



A UTILIZAÇÃO DE SEMENTES DE *MORINGA OLEÍFERA* NO TRATAMENTO DA ÁGUA EM UMA LOCALIDADE DA ZONA RURAL DE SÃO MATEUS, ES

Recebido: 23/01/19 Aprovado: 18/06/19

Bárbara do Vale Miotto¹,
Mayara Mariani Ferreira²,
Orides Bento Rodrigues Júnior³,
Talita Alves de Carvalho⁴

RESUMO

A implantação de sistemas convencionais de tratamento e abastecimento de água se caracteriza como inviável na zona rural devido alto custo e baixo índice populacional. Sendo assim, é necessário criar alternativas de tratamento da água para promover melhor condição de vida para a comunidade. O trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do coagulante natural, obtido por meio da *Moringa Oleífera*, na melhoria da qualidade da água. Foram realizados ensaios usando o aparelho Jar Test para caracterizar e avaliar o efeito de diferentes concentrações, de 0,20; 0,40; 0,60; 0,80 e 1,20 gramas de sementes de Moringa por litro de água, resultando nos valores de Turbidez, pH e coliformes totais. Foi aplicado o tempo de sedimentação de duas horas para resultar nos valores dos parâmetros estudados. Na remoção da Turbidez foi verificado que a concentração de 0,80 g.L⁻¹ foi a mais eficiente, proporcionando remoção de 98,7%, sendo, também, a melhor concentração para o monitoramento do pH, permanecendo no valor de 6,81 após a utilização da solução coagulante. Para remoção de coliformes totais (CT), a concentração de 1,20 g.L⁻¹ apresentou melhor resultado, com eficiência de 65,32%. O valor obtido não atendeu os padrões de potabilidade para abastecimento humano, de acordo com o exigido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Porém já foi constatado, por meio de estudos, que com maior tempo de sedimentação e com posterior processo de cloração é possível aumentar o índice de remoção, melhorando ainda mais a qualidade da água.

Palavras-chave: Tratamento de Água; Moringa Oleífera; Coagulante Natural.

¹ Técnica em Mineração; Engenheira Ambiental pela Faculdade Capixaba de Nova Venécia - MULTIVIX, Espírito Santo (Brasil). E-mail: barbaravmiotto@gmail.com

² Barachel em Engenharia Ambiental pela Faculdade Capixaba de Nova Venécia - MULTIVIX, Espírito Santo (Brasil)

³ Especialização em Educação Ambiental pela Faculdade de Venda Nova do Imigrante – FAVENI, Espírito Santo (Brasil). Barachel em Engenharia Ambiental pela Faculdade Capixaba de Nova Venécia - MULTIVIX, Espírito Santo (Brasil)

⁴ Especialização em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES, Espírito Santo (Brasil). Professora do curso de Engenharia Ambiental pela Faculdade Capixaba de Nova Venécia - MULTIVIX, Espírito Santo (Brasil).

THE USE OF *MORINGA OLEIFERA* SEEDS IN WATER TREATMENT IN A RURAL AREA OF SÃO MATEUS, ES

ABSTRACT

Implantation of conventional systems of water treatment and supply is characterized as unfeasible in the Rural Zone due to the high cost and low population index. Therefore, it is necessary to create alternatives for water treatment, promoting better living conditions for the community. This study aims to evaluate the efficiency of the natural coagulant, obtained through *Moringa Oleifera*, in the improvement of water quality. Tests were performed using the Jar Test equipment to characterize and evaluate the effect of different concentrations of 0.20; 0.40; 0.60; 0.80 and 1.20 grams of *Moringa* seeds per liter of water, resulting in total Turbidity, pH and Total coliform values. Sedimentation time of 2 hours was applied to result in the values of the studied parameters. In the removal of Turbidity, the concentration of 0.80 g.L⁻¹ was the most efficient, providing removal of 98.7%. It was also the best concentration for pH monitoring, remaining at 6.81 after the use of the coagulant solution. For the removal of total coliforms (TC), the concentration of 1.20 g.L⁻¹ presented a better result, with 65.32% efficiency, however the obtained value did not fulfill the potability standards for human supply, according to the requirements of the Ordinance 2914/2011 of the Health Ministry. However, it already have verified through studies that with longer sedimentation time and with a subsequent chlorination process it is possible to increase the removal rate, further improving water quality.

