

Avaliação da eficiência do tratamento de águas cinzas utilizando sementes de Moringa oleífera sob diferentes metodologias de ensaio

Evaluation of the efficiency of gray water treatment using Moringa oil seeds under different test methodologies

Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas grises con semillas oleaginosas de Moringa bajo diferentes metodologías de prueba

Recebido: 03/09/2020 | Revisado: 07/09/2020 | Aceito: 02/12/2020 | Publicado: 06/12/2020

Alana Lopes Junho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8880-6727>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: alana.junho@outlook.com

Ivan Felipe Silva dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7172-2794>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: ivanfelipeceice@hotmail.com

Athos Moisés Lopes Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2565-8610>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: athos.ambiental@gmail.com

Regina Mambeli Barros

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3154-2956>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: remambeli@hotmail.com

Resumo

A crescente demanda de água e a crescente ocorrência de eventos de escassez hídrica resulta na necessidade de práticas mais sustentáveis na gestão e tratamento das águas. Assim sendo, a busca por técnicas eficientes para tratamento de efluentes seguidas do reúso do mesmo, tem ganhado destaque atualmente. Uma das opções para tratamento de efluentes de modo descentralizado e eficiente é o uso de coagulantes naturais a base da semente de Moringa oleífera (MO). Neste contexto, o presente trabalho avalia experimentalmente a eficiência de

tratamento da água residuária proveniente de máquina de lavar utilizando coagulantes a base da semente de MO, com objetivo de promover o reuso deste efluente. Para tanto, foram realizados ensaios de coagulação em Jar Test considerando o uso da semente de MO tanto de forma direta (triturada) como também em solução salina. A eficiência de clarificação e remoção de DQO da amostra bruta foram avaliadas para diversos cenários de turbidez inicial e volume de coagulante. Os resultados obtidos demonstraram que tanto em uso direto quanto em solução salina mostraram-se ineficientes, sendo necessário a otimização da dosagem do coagulante utilizado ou uma nova metodologia de extração do coagulante. Discussões mais amplas das potencialidades e limitações do uso da MO puderam ser construídas a partir dos resultados obtidos.

Palavras-chave: Moringa oleífera; Águas residuárias; Remoção de DQO; Reuso de água.

Abstract

The growing demand for water and the growing occurrence of water scarcity events result in the need for more sustainable practices in water management and treatment. Therefore, the search for efficient techniques for the treatment of effluents followed by its reuse, has gained prominence today. One of the options for treating effluents in a decentralized and efficient way is the use of natural coagulants based on the oil Moringa seed (MO). In this context, the present work experimentally evaluates the efficiency of the treatment of waste water from the washing machine using coagulants based on MO seed, in order to promote the reuse of this effluent. For that, coagulation tests were performed in Jar Test considering the use of OM seed both directly (crushed) and also in saline solution. The efficiency of clarification and removal of COD from the crude sample were evaluated for several scenarios of initial turbidity and volume of coagulant. The results obtained showed that both in direct use and in saline solution were inefficient, being necessary the optimization of the dosage of the used coagulant or a new methodology of extraction of the coagulant. Broader discussions of the potentials and limitations of the use of OM could be constructed based on the results obtained.

Keywords: Moringa oleifera; Wastewater; COD removal; Water reuse.

Resumen

La creciente demanda de agua y la creciente ocurrencia de eventos de escasez de agua dan como resultado la necesidad de prácticas más sostenibles en la gestión y el tratamiento del agua. Por tanto, la búsqueda de técnicas eficientes para el tratamiento de efluentes seguido de su reutilización, ha ganado protagonismo en la actualidad. Una de las opciones para tratar los

efluentes de manera descentralizada y eficiente es el uso de coagulantes naturales a base del aceite de semilla de Moringa (MO). En este contexto, el presente trabajo evalúa experimentalmente la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales de la lavadora mediante coagulantes a base de semilla de MO, con el fin de promover la reutilización de este efluente. Para ello se realizaron pruebas de coagulación en Jar Test considerando el uso de semilla de MO tanto directamente (triturada) como también en solución salina. La eficiencia de clarificación y eliminación de DQO de la muestra cruda se evaluó para varios escenarios de turbidez inicial y volumen de coagulante. Los resultados obtenidos mostraron que tanto en uso directo como en solución salina eran ineficientes, siendo necesaria la optimización de la dosificación del coagulante utilizado o una nueva metodología de extracción del coagulante. Se podrían construir discusiones más amplias sobre los potenciales y limitaciones del uso de MO en base a los resultados obtenidos.

