorrência dos vários procedimentos utilizados, entre eles a higienização, a escaldagem e o resfriamento (Gonçalves *et al.* 2016). Além desses, tem-se ainda o consumo durante a recepção dos animais, que se estende por todo o processamento da carne até o produto final, sendo o principal consumo durante o processo de abate. Em suma, efluentes provenientes dos abatedouros acarretam no aumento da turbidez, cor, pH, o que promove alterações nas características da água residual a ser descartada.

A grande maioria dos abatedouros aderem aos tratamentos convencionais de efluentes, que envolvem os processos físico-químicos de coagulação, floculação e sedimentação. Dentre estes, a etapa de coagulação é a mais importante, sendo o processo na qual um agente químico é adicionado ao efluente com intuito de diminuir as forças que mantêm separadas as superfícies em suspensão, desestabilizando as partículas coloidais e finamente divididas. Esta desestabilização, devido a ação do coagulante, promove a aglomeração das partículas para facilitar a remoção por meio da sedimentação (Cardoso 2003; Vaz *et al.* 2010).

No Brasil, os coagulantes químicos sintéticos mais utilizados são o sulfato de alumínio, ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$); o cloreto férrico (FeCl_3) e o sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). Estes, por sua vez, apresentam elevada eficiência, fácil manuseio e custo relativamente baixo. Entretanto, podem ocasionar problemas devido a geração de elevados volumes de lodo nos tanques de coagulação das estações de tratamento de água (ETAs). Além disso, alguns destes, como por exemplo o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ pode causar efeitos nocivos ao meio ambiente e a saúde devido a liberação de íons Al^{3+} (Monaco *et al.* 2010).

Em contraponto, alguns trabalhos têm sido realizados utilizando coagulantes orgânicos na clarificação de água de abastecimento e efluentes, tais como quitosana (Hesami *et al.* 2013), taninos (Costa 2016) e algumas sementes vegetais, como moringa (Ndabigengesere & Narasiah 1998) e o grão-de-bico (Jaramillo & Epalza 2019).

A *Moringa oleifera* Lam é uma espécie de planta da família Moringaceae, originária do norte da Índia e amplamente distribuída nos países da Ásia, Oriente médio, África, América Central e América do Sul (Rabbani *et al.* 2013). Vários países africanos, assim como outros situado no sul da Ásia, utilizam o extrato das sementes da moringa como coagulante para tratamento de águas residuais (Boulaadjoul *et al.* 2018). Este método natural faz uso das sementes da moringa como um bioadsorvente, pelo fato de esta planta possuir compostos biocoagulados ativos que podem ser usados para clarificação da água, uma vez que reduz o uso de coagulantes químicos (Camacho *et al.* 2017). A utilização das sementes e/ou extrato de moringa como coagulante tem sido reportado na literatura, demonstrando resultados de redução de carga bacteriológica, cor, turbidez e Demanda Química de Oxigênio.

Ndabigengesere & Narasiah (1998), usando 5% de extrato de moringa obtiveram significativas reduções na turbidez de águas para abastecimento. Parteniani *et al.* (2009) ao utilizarem extratos de moringa cujas concentrações variaram entre 75, 150, 300 e 500 mg L⁻¹ obtiveram reduções médias da turbidez e da cor aparente de águas de abastecimento da ordem de 90% e 96%, respectivamente, nos processos de sedimentação simples e filtração lenta. Ribeiro (2010) utilizando uma proporção de 80 mg de sementes para cada litro de água a ser tratada obteve uma redução de 96% de turvação chegando ao valor de 0.7 NTU de turbidez. Chagas *et al.* (2009) utilizando sementes de moringa com concentração de 0.9 g L⁻¹ obtiveram uma remoção de 80.7% de DQO. Amaral *et al.* (2006) obtiveram redução nos números de *Escherichia coli* em águas com turbidez de 30–40 UNT e 200-250 UNT da ordem de 94% e 96%, respectivamente, utilização o extrato de sementes de moringa com exposição solar.

A rã-touro (*Lithobates catesbeianus*) é um anfíbio classificado na ordem Anura e família Ranidae, originária da América do Norte, sendo considerada como uma espécie exótica no Brasil (Lima 2016). O consumo da carne de rã-touro têm recebido destaque devido à sua riqueza nutricional, sobretudo devido ao elevado teor de proteínas de alto valor biológico, por conter

todos os aminoácidos essenciais, baixo teor de gorduras, boa digestibilidade, biodisponibilidade de cálcio e reduzida quantidade de calorias e sódio, bem como ainda é considerada importante fonte de proteína para pessoas alérgicas, com intolerância alimentar, osteoporose e pessoas convalescentes (Carvalho 2011; Fenelon 2017). Estima-se que a produção média anual da carne de rã é de 649 toneladas (IBAMA 2008).