KeyWords: Water Treatment; *Moringa Oleifera*; Natural Coagulant.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água potável influencia diretamente na qualidade de vida de uma população, sendo um recurso natural facilmente vulnerável à degradação (RORATO, 2013).

De acordo com Piccoli et al. (2016), a água é o elemento essencial para o conceito de vida. Aproximadamente 97% das águas existentes na Terra são salgadas e 2,49% se encontram em geleiras ou em zonas subterrâneas. Para os múltiplos usos, somente 0,01% de água doce está disponível em rios, lagos e na atmosfera.

Segundo Amaral et al. (2003), para assegurar a qualidade da água destinada ao consumo humano, são necessários tratamentos para prevenção de doenças por meio de veiculação hídrica. Essa contaminação acontece devido a presença de patógenos provenientes de fezes contaminadas. O acontecimento das doenças causadas por essa contaminação tem maior incidência na zona rural, devido a forma de captação da água para o consumo (FRIESTINO; SILVA; NASCIMENTO, 2015).

De acordo com Brandão (2011), a ausência de observação da qualidade da água utilizada de fontes próprias é um dos grandes meios de contaminação por veiculação hídrica. Existem técnicas de desinfecção e descontaminação que podem ser aplicadas nessas áreas para redução do índice de doenças causadas.

A população rural, em sua maioria, utiliza água de captação natural para seu consumo. Os processos de análise e tratamento são relevantes para a qualidade da água, uma vez que inserem características que a transformam com qualidade própria para o uso sem prejuízos à saúde (CAVALCANTE, 2014). Devido às dificuldades econômicas e operacionais, somente 10% de comunidades rurais brasileiras possuem esgoto doméstico tratado (NASCIMENTO, 2015).

O problema de falta de água tratada na zona rural aparece devido ao alto custo de investimento em uma estação de tratamento de água, tendo em vista que o índice populacional em comunidades rurais é menor (SARTORI, 2010). Outro fator a ser levado em consideração é a maior quantidade de recursos hídricos presentes nessas áreas, como: nascentes, poços e afloramento rochosos. Isso leva o proprietário a priorizar o uso dos recursos disponíveis em sua propriedade, ao invés de pagar uma estatal que fornece tal recurso.

Uma alternativa para as pequenas comunidades que não dispõe de água potável é o uso de coagulantes naturais, que possuem como finalidade o tratamento prévio da água. Eles podem ser obtidos por meio de plantas, como a *Moringa Oleífera*. Segundo Soriani (2015), a

alternativa é viável, pois essas plantas podem ser cultivadas no próprio local e com baixo custo, além disso, o coagulante natural tem diversas vantagens em relação aos coagulantes químicos, uma vez que possui baixa toxicidade, baixa produção de lodos e não agride o meio ambiente.

O trabalho tem o objetivo do tratamento da água por meio do coagulante natural obtido a partir das sementes de Moringa, em uma área que não existe abastecimento de água tratada, localizada no Córrego Bamburral, zona rural do município de São Mateus, ES. A comunidade utiliza a água bruta, proveniente de recursos naturais, sem passar por nenhum processo de desinfecção.

Ao longo do estudo foi abordado a coleta da água bruta, a preparação do coagulante natural extraído à base de sementes de *Moringa* e as análises. Dessa forma, o trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do coagulante natural.

REFERENCIAL TEÓRICO

QUALIDADE DA ÁGUA

Segundo Barcelos et al. (2017), a água é um recurso de extrema importância e indispensável à vida.

