

## **Estudo da eficiência do extrato de *moringa oleífera* como coagulante/floculante para remoção do corante vermelho do Congo em meio aquoso**

### **Study of the efficiency of *moringa oleífera* extract as a coagulant/flocculant for Congo red dye removal in aqueous media**

DOI:10.34117/bjdv8n4-630

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

#### **Vinícius Viana de Lima**

Bacharel em Ciências e Tecnologias

Instituição: Instituto de Ciência e Tecnologia- ICT / UFVJM

Endereço: Av. Barão de Paraúna, 439, Presidente, Diamantina - MG, CEP: 39100-000

E-mail: [vinicius.lima@ufvjm.edu.br](mailto:vinicius.lima@ufvjm.edu.br)

#### **Paulo Vitor Brandão Leal**

Doutorado em Ciências/Agroquímica - UFLA

Instituição: Instituto de Engenharia, Ciência e Tecnologia- IECT / UFVJM

Endereço: Rua Pará, 303, Saudade, Janaúba- MG, CEP: 39445-290

E-mail: [paulo.leal@ufvjm.edu.br](mailto:paulo.leal@ufvjm.edu.br)

#### **Bárbara Luísa Nunes P. Mendes**

Bacharel em Ciências e Tecnologias

Instituição: Instituto de Engenharia, Ciência e Tecnologia- IECT / UFVJM

Endereço: Rua Benjamin Constante, 59, Centro, Porterinha, CEP: 39520-000

E-mail: [barbara.mendes@ufvjm.edu.br](mailto:barbara.mendes@ufvjm.edu.br)

#### **Isadora Machado Chaves**

Bacharel em Engenharia de Materiais

Instituição: Escola Estadual Prefeito Epaminondas Ramos

Endereço: Rua Antônio Silvério Pereira, 255, Centro, Jequitinhonha – MG

CEP: 39960-000

E-mail: [isadoramachadoc@outlook.com](mailto:isadoramachadoc@outlook.com)

#### **Karla Aparecida Guimarães Gusmão Gomes**

Doutor em Ciências - Química

Instituição: Instituto de Engenharia, Ciência e Tecnologia- IECT / UFVJM

Endereço: Avenida Um, nº 4.050. Cidade Universitária CEP: 39447-790 Janaúba/MG

E-mail: [karla.gusmao@ufvjm.edu.br](mailto:karla.gusmao@ufvjm.edu.br)

#### **RESUMO**

Os processos de tingimento realizados na indústria têxtil, no geral, utilizam grande quantidade de água em contato com corantes, gerando elevado volume de efluentes coloridos, em consequência disso, existem diversos estudos direcionados a remoção desses compostos com a finalidade de diminuir o impacto ambiental causado pelo setor. A coagulação/floculação tem se mostrado um método de grande viabilidade, devido a simplicidade do processo e seu baixo custo. Um importante coagulante natural pode ser

produzido à base de sementes de *Moringa Oleifera*, uma planta de origem indiana, que por meio de uma proteína catiônica possibilita o processo de coagulação/floculação. Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do coagulante natural extraído de semente de *Moringa Oleifera* para remoção do corante Vermelho do Congo em meio aquoso, utilizando do planejamento composto central, o experimento buscou ainda qualificar o extrato de *Moringa Oleifera* quanto ao seu potencial de remoção. Os resultados mostraram-se satisfatórios, cumprindo com os princípios estabelecidos no trabalho, com remoção de até 100% do corante e um  $Q_e$  máximo de 340 mg/g de semente nos testes realizados, comprovando assim o grande potencial do extrato de *Moringa Oleifera* na remoção do corante. Os resultados obtidos corroboram com os dados da literatura, que viabilizam sua utilização como agente coagulante/floculante, por apresentar grande potencial para tratamento de efluentes reais.