Diante disto, neste trabalho investigou-se o tratamento de coagulação, floculação e sedimentação da água residuária proveniente do abate de rãs-touro aplicando as sementes de moringa como coagulante natural.

Material e Métodos

As amostras de água residuária proveniente do abate de rãs foram coletadas no setor de ranicultura, localizados no Campus III da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), situada no município de Bananeiras, PB.

Foram utilizadas sementes de moringa (Figura 1) na forma mássica (pó) e também o extrato em meio aquoso. As sementes foram adquiridas de um produtor rural situado no estado do Pará.



Figura 1. Sementes de *Moringa oleifera* Lam. empregadas como coagulante natural no tratamento de água residuária proveniente do abate de rã-touro.

Preparação do coagulante

Inicialmente, removeu-se as sementes das vagens de moringa e em seguida realizou-se a trituração destas em liquidificador doméstico. O material triturado foi peneirado (peneira comum) e armazenado para utilização na forma mássica (pó).

Para a preparação do extrato utilizou-se a metodologia descrita por Ribeiro (2010), onde 5 g de sementes de moringa (trituradas e peneiradas) foram adicionadas em 200 mL de água destilada e mantidas sobre agitação (800 rpm) constante por 5 min em temperatura ambiente ($T = 27^{\circ}\text{C}$). A mistura foi então filtrada em papel de filtro quantitativo e transferido para um balão volumétrico de 500 mL, sendo completado com água destilada. Neste procedimento, a concentração de extrato de sementes de moringa preparado foi de 1×10^4 ppm.

Para fins comparativos optou-se em utilizar dois tipos de tratamentos no delineamento experimental. Desta forma, as amostras tratadas com o pó das sementes de moringa (MOP) foi

denominado de tratamento 1, enquanto de que as amostras tratadas com o extrato das sementes de moringa (MOE) foi nomeado de tratamento 2.

Testes de Jarro (*Jar Test*)

Para a determinação da concentração ideal de coagulante, testes de jarros (*Jar Test*) foram realizados com 6 concentrações diferentes, as quais foram estabelecidos os valores de: $C_1 = 0.0250 \text{ g L}^{-1}$; $C_2 = 0.0500 \text{ g L}^{-1}$; $C_3 = 0.0750 \text{ g L}^{-1}$; $C_4 = 0.1000 \text{ g L}^{-1}$; $C_5 = 0.1250 \text{ g L}^{-1}$ e $C_6 = 0.1500 \text{ g L}^{-1}$. Os experimentos foram realizados em triplicatas sendo constituído de 1000 mL de amostra (água residuária). Para estes ensaios foi utilizado o agitador mecânico modelo JAR TEST 203 M da MILAN®. Os parâmetros operacionais utilizados nos testes de jarros foram ajustados conforme apresentado na **Tabela 1**.

Tabela 1. Variáveis operacionais utilizadas nos testes de jarros.

| Etapa | Velocidade (rpm) | Tempo (min) |
|----------------|------------------|-------------|
| Mistura Rápida | 120 | 3 |
| Mistura Lenta | 30 | 25 |
| Sedimentação | 0 | 60 |

As amostras de água residuária foram submetidas a avaliação físico-química dos parâmetros: cor aparente, turbidez, pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD), antes e após os testes de jarros. Também foi avaliado o parâmetro Oxigênio Consumido (OC), como possível indicador do teor de matéria orgânica (MO). Uma avaliação prévia da atividade microbiana foi realizada com a amostra de efluente líquido, proveniente do abate de rã-touro, antes e após o tratamento. A **Figura 2** apresenta o fluxograma experimental utilizado neste trabalho.

Os dados foram tratados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade no software STATISTIC 7®.