Palabras clave: Moringa oleifera; Aguas residuales; Eliminación de DQO; Reutilización de agua.

1. Introdução

Naturalmente, por meio de um processo conhecido como autodepuração, todos os sistemas aquáticos são capazes de absorver certa quantidade de poluição sem que isso lhe cause prejuízos (Santos, 2013). Porém a carga poluidora que chega nesses corpos hídricos tem aumentado a cada dia, fazendo com que estes sejam sobrecarregados e não consigam despolui-la. O investimento no tratamento de efluentes, pode significar um grande salto para o desenvolvimento em termos da dotação da infra-estrutura requerida para proteger o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida da população, assim como propiciar novas oportunidades de negócios (Pimenta et al, 2002). Isto é, o tratamento de efluentes minimiza problemas, como por exemplo, o surgimento de doenças de veiculação hídrica, e escassez de água para consumo humano. Além disto o tratamento, quando adequado, possibilita também o reúso de efluentes.

Através da norma brasileira (Abnt Nbr 15527:2007), pode-se depreender as seguintes estratégias para reúso da água: aproveitamento de água pluvial, o reúso de águas cinzas e a instalação de componentes economizadores de água. A prática de reúso da água e dos efluentes não é uma atividade atual. Contudo, a demanda crescente por água tem feito do reúso planejado da água um tema atual e de grande importância (Santos, 1993). A Reutilização da água constitui-se uma atividade sustentável para o desenvolvimento, sendo

benéfica para a sociedade, para as grandes empresas (devido à economia), e principalmente para o meio ambiente, uma vez que ocorrerá a redução da demanda por água subterrânea e de superfícies (Fernandes et al., 2006).

As águas cinzas são os efluentes oriundos de chuveiros, máquinas de lavar roupas e lavatórios e podem ser reutilizadas para aplicações como descarga de bacias sanitárias, lavagem de calçadas e irrigação de jardins. O tratamento da água cinza é importante devido à grande variância da fonte, bem como devido a diferentes finalidades do efluente tratado (destinação do reuso), sendo fundamental para a remoção do material biodegradável. Diversos autores estudaram o tratamento de água cinza obtendo viabilidade técnica e econômica de sua implantação. Um exemplo é o trabalho de Sella (2011), que avaliou a viabilidade da implantação do sistema de reuso de águas cinzas em para uma edificação hipotética com dez pessoas e dois pavimentos, obtendo um período de retorno de 11, 91 anos para o capital investido. O tempo de retorno pode ser reduzido caso técnicas de retorno mais simples e baratas sejam utilizadas.

A aplicação de coagulantes é considerada uma etapa importante no tratamento de água e que também pode ser utilizada para efluentes, pois além de ser responsável por remover o aspecto turvo da água, está relacionada com parâmetros físico-químicos básicos, como turbidez, pH e alcalinidade da água bruta (Franco, 2009).

O uso dos sais como coagulantes químicos (sais de alumínio e ferro) pode causar danos ao meio ambiente e à sociedade. Um dos problemas associados ao uso do sulfato de alumínio, por exemplo, é a geração de um elevado volume de lodo contendo o cátion AL_3^+ , o que dificulta a disposição final deste material no meio ambiente (Lo Monaco et al., 2010). O sulfato de ferro ou de alumínio possui elevado custo de aquisição e ainda possuem efeitos nocivos à saúde humana (Yin, 2010). A utilização do sulfato de alumínio em doses inadequadas pode ainda causa danos à saúde humana, por estar relacionado à doença de Alzheimer e de problemas semelhantes devido ao alumínio residual presente na água tratada.

Como alternativa aos problemas enfrentados pelo uso de coagulantes químicos, estudos tem buscado a aplicação de coagulantes naturais no tratamento de efluentes. O uso de coagulantes naturais tem demonstrado diversas vantagens quando comparado aos coagulantes químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais (Lo Monaco et al., 2010).

Um dos coagulantes que vem ganhando destaque é o uso das sementes de Moringa Oleífera (MO), sendo classificada como uma das melhores plantas para purificação de água (Pritchard et al., 2010a), tendo ainda como vantagens ser biodegradável, de baixo custo e

gerar volumes menores de lodo (Formentini-Schmitt et al., 2014).