Contudo, para diversas aplicações, é necessário identificar uma faixa de qualidade da água, por meio de análises físicas, químicas e biológicas, que indicam a presença de elementos, substâncias e organismos na água. Sendo assim, é possível verificar se a água está poluída ou contaminada, e a necessidade de submeter à água a algum tipo de processo ou técnicas para tratamento (WEINBERG, 2013).

A qualidade da água é definida pelos parâmetros criados pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), estabelecendo parâmetros aceitáveis de elementos estranhos presentes na água para determinados usos, definindo os padrões máximos e mínimos dos componentes que são encontrados nos corpos hídricos, assim, essa resolução é utilizada como base científica e instrumento de pesquisa (LUCAS; FOLEGATTI; DUARTE, 2010).

De acordo com a resolução CONAMA 357, os corpos hídricos são classificados em 13 categorias, sendo cinco categorias de água doce, quatro categorias de águas salinas e quatro categorias salobras. Sendo que a água doce disponível na terra é contaminada por meio da

disposição inadequada do esgoto doméstico, resíduos sólidos e, também, por produtos agrícolas, necessitando de tratamento para o consumo humano (BELTRAME et al., 2016).

A qualidade da água para consumo é um tema que possui relação direta com a questão de saúde pública, pois a água consumida sem passar por tratamentos pode se tornar um meio de veiculação de doenças (RIBEIRO; ROOKE, 2010). De acordo com Aragão (2010), devido a esse aumento de doenças causadas por veiculação hídrica, o Ministério da Saúde criou um programa de vigilância da qualidade da água, conhecido como Vigiagua, para monitorar a qualidade da água consumida pela população, reduzindo assim os gastos com a saúde pública.

Aproximadamente 16% da população brasileira residem em meio rural, sendo que uma pequena parcela possui acesso ao serviço público de abastecimento. O restante da população utiliza poços, nascentes, represas e outros meios de abastecimento, sem que essas águas passem por tratamento (LIMA, 2015). De acordo com Lima (2015), poucas famílias utilizam água tratada por meio de filtração, fervura ou cloração. Assim, faz-se necessário o uso de tecnologias simples, de baixo custo e fácil manuseio para serem aplicadas no tratamento dessas águas, melhorando assim a qualidade da água e da vida.

TECNOLOGIAS NO TRATAMENTO DE ÁGUA NA ZONA RURAL

De acordo com Lima (2015), o tratamento da água equivale à aplicação de técnicas que permite torná-la potável.

Em países que estão em desenvolvimento, as tecnologias de tratamento de água devem ser de simples concepção, manutenção e operação, de forma que a própria comunidade local alcance o objetivo para qual foram desenvolvidas (COPETTI, 2010). Existem processos que são utilizados como procedimentos para melhorar a qualidade da água, tais como: Filtração em Múltiplas Etapas, Coagulação, Decantação, Estações de Tratamento Convencional.

De acordo com Franco (2010), a Filtração em Múltiplas Etapas é um sistema de construção simples e de baixo custo para implantação, sendo uma tecnologia adequada para locais com pequena população. Para o tratamento da água superficial, o sistema acontece em duas etapas: na primeira, o filtro deve conter areia grossa e pedregulho para reter todos os sólidos grosseiros, auxiliando na qualidade da água para a etapa posterior; na etapa seguinte, acontece a remoção de organismos remanescentes e partículas finas, utilizando os processos de filtração lenta e cloração (CAMPLESI; PEREZ; SIQUEIRA, 2010).

A coagulação é uma das etapas do processo de tratamento de água, que tem como objetivo a formação de partículas maiores e mais pesadas, para que sejam removidas por meio da filtração ou sedimentação (FRANCO, 2010). Conforme Franco (2010), a desestabilização das partículas ocorre mediante a dosagem de um ou mais elementos químicos da água, fazendo com que cargas negativas se atraiam aos íons positivos que são produzidos por meio de hidróxidos.