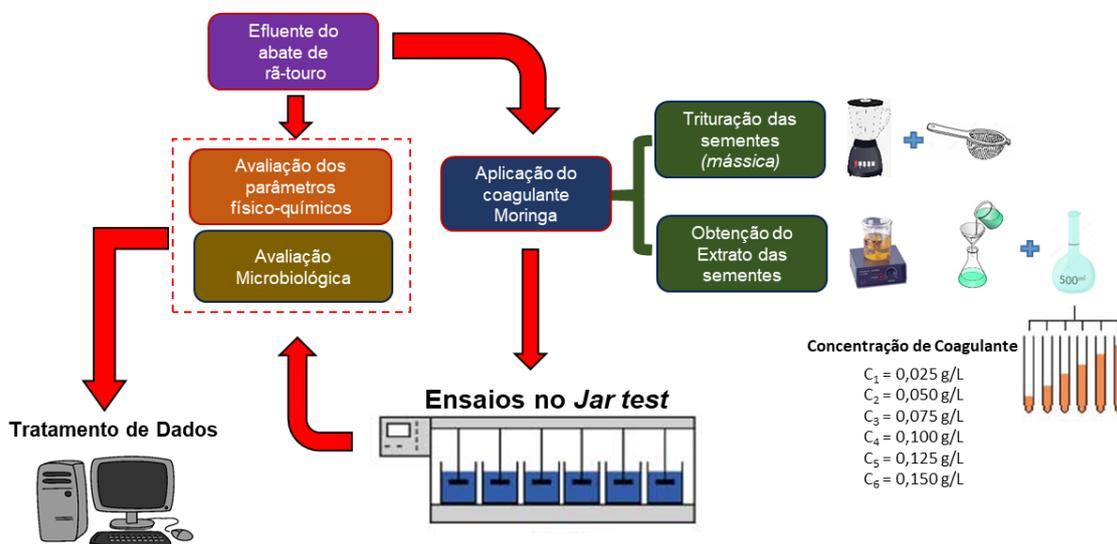


Figura 2. Fluxograma experimental realizado durante o trabalho.

Análise físico-química

A determinação da cor aparente das amostras analisadas foi registrada em um colorímetro de bancada digital modelo HI 83200 da HANNA®. Os valores da turbidez foram determinados por um turbidímetro digital, modelo TB-1000 da MS TECNOPON. O potencial hidrogeniônico (pH) das amostras foi medido em um pHmetro de bancada modelo pH 21

pH/mV meter da HANNA[®]. A condutividade elétrica das amostras analisadas foi registrada através de um condutivímetro de bancada, modelo LUCA-150 da MS TECNOPON, utilizando uma célula de condutividade, constituída de dois eletrodos quimicamente inertes (platina). A determinação empírica do teor de sólidos totais dissolvidos (STD) foi realizada mediante a equação 1, proposta por Metcalf & Eddy (2014).

$$\text{STD} = 0.64 C \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde C = condutividade elétrica em $\mu\text{S cm}^{-1}$

O teor de oxigênio consumido (OC) foi determinado através da técnica de permanganimetria, seguindo metodologia descrita na literatura (AWWA/APHA/WEF 2012).

Análise microbiológica

Foram realizadas a contagem de coliformes totais mediante a técnica de tubos múltiplos, utilizando os meios de fermentação da lactose para determinação do número mais provável (NMP) de microrganismos, de acordo com a norma técnica L5.202 (BRASIL 2018). Para estes testes, utilizou-se os meios de cultura Caldo Lauril Sulfato de Sódio (LST) e Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante 2% (CLBVB), ambos da HIMEDIA[®], as amostras foram incubadas a 35°C por 48h. Para a contagem de coliformes termotolerantes (*E. Coli*) utilizou-se o Caldo *EC Broth* da HIMEDIA[®]. A incubação ocorreu a 45°C por 24h. A metodologia utilizada seguiu o procedimento descrito por AWWA/APHA/WEF (2012). Os resultados foram determinados através da tabela do Número Mais Provável (NMP) adequada às diluições inoculadas.

Resultados e Discussão

Mediante a análise de variância (ANOVA), foi possível avaliar as médias dos resultados dos ensaios de *Jar Test* e verificar a existência de possíveis diferenças significativas entre as médias, e se os fatores exercem influência em alguma variável dependente. Nas **Figuras 3 e 4** são mostradas as superfícies de respostas para a remoção da cor aparente e turbidez, respectivamente, do efluente após o tratamento com moringa na forma de pó (MOP) e do extrato (MOE).

De acordo com as **Figuras 3 e 4**, o maior percentual de remoção de cor e turbidez foi registrada para as amostras tratadas com MOE (tratamento 2), obtendo 96% de remoção de cor e 91% de remoção de turbidez, na concentração C_5 (0.125 g L⁻¹).