**Palavras-chave:** remoção de corantes, coagulação/floculação, *Moringa oleifera*.

### ABSTRACT

The dyeing processes performed in the textile industry, in general, use a large amount of water in contact with dyes, generating a high volume of colored effluents. As a result, there are several studies aimed at the removal of these compounds in order to reduce the environmental impact caused by the sector. The coagulation/flocculation has shown to be a method of great feasibility, due to the simplicity of the process and its low cost. An important natural coagulant can be produced from *Moringa Oleifera* seeds, a plant of Indian origin, which through a cationic protein enables the coagulation/flocculation process. Therefore, this work aims to evaluate the efficiency of the natural coagulant extracted from *Moringa Oleifera* seed for Congo Red dye removal in aqueous media, using central compound planning. The experiment also sought to qualify the *Moringa Oleifera* extract as to its removal potential. The results were satisfactory, fulfilling the principles established in the work, with removal of up to 100% of the dye and a maximum  $Q_e$  of 340 mg/g of seed in the tests carried out, thus proving the great potential of the *Moringa Oleifera* extract in the removal of the dye. The results obtained corroborate with literature data, which make its use as a coagulant/flocculant agent feasible, as it presents great potential for real effluent treatment.

**Keywords:** dye removal, coagulation/flocculation, *Moringa oleifera*.

## 1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são essenciais para desenvolvimento de diversas atividades econômicas e sociais e a manutenção da sua qualidade é imprescindível para o bem-estar da população. Para assegurar a disponibilidade de água em padrões de qualidade apropriados a seus respectivos usos, os três níveis do governo - federal, estadual e municipal, tem o dever de proteger, fiscalizar e preservar esse recurso. Para isso, uma série de órgãos e normativas estão disponíveis e os limites dos contaminantes estipulados devem ser respeitados nos rejeitos descartados nos corpos hídricos.

Diversos setores industriais utilizam corantes em alguma etapa do processamento e são responsáveis pelo lançamento de efluentes coloridos no meio ambiente, destacando-se a indústria têxtil. Essa atividade apresenta grande importância para economia mundial e nacional, onde se destacam São Paulo e Santa Catarina como os maiores centros, em volume de produção no país (QUEIROZ, 2019). O processamento têxtil, em todas as etapas, gera elevada quantidade de efluentes, que em sua maioria apresentam os corantes que durante a etapa de tingimento não se fixam nas fibras e se não descartados corretamente podem contaminar os corpos hídricos, gerando uma série de problemas ambientais. Os corantes podem conter espécies tóxicas, muitas vezes carcinogênicas, que apresentam riscos para vida humana e animal (SAKKAS *et al.*, 2010). Devido às suas próprias características, a problemática referente a esses efluentes está relacionada com a incapacidade do meio ambiente em degradar os corantes, devido a sua alta estabilidade.

Para remediar e mitigar os efeitos dos corantes no meio ambiente, diversas técnicas são aplicadas a fim de remover cor dos efluentes. A coagulação/floculação é um método amplamente aplicado no tratamento dos efluentes, no entanto os coagulantes convencionalmente utilizados, os coagulantes químicos, que apesar de apresentar uma boa eficiência na remoção, podem apresentar riscos de uma poluição secundária (JEON *et al.*, 2009). O uso de coagulantes de origem natural são uma alternativa ecologicamente viável; aspectos como biodegradabilidade, baixa toxicidade, baixa formação residual e relação custo-benefício são características que se destacam em relação aos coagulantes convencionais usados pela indústria (BERGAMASCO *et al.*, 2009; PIANTÁ, 2008).

Um polímero natural orgânico biodegradável presente na *Moringa oleifera* possui a capacidade de desestabilizar e coagular partículas coloidais em suspensão (BONGIOVANI, 2013). A proteína atua como um polieletrólito catiônico natural, sendo que a coagulação/floculação provocada pela proteína existente na *M. Oleifera* é semelhante ao processo provocado por polímeros originários de proteínas e polissacarídeos, que se baseia na neutralização das cargas (CHOUDHARY; NEOGI, 2017). Quando o pó das sementes é dissolvido em água, liberam proteínas que assumem cargas positivas que atraem as cargas negativas, formando flocos que podem ser removidos por processos simples de decantação e filtração (SCHWARZ, 2000; PATERNIANI *et al.*, 2009).

Nesse contexto, a coagulação/floculação provocada pela proteína existente na *Moringa oleifera*, mostra-se como uma alternativa ecologicamente viável na remoção de corantes. E o presente trabalho avaliou a capacidade e o desempenho desse coagulante

natural na remoção do corante Vermelho do Congo em solução aquosa por meio da avaliação de parâmetros físicos e químicos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 OBTENÇÃO DO EXTRATO DE *MORINGA OLEIFERA*

As sementes coletadas manualmente na cidade de Janaúba, localizada no Norte de Minas Gerais foram acondicionadas com a casca até o momento da utilização. Após moagem, o pó das sementes foi colocado na estufa e seco por 6 horas, à temperatura de 70°C. Para o processo de extração uma solução de 100 mL de 1 mol L<sup>-1</sup> de NaCl foi preparada e 5 g de pó de *Moringa Oleifera* foi adicionado (solução estoque, 5% p/p). A solução de NaCl contendo o pó foi agitada em pH 7 por 30 min em temperatura ambiente. Após a agitação a solução foi filtrada utilizando papel de filtro comercial com funil de Büchner e outra com um funil sinterizado. O resultado é um líquido claro, de aspecto leitoso.