A estação de tratamento convencional para retirar as impurezas contidas na água bruta utiliza coagulantes químicos, como o sulfato de alumínio, pois são eficazes na remoção dos materiais indesejados (RORATO, 2013). Ainda de acordo com Rorato (2013), o coagulante químico não é viável para pequenas comunidades, devido ao alto custo de aquisição. O seu uso vem sendo discutido recentemente em todo o mundo, uma vez que o alumínio não é biodegradável, acarretando em problemas de disposição e tratamento final do lodo que é gerado na estação de tratamento.

Nas estações de tratamento convencional têm-se por início o pré-tratamento, com finalidade de produzir a sedimentação de flocos aglomerados por meio da adição de coagulante com a mistura rápida da água. Em seguida ocorre a floculação, com período de 20 a 40 minutos de tempo de detenção. A seguir, realiza-se a decantação, com finalidade de decantar os flocos da etapa anterior. Posteriormente, faz-se a filtração, que tem por função remover os flocos. Por fim, é realizada a correção do pH e a aplicação de cloro (RICHTER, 2009).

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (2014), o cloro é o produto mais indicado para aplicação nos processos de desinfecção da água no meio rural. Isso ocorre devido sua fácil acessibilidade, custo razoável, capacidade oxidante da matéria orgânica e inorgânica.

Porém, o cloro em elevadas concentrações e longos períodos de exposição pode ser prejudicial à saúde humana. Da mesma forma quando o cloro é aplicado diretamente à água bruta, ele reage com a Matéria Orgânica Natural e pode ocasionar na produção de compostos orgânicos halogenados, que podem ser tóxicos, cancerígenos, mutagênicos ou teratogênicos (QUEIROZ et al., 2018).

MORINGA OLEÍFERA

A *Moringa Oleífera* é uma planta perene que pertence à família *Moringaceae*. São conhecidas 14 espécies, sendo algumas espécies raras e outras facilmente encontradas em diversos países da África, América Latina e Ásia. A árvore é nativa do Norte da Índia, tem fácil adaptação em regiões tropicais secas, úmidas e subtropicais, o seu fruto é uma espécie de vagem, contendo três faces, e pode conter de 10 a 20 sementes em suas vagens (LIMA, 2015).

A *Moringa* é uma árvore de características de caule grosso e alto, podendo chegar até 10 metros de altura. Suas folhas são bipinadas, pecioladas, com cor verde pálida; suas raízes se assemelham ao rabanete. Seus frutos e folhas são comestíveis, pois é uma árvore com alto valor nutritivo (LIMA 2015).

Com suas diversas funções, a *Moringa* é considerada uma das plantas com mais utilidades para o ser humano, pois podem ser aproveitadas praticamente todas as suas partes para diversas finalidades (MELO, 2012).

De acordo com Arantes (2010), as sementes da *Moringa* são de grande importância devido à utilização na fabricação de óleos, que podem ser usados na alimentação, pintura artística, na lubrificação de relógios, na produção de cosméticos e sabão, além de serem torradas quando maduras para a obtenção de farinha.

A propagação dessa espécie de *Moringa Oleífera* é por meio de sementes, estacas e mudas. Seu crescimento é rápido e com capacidade no seu primeiro ano de vida de frutificar. A planta por períodos limitados consegue suportar até 48°C, sendo a temperatura ideal na faixa de 25 a 35°C. Nos solos arenosos e solos de terra vegetal tem melhor desenvolvimento, podendo se desenvolver também em solos argilosos, porém não suportam o excesso de água e são extremamente tolerantes à seca (ARANTES, 2010).

As sementes de *Moringa Oleífera* possuem baixo peso molecular e ao diluir seu pó na água passam a adquirir cargas positivas, atraindo partículas de cargas negativas. Isso faz com que ocorra a formação de flocos, acontecendo o processo de clarificação de águas turvas. Pesquisas realizadas apontam grande eficiência na remoção de cor aparente e turbidez (90% e 95%, respectivamente) (PATERNIANI; MANTOVANI; SANT'ANNA, 2009).