Comparando o resultado da remoção de turbidez com o estudo realizado por Ribeiro (2010), cuja metodologia seguiu o mesmo padrão, verificou-se que o autor obteve remoção superior a 94% utilizando a concentração de extrato de moringa de 80 mg L⁻¹. No presente trabalho, a concentração de extrato de moringa utilizada foi 1.56 vezes maior que a do estudo de referência, no entanto, a turbidez bruta (inicial) das amostras tratadas no trabalho referenciado foi 22.5 NTU enquanto que no presente trabalho foi 43.3 NTU. Desta forma, proporcionalmente, Ribeiro (2010) obteve uma taxa de remoção de turbidez de 0.26 NTU mg⁻¹ enquanto que o trabalho descrito a taxa foi de 0.31 NTU mg⁻¹. Os valores obtidos são bem próximos validando assim a eficiência do material utilizado como coagulante.

Na **Figura 5** são apresentados os diagramas de Pareto para a avaliação da remoção de cor e turbidez do efluente tratado com MOE.

Em ambos os diagramas se verificou que, o tratamento (coagulante) apresentou efeito linear, enquanto que, a concentração apresentou tanto o efeito quadrático quanto linear. Desta forma, houve uma interação entre os parâmetros avaliados gerando significância estatística entre eles.

Moringa no tratamento de água residuária

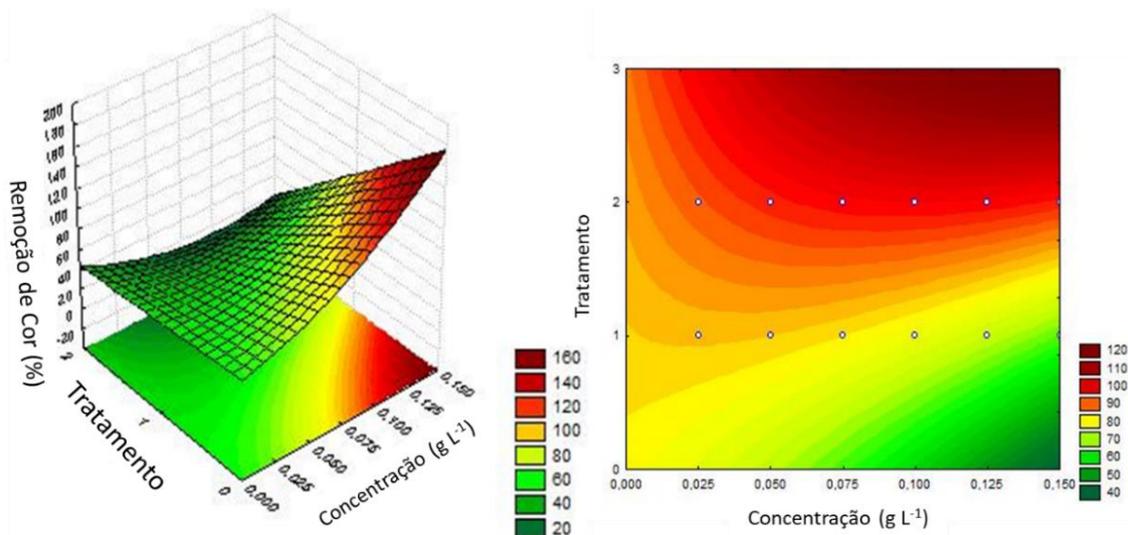


Figura 3. Remoção percentual da cor aparente do efluente líquido proveniente do abate de rã-touro após o tratamento com MOP (tratamento 1) e MOE (tratamento 2) em função da concentração dos coagulantes.