### 2.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Foi realizado um planejamento experimental estudando as variáveis; concentração inicial do corante e volume do extrato, com os níveis de cada variável definidos como: 0,5 g/L a 1,0 g/L e 0,5 mL a 1,5 mL respectivamente. Foi realizado o planejamento experimental com delineamento composto central, com três pontos centrais, utilizando o *software Chemoface*.

### 2.3 ENSAIOS DE REMOÇÃO DO CORANTE

Inicialmente foi preparada uma solução estoque do corante Vermelho do Congo de concentração 1,5 g/L. Após a preparação da solução estoque, uma série de diluições foram realizadas para atingir as concentrações iniciais determinadas. Os ensaios foram realizados em duplicata de acordo com as condições experimentais descritas na Tabela 1. A mistura final (solução corante e extrato) totalizou um volume de 10 mL, alocados em tubos falcons de 15 mL. As amostras foram agitadas a velocidade constante e temperatura ambiente, pelo período de 1 hora. Após a etapa de agitação, os tubos foram centrifugados (centrífuga CT-6000, Maxim Lab) por 15 minutos a 3300 RPM. O sobrenadante foi analisado para determinação da concentração residual de corante, por espectroscopia de UV (espectrofotômetro 700 plus, Femto), com  $\lambda$  de 591nm.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 PRODUÇÃO DO EXTRATO

Após obtenção das sementes de *M. oleifera* e realização dos procedimentos experimentais foi possível a obtenção de um extrato, com aspecto leitoso, que foi utilizado para os testes de remoção do corante Vermelho do Congo. Durante o processo de extração foi necessário o ajuste e acompanhamento constante do valor de pH, e a utilização da solução salina, como descrito na metodologia, foi importante para aumentar a quantidade de proteína extraída das sementes, pois permite maior solubilização, produzindo um extrato mais concentrado e favorecendo o processo de coagulação/floculação (BAPTISTA *et al.*, 2015, e VILASECA *et al.*, 2014).

O potencial do extrato de *M. oleifera* para coagulação já foi mostrado em diferentes trabalhos, envolvendo diversos tipos de poluentes, além de corantes. Como nos trabalhos de Pritchard *et al.* (2009) em que o extrato é usado no tratamento de águas subterrâneas ou Tie *et al.* (2015) com o uso do extrato na remoção do corante preto 19. De acordo com Baptista *et al.* (2015) a obtenção do extrato das sementes de *M. oleifera* utilizando uma solução salina 1 M de cloreto de sódio como agente de extração solubiliza praticamente toda proteína presente nas sementes de Moringa.

#### 3.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A utilização do programa *Chemoface* com os valores limites, estabelecidos a partir de experimentos prévios, forneceu um planejamento experimental composto de 11 testes de coagulação/floculação. Os limites mínimos e máximos das variáveis foram, respectivamente, 0,3 mL e 1,7 mL para volume do extrato e 0,4 g/L e 1,1 g/L para concentração do corante, como apresentado na Tabela 1.

A utilização de ferramentas matemáticas, como o delineamento composto central utilizado neste trabalho, permite a análise multivariada, mostrando a interação entre as variáveis do processo. Essas ferramentas são bastante comuns nas análises de processos de coagulação e floculação, como podemos observar nos trabalhos de Stroher *et al.* (2012), que avaliaram as condições operacionais para melhor remoção de cor de efluentes advindos da lavagem de jeans, em função das variáveis cor e concentração de coagulante; e Kempka e Pozzonbon (2015), que estudaram a clarificação de efluentes industriais constituídos de matéria orgânica em função das variáveis concentração de coagulante/floculante e tempo de agitação, por meio de superfícies de respostas.

