

AVALIAÇÃO DO USO DE MORINGA COMO AUXILIAR DE COAGULAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS DE RESERVATÓRIOS EUTROFIZADOS

ADRIANA GUIMARÃES COSTA SABÓIA, ANTONIA SAMYLLA OLIVEIRA ALMEIDA, HÁBILA ADRIELE DE SOUZA SANTOS

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

adrianagc@ifce.edu.br, samylla_17@hotmail.com, habilaadrielle25@gmail.com

DOI: 10.21439/conexoes.v14i1.1833

Resumo. O presente trabalho objetivou avaliar o uso de sementes de *Moringa oleífera* Lam como auxiliar de coagulação no tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades que apresentam dificuldade de acesso ao recurso com qualidade adequada. No Brasil, existem diversas tecnologias que proporcionam o tratamento da água para consumo humano, mas existe certa deficiência, uma vez que pessoas que habitam em áreas carentes não tem acesso a água potável. Foram realizados ensaios em Jarrest com aplicações de concentrações de 1 a 198 ppm de semente de Moringa oleífera, associados a diferentes concentrações de Policloreto de alumínio-PAC (1,7 a 58,2 mg/l). Avaliou-se a eficiência de clarificação da água a partir da redução dos parâmetros de cor e turbidez, foi também monitorado os parâmetros pH e alcalinidade da água bruta submetida ensaios de potabilização. Foram coletadas amostras após 120 minutos de decantação e logo em seguida pelo processo de filtração rápida descendente, para verificar se o sistema possibilita a produção de água dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. Após análise estatística, pode-se concluir que a Moringa oleífera não apresentou efeito significativo, mas apresentou remoção da turbidez e cor.

Palavras-chave: *Moringa oleífera* Lam. Auxiliar de coagulação natural. Tratamento de água.

EVALUATION OF MORINGA USE AS A COAGULATION AUXILIARY FOR THE TREATMENT OF WATERS OF EUTROPHICATED RESERVOIRS

Abstract. This study aimed to evaluate the use of *Moringa oleífera* Lam seeds as a coagulation aid in the treatment of water for human consumption in small communities that have difficulty to access the resource with adequate quality. In Brazil, there are several technologies that provide the treatment of water for human consumption, but there is a certain deficiency, since people who live in deprived areas do not have access to drinking water. Tests were performed in Jarrest with applications of concentrations from 1 to 198 ppm of Moringa oleífera seed, associated with different concentrations of aluminum polychloride-PAC (1.7 to 58.2 mg/l). The clarification efficiency of the water was evaluated by reducing the color and turbidity parameters, the pH and alkalinity parameters of the raw water submitted to potability tests were also monitored. Samples were collected after 120 minutes of decanting and then by the rapid descending filtration process, to verify if the system allows the production of water within the standards established by the legislation. After statistical analysis, it can be concluded that the Moringa oleífera showed no significant effect, but showed removal of turbidity and color.

Keywords: *Moringa oleífera* Lam. Natural clotting aid. Water treatment.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e as atividades humanas, ao longo dos anos, têm-se tornado os maiores causadores da poluição dos recursos hídricos. As atividades, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais geram diversos poluentes que causam alterações na quantidade e qualidade dos mananciais.

O enriquecimento dos nutrientes nos corpos hídricos, principalmente nitrogênio e fósforo, têm gerado para as empresas de saneamento responsáveis pela captação, tratamento e distribuição de água um grande problema, pois quando os nutrientes são despejados em grandes quantidades, em águas superficiais, provocam o enriquecimento do meio, alterando o grau de trofia e possibilita o crescimento intensivo de comunidades fitoplancônicas, processo conhecido como eutrofização (BARROS, 2008). As florações desses organismos, impedem a penetração de luz, alteram parâmetros físicos e químicos como cor, turbidez, sabor e o odor da água.

De modo geral, o tratamento de água apresenta como objetivo a remoção de matéria orgânica, partículas em suspensão, microrganismos e outras substâncias que podem vir a ser prejudiciais para a saúde humana, adequando sua qualidade para uma condição de potabilidade. O tratamento convencional da água é composto pelas seguintes operações unitárias: coagulação, floculação, decantação ou flotação e filtração, seguida da correção do pH, desinfecção e fluoretação.