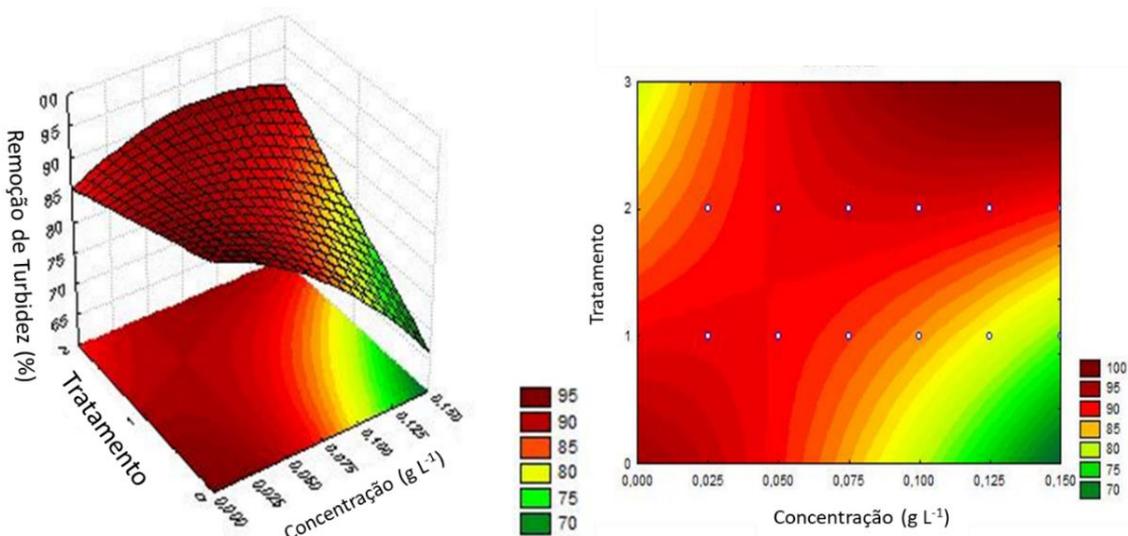


Figura 4. Remoção percentual da turbidez do efluente líquido proveniente do abate de rã-touro após o tratamento com MOP (tratamento 1) e MOE (tratamento 2) em função da concentração dos coagulantes.

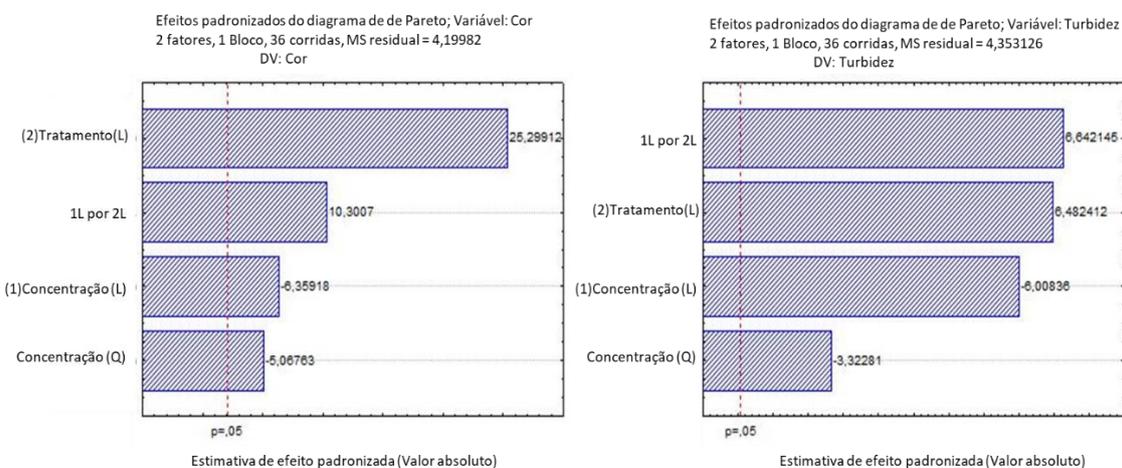


Figura 5. Diagramas de Pareto para os ensaios de remoção de cor e turbidez do efluente líquido proveniente do abate de rã-touro após o tratamento com MOE.

De acordo com Amagloh & Benang (2009), as sementes da moringa possuem proteínas de baixo peso molecular que quando dissolvidas em água adquirem cargas positivas as quais atraem partículas carregadas negativamente, tais como, argilas e siltes, promovendo assim a formação de flocos densos. Recentemente, Baptista *et al.* (2017) investigaram o fracionamento das proteínas presentes nas sementes da moringa e verificaram que a globulina e a albumina foram as que apresentaram os maiores percentuais, sendo 53% e 44 %, respectivamente.

Através de interações eletrostáticas, partículas carregadas negativamente são atraídas por cargas catiônicas das proteínas presentes nas sementes de moringa. Isso leva à colisão de partículas, induzindo assim a neutralização das cargas e consequentemente a floculação de partículas suspensas as quais são posteriormente sedimentadas (Boulaadjoul *et al.* 2018).