### 3.3 TESTES DE REMOÇÃO DO CORANTE VERMELHO DO CONGO

Com base nos dados da Tabela 1 e nos procedimentos apresentados, os experimentos de remoção foram realizados e os valores de  $Q_e$  (mg/g) e a porcentagem de remoção do corante (%) foram calculados, de acordo com as seguintes equações:

$$Q_e = \frac{M_f - M_i}{V_{ext} * C_{ext}} \quad \text{Equação 01}$$

$$\% \text{ Remoção} = \frac{M_f - M_i}{M_i} \times 100 \quad \text{Equação 02}$$

Onde:  $M_i$  e  $M_f$  são a massa de corante inicial e final, em gramas;  $V_{ext}$  é o volume de extrato aplicado, em mL e  $C_{ext}$  é 0,05 g/L. Os dados obtidos a partir da aplicação das equações podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 1: Matriz contendo o resultado da coagulação/floculação do corante Vermelho do Congo em Remoção e  $Q_e$ .

Experimento	Concentração de corante (g/L)	Volume de extrato (mL)	$Q_e$ (mg/g)	Remoção (%)
1	0,5	0,5	199,19	99,59
2	0,5	1,5	66,72	100
3	1,0	0,5	322,92	80,73
4	1,0	1,5	133,39	100
5	0,4	1,0	88,07	100
6	1,1	1,0	220,08	100
7	0,75	0,3	340,60	68,12
8	0,75	1,7	87,92	99,64
9	0,75	1,0	150,08	100
10	0,75	1,0	150,08	100
11	0,75	1,0	150,06	100

Fonte: Autor.

Como é possível observar o maior valor de  $Q_e$  foi de 340,6 mg/g para o teste 7, cujas condições iniciais foram de 0,75 g/L de corante e 0,3 mL de extrato. Em todos os testes a remoção do corante foi superior a 68%, sendo que na maioria dos testes a remoção do corante foi total (100%). Esses resultados mostram o grande potencial do extrato para a remoção do corante analisado. Contudo, pode ser que maiores quantidades de corante possam ser removidas caso as condições iniciais (limites máximos e mínimos utilizados) sejam modificadas: diminuindo o volume de extrato ou aumentando a concentração inicial do corante.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas por meio do programa *Chemoface*, e geraram resultados que podem ser observados na Tabela 2 e nas Figura 1, 2 e 3.

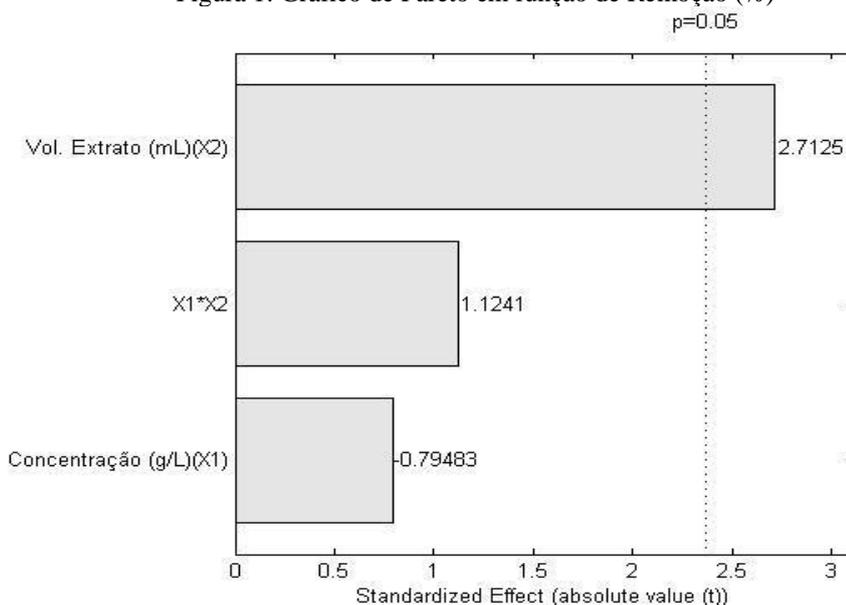
Tabela 2: Significância dos parâmetros em função de Remoção (%).

Concentração	Efeito	Erro	t	p	Significância
Concentração (g/L)(X1)	-4,7500	5,9761	-0,7948	0,4528	Não
Vol. Extrato (mL)(X2)	16,2102	5,9761	2,7125	0,0301	Sim
X1*X2	9,5000	8,4515	1,1241	0,2981	Não

Fonte: Autor.