A coagulação é um processo que envolve inicialmente a mistura rápida a qual é usada na maioria das estações de tratamento, resultando em um processo de aplicação de produtos químicos (coagulantes) e, em seguida, a mistura lenta do material coagulado para a formação dos flocos. (RICHTER, 2009). Dentre os produtos químicos empregados no tratamento de água para abastecimento, tem-se os sais de alumínio ou de ferro, os quais ao reagirem com a água liberam íons positivos capazes de neutralizar a carga elétrica negativa da maioria das partículas de impurezas presentes na água. Estudos recentes têm destacado o fato de que o alumínio não é biodegradável, o que implica em problemas de tratabilidade do lodo gerado (DI BERNARDO *et al.*, 2002; RICHTER, 2005).

Com o objetivo de buscar alternativas ao uso de coagulantes químicos, tem-se investido em pesquisas empregando coagulantes naturais no tratamento da água para abastecimento. Dentre as vantagens desse tipo de coagulante pode-se destacar o baixo custo e o não risco à saúde humana. Esses polímeros naturais podem ainda atuar como auxiliares de coagulação, nesse caso eles agiriam em conjunto com o coagulante químico, promovendo dessa forma uma redução da demanda de coagulante metálico, possibilitando concentrações menores na água tratada e mantendo a mesma eficiência (ABREU LIMA, 2007, CARDOSO, 2007). Dentre os auxiliares de coagulação mais utilizados encontram-se a quitosa e a *Moringa oleífera* Lam.

A utilização da *Moringa oleífera* é viável como método alternativo no tratamento simplificado de águas para o consumo humano, pois, não apresenta alterações significativas de pH e apresenta uma remoção de mais de 90% de turbidez da água (SIQUEIRA *et al.*, 2015). Essa espécie de planta possui caráter

adaptativo em regiões de clima tropical, e evidenciou-se com um grande potencial no tratamento de água, podendo assim ser utilizado em pequenas comunidades rurais que não têm acesso a distribuição de água potável.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da utilização da *Moringa oleífera* associada ao coagulante químico. Para isso, foram realizados ensaios de coagulação e floculação aplicando a *Moringa oleífera* como auxiliar natural de coagulação em conjunto com o coagulante químico o Cloreto de polialumínio (PAC), para remoção das impurezas presentes na água estudada (açude Gavião).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A eutrofização é um mecanismo desenvolvido sob a presença de uma grande carga orgânica, proveniente de lançamento de nutrientes na água, como nitrogênio e o fósforo, que resulta no crescimento excessivo de organismos fitoplancônicos (cianobactérias e algas) e plantas aquáticas (macrófitas), tornando a água com baixo padrão de qualidade, comprometendo os usos múltiplos.

O tratamento de água tem por objetivo a remoção de sólidos suspensos e coloidais, microrganismos e outras substâncias, presentes nas águas naturais que possivelmente traz danos à saúde humana (DI BERNARDO *et al.*, 2005). As tecnologias de tratamento de água evoluíram ao longo dos anos, podendo-se dizer que qualquer água pode ser tratada e destinada ao consumo, embora exista custos elevados. Além das questões tecnológicas e da qualidade da água in natura, outros fatores como as condições socioeconômicas da comunidade, a disponibilidade quantitativa do recurso hídrico, operação e manutenção, padrão de potabilidade e em relação as condições geográficas devem ser levadas em consideração.

A coagulação, processo utilizado na maioria das estações de tratamento, consiste na aplicação de produtos químicos para a desestabilização das partículas coloidais e suspensas. Em uma perspectiva mais ampla, coagulação é a alteração físico-química de uma água com cor e turbidez, produzindo partículas que possam ser removidas por um processo de sedimentação (RICHER, 2009).

É possível, como alternativa aos polímeros sintéticos, realizar a utilização de polímeros naturais, pois não apresentam riscos à saúde humana e são economicamente mais rentáveis. Lima (2015) destaca que a *Moringa oleífera* vem sendo utilizada como auxiliar de floculação no tratamento de água desde da década de 50, quando o governo do Maranhão a trouxe das Filipinas, tendo sido a partir de então difundida em todo semiárido nordestino. De acordo com Abreu Lima (2007) os polímeros naturais propiciam a formação de flocos mais densos e mais resistentes as forças de cisalhamento que podem promover a ruptura dos flocos.