Na **Figura 6** são apresentados os valores de pH, condutividade e sólidos totais dissolvidos das amostras de efluentes tratados com MOP e MOE.

Os dados mostraram que não houve mudança significativas nos parâmetros físico-químicos avaliados em função do aumento da concentração do coagulante, além disso, os valores apresentados estão dentro dos limites máximos permitidos pela legislação vigente, $6 \leq \text{pH} \leq 9.5$ e $\text{STD} < 1000 \text{ mg L}^{-1}$ (BRASIL 2011). No que se refere ao efluente bruto, a **Figura 6a** mostra que o pH foi de 7.2. Nota-se que em todas as concentrações estudadas, tanto para MOP quanto para MOE, a variação no pH foi pequena, mantendo-se quase que constante. Do ponto de vista operacional este comportamento é favorável, uma vez que, quando se utiliza coagulantes sintéticos, tal como o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, a tendência é uma diminuição do pH em função do aumento da concentração do coagulante, necessitando, comumente, da introdução de agentes alcalinizantes para corrigir o pH, o que torna o processo ainda mais oneroso. Quanto ao STD do efluente bruto, a **Figura 6b** mostrou que o valor fora próximo de 590 mg L^{-1} . Ao tratar com as amostras de MOP e MOE, houve uma leve redução deste valor com uma tendência constante em todas as concentrações estudadas. Este comportamento pode estar associado a interação das partículas dissolvidas com o coagulante, sendo, portanto, precipitada no final do processo.

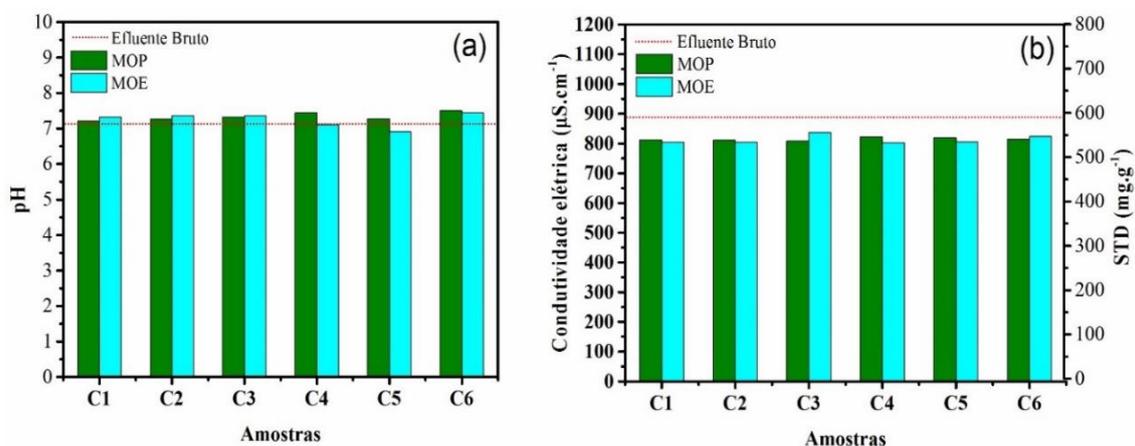


Figura 6. pH (a), condutividade elétrica (b) e sólidos totais dissolvidos (STD) dos efluentes tratados com MOP e MOE em diferentes concentrações.

Na **Tabela 2** são apresentadas as médias dos valores de oxigênio consumido (OC) antes e após o tratamento com MOE. Para esse estudo, utilizou-se a concentração de extrato de moringa de 0.125 g L^{-1} , uma vez que esta foi a melhor dosagem encontrada para a remoção de cor e turbidez.

Valente *et al.* (1997) afirmam que, quimicamente o termo oxigênio consumido (OC) tem o mesmo significado de Demanda Química de Oxigênio (DQO), sendo que o primeiro termo é mais comumente utilizado quando o oxidante é o permanganato de potássio. Desta forma, o OC é um indicador da concentração de matéria orgânica (MO) presente em uma amostra de água ou efluente.

