




Maiara Luzia Grigoli Olivio**

 <https://orcid.org/0000-0003-3699-4740>

Elizângela Flávia Jacob Esteves***

 <https://orcid.org/0000-0001-9955-2187>

Dagmar Aparecida de Marco Ferro****

 <https://orcid.org/0000-0002-3001-6105>

Recebido em: 18 de junho de 2020

Aprovado em: 20 de novembro de 2020

SEMENTES DE *Moringa oleífera* Lam: EFICIÊNCIA NO USO DE COAGULANTE BIOLÓGICO NO TRATAMENTO DE ÁGUA COM TURBIDEZ, COMPARADO AO COAGULANTE QUÍMICO SULFATO DE ALUMÍNIO*

Moringa oleífera Lam SEEDS: EFFICIENT USE OF BIOLOGICAL COAGULANT FOR WATER TURBIDITY TREATMENT, COMPARED TO ALUMINUM SULFATE CHEMICAL COAGULANT

RESUMO

Comumente o sulfato de alumínio é o coagulante químico utilizado nas Estações de Tratamentos para a clarificação da água, embora produza um lodo tóxico de difícil deposição no ambiente. No entanto, os coagulantes naturais como sementes de *Moringa oleífera* Lam. têm demonstrado vantagens para tratamento em comparação aos químicos, pela simplicidade de uso e baixo custo. O estudo objetivou analisar a eficiência coagulante da semente de *Moringa oleífera* na clarificação de água com turbidez e comparar com os parâmetros do coagulante químico sulfato de alumínio. As amostras de água foram coletadas no Córrego Jacu Queimado e as sementes colhidas em um plantio da própria espécie. Foram realizados, em laboratório, etapas sequenciais do experimento: comparação da eficiência da semente verde e seca, determinação da concentração e tempo de exposição da semente à água, comparação de agitação manual e magnética entre elas e do coagulante biológico com o químico, sendo analisados os aspectos físico, químico e biológico antes e após a adição de ambos. Observou-se que apenas a semente seca realiza a clarificação da água em comparação com os resultados das análises da água clarificada com o sulfato, determinando-se que 5 sementes são eficazes para tratar 1 litro de água com turbidez de até 25,0 NTU, considerando-se mais relevante a agitação manual para o efeito de coagulação e o aguardo de 2 horas para o término da decantação. Conclui-se, que a semente de *Moringa* é um coagulante biológico que se apresenta como alternativa para o tratamento de água com turbidez, porém, ainda não é indicada para a potabilidade. É preciso dar continuidade ao tratamento em busca de processos que visam melhorar a qualidade da água para aproximar-se aos parâmetros aceitáveis para o consumo humano.

Palavras-chave: Coagulante biológico. Coagulante químico. Eficiência. Clarificação da água. Parâmetros comparativos.

ABSTRACT

Aluminum sulfate is a chemical coagulant commonly used at Water Treatment Plants for water clarification, although it produces a toxic sludge of difficult deposition in the environment. However, natural coagulants such as *Moringa oleífera* Lam seeds have evidenced the advantages for the treatment when compared to chemicals, due to either their simplicity in and low cost. This research aims at reviewing the efficient use of *Moringa oleífera* seeds as coagulants for turbid water clarification as well as comparing the parameters of aluminum sulfate chemical coagulants. The water samples were collected at Córrego Jacu Queimado and the seeds were harvested from a crop of its own species. Sequential steps were performed in the lab for this experiment: Comparison of green and dry seeds efficiency, concentration and time of exposition of the seed to water measurements, comparison of manual and magnetic stirring among them and among biological and chemical coagulants, being analyzed physical, chemical and biological aspects before and after adding both of them. It was observed that only the dry seed enables water clarification when comparing the analysis results to sulfate water clarification, it was ascertained that 5 seeds are efficient to treat a liter of 25,0 NTU turbidity in water, considering as more relevant manual stirring for coagulation effect after a two-hour rest for decantation completion. It was concluded that *Moringa* seed is a biological coagulant presented as an alternative for turbid water treatment, although it is not indicated for drinkability. Further treatment is necessary in order to keep searching for processes that target to improve the quality of water and meeting acceptable parameters for water consumption.

Keywords: Biological Coagulant. Chemical Coagulant. Efficiency. Water Clarification. Comparative Parameters.

* Programa Institucional de Iniciação Científica do Centro Universitário de Santa Fé do Sul – PIC/UNIFUNEC

** Licenciada em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP – Unifunec, Mestranda em Ciência e Tecnologia Animal pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” de Ilha Solteira/SP – Unesp, e-mail: maiara_olivio@hotmail.com

**** Licenciada em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP – Unifunec, e-mail: elizan2412@gmail.com

**** Doutorado em Genética e Evolução pela Universidade Federal de São Carlos, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP – Unifunec, e-mail: dagmarferro@yahoo.com

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos vêm ganhando cada vez mais importância no cenário brasileiro, devido ao manejo sustentável da água para o bem-estar das populações. O Brasil possui as maiores reservas de água doce, porém muitas áreas hidrográficas utilizadas estão cada vez mais poluídas, seja pela falta de controle do homem, ou mesmo pela falta de investimentos para tratamento e saneamento básico em comunidades carentes (PEREIRA, 2006; JACINTO *et al.*, 2011).

As águas superficiais próximas às zonas urbanas, industriais e regiões desmatadas são as mais prejudicadas pela poluição, que contêm variedades de partículas suspensas, plâncton e micro-organismos em geral (BORBA, 2001). Para a remoção dessas impurezas, é preciso a implantação de sistemas de tratamento de água e a utilização de polímeros químicos. Entretanto, coagulantes químicos, tais como o sulfato de alumínio, às vezes, não estão disponíveis a um valor acessível para essas populações (SANTOS *et al.*, 2010).

O uso do sulfato de alumínio produz lodo tóxico e não degradável, dificultando sua deposição no meio ambiente (LIMA VAZ, 2009). Pesquisas têm demonstrado que os agentes coagulantes naturais apresentam vantagens no tratamento de águas e efluentes quando comparados aos agentes químicos em relação à biodegradabilidade, baixo custo e toxicidade (MORAES, 2004; SANTOS *et al.*, 2010; YIN, 2010). Em função da necessidade de obter métodos alternativos mais econômicos para o tratamento da água, muitos estudos têm sido realizados com a semente da *Moringa oleífera*, espécie que possui propriedades coagulantes e bactericidas (RANGEL, 2011; FORMENTINI - SHIMITT, *et al.*, 2014). O extrato da semente vem sendo utilizado com sucesso na clarificação de águas turvas para usos domésticos (MATTOS, 1998) em virtude de produzir efeitos semelhantes aos coagulantes químicos, podendo substituir o sulfato de alumínio (MAKKAR; BECKER, 1997; GHEBREMICHAEL; HULTMAN, 2004).