A *Moringa oleífera* é constituída em grande parte (40%) por proteínas de baixo peso molecular (GALLÃO, 2006), quando seu pó é dissolvido em água a mesma adquire carga elétrica positiva com grande capacidade de neutralização e adsorção de partículas ao seu redor. Dentre os parâmetros que exercem influência sobre a eficiência de remoção de cor

e turbidez pode-se destacar: tempo de mistura rápida e lenta, tempo de decantação e concentração de coagulantes e auxiliar de coagulação (CARDOSO *et al.*, 2008).

Estudos com uso da *Moringa oleifera* têm mostrado que esta constitui uma alternativa em potencial bastante promissora para remoções de impurezas presentes na água (THEODORO *et al.*, 2015). Rorato (2013) obteve bons resultados em termos de remoção de cor e turbidez, 70,6 e 97,3% respectivamente, quando utilizando *Moringa oleifera* como auxiliar de coagulação, tendo sido percebida uma redução do coagulante químico (PAC), evidenciando que quando adiciona-se uma solução de *Moringa oleifera* ao processo ocorre uma diminuição do consumo de coagulante químico.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

As amostras de água utilizadas foram oriundas do Açude Gavião, localizado no município de Pacatuba no Estado de Ceará, barragem que bloqueia as águas do rio Cocó, que tem uma capacidade de armazenamento, de acordo com a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), de 32.900 m³, coletada na Cagece (Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará).

3.2 Ensaios de tratabilidade

Os ensaios de tratabilidade foram realizados em “Jar test”, modelo: Quimis Q3O5M3 de três hastes, utilizando a água in natura do Açude Gavião e os químicos Cloreto de polialumínio - PAC-23, (Al₂(OH)₄SCl₁₁5), utilizado como coagulante e *Moringa oleifera* macerada, auxiliar de coagulação natural. As dosagens aplicadas encontram-se apresentadas na Tabela 1.

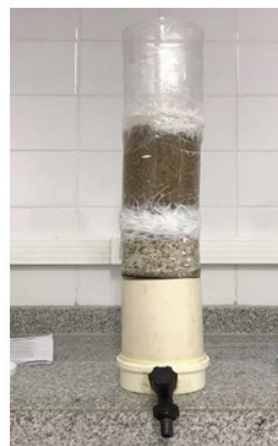
Tabela 1. Dosagens utilizadas no estudo em cada teste realizado.

Ensaio	Extrato de <i>Moringa oleifera</i> (mg/L)	PAC (mg/L)
1	30,00	10,00
2	170,00	10,00
3	30,00	50,00
4	170,00	50,00
5	100,00	30,00
6	100,00	30,00
7	100,00	30,00
8	1,01	30,00
9	198,99	30,00
10	100,00	1,72
11	100,00	58,28

Fonte: Autor (2019).

Para simular a etapa de coagulação foi aplicado um tempo de mistura de 60 segundos e gradiente de velocidade elevado, correspondendo a 120 rpm; na etapa de floculação as velocidades de mistura foram escalonadas em ordem decrescente com rotação variando entre 60-40 rpm; e tempo de mistura lenta total foi de 21 minutos, sendo empregado um tempo de 7 minutos para cada rotação. Após os ensaios, as amostras foram mantidas em repouso (decantação) por 120 minutos, seguido de uma etapa de filtração rápida em unidade de bancada. A estrutura do filtro era feita de garrafa PET (Polietileno tereftalato) como mostrado na Figura 1. A areia da camada filtrante apresenta diâmetro efetivo d₁₀ igual a 0,75mm e o coeficiente de uniformidade (CU) < 1,7. A espessura da camada filtrante foi de 10 cm, a camada suporte (brita) com 8 cm de altura. Para evitar que a camada suporte a mesma foi disposta sobre uma lã acrílica.

Figura 1. Filtro de bancada



Fonte: Autor (2019)

Baseado em recomendações de Cardoso *et al.*, (2008), coletou-se 30 ml de água em cada erlenmeyer, após o tempo de decantação, para análise de cor, turbidez, pH, alcalinidade, como mostra a Tabela 2, afim de verificar a eficiência de remoção dos sólidos suspensos com base nos resultados da qualidade da água bruta.

Tabela 2. Análise realizadas na água in natura e pós tratada.

Parâmetro	Método	Unidade
pH	pHmetro	
Alcalinidade	Potenciométrico	mg CaCO ₃ /L
Cor	HACH	Units PtCo
Turbidez	Turbidímetro	UT.