Conforme Silva et al. (2007), a solução da semente de MO tem se mostrado efetiva como agente coagulante e na remoção de patógenos de águas brutas. Diversos autores realizaram pesquisas relacionadas ao uso da semente de MO no tratamento de águas e efluentes (Cruz et al., 2007; Chagas et al., 2009; Paula e Ilha, 2016 e Matos et al., 2007) obtendo resultados satisfatórios para os mais diversos tipos de efluentes.

Por se tratar de um coagulante natural o lodo gerado pelo uso da MO pode vir a ser reutilizado, por exemplo, como fertilizante, devido à inexistência de substâncias químicas, como o sulfato de alumínio, que poderiam ser prejudiciais para o possível reaproveitamento. Além disso, tal árvore de MO é caracterizada por se adaptar a ambientes áridos e úmidos, suportando e produzindo mesmo na época de seca. Segundo Batista (2018), elas crescem cerca de 1 cm por dia, além disso elas possuem alto rendimento de sementes, em condições favoráveis entre 50 a 70 kg/ano (Rangel, 2018), e baixo custo de produção.

O presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade do uso de sementes de Moringa oleífera no processo de tratamento de efluentes provenientes de máquinas de lavar, com intuito de reutilizá-los. Para esse estudo realizou-se ensaios de laboratório em Jarrest utilizando-se as sementes em solução salina e em uso direto, analisando o comportamento do coagulante frente a volumes variados de coagulante para a água cinza, a fim de analisar qual é a melhor concentração de coagulante.

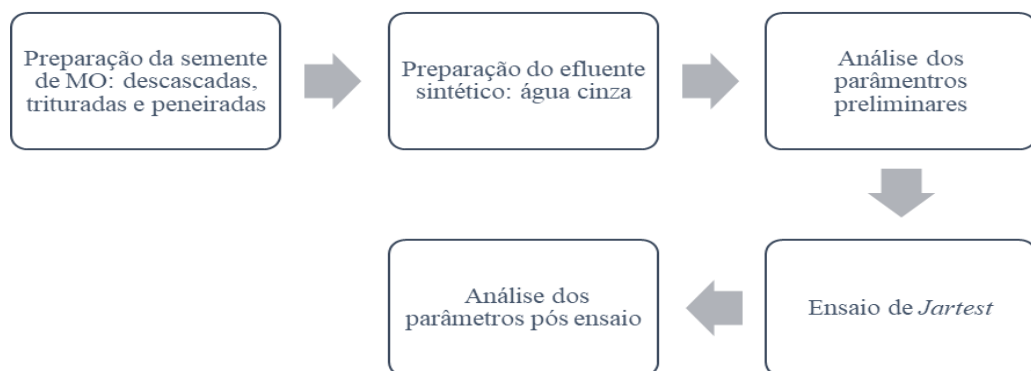
2. Metodologia

Conforme descrito em Pereira et al. (2018), em uma pesquisa há a necessidade de se detalhar a metodologia adotada. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, destacando-se a pesquisa literária, realizada neste estudo. Foi efetuada a revisão bibliográfica em artigos científicos publicados em revistas sobre técnicas de tratamento de água e uso de coagulantes naturais, em especial Moringa oleífera, realizou-se análise de estudos de caso disponíveis no Science Direct® (<https://www.sciencedirect.com/>). Foi empregado uma pesquisa quantitativa. Existe alguns dados de pesquisa anteriores acerca do assunto com aplicações para diversos efluentes, o objetivo foi verificar o comportamento aplicado ao uso da semente de Moringa oleífera frente a diferentes técnicas de ensaio. Foi uma pesquisa experimental ao se construir um modelo reduzido, com uso de Jarrest. As técnicas de coleta e amostragem do efluente foram submetidos à pesquisa laboratorial e compreenderam o preconizado pelo American Public Health Associations (Apha), em Standard Methods for the

Examination of Water and Wastewater (Apha, 2012). Como base do estudo ora apresentado, foi utilizado sobretudo os trabalhos de Okuda et al. (1999), Nkurunziza et al. (2009) e Madrona et al. (2010), além de Ströher et al (2013).