Nesse sentido, os autores Caceres *et al.* (1991) analisaram, biologicamente, o efeito inibitório do extrato sobre microrganismos, usando discos impregnados com o extrato, pelo método de difusão, verificando que este foi ativo na inibição de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*, notificando-se a possível redução de alguns microrganismos. Da mesma forma, Oliveira *et al.*, (2005) relatam que o extrato de semente também reduz a dureza, alcalinidade, pH e oxigênio dissolvido da água e eleva a quantidade de gás carbônico.

A água é um recurso natural essencial e indispensável à vida, sendo visto como um elemento fundamental que impulsiona a economia. Para ser consumida, deve ser pura e saudável, livre de material suspenso visível, cor, gosto, odor e de quaisquer organismos e substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais (SHIKLOMANOV, 1997; MARQUES *et al.*, 2010). A qualidade da água é definida pela composição química, física e bacteriológica, na qual as características desejáveis dependem de sua utilização e finalidade, sendo que, os principais exames físicos são a cor, a turbidez, o pH, o odor, o sabor, a temperatura e a condutividade elétrica (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991; DANIEL *et al.*, 2001). Para se adequar ao consumo, a água necessita de tratamento que consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais, microrganismos, entre outras substâncias que promovem transmissões de doenças, cujos métodos vão desde a simples fervura até sistemas completos que contemplem a coagulação, floculação, sedimentação, filtração e cloração, processo de desinfecção da água com uso de desinfetantes, levando em consideração os custos de implantação, operação e manutenção, visando gerar o menor impacto ambiental possível (MARQUES *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2010).

Ao se tratar de saneamento básico para a população, em muitas comunidades carentes, não há disposição dessa estrutura (SANTOS *et al.*, 2010, LO MONACO *et al.*, 2010), principalmente, no Nordeste brasileiro, que não realizam o tratamento dos seus esgotos, sendo estes lançados nos corpos aquáticos situados próximos da zona urbana (HENRIQUE, 2006). Desta forma, nota-se a necessidade da existência de novos métodos que contemplem a clarificação da água, como por exemplo, a substituição de coagulantes sintéticos por produtos naturais, pois além de ser uma alternativa econômica, não causam danos ao meio ambiente (MORAES, 2004; YIN, 2010).

Com isso, a semente de *Moringa oleífera* tem sido um objeto de pesquisas no processo de tratamento de água. Existem evidências que a utilização de biopolímeros de semente de *Moringa* conduz a coagulação da matéria orgânica, com fração menor do que as dos coagulantes químicos, diminuindo a formação de lodo e a turbidez, sem alterar o pH da água, contribuindo também para a remoção de bactérias disseminadas na água, visto que diminui a quantidade de cloro no processo de desinfecção, tratando-se de um sistema biodegradável (PATERNIANI, 2009; SANTOS, 2011; SANTOS, 2013). Do mesmo modo, Yrahmadi *et al.*, (2009) notificaram, ao comparar a eficiência de coagulação do cloreto de alumínio e do extrato da semente de *Moringa*, que o pH da água clarificada com o vegetal não foi alterado, o mesmo não ocorreu com o cloreto que causou sua redução.

1.2 *Moringa oleífera* Lam

A *Moringa oleífera* Lam é uma espécie perene, nativa do Norte da Índia, mas, por ser um vegetal tropical e adaptável, atualmente, é encontrada em vários países (BHATIA *et al.*, 2007). É uma planta que pertence à família Moringaceae, composta apenas por um gênero, *Moringa* e quatorze espécies conhecidas (OKUDA *et al.*, 2001; RANGEL, 2011).

Quanto a sua estrutura, destaca-se por ser uma árvore de crescimento rápido podendo alcançar 12 metros de altura e apresentar rendimento elevado de sementes (CÁCERES *et al.*, 1991; RANGEL, 2011). Possui cachos de flores com coloração creme (PEREIRA NETO *et al.*, 2008). As vagens contêm de 10 a 20 sementes armazenadas em uma polpa branca. As sementes contêm formato globoide e medem até um centímetro de diâmetro; suas cascas são escuras e, em seu interior, há uma massa branca, macia e oleosa (CYSNE, 2006). Por ser rica em óleo, impede o ressecamento do grão e, por isso, pode ser extraída facilmente por prensas manuais (JAHN, 1998).

As sementes de *Moringa oleífera* contêm baixo peso molecular e possuem um composto ativo que atua em sistemas de partículas coloidais. Quando seu pó é dissolvido em água, adquirem cargas positivas que atraem partículas negativamente carregadas, como argila e silte, sendo esse processo responsável pela formação de flocos e, na sequência, a sedimentação (NDABIGENGESERE *et al.*, 1995; NKURUNZIZA *et al.*, 2009 FORMENTINI – SHIMITT, *et al.*, 2014). Em função dessas características, a semente de *Moringa* é considerada uma ótima alternativa no tratamento de água podendo ser utilizada como coagulante natural (RANGEL, 2011).

O coagulante à base de sementes de *Moringa*, por ser de origem vegetal, possui significativa vantagem, quando comparado ao coagulante químico, principalmente, para pequenas comunidades, uma vez que pode ser preparado no próprio local (PATERNIANI 2009), sendo classificada como uma das melhores plantas para purificação, tendo ainda como vantagem ser biodegradável, ter baixo custo e gerar volumes menores de lodo (NDABIGENGESERE *et al.*, 1995; MORAES, 2004; YIN, 2010). Atualmente, a cultura da *Moringa* vem se difundindo em todo o semiárido nordestino, para suprir a necessidade do tratamento de água para uso doméstico (SANTOS *et al.*, 2010).

A descoberta do uso das sementes de *Moringa* para a purificação de água a um custo menor que do tratamento químico convencional constitui uma alternativa da mais alta importância (SILVA, 2008). O interesse pelo estudo de coagulantes naturais para clarificar água

é um referencial novo, por isso, alguns países como Japão, China, Índia e Estados Unidos têm adotado o uso de polímeros naturais no tratamento de águas superficiais devido às grandes vantagens em relação aos agentes coagulantes químicos como o sulfato de alumínio (KAWAMURA, 1991; SERPELLONI *et al.*, 2010).