Fonte: Autor (2019)

3.3 Análise estatística

Para os testes utilizou-se o planejamento fatorial multivariado 2ⁿ, representado pelo o número de variáveis independentes (para n = 2 o valor de α é 1,414), com o ponto

AVALIAÇÃO DO USO DE MORINGA COMO AUXILIAR DE COAGULAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS DE RESERVATÓRIOS EUTROFIZADOS

central em triplicata (nível 0) como mostrado na Tabela 3. O software utilizado para uma análise estatística e de modelagem da superfície de resposta foi o Statgraphics®. A ordem dos ensaios foi definida a partir do programa onde o mesmo sorteia a distribuição da variável independente em todos os testes, como segue: 2, 5, 9, 7, 8, 10, 1, 4, 6, 3 e 11.

Tabela 3. Fatores e níveis do tratamento usado no experimento com *Moringa oleífera* e PAC.

Fatores	Níveis				
	- α	-1	0	+1	+ α
<i>Moringa oleífera</i> (mg/l)	1	30	100	170	198,9
PAC (mg/l)	1	10	30	50	58,3

Fonte: Autor (2019)

De acordo com Costa (2013), programas estatísticos como o *Statgraphics* são importantes ferramentas de análise de dados que possibilitam a confirmar, ou não as hipóteses previamente formuladas e que estão relacionadas aos objetivos da pesquisa. Ademais, é possível realizar uma análise descritiva de uma ou mais variáveis ao mesmo tempo além de possibilitar também o menor número de ensaios, diminuindo o tempo e os custos da pesquisa. Para isto, foram avaliados os fatores *Moringa oleífera* e PAC.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontram-se representados na Tabela 4 os resultados obtidos da água bruta para os ensaios com PAC e o extrato de *Moringa oleífera* como auxiliar de coagulação para os parâmetros: cor, pH, turbidez e alcalinidade.

Tabela 4. Caracterização da água bruta.

Parâmetro	Resultado
pH	7,36
Alcalinidade	52,31
Cor	58
Turbidez	11,9

Fonte: Autor (2019)

Após os ensaios com as diferentes dosagens de PAC e *Moringa oleífera* alcançaram-se os resultados após a realização das etapas de coagulação, floculação e decantação, apresentados na Tabela 5 e do efluente tratado (pós filtração), Tabela 6.

Tabela 5. Resultados dos parâmetros físicos e químicos pós tempo de decantação de 120 min.

Ensaio	<i>Moringa oleífera</i>	PAC	Cor	Turbidez
	mg/l	mg/l	UC	NTU
1	30	10	18	5

2	170	10	20	2,5
3	30	50	8	0,01
4	170	50	8	0,02
5	100	30	11	1,29
6	100	30	12	1,76
7	100	30	10	1,34
8	1,01	30	20	1,82
9	198,99	30	12	1,12
10	58,28	1,72	16	4,2
11	0	58,28	17	0,38

Fonte: Autor (2019)

Observa-se que na Tabela 5 após o tempo de 120 min os valores de turbidez nos ensaios 3, 4 e 11 atenderam os padrões da Portaria de Consolidação N° 5, Anexo 2 do Anexo XX, fato que pode ser relacionado com o elevado tempo de decantação utilizado no ensaio de Jarrest.

Tabela 6. Resultados dos parâmetros físicos e químicos dos ensaios após o filtro.

Ensaio	<i>Moringa oleífera</i>	PAC	Cor	Turbidez	Alcalinidade	
	mg/l	mg/l	UC	NTU	pH	mg/lCaCO ₃
1	30	10	24	0,34	7,18	52,31
2	170	10	18	1,8	7,08	46,33
3	30	50	8	0,8	7,09	50,2
4	170	50	6	0,01	7,08	47,83
5	100	30	9	1,6	7,11	50,81
6	100	30	10	0,5	7,05	47,82
7	100	30	8	0,03	7,11	47,45
8	1,01	30	17	0,26	7,06	50,81
9	198,99	30	7	0,43	7,04	47,78
10	58,28	1,72	15	0,3	7,02	48,57
11	0	58,28	12	0,32	7,03	47,83

Fonte: Autor (2019)

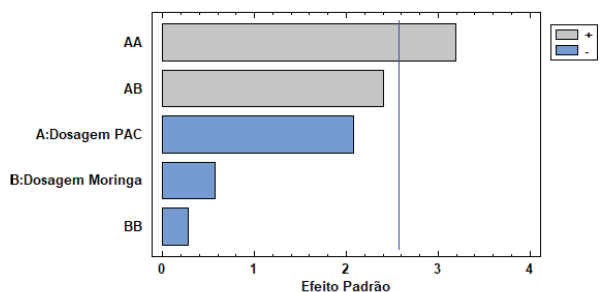
Com base nos resultados obtidos nos ensaios 4 com as concentrações de 170 mg/L de extrato e 50 mg/L de PAC apresentam as melhores taxas de remoção de cor com 90% e turbidez de 99% no pós-filtro. Atendendo as determinações da Portaria de Consolidação N° 5, Anexo 2 do Anexo XX para estes parâmetros.