No Brasil, desde 1950 essa espécie é conhecida no estado do Maranhão, Piauí e Ceará (RORATO, 2013). Porém, segundo Arantes, (2010) a sua utilização como coagulante só teve início em 1996, por meio da Dra. Samia Al Azharia Jahn, que ao visitar o Nordeste brasileiro fez divulgação da planta por intermédio de palestras em diversas regiões do país.

Atualmente, em toda a área denominada “polígono das secas” a Moringa vem sendo cada vez mais difundida e cultivada, devido à grande potencialidade de suas sementes como coagulante no tratamento da água para uso doméstico (MELO, 2012).

As estações convencionais de tratamento de água têm como um dos principais problemas a geração, características e destinação do lodo. As características físicas e químicas do lodo dependem do coagulante químico utilizado e da qualidade da água bruta (ARANTES, 2010).

Dessa forma, uma alternativa é o uso de coagulantes naturais que apresenta grandes benefícios em relação ao tratamento convencional, principalmente nas comunidades rurais, uma vez que o coagulante natural possui menor custo comparado com os produtos químicos e não causa prejuízos a saúde humana. Uma forma de obtenção de coagulante natural é por intermédio da *Moringa Oleífera*, pois suas sementes contêm proteínas que auxiliam na clarificação da água, além de ser facilmente cultivada na própria comunidade e de fácil aplicação na água a ser tratada (ARANTES, 2010).

METODOLOGIA

Este estudo baseou-se em uma pesquisa experimental e quantitativa analítica, caracterizando-se, também, por ser um estudo de campo analisando um espaço amostral. Ressalta-se que todos os ensaios necessários foram realizados no laboratório de Microbiologia e Qualidade da Água, da Faculdade Capixaba de Nova Venécia, Multivix, Nova Venécia, ES.

As sementes de *Moringa Oleífera* foram colhidas diretamente em uma lavoura de propriedade particular, localizada no Córrego Bamburral, na zona rural do município de São Mateus, ES.

As amostras de água necessárias para as avaliações foram coletadas de acordo com as orientações presentes no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, elaborado pela Agência Nacional de Águas – ANA e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (ANA, CETESB, 2011).

A água coletada para realização dos ensaios foi obtida em represa, com simulação de um ponto de captação. O ponto escolhido para o estudo foi devido à proximidade com a comunidade, além de possuir um bom potencial em relação ao volume de água que de forma tratada abasteceria toda a comunidade local. A coleta da água bruta foi realizada no período

de estiagem, sendo assim, tornam-se viáveis novas pesquisas para coleta e avaliação dos parâmetros no período chuvoso.

A coleta da amostragem da água bruta foi baseada no fator de variação temporal, conforme estabelecido pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Estudos afirmam que um corpo hídrico pode apresentar mudanças na concentração de seus constituintes ao longo do tempo, mesmo sendo em um único ponto. Essas variações podem se apresentar de forma aleatória ou cíclica de acordo com os componentes recebidos no corpo hídrico ou fatores climáticos (ANA; CETESB, 2011).

Ainda de acordo com o Guia elaborado por ANA e CETESB (2011), para uma representação eficiente do local amostrado, a amostragem pode ser realizada a partir de réplicas, ou seja, de forma duplicada ou triplicada em período de tempo estabelecido.

Sendo assim, a amostragem da água bruta foi realizada em um único ponto de captação da represa na localidade objeto de estudo, de forma triplicada e sequencial, com intervalos de tempo de aproximadamente três minutos entre as coletas.