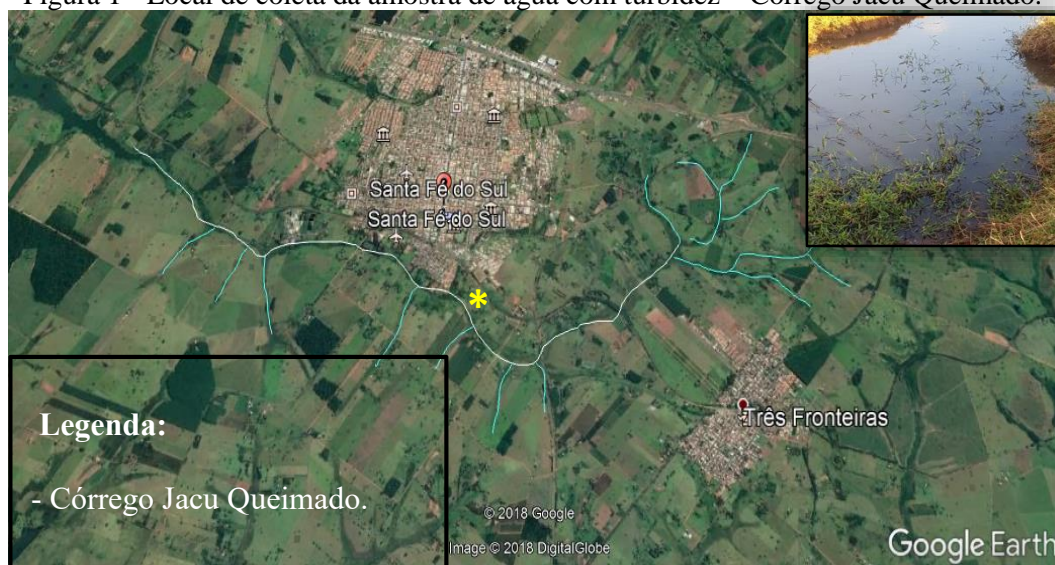
Portanto, o presente trabalho teve como proposta analisar a eficiência da semente de *Moringa oleífera* no tratamento de água com turbidez e comparar seus aspectos físicos, químicos e biológicos com os parâmetros do coagulante químico sulfato de alumínio utilizado no sistema convencional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Água e semente de *Moringa Oleífera* Lam. – locais de coleta

No experimento, foram utilizadas amostras de água com turbidez, proveniente do Córrego Jacu Queimado (Figura 1), que possui sua nascente na cidade de Três Fronteiras-SP e sua extensão passa por áreas habitadas por famílias que possuem criações diversas. Seu leito recebe diversas formas de poluição até desaguar no Rio Paraná, sendo ele o corpo receptor de efluentes da Estação de Tratamento de Água de Três Fronteiras e Santa Fé do Sul-SP.

Figura 1 - Local de coleta da amostra de água com turbidez – Córrego Jacu Queimado.



Fonte: Google Earth.

As sementes foram colhidas em um plantio de *Moringa oleífera* Lam localizada no município de General Salgado-SP (Figura 2).

Figura 2- Área de plantio de *Moringa oleífera* Lam.



Fonte: Dos próprios autores.

2.2 Procedimentos

Em busca de respostas sobre a eficácia da semente de Moringa como coagulante biológico, o experimento foi conduzido em quatro etapas, sendo realizadas quatro coletas de água entre os meses de março a setembro de 2018.

As amostras de água foram coletadas de acordo com as recomendações exigidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio de garrafas esterilizadas (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2008). Para esse procedimento, as garrafas foram abertas somente no momento da coleta e preenchidas até completar três quartos do recipiente, sendo imediatamente tampadas.

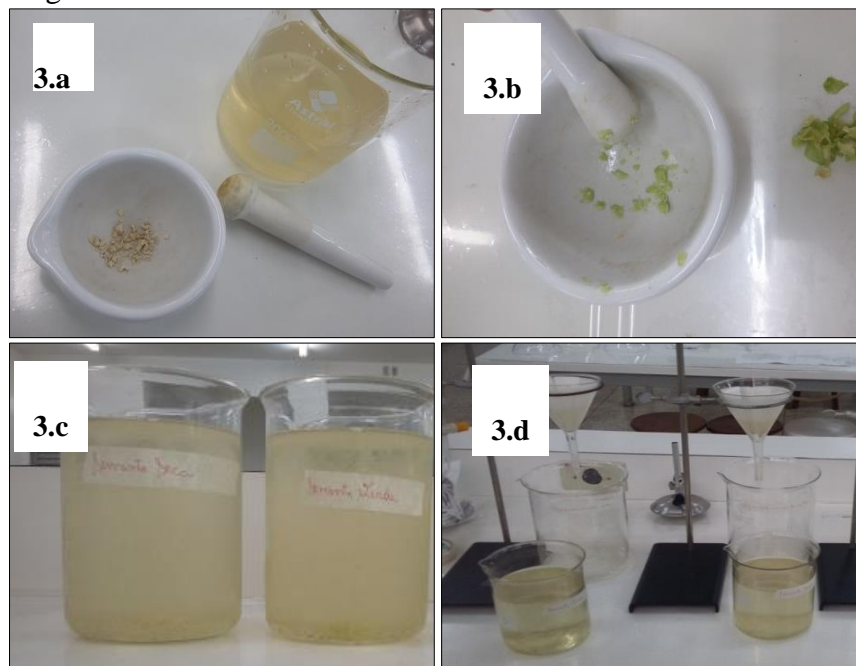
As amostras de água e as sementes de Moringa foram encaminhadas para o Laboratório de Fisiologia do Campus II do Centro Universitário de Santa Fé do Sul-SP, local de desenvolvimento do experimento.

As análises comparativas do aspecto físico e químico foram efetivadas no Laboratório do SAEE – Serviço Autônomo de Água, Esgoto e Meio Ambiente pertencente ao mesmo município, a fim de basear os mesmos aos padrões da água bruta e água tratada no sistema convencional. As análises microbiológicas também foram realizadas no Laboratório Fisiologia do UNIFUNEC.

2.3 Análise comparativa da eficiência da semente verde e seca

Seguindo as recomendações de Ndabigengesere; Narasiah (1998), as vagens foram descascadas, manualmente, retirada a película que envolve as sementes que foram trituradas ou prensadas. Referente a esse contexto, primeiramente, foi testada a eficiência dos estágios de maturação das sementes para o tratamento da água. Para isso, três sementes secas foram trituradas, adicionadas em béquer com 1 litro da amostra de água e homogeneizadas, manualmente, com o bastão de vidro por dois minutos, sendo o mesmo feito para a semente verde, aguardando-se o período de decantação das partículas suspensas e, em seguida, realizada a filtração com papel de filtro (Figura 3).

Figura 3 - Procedimento e manuseio das sementes



Fonte: Dos próprios autores.