O pH manteve-se estável em todos os ensaios, o que apresentou um efeito positivo, pois dispensa a necessidade da utilização de algum ácido ou alcalizante para a realização da correção deste parâmetro para o atendimento das determinações da legislação. A alcalinidade sofreu alterações poucos significativas nos 11 ensaios realizados, nas variadas combinações das dosagens de PAC e *Moringa oleífera*.

Para os valores dos parâmetros cor aparente e turbidez, após os 120 minutos de decantação, foi possível montar um Diagrama de Pareto por meio do *Statgraphics*, como mostram as Figuras 2 e 3.

AValiação DO USO DE MORINGA COMO AUXILIAR DE COAGULAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS DE RESERVATÓRIOS EUTROFIZADOS

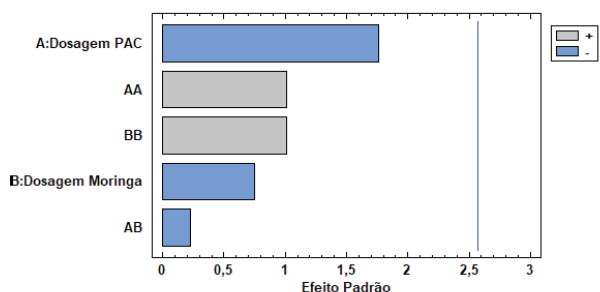
Figura 2. Diagrama de Pareto dos ensaios de coagulação/floculação e decantação para remoção de turbidez, com diferentes concentrações de *Moringa oleífera* e PAC.



Fonte: Autor (2019)

Analisando a Figura 2, notou-se que para remoção de turbidez nem a *Moringa oleífera* nem o PAC apresentaram efeitos negativos significativos. A combinação do coagulante e auxiliar de coagulação apesar de apresentarem resultados de remoção satisfatórios, quando avaliados estatisticamente não apresentaram resultados significativos.

Figura 3. Diagrama de Pareto dos ensaios de coagulação/floculação e decantação para remoção cor, com diferentes concentrações de *Moringa oleífera* e PAC.

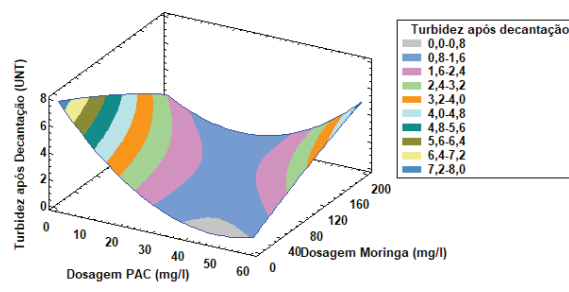


Fonte: Autor (2019)

Analisando o Diagrama de Pareto apresentado na Figura 3 pode-se perceber que nenhuma das variáveis independentes apresentaram efeitos significativos, para remoção de cor. Pelo Diagrama de Pareto observou-se que a interação entre a *Moringa oleífera* e o PAC é inversamente proporcional, implicando dizer que o aumento de um deve ser seguido da redução do outro para que a eficiência seja otimizada.

Para os parâmetros de cor e turbidez do tempo de decantação 120 min foi possível elaborar gráficos de superfície de resposta que descreve a eficiência de remoção dos parâmetros conforme demonstrado nas Figuras 4 e 5.

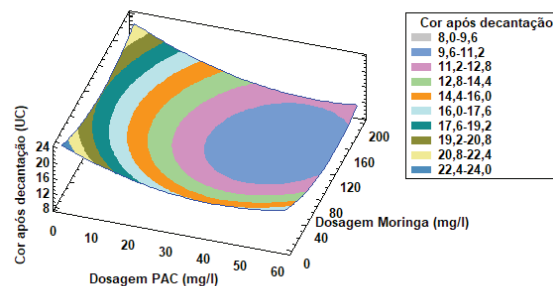
Figura 4. Superfície de resposta que descreve a eficiência de remoção de turbidez ($R^2 = 81,684$) em função da dosagem de PAC e *Moringa Oleífera*.