A solução coagulante do extrato da *Moringa Oleífera* foi obtida a partir de um sequencial de etapas. Primeiramente, as sementes foram descascadas para o processo de trituração. De acordo com a Figura 1, é possível verificar as sementes em seu estado bruto, ainda sem nenhum procedimento aplicado nas mesmas. Já na Figura 2, as sementes se apresentam descascadas, prontas para passar pelo processo de trituração.



Figura 1. Sementes de *Moringa Oleífera* em estado bruto.

Fonte: Dos Autores.



Figura 2. Sementes de *Moringa Oleífera* descascadas.

Fonte: Dos Autores.

Para o processo de trituração das sementes, conforme a Figura 2, foi utilizado liquidificador doméstico. Provenientes desse procedimento obteve-se extratos de 2 e 3 gramas de pó das sementes da Moringa.

Para a formação da solução do coagulante natural, foi inserido os extratos de 2 e 3 gramas a cada 100 ml de água destilada, originando soluções de 20 e 30 g.L⁻¹, respectivamente. Posteriormente, as soluções formadas foram agitadas, a partir do agitador magnético, durante o período de três minutos. Finalizando com o papel filtro, para reter partículas maiores presentes nas soluções.

Para a concentração de 20 g.L⁻¹ foram retiradas alíquotas de 5, 10 e 20 ml, que equivalem respectivamente a 0,20, 0,40 e 0,80 g.L⁻¹ de solução do coagulante natural. E para concentração de 30 g.L⁻¹ foram retiradas alíquotas de 10 e 20 ml, que equivalem respectivamente a 0,60 e 1,20 g.L⁻¹ de solução do coagulante natural. Essas alíquotas retiradas das concentrações foram adicionadas a 500 ml de água bruta para análise da eficiência do tratamento. Esses ensaios tiveram três repetições para cada concentração. Os valores das concentrações foram escolhidos de forma aleatória, com intuito de avaliar qual a dosagem ideal do coagulante natural para se obter eficiência no tratamento da água.

Logo após as suspensões foram adicionadas nos béqueres e colocadas em agitação no aparelho “Jar Test”, permanecendo por 30 segundos com agitação de 160 rpm (rotações por minuto), onde se iniciou o processo de coagulação, misturando por completo a solução coagulante com a água. Em seguida, por mais 15 minutos com agitação de 15 rpm, iniciou-se o processo de floculação. As suspensões foram deixadas em repouso durante duas horas para a sedimentação do material nos béqueres (LO MONACO et al., 2010). Após esse período, foram retiradas amostras dos béqueres para medição de turbidez, pH e coliformes.

As análises de turbidez foram medidas por meio do turbidímetro modelo DLT – W V; de coliformes, pelo método de membranas Petrifilm 3M e; de pH, medido no pHmetro de mesa (ARANTES, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos ensaios realizados, os valores médios de turbidez, pH e coliformes totais obtidos para a água bruta, foram respectivamente 4,69 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez), 6,81 e 131,66 UFC (Unidade de Formação de Colônias).

A água bruta possui partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, microrganismos e outras substâncias que podem causar doenças, sendo prejudiciais à saúde humana (LIMA, 2015). Portanto, há necessidade de aplicação de técnicas para o tratamento dessa água. Dos ensaios realizados com diferentes dosagens do coagulante extraído das sementes da *Moringa*, a concentração do coagulante natural de $0,80 \text{ g.L}^{-1}$ mostrou melhor resultado na redução da turbidez, apresentando valor de $Turbidez_{Final}$ de 0,06 NTU (Tabela 01). A média do valor de $Turbidez_{Inicial}$ da água bruta apresentou valor de 4,69 NTU. Logo, a eficiência da remoção de Turbidez, após o processo de tratamento, foi de 98,7% no tempo de sedimentação de duas horas.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, toma-se o valor médio da $Turbidez_{Inicial}$ para melhor representatividade da amostragem. Após os procedimentos aplicados com os extratos das sementes de *Moringa* foram realizados três testes para cada concentração, obtendo-se a média de $Turbidez_{Final}$. Por fim, apresentando a eficácia na remoção da Turbidez em porcentagem.