O ensaio foi realizado no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de Itajubá, Brasil. Para execução deste foi utilizado efluente sintético de água cinza. O estudo deste efluente tem o objetivo de se avaliar uma alternativa para tratamento e posterior reuso do mesmo, já que sua geração é elevada e bastante distribuída ao longo de toda uma cidade. O processo de coagulação foi conduzido utilizando-se as sementes de *MO* tanto de forma direta quanto preparadas com uma solução salina. Os passos de forma geral, em cada etapa do experimento são descritos na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma da metodologia utilizada no ensaio.



Fonte: Autores.

A Figura 1 demonstra que primeiramente preparou-se as sementes de MO que foram utilizadas no ensaio, após isto preparou-se o efluente sintético, analisou-se os parâmetros iniciais para posterior comparação, realizou-se o ensaio de *Jartest* e por fim realizou-se a análise pós-ensaio para verificar a alteração dos parâmetros com o uso do coagulante natural.

Para a preparação do efluente, adaptou-se a metodologia de Ciciliato (2013), dissolvendo-se 1,8g de sabão em pó comercial em 1 L de água homogeneizando-a. Para o ensaio em questão adicionou-se solo junto a amostra, para que elevasse o valor de turbidez, para que este ficasse próximo a 200 NTU. Os parâmetros iniciais de turbidez, pH, sólidos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos voláteis e DQO da amostra, para que se pudesse compará-los posteriormente com os parâmetros obtidos após o ensaio.

Para o uso da semente de *MO* em solução salina no ensaio adaptou-se os ensaios realizados com tal solução nos trabalhos de Okuda et al. (1999), Nkurunziza et al. (2009) e Madrona et al. (2010). Para tanto foram necessários os seguintes passos:

- Pesagem 2g de sementes de Moringa oleífera descascadas, trituradas posteriormente à pesagem com auxílio de um pilão manual;
- Preparação de uma solução de NaCl em concentração de 1 mol/L, utilizando-se 11,89g em 200mL de água destilada;
- Homogeneização a amostra salina com o pó da semente.

Para se determinar os valores de volume coagulante de semente de *MO* utilizou-se o mesmo volume de coagulante resultante da aplicação da metodologia de cálculo de volumes da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa, s/d) para ensaios realizados com o coagulante comercial de Sulfato de Alumínio e água bruta. Esta metodologia se baseia na utilização Tabela 1, onde são determinados os valores de dosagem de coagulante em função da turbidez inicial. As dosagens obtidas são então aplicadas na equação 1. Esta metodologia é a mesma aplicada por Rocha et al. (2019) para uso da *MO* em solução salina, sendo obtidos valores satisfatórios na remoção de turbidez e DQO (superiores a 90%). Os resultados de volume de coagulante calculados, são mostrados na Tabela 2 para água cinza proveniente da máquina de lavar.

Tabela 1. Concentração de Sulfato de Alumínio de acordo com a Turbidez.

Turbidez	Dosagem do coagulante (mg/L)		
	Mínimo	Médio	Máximo
10	5	10	17
15	8	14	20
20	11	17	22
40	13	19	25
60	14	21	28
80	15	22	30
100	16	24	32
150	18	27	37
200	19	30	42
300	21	36	51
400	22	39	62
500	23	42	70

Fonte: Copasa, s/d.

Na Tabela 1 são identificados para diversas taxas de turbidez as dosagens mínimas, médias e máximas de coagulantes que devem ser utilizadas no tratamento de água. Entretanto, vale ressaltar que tais valores se aplicam ao uso do Sulfato de Alumínio em água bruta.

$$C = \frac{A \times D}{S} \quad (Eq.1)$$

Onde:

C é o volume de coagulante [mL];

A é o volume de água bruta [L];

D é a dosagem desejada [mg/L];

S é a concentração da solução de sulfato de alumínio = 10 [mg/mL]

Tabela 2. Volume de coagulante de mo em solução salina.

Jarro	Volume coagulante (mL)
1	2,9
2	3,7
3	4,5
4	5,4
5	6,3

Fonte: Autores.

A Tabela 2 indica o volume de coagulante utilizado em cada jarro para o ensaio, para a determinação deste volume utilizou-se a Equação 1 acima.