Fonte: Autor (2019)

Após analisar a figura 4, observou-se que quanto maior a concentração de *Moringa oleífera* correlacionados com maiores dosagens de PAC, proporcionam uma maior remoção de turbidez, as condições ótimas de remoção foram de 30 mg/l a 60 mg/l de PAC a 80 mg/l a 160 mg/l de *Moringa oleífera*, essas concentrações apresentaram uma faixa ótima de turbidez de 0,0-1,6. Estudos apresentados por RIBEIRO (2010), mostram que condições ótimas, dose de 80 mg/L de *Moringa oleífera* e o pH 7, o extrato de *Moringa Oleífera* apresenta valores de porcentagem de remoção de turbidez superiores a 94%. Esse estudo valida os resultados obtidos nas análises com maiores concentrações de *Moringa oleífera*.

Figura 5. Superfície de resposta que descreve a eficiência de remoção de cor ($R^2 = 51,46$) em função da dosagem de PAC e *Moringa Oleífera*.

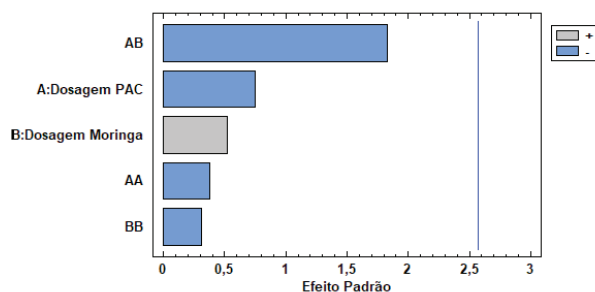


Fonte: Autor (2019)

Observa-se na Figura 5 que para otimização da remoção de cor as condições ótimas são: concentração da *Moringa oleífera* de 120 mg/L a 200 mg/l e de PAC de 30 mg/L a 50 mg/L, sendo possível uma remoção de 90% da cor, com uma faixa de 9,6-11,2 de cor aparente. Segundo RORATO (2013), as concentrações de 250, 320, 360 mg/L do extrato e 7mg/L de PAC obteve-se os melhores índices de remoção de cor e turbidez. Esses resultados evidenciam que a *Moringa oleífera* pode compensar a redução da dosagem do coagulante químico em tratamento de água. Esse resultado se aplica ao presente trabalho, pois utilizamos maiores dosagens de *Moringa oleífera* e menores de PAC e obteve-se resultados de remoção

de turbidez elevadas.

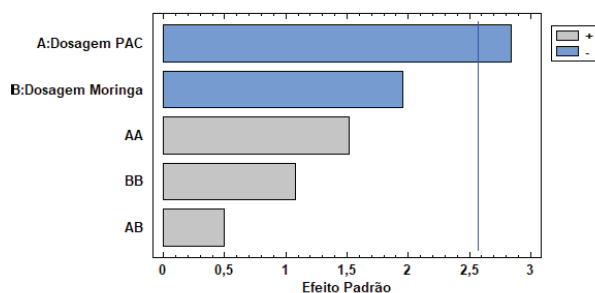
Figura 6. Diagrama de Pareto dos ensaios de pós-filtro para remoção de turbidez, com diferentes concentrações de *Moringa Oleífera* e PAC.



Fonte: Autor (2019)

Analisando o diagrama de Pareto apresentado na Figura 6 pode-se perceber que nenhuma das variáveis independentes apresentaram efeitos significativos, para remoção de turbidez. Pelo Diagrama de Pareto observou-se que a interação entre os coagulantes (*Moringa oleífera* e PAC) é inversamente proporcional, implicando dizer que o aumento de um deve ser seguido da redução do outro para que a eficiência seja otimizada. Valverde *et al.* (2013) constataram que a combinação do coagulante natural e químico proporciona um aumento na eficiência de remoção turbidez da água de estudo.

Figura 7. Diagrama de Pareto dos ensaios de pós filtro para remoção de cor, com diferentes concentrações de *Moringa oleífera* e PAC.