Os dados da Tabela 2 mostram que entre os parâmetros X1 (concentração), X2 (volume do extrato) e a interação entre os dois, X1\*X2, apenas o volume de extrato utilizado tem significância no processo. Enquanto que a concentração inicial do corante ou a interação entre as duas variáveis não exercem influência

Figura 1: Gráfico de Pareto em função de Remoção (%)



Fonte: Autor.

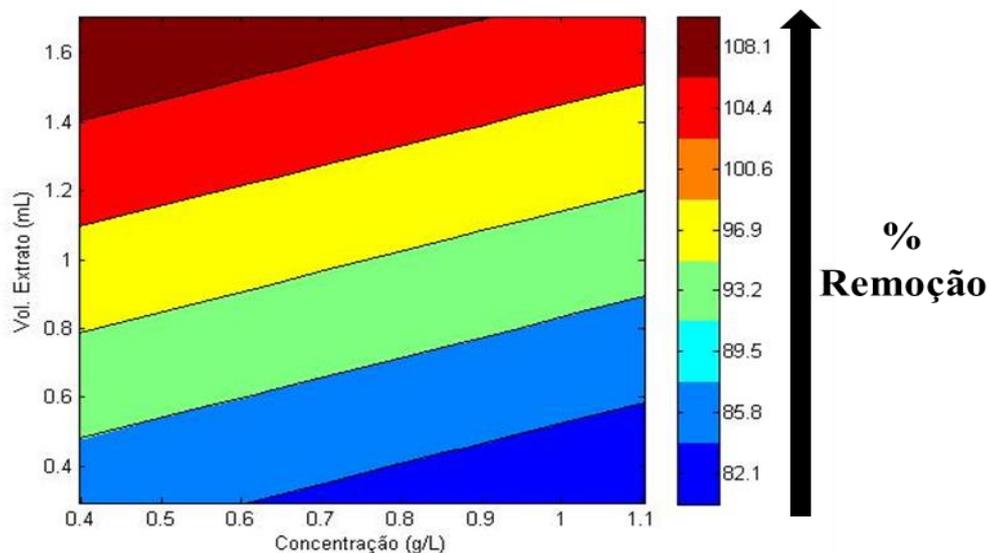
A Figura 1 apresenta o Gráfico de Pareto onde é possível confirmar que apenas o parâmetro X2, Volume de Extrato, foi significativo no processo de remoção do corante. Enquanto o parâmetro X1 e a interação entre os dois, X1\*X2, não influenciam significativamente. Percebe-se que o volume de extrato apresentou maior efeito (valor absoluto) e seu sinal positivo mostra que o processo de coagulação/floculação ocorre de maneira diretamente proporcional ao volume de extrato aplicado. Já o valor absoluto das

outras variáveis (X1 e X1\*X2) apresentaram menor valor, mostrando pouco efeito sobre os resultados.

Além dos fatores analisados neste trabalho, existem outros efeitos interativos de variáveis para remoção de corantes por coagulação que podem ser estudados, como velocidade de agitação e tempo de agitação (BEDEKAR *et al.*, 2016), pH e, ainda, a temperatura (BELTRAN-HEREDIA *et al.* A, 2009). E, como nos resultados encontrados neste trabalho, para alguns estudos, nem sempre a interação entre os dois parâmetros estudados, ou mesmo o conjunto de parâmetros, se mostra significativos. Como podemos observar nos estudos de remoção dos corantes Carmim Índigo, WAN Preto Palatino Rápido, Violeta Alizarina 3R, conduzidos por BELTRAN-HEREDIA *et al.* A-B (2009), a interação entre as variáveis concentração inicial do corante e pH, não se mostrou significativa para os corantes Violeta Alizarina 3R e Carmin Índigo. Além disso, para esses corantes apenas uma variável exerce maior efeito sobre o processo, resultando em superfícies de resposta bastante planas.

A partir dos resultados obtidos foi possível construir o gráfico de superfície de resposta em duas dimensões, mostrado na Figura 2.