Para a preparação do coagulante a base de semente de *MO* em uso direto, seguiu-se a metodologia apresentada nos trabalhos de Ströher *et al* (2013). Para esse procedimento descascou-se as vagens da semente de *MO*, triturou-as com o auxílio de um pilão, até que adquirisse a consistência próxima de uma farinha. Em cada *Jartest*, com o volume de 1,5 L de efluente, adicionou-se uma massa diferente de semente, conforme indica a Tabela 3.

Tabela 3. Massas de coagulante usados nos ensaios.

Jarro	Massa de coagulante (g)
1	2,1
2	2,4
3	2,7
4	3,0
5	3,3

Fonte: Autores.

A Tabela 3 indica a massa de coagulante natural (sementes de MO) utilizadas em cada jarro durante a realização do ensaio.

Nos jarros adicionou-se 1,5 L de efluente sintético e o volume de coagulante calculado para cada jarro conforme mostra a Figura 2.

Figura 2. Ensaio de Jarrest, com as amostras e soluções coagulantes.



Fonte: Autores.

A Figura 2 mostra o equipamento *Jarrest* utilizado no ensaio, nele é possível verificar o local do efluente e do coagulante utilizado durante o ensaio.

Para os ensaios nos quais foram utilizados solução salina de semente de *MO* adotou-se

para a mistura rápida adotou-se uma velocidade de rotação de 480 rpm por 1 minuto. Após isso reduziu-se a rotação para 54 rpm e deixou-se por 10 minutos (mesmos tempos aplicados por Rocha et al., 2019 em estudos de MO em água bruta). Em sequência desligou-se as pás e as amostras foram mantidas em repouso por 30 minutos, para que ocorresse o processo de sedimentação dos flocos. Finalmente realizou-se as leituras dos parâmetros das amostras.

Para o uso direto da MO triturada adotou-se uma velocidade de rotação de 95 rpm por 5 minutos (mistura rápida). Após isso reduziu-se a rotação para 35 rpm e deixou-se por 30 minutos, conforme os ensaios de Ströher *et al* (2013). Em sequência foram desligadas as pás e deixou as amostras em repouso por 30 minutos, para que ocorresse o processo de sedimentação dos flocos. Posteriormente, realizou-se as leituras dos parâmetros das amostras.

Para o presente estudo analisou-se os parâmetros de turbidez, pH, DQO, sólidos totais, voláteis e sedimentáveis. Um resumo da metodologia empregada nas análises físico-químicas finais é apresentada na Tabela 4 (Apha, 2012).

Tabela 4. Metodologia utilizadas para análises físico-químicas descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Análise	Metodologia
Condutividade	Realizou-se a leitura da condutividade da amostra no Condutivímetro.
pH	Realizou-se a leitura do pH da amostra no pHmetro.
Turbidez	Realizou-se a leitura da turbidez da amostra no Turbidímetro.
Sólidos Sedimentáveis	Adicionou-se no Cone Imhoff 1 L de amostra, e realizou-se a leitura após 1 hora de sedimentação.
Demanda Química de Oxigênio - DQO	Adicionou-se 1,5 ml K ₂ Cr ₂ O ₇ ; 3,5 ml de H ₂ SO ₄ e 2,5ml da amostra. Levou ao digestor por 2 horas a 150°C e depois realizou-se a leitura final no espectrofotômetro.

Fonte: Apha (2012)

A Tabela 4 indica um resumo das metodologias de ensaio utilizadas para a verificação

dos parâmetros iniciais e finais analisados no ensaio.

3. Resultados

As Tabelas 5 e 6 descrevem as características iniciais das amostras de efluente sintético preparadas. As características obtidas nas amostras tratadas, após o ensaio de Jar Test são apresentadas na Tabela 7 (para uso da MO em solução salina) e na tabela 8 (para uso direto da MO).

Tabela 5. Valores iniciais para água de máquina de lavar utilizado durante o ensaio em solução salina.

Amostra	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	DQO (mg/L)	Sólidos sedimentáveis mL/L
Inicial	9,8	201	1,88	449,33	0,9

Fonte: Autores.

A Tabela 5 demonstra os valores dos parâmetros iniciais da água de máquina de lavar utilizado durante o ensaio em solução salina, destacando-se o pH muito elevado, característica de uma solução acida.

Tabela 6. Valores iniciais para água de máquina de lavar utilizado durante o ensaio em uso direto.