Fonte: Autor (2019)

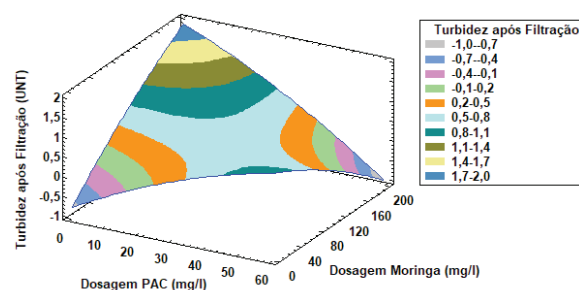
Observando o gráfico de Pareto na Figura 7, conclui-se que as dosagens de PAC promoveram um efeito negativo significativo, evidenciando que o aumento da concentração de PAC promove uma redução do parâmetro cor, o que já era esperado. A interação entre os coagulantes não gerou um efeito negativo significativo. Apesar de não apresentar efeito negativo significativo a *Moringa oleífera*, assim como o PAC, atuaram em termos da redução de turbidez da água.

Segundo Cardoso *et al.* (2008), é possível obter bons resultados em termos de remoção de cor e turbidez em tempos de sedimentação superiores a 60 minutos, com ensaios

realizados com uma menor dosagem de *Moringa oleífera*, cuja remoção de cor e turbidez foi de aproximadamente 84,9%. Esse resultado semelhante ao obtido no presente trabalho, pois quanto maior foi a dosagem do PAC, melhor foi a remoção e o tempo de decantação foi de 120 minutos, proporcionando melhores resultados. Nessa perspectiva, quanto maior for o tempo de sedimentação, maior é a quantidade dos flocos que decantarão.

Para os parâmetros de cor e turbidez após a filtração os gráficos de superfície de resposta que descreve a eficiência de remoção dos parâmetros, conforme demonstrado nas figuras 8 e 9.

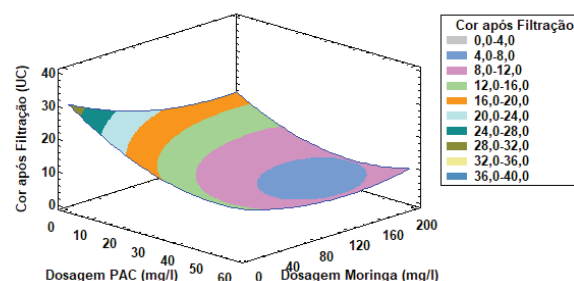
Figura 8. Superfície de resposta que descreve a eficiência de remoção de turbidez.



Fonte: Autor (2019)

Observou-se a partir dos resultados de superfície de resposta demonstrados na Figura 8, as condições ótimas das concentrações foram de 30 mg/l de PAC a 120mg/l a 150mg/l de *Moringa oleífera*. As melhores faixas de remoção foi de 0,2 – 0,5, apresentado resultados de acordo com a Portaria de Consolidação Nº 5, Anexo 2 do Anexo XX que diz que a turbidez deve apresentar o valor de 1 UT após a filtração para poder ser destinada ao consumo humano.

Figura 9. Superfície de resposta que descreve a eficiência de remoção cor ($R^2= 74,85$) em função da dosagem de PAC e moringa.



Fonte: Autor (2019)

Na Figura 9 constatou-se, que as condições ótimas para remoção de cor após o filtro foram de 40 mg/L a 50 mg/L

de PAC e de 120 a 160 mg/L de *Moringa oleifera*, com uma faixa de 4,0-8,0 Units Ptco de cor aparente após a filtração. Não obstante, comparando com os resultados de Franco (2010), que utilizou uma dosagem de 106,0 mg/L de solução coagulante das sementes de *Moringa oleifera* e após o filtro lento proporcionou uma eficiência de remoção de turbidez e cor aparente de aproximadamente 98%, o valor médio inicial da turbidez no tratamento era de 93 NTU e após a etapa da filtração lenta com coagulante atingiu 1,0 NTU, para cor aparente o valor inicial médio era de 524 mg.L-1 PtCo e foi para 10,0 mg.L-1 PtCo.