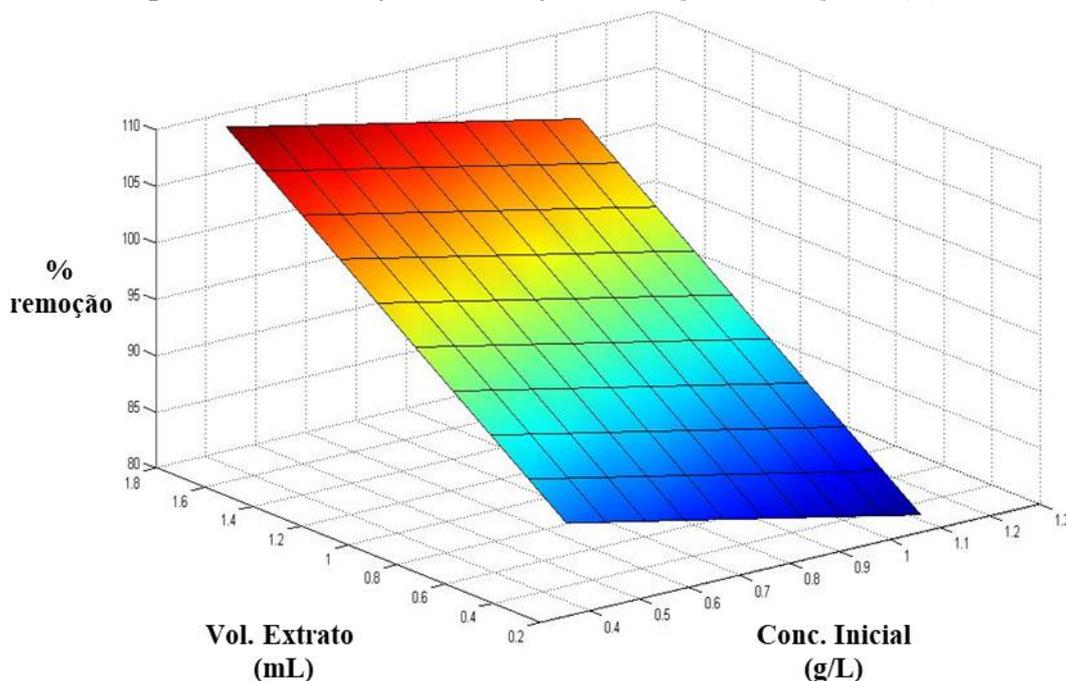
Figura 2: Gráfico de Superfície de Resposta em função de Remoção 2D (%).



Fonte: Autor.

A título de comparação foi construído o Gráfico de Superfície de Resposta em três dimensões, apresentado na Figura 3.

Figura 3: Gráfico de Superfície de Resposta em função de Remoção 3D (%).



Fonte: Autor.

As Figuras 2 e 3 mostram as superfícies de resposta da remoção do corante em função de volume de extrato e concentração inicial do corante, que por sua vez permite a avaliação do ponto de vista qualitativo do comportamento de todo o sistema estudado. Os gráficos corroboram com os dados já apresentados, já que é possível observar maior variação de remoção em função da variação do volume de extrato. Por exemplo, na superfície 2D (Figura 2) fixando-se em um único valor de concentração e variando o volume de extrato, percorre-se entre quatro e cinco regiões (definidas pelas cores), que representam diferentes remoções. Contudo, analisando um único valor para o volume de extrato e variando a concentração inicial do corante, apenas duas regiões serão cruzadas, o que significa que há menor variação de remoção nesse sentido. De acordo com gráfico de superfície de resposta em 3D (Figura 3) é possível observar uma superfície relativamente plana e linhas retas e paralelas, essas características, como já analisado, resultam do fato de apenas um parâmetro (volume do extrato) ser significativo e apresenta um valor absoluto maior.

Com análise a dos gráficos percebe-se que a região de maior eficiência de remoção (%) aconteceu na faixa mínima de concentração de corante e de maior volume de extrato. Dessa forma os parâmetros otimizados para concentração e volume do extrato foram: 0,4 g/L e 1,7 mL, respectivamente.

A Tabela 3 apresenta uma comparação entre os valores de remoção obtidos neste trabalho com os dados disponíveis na literatura, em relação a remoção de corantes utilizando a *M. oleifera*.

Tabela 3: Resultados de remoção de diferentes corantes utilizando a *Moringa Oleifera* como coagulante/floculante em função de (%).