De acordo com os valores apresentados na **Tabela 2**, o efluente tratado com MOE apresentou uma redução de OC da ordem de 47.5%. Esse resultado indica que o teor de matéria orgânica foi reduzido quase que pela metade devido a ação do tratamento com as sementes de moringa. O teor de matéria orgânica lançada nos corpos d'água deve ser um fator controlado, uma vez que será degradada por microrganismos via consumo de oxigênio através da oxidação (química e/ou bioquímica). Mesmo em quantidades moderadas, o teor de MO pode resultar em uma diminuição significativa no oxigênio dissolvido (OD) presente em águas naturais. Se a carga de efluente contendo elevados teores de MO for lançada nos corpos d'água e excederem a capacidade autodepurativa dos mananciais, estes ficarão sem oxigênio e resultarão em problemas estéticos, exalando odores indesejáveis e comprometendo a vida de seres aquáticos (Dacach 1991; Valente *et al.* 1997; Chambers *et al.* 2000; Grassi 2001).

Tabela 2. Valores de OC do efluente líquido proveniente do abate de rã-touro antes e após o tratamento com MOE ($C_5 = 0.125 \text{ g L}^{-1}$; Tempo de decantação = 60 min).

| Amostra | OC (mg L^{-1}) | Redução de OC (%) |
|------------------|---------------------------|-------------------|
| Efluente Bruto | 93.7±1.03 | 47.5 |
| Efluente Tratado | 49.2±1.75 | |

*OC = Oxigênio Consumido.

A **Tabela 3** apresenta os resultados da avaliação microbiológica do efluente proveniente do abate de rã-touro antes e após o tratamento com MOE.

Os dados apresentados na **Tabela 3** mostraram que, para os coliformes totais a adição do extrato de moringa não mostrou eficiência na remoção. Entretanto, para coliformes termotolerantes (*E. Coli*) a redução foi de 89%. Estes dados estão condizentes com o que tem sido reportado na literatura. De acordo com Jahn (1986) e Muyibi & Evison (1995), a dosagem adequada de sementes de moringa pode reduzir de 90–100% a contagem de coliformes termotolerantes.

Tabela 3. Teores de Coliforme Totais e de *E. coli* do efluente líquido proveniente do abate de rã-touro antes e após o tratamento com MOE ($C_5 = 0.125 \text{ g L}^{-1}$; Tempo de decantação = 60 min).

| Amostra | Coliformes Totais (NMP/100 mL) | <i>E. coli</i> (NMP/100 mL) |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Efluente Bruto | 2200 | 1700 |
| Efluente tratado com MOE | 2200 | 180 |

*NMP = Número Mais Provável.

Conclusão

A utilização das sementes de moringa apresentou resultados expressivos para a remoção de cor e turbidez da água residuária proveniente do abate de rãs-touro atingindo 96% de remoção de cor e 91% de remoção de turbidez, quando utilizado o extrato (MOE) na concentração 0.125 g L^{-1} . Nesta concentração, o tratamento do efluente com MOE apresentou uma redução de 47.5% no teor de oxigênio consumido. Com relação a avaliação microbiológica do efluente observou-se uma redução de 89% no número mais provável de coliformes termotolerantes (*E. coli*). O extrato das sementes de *Moringa oleifera* Lam, na concentração de 0.125 g L^{-1} , se apresentou como uma alternativa viável ao tratamento de águas residuárias provenientes do abate de rã-touro, sendo, portanto, um material promissor e potencialmente efetivo.

Agradecimentos

Aos avaliadores anônimos pelas valiosas sugestões e correções ao manuscrito.