Amostra	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	DQO (mg/L)	Sólidos sedimentáveis mL/L
Inicial	10,65	210	1753	559,33	0,4

Fonte: Autores.

A Tabela 6 demonstra os valores dos parâmetros iniciais da água de máquina de lavar

utilizado durante o ensaio em uso, destacando-se o pH e uma DQO muito elevados.

Tabela 7. Parâmetros físicos-químicos para água de reuso em solução salina de Moringa oleífera.

Jarro	Volume de coagulante (mL)	pH	Turbidez final (NTU)	Remoção de turbidez	Condutividade elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	DQO (mg/L)	Remoção de DQO	Sólidos sedimentáveis mL/L
1	2,9	9,67	136	32%	1,96	450	0%	0,2
2	3,7	9,77	139	31%	2,00	422,67	- 6%	0,3
3	4,5	9,72	134	33%	2,03	429,33	- 4%	0,3
4	5,4	9,73	138	31%	2,06	376	- 16%	0,2
5	2,9	9,67	160	20%	2,1	489,33	+ 9%	0,8

Fonte: Autores.

Ao analisarmos a Tabela 7 é possível verificar que a remoção de turbidez obteve taxas positivas, isto é, o uso do coagulante natural ao invés de ajudar na remoção, contribuiu para o aumento do parâmetro de turbidez, enquanto que para a DQO obteve taxas relativamente baixas de remoção.

Tabela 8. Parâmetros físicos-químicos para água cinza em uso direto de Moringa oleífera.

Jarro	Massa de coagulante (g/L)	pH	Turbidez final (NTU)	Remoção de Turbidez (%)	Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	DQO (mg/)	Aumento de DQO (%)	Sólidos sedimentáveis mL/L
1	2,1	10,41	178	15%	1803	756,00	35%	7
2	2,4	10,45	194	8%	1808	802,67	44%	12
3	2,7	10,45	197	6%	1808	846,00	51%	8
4	3,0	10,42	210	0%	1797	889,33	59%	6
5	3,3	10,35	207	1%	1808	889,33	59%	10

Fonte: Autores.

Ao verificarmos a Tabela 8 notamos que assim como aconteceu no ensaio anterior a remoção de turbidez foi positiva, isto é, o coagulante contribuiu para o aumento do parâmetro de turbidez. Mas ao contrário do que ocorreu no ensaio anterior, houve um aumento no parâmetro de DQO indicando que o coagulante contribuiu para aumentar este parâmetro ao invés de removê-lo.

Observou-se no ensaio realizado que as sementes de MO mostraram-se pouco eficientes para a remoção de turbidez e DQO, ficando abaixo do esperado para que seja viável para a reutilização das águas cinzas.

Algumas hipóteses podem ser levantadas para se explicar a baixa eficiência apresentada pela semente, por exemplo, quando em solução salina associada com o fato do efluente ser de natureza ácida, pode ter influenciado na reação de coagulação, dificultando e inviabilizando a ação do coagulante natural. E quando em uso direto, triturada, o contato da semente com o efluente pode ter sido ineficiente.

Além disso, a velocidade provocada pelo *Jartest* e o tempo de rotação, que pode ter influenciado no contato da solução com a semente, fazendo com que esta não ficasse suficientemente em contato com o efluente, sendo que este, quando em alta rotação formou uma camada de espuma, o que poderia dificultar o processo de coagulação, devido a obstrução de contato com o ar.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a consistência oleosa da semente de moringa, segundo Anwar & Bhangar (2003) e Rashid et al (2008) citados por Silva (2012), as sementes possuem aproximadamente 40% de óleo, sendo 76% de ácido oleico. Tal estado quando entra em contato com o sabão do efluente, pode ter seu efeito “inibido”, já que a função do sabão é remover toda a oleosidade presente na substância.

Em relação às concentrações de DQO pode-se verificar que estas sofreram poucas modificações, aumentaram ou não tiveram mudanças. Em casos de elevação de DQO tem-se como explicação o fato do coagulante ser um coagulante natural, o que ocasiona o aumento da demanda de oxigênio, devido ao aumento concomitante de matéria orgânica presente na amostra.

Ao analisar-se a condutividade elétrica, pode-se verificar o aumento em sua concentração quando em solução salina, o que aconteceu devido à concentração de sal na solução coagulante. Conforme se aumenta a concentração desta no efluente, aumentava-se também o teor de sal e conseqüentemente a condutividade elétrica da amostra.