2.4 Determinação da concentração e tempo de exposição da semente com a água

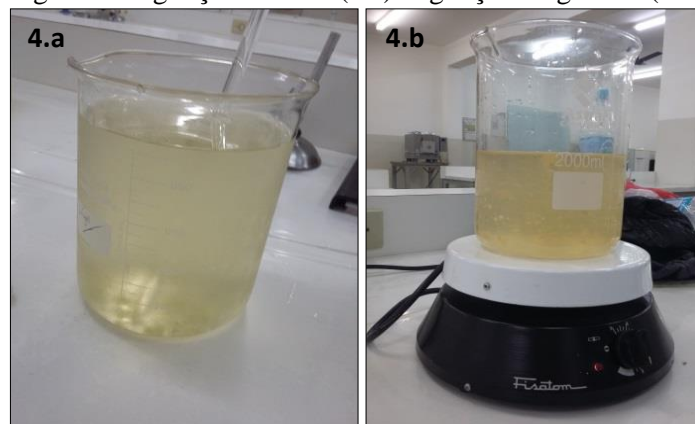
A quantidade utilizada de semente depende da quantidade de impurezas contidas na água. Para tratar 20 litros de água, são necessários cerca de dois gramas de sementes trituradas (FOLKARD, 1998). A partir deste contexto, duas metodologias foram realizadas, na mesma amostra de água coletada, para verificar a quantidade de sementes e período de exposição entre o pó triturado e a água, a fim de exercer sua clarificação. No primeiro teste, foram adicionadas

três sementes secas trituradas em 1 litro de água e homogeneizadas, aguardando-se o tempo de duas horas para a decantação. Enquanto, na outra amostra, foram adicionadas cinco sementes secas para a mesma quantidade de água e tempo de decantação.

2.5 Análise comparativa do modo mais eficiente de homogeneização da semente triturada com a água

Após a determinação da quantidade e o tempo de contato entre a semente e a água, foram testados dois modos de homogeneização em uma nova coleta, sendo comparado o efeito da agitação manual com bastão de vidro e agitação magnética. A agitação de ambas teve a duração de 2 minutos (Figura 4).

Figura 4 - Agitação manual (4.a). Agitação magnética (4.b).



Fonte: Dos próprios autores.

2.6 Análise comparativa da semente com o sulfato de alumínio para o tratamento de água

A eficácia da metodologia aplicada ao uso da semente de Moringa como coagulante biológico para a clarificação da água foi comparada com o coagulante químico sulfato de alumínio. Após a última coleta de água, foi preparado o processo de clarificação da semente e o processo com o reagente, sendo adicionados 0,3 miligramas de coagulante químico em 1 litro de água com turbidez e agitado durante 2 minutos por agitador magnético (Figura 5), aguardando-se duas horas entre eles para a sedimentação das partículas suspensas.

Figura 5 - Clarificação da água com o sulfato de alumínio.



Fonte: Próprios autores.

2.7 Análises físicas, químicas e biológicas antes e após a adição do coagulante biológico e químico

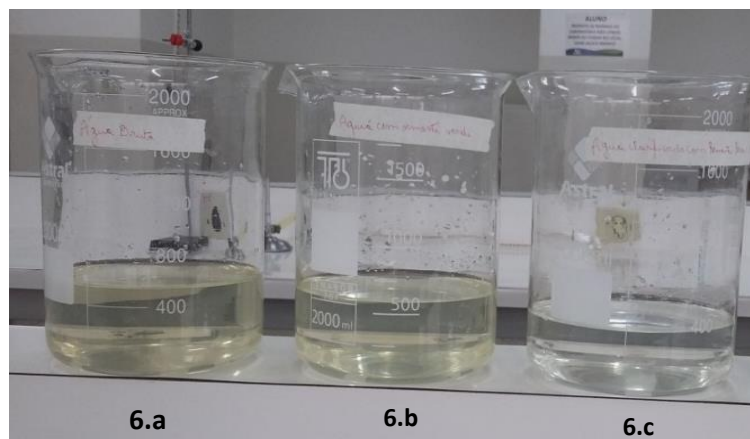
Em relação a todos os testes contemplados, para a análise física foi avaliada a turbidez da água por meio da leitura digital do turbidímetro que indica a quantidade de substâncias sólidas presentes na água e, para análise química, foi avaliado o pH (potencial de hidrogênio) realizado com o aparelho digital pHmetro. As análises biológicas efetuadas para a detecção de microrganismos foram elaboradas em duas repetições usando meio de cultura Ágar SAB - Sabouraud (permite o crescimento de fungos e contagem bacteriana). O plaqueamento foi realizado em capela impedindo a contaminação, conforme normas laboratoriais. Após esse procedimento, os meios permaneceram na estufa a 24° C por 24 horas. Esse procedimento foi executado apenas para a comparação da eficiência do coagulante biológico e químico.

Essas análises foram realizadas em cada coleta de água com turbidez, sendo retiradas amostras para comparação do antes e após a adição dos coagulantes testados, em que foram referenciados quanto ao padrão de pH e turbidez da água bruta e da água decantada pelo coagulante químico sulfato de alumínio do próprio SAAE.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a filtração da água tratada individualmente com sementes secas e sementes verdes, através da coloração da água, o melhor desempenho de clarificação ocorreu ao utilizarem-se as sementes secas (Figura 6).

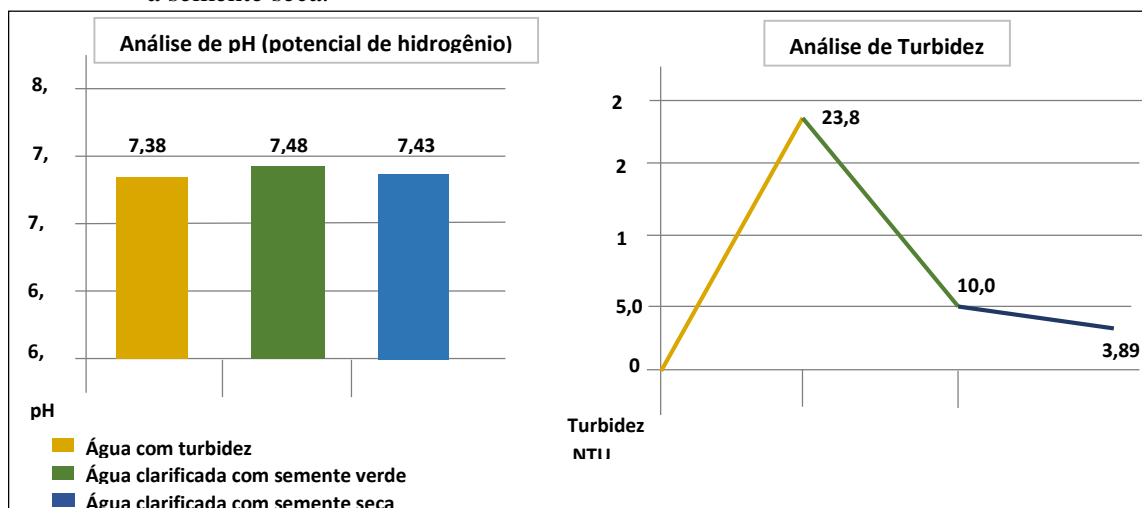
Figura 6 - Água bruta (6.a). Água tratada com a semente verde (6.b). Água tratada com a semente seca (6.c)



Fonte: Dos próprios autores.