Coagulante ( <i>Moringa Oleifera</i> )	Corante	Remoção (% remoção ou Q <sub>e</sub> )	Referências
Extrato	Alaranjado de Metila	60%	Mendes, 2019.
Em pó	Vermelho do Congo	265,79 mg/g	Chaves, 2019.
Extrato	Carmin Índigo	91, 74 mg/g	Agbahoungbata <i>et al</i> ,2015.
Extrato	Alaranjado de Metila	31, 25 mg/g	Agbahoungbata <i>et al</i> , 2015.
	Preto Remazol B-133	95%	
Extrato	Azul Procion H-EXL	100%	Vilaseca <i>et al</i> , 2014.
	Carmesim Procion H-EXL	95%	
Extrato	Violeta Alizarina 3R	4,0 mg/g	Beltran-Heredia <i>et al</i> . B, 2009.
Extrato	Carmin Índigo	0,5 mg/g	Beltran-Heredia <i>et al</i> . A, 2009.
Extrato	Vermelho do Congo	100% e 340,60mg/g	Este trabalho.

Fonte: Autor.

De acordo com os dados apresentados nessa tabela, é possível observar que não só há diversidade de corantes suscetíveis a coagulação/floculação na presença do extrato de *M. Oleifera*, mas também o grande potencial de remoção que o extrato apresenta. O comportamento diferente dos corantes em relação à ação coagulante da *Moringa oleifera* pode ser atribuído à sua estrutura química e, especificamente, ao número e tipos de grupos aniônicos e catiônicos presentes em cada um (VILLASECA *et al.*, 2014).

Assim como para o corante vermelho do congo estudado neste trabalho, outros resultados se destacam na Tabela, como a remoção do Preto Remazol B-133, Azul Procion H-EXL e Carmesim Procion H-EXL, que também alcançaram elevados índices

de remoção (VILASECA *et al.*, 2014). O corante Vermelho do Congo, apresenta dois grupos sulfônicos, e os corantes estudados por Vilaseca *et al.* (2014) apresentam quatro grupos sulfônicos em Preto Remazol B-133 e Azul Procion H-EXL e sete grupos no corante Carmesim Procion H-EXL, que por sua vez potencializam a ação da proteína.

A influência que a presença dos grupos sulfônicos exerce no potencial de coagulação da *M. oleifera* também pode ser observada em resultados do nosso grupo de pesquisa, quando comparados os resultados obtidos para remoção dos corantes Alaranjado de Metila (MENDES, 2019) e os apresentados neste trabalho. Nos dois estudos foram aplicados o extrato das sementes de Moringa e os maiores valores de remoção foram, respectivamente, 60% e 100%. Essa diferença pode estar associada ao fato do corante Alaranjado de Metila apresentar apenas um grupo catiônico.

Assim, as sementes de *M. oleifera* apresentam restrição quanto a poluentes orgânicos aniônicos, uma vez que a complexação e neutralização da carga líquida, por afinidade entre poluentes e coagulantes são os principais mecanismos que desestabilizam a solução, formando os flocos sedimentáveis (Jeon *et al.*, 2009).

#### 4 CONCLUSÃO

Demonstrou-se a capacidade e o desempenho da *M. oleifera* como coagulante alternativo com uma remoção de 100% para a maioria dos testes e uma remoção máxima de 340 mg/g que prova a sua eficiência.

Apenas o parâmetro volume de extrato mostrou-se significativo para remoção do corante A partir dos gráficos de superfícies de respostas, tem-se que a região de máxima remoção é com os maiores volumes de extrato e menor concentração de corante. Para a otimização do processo seriam necessários a complementação de testes cinéticos, uma vez que na metodologia proposta todos os experimentos tiveram a duração de 1 hora.

A comparação com os resultados disponíveis na literatura mostrou que as características do poluente orgânico, principalmente carga líquida, influenciam no potencial de remoção. Para o corante Vermelho de Congo, a presença de dois grupos sulfônicos oportuniza a remoção de forma eficiente.

## REFERÊNCIAS

AGBAHOUNGBATA, M. Y. *et al.* **Removal of reactive dyes from their aqueous solutions using *Moringa oleifera* seeds and *Grewia venusta* peel.** Desalination and Water Treatment, 2015.

BAPTISTA, A. T. A. *et al.* Coagulation-Flocculation Process with Ultrafiltered Saline Extract of *Moringa oleifera* for the Treatment of Surface Water, **Chemical Engineering**, Maringa, abr. 2015.

BEDEKAR, P.A. *et al.* *Moringa Oleifera*-mediated coagulation of textile wastewater and its biodegradation using novel consortium-BBA grown on agricultural waste substratum. **Environ Sci Pollut**, vol. 23, p. 20963-20976, 2016. Doi: 10.1007/s11356-016-7279-8, 2016.