Analisando o pH verifica-se que este permaneceu na mesma faixa de valores, entre 9 e 9,8 e com, pouca variação, indicando que em solução ácida, o coagulante natural a base de solução salina pouco teve efeito em modifica-lo.

Apesar da concentração de coagulante adotada no presente trabalho não ter se mostrado muito eficiente, Ugwu *et al* (2017) também estudaram a utilização da semente de MO para água cinza encontrando 200 mg/L de semente em solução com HNO₃ obtendo uma remoção de turbidez na ordem de 91%, sendo superior a dosagem utilizada no presente

trabalho de 42 mg/L o máximo, indicando que o coagulante natural é eficiente também para o tratamento de águas cinzas quando utilizado na dosagem ideal. O estudo do uso de MO em diferentes soluções ou em concentrações maiores permanece como sugestão para trabalhos futuros.

4. Conclusão

O presente artigo buscou verificar a eficiência no uso de semente de MO em solução salina e em uso direto para a remoção de turbidez em efluentes de águas cinzas, embora tal semente tenha se mostrado muito eficiente em diversos tipos de efluentes, concluiu-se que é pouco viável para águas cinzas nas condições aqui testadas.

Alguns fatores podem ter influenciado os resultados obtidos durante o ensaio, como por exemplo, o tempo e a rotação adotados no *Jartest*, em que devido à alta velocidade as partículas podem não terem o contato ideal com o efluente para obterem a eficiência esperada.

Outra explicação para as baixas eficiências obtidas é uma possível “inibição” provocada pela água cinza no coagulante oleoso a base da semente, fazendo com que este não fosse capaz de agir removendo a turbidez sobre a solução rica em detergente. Tal conclusão é importante para planejamento de futuros experimentos que utilizem sementes de MO.

Conclui-se por fim que uma grande gama de variáveis estão ligadas ao processo de floculação utilizando as sementes de *MO* e podem influenciar a sua eficiência, como por exemplo, a dose de coagulante, tipo de preparação da semente, a concentração utilizada no coagulante, o tempo de mistura rápida e lenta, os gradientes de velocidades, temperatura, o pH da amostra, o estado inicial da amostra, seja em turbidez, DQO, entre outros parâmetros. Todas essas variáveis citadas de alguma forma influenciam na eficiência do coagulante.

Como sugestão de trabalhos futuros os autores sugerem uma análise criteriosa das mais diversas gamas de variáveis (a dose de coagulante, tipo de preparação da semente, a concentração utilizada no coagulante, o tempo de mistura rápida e lenta, os gradientes de velocidades, temperatura, o pH da amostra, o estado inicial da amostra, seja em turbidez, DQO, entre outros parâmetros) no processo tratamento de água utilizando sementes de MO e a sua influência na eficiência do tratamento.

Referências

Apha (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 22th ed. Washington.

Batista, P. Moringa: a planta que é tratada como milagrosa por botânicos e biólogos. Recuperado de: <<https://www.remedio-caseiro.com/moringa-a-planta-que-e-tratada-como-milagrosa-por-botanicos-e-biologos/>>.

Biazus, A. C. Reúso de Águas Cinzas para Fins Não Potáveis em Edificação Residencial Multifamiliar. 2015. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

Ciciliato, R. C. Tratamento de águas cinzas sintética para fins de reúso através de métodos eletroquímicos. 2013. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

Chagas, R. C., et al. Uso do extrato de moringa como agente coagulante no tratamento de águas residuárias de laticínios. In: XXVI Congresso Nacional De Laticínios, 2009, Juiz de Fora, MG). Anais... Juiz de Fora: ICLT/EPAMIG, 2009.

Cruz, M. W. de O., et al. Avaliação da eficiência de sementes de moringa no tratamento de efluentes de viveiros de camarão marinho. Rev. Ciência Agronômica, Fortaleza, 38(3), 257-263.

Fernandes, V. M. C., Fiori, S., Pizzo, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. Ambiente Construído, PortoAlegre, 6(1), 19-30.

Formentini-Schmitt, D. M., et al. Estudo da eficiência do composto ativo de moringa oleífera extraída com soluções salinas na tratabilidade de águas residuárias da indústria de laticínios. ENGEVISTA, Niterói, 16(2), 221-231.