Conforme o Gráfico 1, a comparação dos aspectos físico e químico da água com turbidez, após o tratamento de dois estágios de maturação das sementes, permitiu observar que a semente verde não causa efeitos positivos, sendo a semente seca a responsável pelo processo de clarificação e, por esse motivo, apresentou melhor eficiência em diminuir a turbidez da água, sem alteração do seu pH. De acordo com Ndabigengesere; Narasiah (1998); Formentini - Shimitt, *et al.* (2014), apenas o pó da semente seca realiza a clarificação de águas turvas, pois, ao ser triturada, libera um óleo natural que se agrega aos materiais suspensos por possuir propriedades dos ácidos graxos e, portanto, realizar a coagulação e formação de flocos, tornando-os densos e arrastando-os ao fundo do recipiente.

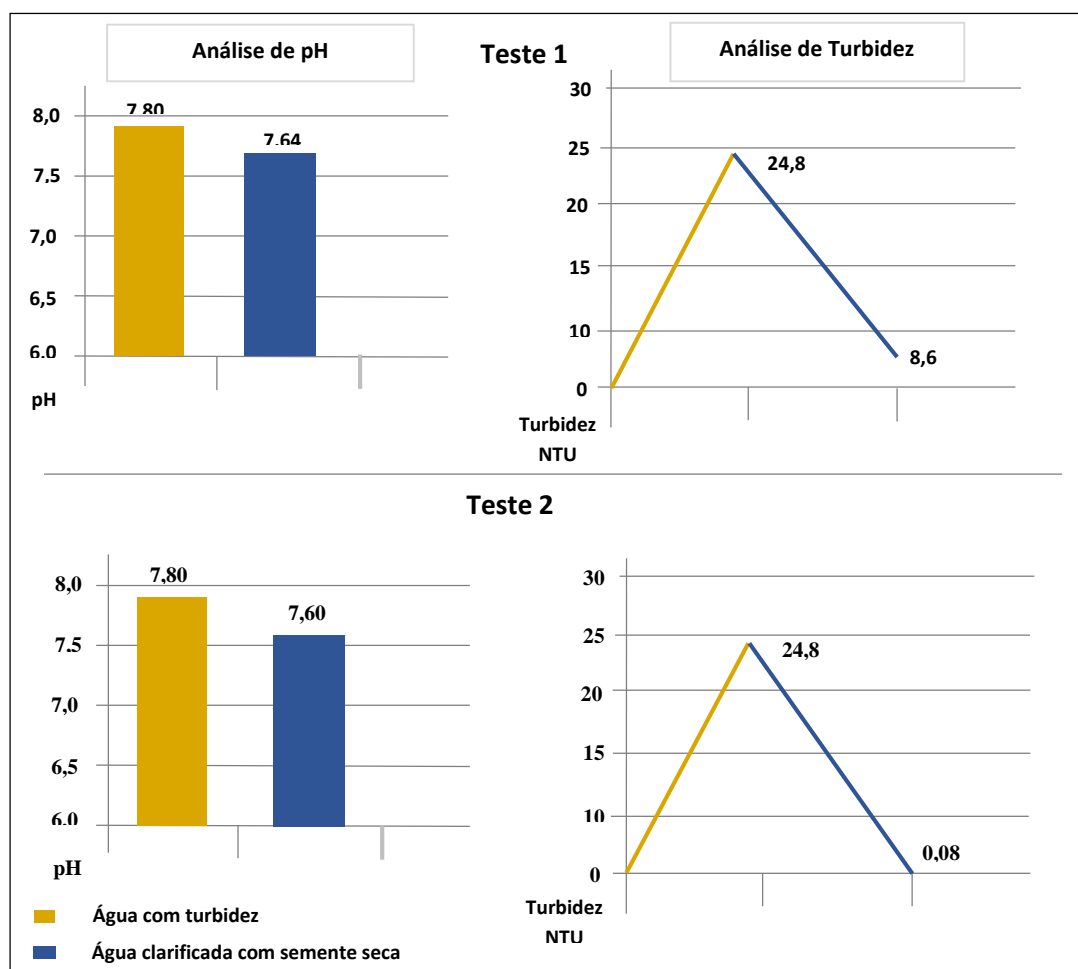
Gráfico 1 - Eficiência do aspecto físico e químico no tratamento de água com a semente verde e a semente seca.



Fonte: Dos próprios autores.

Referentes aos resultados das análises de pH e turbidez (Gráfico 2), com relação à melhor concentração e tempo de exposição entre semente e água, observou-se que 5 sementes são eficazes para clarificar 1 litro de água com turbidez de até 25,0 NTU, enquanto os efeitos coagulantes, como o processo de aglutinação das substâncias, formação de flocos e a decantação das substâncias presentes, levam um período de duas horas, constatando, após a filtração, uma excelente clarificação da água. Tais definições corroboram com a afirmação de Folkard (1998), visto que a quantidade de semente triturada varia com a turbidez da água e a quantidade de impurezas nela presentes.

Gráfico 2 -Análise comparativa da concentração e tempo de exposição da semente seca com a água. **Teste 1** (3 sementes trituradas; 1 litro de água com turbidez; 2 horas de exposição). **Teste 2** (5 sementes trituradas; 1 litro de água com turbidez; 2 horas de exposição). (Aspecto físico e químico)