BELTRAN-HEREDIA, J. *et al.* (A). Removal of carmine indigo dye with *Moringa Oleifera* seed extract. **Ind Eng Chem**, vol.48, p. 6512–20, 2009.

BELTRAN-HEREDIA, J. *et al.* (B). Removal of dyes by *Moringa Oleifera* seed extract. Study through response surface methodology. **J Chem. Technology Biotechnology**, vol. 84, p. 1653 – 1659, 2009.

BERGAMASCO, R. *et al.* Estudo da utilização da *Moringa Oleifera* em uma estação de tratamento de água piloto (ETA-piloto). **Anais**. Encontro Nacional de Moringa, Aracaju, SE, 2009.

BONGIOVANI, M. C. *et al.* Utilização do processo combinado coagulação/floculação/uf como processo alternativo ao tratamento convencional utilizando como coagulante a *Moringa Oleifera* Lam. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, vol. 9, no. 11, p. 65-76, 2013. Disponível em: <[http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/view/559/584](http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/559/584)>. Acesso em: Outubro de 2018.

CHAVES, I. M. **Avaliação da eficiência das sementes da *moringa oleifera* como coagulante/floculante para a remoção de corantes em meio aquoso.** 2019. Graduação (Ciências e Tecnologias) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Janaúba, 2019.

CHOUDHARY, M.; NEOGI, S. A natural coagulant protein from *Moringa Oleifera*: isolation, characterization and potential use for water treatment. **Mater Res Sci**, vol.4, no.10, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1088/2053-1591/998b8c>>. Acesso em: Dezembro de 2018.

JEON, J. R. *et al.* **Use of rape seed and its natural polyphenol extracts as a natural organic coagulant for removal of cationic dyes.** In *Chemosphere*, v. 77, p. 1090-1098, 2009.

KEMPKA, Anielia Pinto; POZZOBON, Luciane. Sementes de moringa oleifera na clarificação de efluente de indústria de ingredientes para alimentação animal: comparação com o coagulante convencional e estudo das condições operacionais. **Engevista**, v. 17, n. 2, p. 196-206, 2015.

MENDES, B. L. N. P. **Estudo da eficiência do extrato de *moringa oleifera* como coagulante/floculante para remoção do corante alaranjado de metila em meio aquoso.** 2019. Graduação (Ciências e Tecnologias) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Janaúba, 2019.

PATERNIANI, J. E. S. *et al.* **Uso de sementes de *Moringa Oleifera* para tratamento de águas superficiais.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 13, no. 6, p. 765–771, Campina Grande, PB, 2009.

PIANTÁ, C. A. V. **Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água.** 2008. 78 f. Trabalho de Diplomação – Curso Superior de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2008.

PRITCHARD, M. *et al.* Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi, **Elsevier**, Amsterdã, v. 34, p. 799-805, 2009. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/pce](http://www.elsevier.com/locate/pce)>. Acesso em: 18/06/2019.

QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade et al. Reestruturação na forma do tratamento de efluentes têxteis: uma proposta embasada em fundamentos teóricos. **Gestão & Produção**, v. 26, 2019.

SAKKAS, V. A. et al., Photocatalytic degradation using design of experiments: A review and example of the Congo red degradation. **Journal of Hazardous Materials**, v. 175, p. 33-44, 2010. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/jhazmat](http://www.elsevier.com/locate/jhazmat)>. Acesso em: 10/07/2019.

SCHWARZ, D. Water clarification using *Moringa Oleifera*. **Eschborn: Gate Information Service**, vol. 3, no. 2, 2000.

STROHER, A. P. *et al.* Aplicação de moringa oleifera LAM no tratamento de efluente proveniente da lavagem de jeans, **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 61-66, 2012. Disponível em: <<http://www.unibh.br/revistas/exacta/>>. Acesso em 18/06/2019.

TIE *et al.* A comparison between *Moringa oleifera* seed presscake extract and polyaluminum chloride in the removal of direct black 19 from synthetic wastewater, **Industrial Crops and Products**, v. 74 p. 530-534, 2015. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/indcrop](http://www.elsevier.com/locate/indcrop)>. Acesso em: 02/07/2019.

VILASECA, M. *et al.* Valorization of waste obtained from oil extraction in *Moringa Oleifera* seeds: Coagulation of reactive dyes in textile effluents. **Materials**, vol. 7, no. 9, p. 6569-6584, 2014.