Franco, E. S. 2009. Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e Cloreto Férrico na Remoção da Turbidez e Cor da Água Bruta e sua relação com sólidos na geração de lodos em estação de tratamento de água.

Lo Monaco, P. A. V., et al. Use Of Extract Of Moringa Seeds As Coagulant Agent In Treatment Of Water Supply And Wastewater (Doi: 10.4136/Ambi-Agua.164) (Portuguese). Ambiente E Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, [S.L.], 5(3), 222-231, 30 Dez. 2010. Instituto De Pesquisas Ambientais Em Bacias Hidrograficas (Ipabhi). <Http://dx.doi.org/10.4136/Ambi-Agua.164>

Madrona, G. S., et al. Study of the Effect of Saline Solution on the Extraction of the Moringa oleifera Seed's Active Component for Water Treatment. Water, Air, & Soil Pollution, 211(1-4), 409-415, 12 jan. 2010. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-009-0309-0>.

Matos, A. T. et al. Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. Engenharia Agrícola, 27(2), 544-551, ago. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162007000300025>.

Okuda, T. et al. Improvement of extraction method of coagulation active components from Moringa oleifera seed. Water Research, 33(15), 3373-3378, out. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0043-1354\(99\)00046-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0043-1354(99)00046-9).

Paula, H. M., et al. Uso da moringa oleífera no tratamento de águas residuárias de usinas de concreto: mapeamento sistemático. REEC- Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 11(1), 50-60. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v11i1.35149>.

Pereira, A. S., et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Pimenta, H. C. Dias., et al. O esgoto: a importância do tratamento e as opções tecnológicas. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002, Natal-RN. Anais. Curitiba-PR. ABEPRO, 2002. p. 1 - 8.

Pritchard, M., Craven, T., Mkandawire, T., Edmondson, A. S., O'Neill, J. G. 2010a. A Comparison between *Moringa oleifera* and Chemical Coagulants in the Purification of Drinking Water – Na alternative Sustainable Solution for Developing Countries. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35 (13-14), 798-805.

Rangel, Maria Salete. Um purificador natural de água e complemento alimentar para o nordeste do Brasil. Maria Salete Rangel é bióloga e pesquisadora da Embrapa - Tabuleiros Costeiros - Aracajú - SE. Recuperado de: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/A10moringa.htm>>.

Rocha, V. V. F. Santos, I. F. S. Silva, A. M. L. Sant'Anna, D. O. Junho, A. L. Barros, R. M. Clarification of high turbidity waters: A comparison of *Moringa Oleifera* and virgin and recovered aluminum sulfate based coagulants. Submitted to *Resources Conservation and Recycling* in 12/2018. Under Review.

Santos, Ana Silvia Pereira. A importância do tratamento dos esgotos. Juiz de Fora: Slides, 2013. 41 slides, color. Faculdade de Engenharia Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Juiz de Fora. Recuperado de: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2013/06/A-Importância-do-Tratamento-de-Esgotos.pdf>>.

Santos, H. F. 1993. Critérios de Qualidade da Água para Reuso. *Revista DAE* 174.

Sella, M, B. Reuso de águas cinzas: avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências. 2011. 72 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

Silva, B. C. da. Usos potenciais de *Moringa oleífera* Lam., uma matriz para a produção de biodiesel e tratamento de água no semiárido nordestino. 2012. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

Silva, M. E. R. Aquino, M. D. Santos, A. B. 2007. Pós-Tratamento de Efluentes Provenientes de Reatores Anaeróbios Tratando Esgotos Sanitários por Coagulantes Naturais e Não-naturais.

Ströher, A. P., et al. Utilização de coagulantes naturais no tratamento de efluente proveniente de lavagem de jeans. Engevista, Niterói, 15(3), 255-260.

Ugwu, S.. et al. Comparative study of the use of natural and artificial coagulants for the treatment of sullage (domestic wastewater). Cogent Engineering, 4(1), 1-13. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/23311916.2017.1365676>.

Yin, C. Y. 2010. Emerging Usage of Plant-Based Coagulants for Water and Wastewater Treatment. Process Biochemistry, 45 (9), 1437-1444.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Alana Lopes Junho – 30%

Ivan Felipe Silva dos Santos – 25%

Athos Moisés Lopes Silva – 25%

Regina Mambeli Barros – 20%