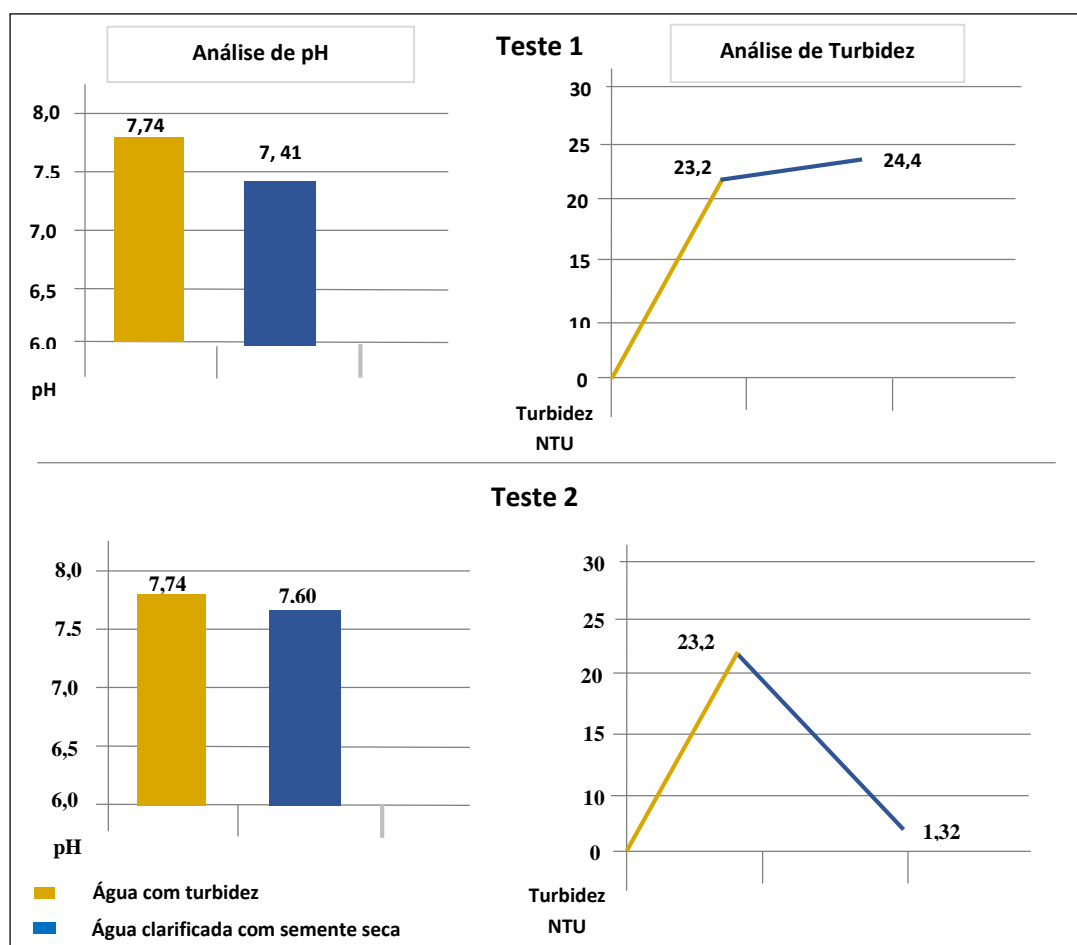


Fonte: Dos próprios autores.

Os resultados mostraram ainda que o modo de homogeneização entre a semente triturada e a água, quando realizado por agitação manual, é mais significativo, pois, ao comparar os parâmetros físico e químico da água pela agitação magnética, nota-se que a semente desfibrila em pequenas partículas devido à força da água, tornando-as menos densas, impedindo a aglutinação dos materiais suspensos e o aumento de seu pH e turbidez (Gráfico 3).

A agitação manual apresenta vantagens, principalmente, para as comunidades carentes. Paterniani (2009) ressalta que o procedimento para a clarificação da água por meio das sementes de Moringa pode ser preparado no próprio local, portanto, isso se aplica de forma econômica, pois, além de ser um coagulante biológico de fácil acesso, não há a necessidade de aparelhos eletrônicos para seu preparo.

Gráfico 3 - Análise comparativa do modo mais eficiente de homogeneização da semente triturada com a água. **Teste 1** (Tratamento por agitação manual). **Teste 2** (Tratamento por agitação magnética). (Aspecto físico e químico)



Fonte: Dos próprios autores.

As análises comparativas do uso da semente de Moringa com o uso do sulfato de alumínio para a clarificação da água com turbidez mostraram-se eficientes tanto quanto aos aspectos físico-químicos (Gráfico 4), quanto aos biológicos (Figura 8).

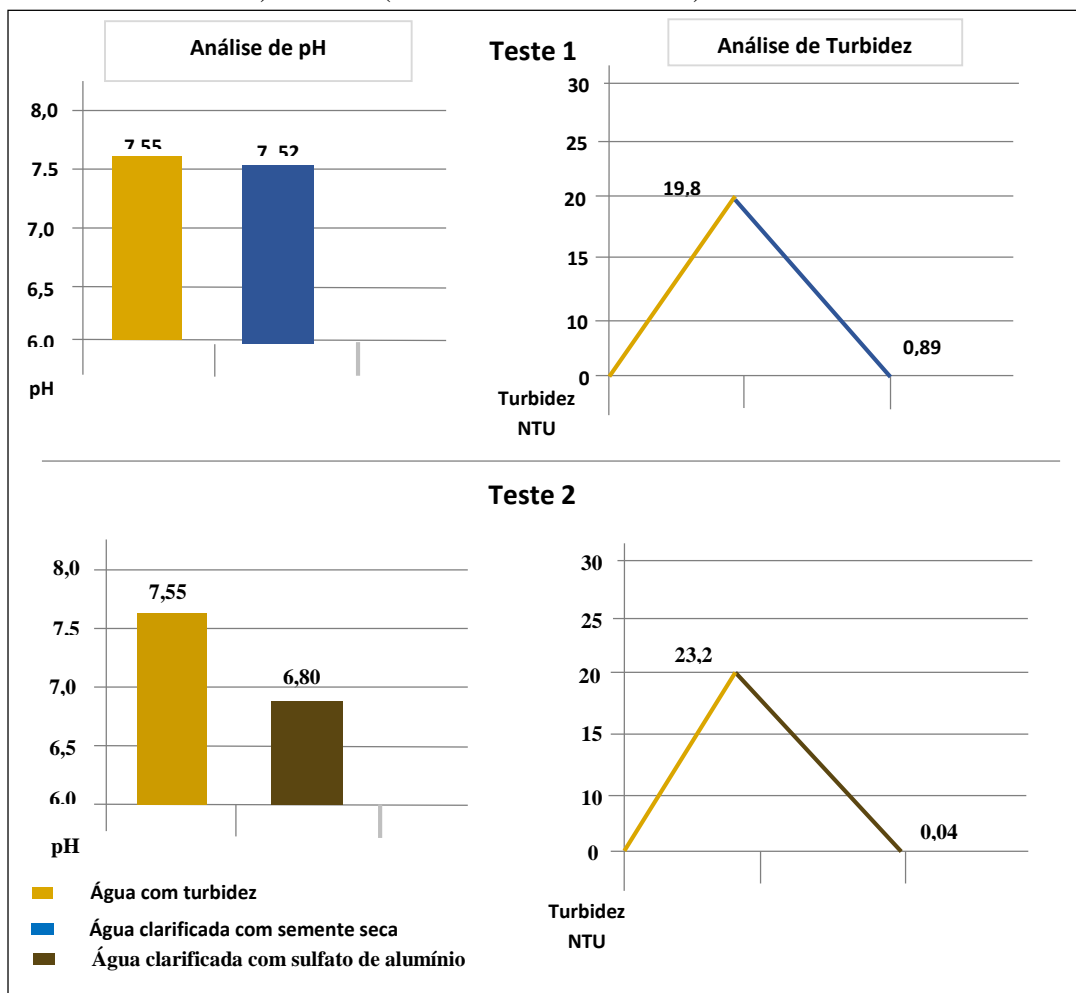
De início, foi possível observar visivelmente que a coloração da água tratada com a semente é similar à água tratada com o reagente, pois apresentaram-se efeitos de coagulação, floculação e decantação relativos (Figura 7). A semente contém propriedades que interagem com o material orgânico da água, facilitando a remoção das partículas por sedimentação (NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998; FORMENTINI – SHIMITT, *et al.*, 2014.).