5 CONCLUSÕES

Os estudos mostraram que a *Moringa oleifera* pode ser utilizado como auxiliar de coagulação, pois foram obtidos resultados na remoção de cor e turbidez da ordem de 90%, quando combinado o coagulante químico como auxiliar de coagulação natural. As condições ótimas apresentadas a partir do estudo para o tempo de decantação de 120 minutos foram os ensaios 3 e 4 com dosagens de 30 e 170 mg/L do extrato e 50 e 50 mg/L de PAC, respectivamente, que obtiveram a maior remoção de cor cerca de 86,21% e turbidez de aproximadamente 99,83%. Já, as condições ótimas apresentadas a partir do estudo do pós-filtro foram os ensaios 4 e 9 com dosagens de 170 e 198,98 mg/L de extrato e 50 e 30 mg/L do coagulante químico, respectivamente, obtiveram remoções de cor em torno de 89,66% e de turbidez próximo de 99,9%.

O uso do extrato natural no processo de coagulação e floculação, seguida de filtração por meio de filtro rápido descendente, apesar de não ter apresentado efeito estatístico significativo, se mostrou eficaz quanto a remoção da cor e turbidez. Pois, os valores encontrados estão de acordo com a Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo 2 do Anexo XX.

REFERÊNCIAS

- ABREU LIMA, Guilherme J., 2007, **Uso de polímero natural do quiabo como auxiliar de floculação e filtração em tratamento de água e esgoto**. 2008. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.
- AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. **Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification**. African Journal of Agricultura Research, v.4, n.1, p.119-123, 2009.
- BARROS, F. M. **Dinâmica do Nitrogênio e do Fósforo e estado trófico nas águas do rio Turvo Sujo**. 2008. 172p, Tese (Doutorado) Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2008.
- BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Ministério da Saúde, Brasília, DF.
- BORBA, L. R. **Viabilidade do uso da moringa oleifera lam no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades**. 2001 Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2001.
- CARDOSO K. N.; Bergamasco R.; COSSICH E. S.; MORAES K. C. **Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da Moringa oleifera Lam**. Acta Sci. Tech. v. 30, n. 2, p. 193-198, 2008.
- COSTA A. G. **Estratégias de pré-tratamentos para a produção de metano a partir dos resíduos lignocelulósicos dos biocombustíveis**. 2013, 117p. Tese (Doutorado) Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2013.
- CARMICHAEL, W. W. **The toxins of cyanobacteria**. Scientific Am; 270: p. 78-86. 1994.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA. Resolução no 357, de 17 de março de 2005: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.
- DI BERNARDO; DI BERNARDO A.; CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos, RiMa, 2002.
- DI BERNARDO L. D. DI BERNARDO A. . **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2.ed. São Carlos, RiMa, 2005.
- FRANCO M. **Uso de coagulante extraído de sementes de moringa oleifera como auxiliar no tratamento de água por filtração em múltiplas etapas**. 2010. 90 p. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na Área de Concentração em Água e Solo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- LIMA N. M. **Aplicação da Moringa oleifera no tratamento de água com turbidez**. 2015. 56p.Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Universidade Católica de Pernambuco, Pernambuco, 2015.
- RICHTER, C. A. **Água: Métodos e tecnologia de tratamento/** Carlos A. Richter. São Paulo: Editora Blucher, 2009.
- RORATO, W. R. **Utilização de Moringa oleifera lam como auxiliar no processo de coagulação/floculação/filtração para o tratamento de água de abastecimento**. 2013. 49p, TCC (Graduação) Curso Superior de Engenharia Ambiental do Departamento de Ambiental – COEAM – da Universidade

Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

M. S. S. SIQUEIRA, M. A. S. SILVA, W. M. F. SILVA, S. M. S. LIMA. **Viabilidade da utilização da moringa oleífera como método alternativo de tratamento de água no semiárido nordestino.** Revista Acadêmica – Científica, SCIRE. v. 8,n.2, p.1-8, 2015.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Portal Eletrônico Brasília: Disponível em: <http://www.snis.gov.br>, Acesso em: maio, 2019.

THEODORO J. D. P.; PEREIRA E. R. VEIT M.T.; BERGAMASCO R. B.; SANTOS O. A. A. Estudo de extração salina da semente de Moringa Oleífera Lam aplicado na remoção do parâmetro cor para o tratamento de água potável. **Revista tecnológica.** p. 275-283, 2015.

VALVERDE, K. C.; MORAES, L. C. K.; BONGIOVANI, M. C.; CAMACHO, F. P.; BERGAMASCO, R.. Coagulation diagram using the Moringa Oleífera Lam and the aluminium sulfate, aiming the removal of color and turbidity of water. **Acta Scientiarum Technol.** v.5 p 485-489, 2013.