De acordo com a Portaria 2914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), o valor máximo permitido de Turbidez é 1,0 NTU para água filtrada por filtração lenta. Dessa forma, na amostra de maior eficiência (concentração de $0,80 \text{ g.L}^{-1}$), o valor médio da $Turbidez_{Final}$ obtido é de 0,06 NTU. Sendo assim, o parâmetro é eficiente, visto que o valor obtido após a utilização do extrato das sementes da *Moringa* é menor do que o permitido pela Portaria.

Tabela 1. Eficiência da remoção da turbidez do valor médio dos testes obtidos pela água bruta no tempo de sedimentação de 02 horas para as concentrações de 0,20; 0,40; 0,60; 0,80 e $1,20 \text{ g.L}^{-1}$.

Concentração do Coagulante Natural (g.L^{-1})	$Turbidez_{Inicial}$ (NTU)	$Turbidez_{Final}$ (NTU)				% Eficiência na Remoção - Turbidez
		Teste 01	Teste 02	Teste 03	Média Testes	
2g 5 ml / $0,20 \text{ g.L}^{-1}$	4,69	0,09	0,05	0,58	0,24	94,9
2g 10 ml / $0,40 \text{ g.L}^{-1}$	4,69	0,72	0,04	0,9	0,55	88,3
3g 10 ml / $0,60 \text{ g.L}^{-1}$	4,69	0,85	0,04	0,84	0,58	87,7
2g 20 ml / $0,80 \text{ g.L}^{-1}$	4,69	0,08	0,04	0,06	0,06	98,7
3g 20 ml / $1,20 \text{ g.L}^{-1}$	4,69	0,04	1,11	0,95	0,70	85,1

Fonte: Dos Autores.

No monitoramento do pH a concentração de 0,80 g.L⁻¹ também apresentou o melhor resultado, não tendo alteração da água bruta para a água tratada e permanecendo no valor de 6,81 para ambas (Tabela 2)

Tabela 2. Monitoramento do pH, obtido a partir da água bruta. No tempo de sedimentação de 02 horas para as concentrações de 0,20; 0,40; 0,60; 0,80 e 1,20 g.L⁻¹.

<i>Concentração do Coagulante Natural (g.L⁻¹)</i>	<i>pH_{Inicial}</i>	<i>pH_{Final}</i>			<i>Média pH_{Final}</i>
		<i>Teste 01</i>	<i>Teste 02</i>	<i>Teste 03</i>	
2g 5 ml / 0,20 g.L ⁻¹	6,81	6,72	3,21	6,97	5,63
2g 10 ml / 0,40 g.L ⁻¹	6,81	6,32	6,90	6,93	6,72
3g 10 ml / 0,60 g.L ⁻¹	6,81	5,84	6,91	6,89	6,55
2g 20 ml / 0,80 g.L ⁻¹	6,81	6,58	6,95	6,92	6,81
3g 20 ml / 1,20 g.L ⁻¹	6,81	3,42	6,95	6,85	5,74

Fonte: Dos Autores.

Para a água bruta o valor médio de pH_{Inicial} obtido é de 6,81. Após o tratamento com o uso do coagulante natural, os valores observados variaram na faixa de 5,63 – 6,81. De acordo com Lima (2015), o coagulante natural possui propriedades que não alteram drasticamente os valores do potencial Hidrogeniônico do fluido aquoso, mantendo o pH em uma faixa neutra. Esse fator apresenta vantagens sobre os coagulantes químicos (sulfato de alumínio), uma vez que quando aplicados no seu processo de uso o pH precisa ser corrigido.