Referências

- Amagloh F.K. & Benang A. (2009) Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. *African Journal of Agricultura Research*, 4(1): 119–123.
- Amaral L.A., Rossi Júnior O.D., Soares e Barros L.S., Lorenzon C.S. & Nunes A.P. (2006) Tratamento alternativo da água utilizando extrato de semente de *Moringa oleifera* e radiação solar. *Arquivos do Instituto Biológico*, 73(3): 287–293.
- AWWA/APHA/WEF (2012) Standard methods for the examination of water and wastewater. 22. Washington: American Public Health Association. 1496 p.
- Baptista A.T.A., Silva M.O., Gomes R.G., Bergamasco R., Vieira M.F. & Vieira A.M.S. (2017) Protein fractionation of seeds of *Moringa oleifera* lam and its application in superficial water treatment. *Separation and Purification Technology*, 180(8): 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.02.040>
- Boulaadjoul S., Zemmouri H., Bendjama Z. & Drouiche N. (2018) A novel use of *Moringa oleifera* seed powder in enhancing the primary treatment of paper mill effluente. *Chemosphere*, 206: 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.123>
- BRASIL (2011) Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html (acesso em 24/08/2018).
- BRASIL (2018) Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. CETESB. Norma Técnica L5.202. 5ª edição. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/> (Acesso em 01/10/2018).
- Camacho F.P., Sousa V.S., Bergamasco R. & Teixeira M.R. (2017) The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal*, 313: 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.12.031>
- Cardoso M. (2003) Efeito do tipo de coagulante na produção de lodo de estação de tratamento de água. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.
- Carvalho L.T. (2011) Diagnóstico da competitividade na cadeia produtiva de carne de Rã-touro no estado do Rio de Janeiro. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.
- Chagas R.C., Saraiva C.B., Moreira D.A., Silva D.J.P., Matos A.T. & Farage J.A. (2009) Uso do extrato de moringa como agente coagulante no tratamento de águas residuárias de laticínios. Congresso Nacional de Laticínios, 26. Juiz de Fora: ICLT/EPAMIG.
- Chambers P.A., Brown S., Culp J.M., Lowell R.B. & Pietroniro A. (2000) Dissolved oxygen decline in ice-covered rivers of northern Alberta and its effects on aquatic biota. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 8: 27–38. <https://doi.org/10.1023/A:1011491706666>
- Costa J.C. (2016) Uso do coagulante orgânico tanino no tratamento de efluente de abatedouro avícola. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- Dacach N.G. (1991) Tratamento primário de esgoto. Rio de Janeiro: Didática e Científica. 106 p.
- Fenelon A.C.G. (2017) Microbiologia do embutido frescal elaborado com carne de Rã-touro-americana (*Lithobates catesbeianus*). Monografia (Graduação em Medicina Veterinária). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais.
- Gonçalves J.E., Paixão R.M. & Silva L.H.B.R. (2016) Estudos físico-químicos e microbiológicos da eficiência do tratamento de efluente proveniente de abatedouro avícola. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 9(2): 473–489. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n2p473-489>
- Grassi M.T. (2001) Águas do Planeta Terra. *Cadernos temáticos de Química Nova na Escola*, 1: 30–40.
- Hesami F., Bina B. & Ebrahimi A. (2013) The effectiveness of chitosan as coagulant aid in turbidity removal from water. *International Journal of Environmental Health Engineering*, 2(6): 46–51. <https://doi.org/10.4103/2277-9183.131814>

- IBAMA (2008) Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Estatística da Pesca 2006 Brasil: grandes regiões e unidades da federação. Brasília: IBAMA. 174 p.
- Jahn S.S.A. (1986) Proper use of african natural coagulants for rural water supplies: research in the Sudan and guide for new projects. Eschborn: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit. 541 p.
- Jaramillo J. & Epalza J. (2019) Study of the Phytochemical Kabuli Chickpea (*Cicer Arietinum* L) as an Anionic Coagulant for the Treatment of Water. *Chemical Engineering Transactions*, 75: 151–156. <https://doi.org/10.3303/CET1975026>
- Lima L.F. (2016) Produção de Rã-touro em sistema anfigranja. Monografia (Graduação em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.
- Metcalf E. & Eddy M. (2014) Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. New York: McGraw-Hill Education. 2018 p.
- Monaco P.A.V.L., Matos A.T., Ribeiro I.C.A., Nascimento F.S. & Sarmento A.P. (2010) Utilização de extrato de sementes de Moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. *Revista Ambiente e Água*, 5(3): 222–231. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua164>
- Muyibi S.A. & Evison L.M. (1995) *Moringa oleifera* seeds for softening hardwater. *Water Research*, 29(12): 1099–1104.
- Ndabigengesere A. & Narasiah K.S. (1998) Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. *Water Research*, 32(3): 781–791. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00295-9](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00295-9)
- Parteniani J.E.S., Mantovani M.C. & Sant’Anna M.R. (2009) Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(6): 765–771.
- Rabbani A.R.C., Silva-Mann R., Ferreira R.A. & Vasconcelos M.C. (2013) Pré-embebição em sementes de moringa. *Scientia Plena*, 9(5): 1–8.
- Ribeiro A.T.A. (2010) Aplicação da *Moringa oleifera* no tratamento de água para consumo humano. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Ambiente). Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- Valente J.P.S., Padilha P.M. & Silva A.M.M. (1997) Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. *Eclética Química*, 22: 49–66.
- Vaz L.G.L., Klen M.R.F., Veit M.T., Silva E.A., Barbiero T.A. & Bergamasco R. (2010) Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. *Eclética Química*, 35: 45–54.