Observou-se que a adição do sulfato de alumínio diminui o pH, aumentando-se a acidez da água, enquanto a semente de Moringa não influencia nesse aspecto, deixando-o estável. De fato, Yrahmadi *et al.* (2009) relataram que, ao comparar a eficiência coagulante do extrato de semente e do cloreto de alumínio, o pH da água clarificada com as sementes não foi alterado, já o cloreto causou sua redução.

Os resultados microbiológicos por meio de cultura evidenciaram que as placas contendo meios de cultura semeados com água clarificada com semente de Moringa apresentaram uma redução do número de colônias de bactérias (Figura 8.b) quando comparada com a água bruta coletada (Figura 8.a), mostrando a mesma eficiência que o coagulante químico (Figura 8.c), por ser capaz de eliminar determinados microrganismos, embora, esse número não tenha sido identificado microscopicamente. Segundo Caceres *et al.*, (1991), a semente possui efeitos biológicos inibidores sobre microrganismos, ativando a inibição do crescimento de colônias de bactérias como *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*. Estudos realizados com a semente da *Moringa oleífera* comprovam que a espécie possui propriedades coagulantes e bactericidas (RANGEL, 2011; FORMENTINI - SHIMITT, *et al.*, 2014).

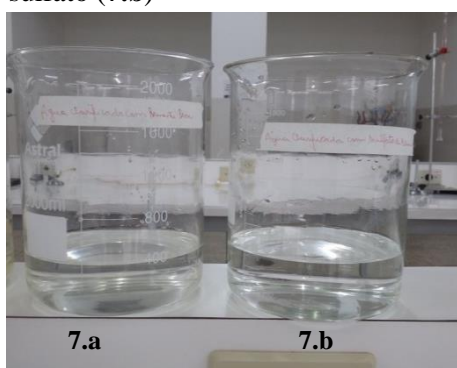
Com relação aos valores obtidos de pH e turbidez da água tratada pelo SAE, verificou-se que a ação do coagulante biológico coincide com a ação do coagulante químico, de acordo com o estabelecimento. A água bruta chega ao reservatório com até 30 NTU de turbidez sendo, na sequência, tratada com o sulfato de alumínio e direcionada ao decantador, sendo este processo responsável pela clarificação da água e redução deste índice para, aproximadamente, 3,0 NTU de turbidez. Entretanto, o reagente diminui o pH da água, sendo necessário ajustá-lo. Esta comparação final acrescentou dados relevantes que comprovam a eficiência da semente de *Moringa oleífera* utilizada como coagulante biológico para a clarificação de águas, pois, produz efeitos semelhantes aos coagulantes químicos, podendo substituir o sulfato de alumínio, utilizado no sistema convencional (MAKKAR; BECKER, 1997; GHEBREMICHAEL; HULTMAN, 2004).

Gráfico 4 - Análise comparativa do aspecto físico e químico da água clarificada com a semente de Moringa e o sulfato de alumínio. **Teste 1** (Tratamento com a semente). **Teste 2** (Tratamento com o sulfato)



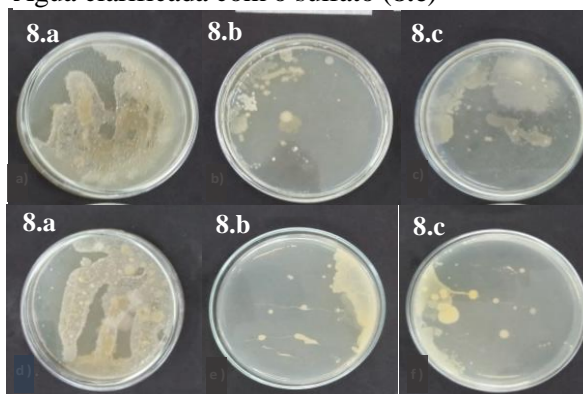
Fonte: Dos próprios autores

Figura 7 - Água clarificada com a semente (7.a). Água clarificada com o sulfato (7.b)



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 8 - Análise microbiológica de SAB. Água bruta (8.a). Água clarificada com a semente (8.b). Água clarificada com o sulfato (8.c)



Fonte: Dos próprios autores.

4 CONCLUSÃO

Quatro experimentos foram realizados para analisar a eficiência da semente de *Moringa oleífera* Lam. como coagulante biológico na clarificação de água com turbidez, a fim de comparar seus efeitos com o coagulante químico sulfato de alumínio. Através dos resultados obtidos, foi possível concluir que:

- Apenas a semente seca da *Moringa* clarifica a água com turbidez;
- Cinco (5) sementes secas trituradas são capazes de clarificar 1 litro de água para o índice de turbidez de até 25 NTU, sendo melhor homogeneizada por agitação manual durante dois minutos.
- Duas horas é o tempo para que a decantação das partículas suspensas seja efetuada.
- Os aspectos físicos, químicos e biológicos da água tratada com a semente coincidem com os aspectos da água tratada com sulfato de alumínio, comprovando que a semente pode ser considerada um coagulante biológico quando referenciados aos dados fornecidos pela Estação de Tratamento.
- Houve a redução da turbidez, sem alteração do pH da água,
- A semente de *Moringa* mostrou-se eficiente para a inibição de determinados microrganismos, embora não tenham sido identificados.
- A semente de *Moringa oleífera* Lam apresenta-se como alternativa para o tratamento de água com turbidez, embora ainda não seja indicada para a potabilidade.
- Em razão dos resultados estarem próximos aos parâmetros aceitáveis ao consumo humano, é preciso dar continuidade às pesquisas em busca de processos que visem melhorar sua utilização.

REFERÊNCIAS

AÇÕES DO MOVIMENTO GAIA. Disponível em:
<http://www.gaia-movement.org/files/AMG%20Comida%2031-33.pdf>. Acesso em 10 de fevereiro de 2018.

BORBA, L. R. **Viabilidade do uso da *Moringa oleífera* Lam no tratamento Simplificado de água para pequenas comunidades**. 2001. 73 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2001.

BHATIA, S., OTHMAN, Z., AHMAD, A. L. Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringa oleífera* seeds as natural coagulant. **Journal of Hazardous Materials**. p. 145, 120–126, 2007.

CACERES, A. *et al.* Pharmacological properties of *Moringa oleífera*. 1: Preliminary screening for antimicrobial activity. **Journal of Ethno Pharmacology**, v. 33, p. 213-216, 1991.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **RESOLUÇÃO CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008**. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua_sub/arquivos/res39608.pdf. Acesso em: 10 de fevereiro de 2018.

CYSNE, J. R. B. **Propagação in vitro de *Moringa oleífera* L.** 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/8513>.

DANIEL, L. A. *et al.* **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Rede cooperativa de pesquisas: métodos alternativos de desinfecção de água.** São Carlos. PROSAB; 2001. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001223516>.

FOLKARD, G.; SUTHERLAND, J. *Moringa oleífera*: un árbol con enormes potencialidades. **Agroforesteria en las Américas**, n.19, p.23-27, 1998. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11554/6596>.

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**, v. 16, n. 2, p.221-231, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/engevista.v16i2.435>

GHEBREMICHAEL, K. A.; HULTMAN, B. Alum sludge dewatering using *Moringa oleífera* as a conditioner. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 158, p. 153-167, 2004.

HENRIQUE, I. N. **Tratamento de água residuária doméstica e sua utilização na agricultura.** 2006. 122 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, Paraíba, 2006.

JACINTO, M. A. C. *et al.* **Influência da água de reúso na qualidade de couros ovinos.** 48a **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.** Belém – PA, Julho, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38411/1/PROCI-2011.00054.pdf>.

JAHN, S. A. A. Using *Moringa* seeds as coagulant in developing countries. **Journal of the American Water Works Association**, v. 6, p. 43-50, 1998.

KAWAMURA, S. Effectiveness of Natural Polyelectrolytes in Water Treatment. **Journal Awa**, Japan, v. 79, n. 6, p. 88-91, 1991.

LIMA VAZ, L. G. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento do efluente líquido gerado na galvanoplastia.** 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Paraná, 2009. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/1892>

LO MONACO, P. A. V. *et al.* Utilização de extrato de sementes de *Moringa* como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Revista Ambiente e Água**. v. 5, n. 3, 2010. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92815711014>

MATTOS, L. C. **Limpendo a água de beber com a semente da Moringa**. Recife: Assessoria e serviços a Projetos em Agricultura Alternativa 1998. 31 p. Disponível em: https://issuu.com/aspta/docs/cartilha_moringa.

MARQUES, M. E. H. P. *et al.* Perspectiva do uso da *Moringa oleifera* no tratamento de água artesanal na Região Sítio Baixa I, no Município de Inajá-Pe. **X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX – UFRPE**, 2010.

MARQUES, M. E. H. P. *et al.* Perspectiva do uso da *Moringa oleifera* no tratamento de água artesanal na região de sítio baixa I, no município de Inajá-PE. **Anais... Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 10., 2010, Recife, UFRPE, 2010

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. **Journal of Agricultural Science**, n. 128, p. 311-322, 1997.

MORAES, L.C.K. **Estudo da coagulação**: ultra filtração com o biopolímero quitosana para a produção de água potável. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Paraná. 2004.

NDABIGENGESERE A.; NARASIAH, S. K.; TALBOT B. G. Active Agents and Mechanism of Coagulation of Turbid Waters Using *Moringa oleifera*. **Water Research**, v. 29, n.2, p.703-710, 1995.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. **Water Research**, v. 32, p. 781- 791, 1998.

NKURUNZIZA, T. *et al.* The effect of turbidity levels and *Moringa oleifera* concentration on the effectiveness of coagulation in water treatment. **Water Science and Technology**, v.59, n.8, p. 1551-8, 2009.

OLIVEIRA, E. G. *et al.* Utilização de sementes de *Moringa (Moringa oleifera)* para tratamento de efluentes de viveiros de criação de peixes. In: BARBOSA, W. B. (Org.). **Prêmio de Qualidade de Iniciados da UFPB de 2005**. João Pessoa: Editora Universitária, 2005. v. 13, 12 p.

OKUDA, T. *et al.* Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. **Water Research**, v.35, n. 2, p. 405-410, 2001.

PATERNIANI, A. C. *et al.* Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 765-771, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662009000600015&script=sci_abstract&tlng=pt.

PEREIRA, L. C. O. **A utilização do reativo de fenton na desinfecção de esgotos domésticos com fins de reúso na irrigação de culturas.** 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PEREIRA NETO, L. F. S. **O uso de *Moringa oleífera* como purificador natural de alimentos.** 4ª Semana do Servidor e 5ª Semana Acadêmica, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2008.

RANGEL, M. S. **Um purificador natural de água e um complemento alimentar para o Nordeste do Brasil.** Aracajú, SE: EMBRAPA, 2011.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água:** tecnologia atualizada. São Paulo: Blucher, 1991.

SANTOS, T. Z. *et al.* Estudo da utilização de floculantes alternativos e naturais em tratamentos de água. II ENDICT – Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica. 2010.

SANTOS, T. R. T. *et al.* Study on the formation process trihalomethanes coagulation/floculation/adsorption on activated carbon plant with natural coagulant *Moringa oleífera* Lam for treatment of water supply. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 5, n. 3, p. 64-72, 2013.

SANTOS, W. R. *et al.* Estudo do tratamento e clarificação de água com torta de sementes de *Moringa oleífera* Lam. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 295-299, 2011. Disponível em: 10.15871/1517-8595/rbpa.v13n3p295-299.

SERPELLONI, G. B. *et al.* Estudo do potencial do extrato de *Moringa oleífera* Lam como coagulante/floculante no tratamento para obtenção de água potável. Encontro Nacional de Moringa. Aracaju-Sergipe, 2010.

SILVA, F. J. A.; MATOS, J. E. X. Sobre Dispersões de *Moringa oleífera* para o Tratamento de Água. **Revista Tecnologia**, v.29, n.2, p. 157-163, 2008. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/30>.

SHIKLOMANOV, I. A. Comprehensive assessment of the Freshwater resources to the world. In: **Assessment water resources and water availability in the world.** France: UNESCO, 85 p, 1997.

YIN, C. Y. Emerging Usage of Plant-Based Coagulants for Water and Wastewater Treatment. **Process Biochemistry**, v.45, n.9, p. 1437-1444, 2010.

YRAHMADI, M. *et al.* Naimabadie and 1A. Shahsavani. Application of *Moringa oleífera* Seed Extract and Polyaluminun Chloride in Water Treatment. Department of Environmental Health Engineering. **World Applied Sciences Journal**, v. 7, n. 8, p. 962-967, 2009.