Neste estudo foram evidenciados alguns valores para o pH menores que 7,0, porém essas alterações não tornariam a água imprópria para o consumo humano, pois de acordo com a Portaria nº 2914/2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), o pH para distribuição deve-se manter na faixa de 6,0 a 9,5. Para alguns testes, observou-se valores baixos de pH. Isso ocorreu devido a variação temporal do corpo hídrico, mesmo que a coleta seja realizada no mesmo ponto, podem ocorrer variações.

Sendo assim, os ensaios realizados com a concentração de 0,80 g.L⁻¹ mostraram ser eficientes para a remoção da turbidez e monitoramento do pH no tempo de sedimentação de duas horas. A turbidez teve remoção de 98,7%, conforme demonstrado na tabela 01, e o pH manteve-se próximo a 7, mostrado na tabela 02. Assim, sugere-se como etapa seguinte, após a sedimentação, a filtração em múltiplas etapas, sistema de fácil acesso, baixo custo e manuseio simples para a população rural, fazendo com que haja mais eficiência na remoção da turbidez (FRANCO, 2010).

Nas amostras em estudo, a água bruta apresentou somente coliformes totais (CT), resultado obtido por intermédio das formações de colônias que se apresentaram na cor roxa nas Membranas de Petrifilm 3M. Para a água bruta o valor médio de Coliformes Totais_{Inicial} obtido foi de 131,66 UFC. A concentração de 1,20 g.L⁻¹ mostrou melhor resultado na remoção dos coliformes, apresentando valor final de 45 UFC. Essa remoção apresenta porcentagem de 65,32% de eficiência na remoção, porém não atende os padrões de potabilidade exigidos pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde para abastecimento público (BRASIL, 2011) (Tabela 3).

Tabela 3. Eficiência na remoção de coliformes totais da água bruta, no tempo de sedimentação 2 horas para as concentrações de 0,20; 0,40; 0,60; 0,80 e 1,20 g.L⁻¹.

Concentração do Coagulante Natural (g.L ⁻¹)	Coliformes Totais _{Inicial} (UFC)	Coliformes Totais _{Final} (UFC)				% Eficiência na Remoção - CT
		Teste 01	Teste 02	Teste 03	Média Testes	
2g 5 ml / 0,20 g.L ⁻¹	131,66	70	61	60	63,66	51,65
2g 10 ml / 0,40 g.L ⁻¹	131,66	59	54	70	61,00	53,67
3g 10 ml / 0,60 g.L ⁻¹	131,66	56	83	43	60,66	53,93
2g 20 ml / 0,80 g.L ⁻¹	131,66	92	279	48	139,66	0,00
3g 20 ml / 1,20 g.L ⁻¹	131,66	54	39	44	45,66	65,32

Fonte: Dos Autores.

De acordo com Evangelista et al. (2015), a semente *in natura* da *Moringa* não se mostra eficiente para remoção de microrganismos, uma vez que a solução da semente provoca o aumento da carga orgânica na água, ocasionando o crescimento de colônias de microrganismos.

Sendo assim, foi possível verificar que para alcançar eficiência significativa na remoção dos coliformes totais se faz necessário maior tempo de sedimentação das partículas, combinado do procedimento da cloração. Como a água já terá sido transformada devido à utilização do coagulante natural, o uso de cloro não precisará ser em grandes concentrações, evitando assim o gosto indesejável e possíveis danos à saúde (LIMA, 2015).

Outra forma para remoção dos coliformes é por meio da fervura da água. Nesse processo acontece a desnaturação de proteínas, fazendo com que os microrganismos fiquem

com ausência nas suas funções e capacidade de reprodução, levando a morte (GONÇALVES, 2006).

CONCLUSÃO

As análises realizadas com as soluções preparadas a partir das sementes da *Moringa Oleífera* mostraram resultados eficientes para remoção da turbidez e para o monitoramento do pH.

Nos ensaios realizados com a água bruta para turbidez, as concentrações evidenciaram resultados eficientes, apresentando com a melhor efetividade a concentração do coagulante natural de $0,80 \text{ g.L}^{-1}$, com eficiência na remoção de 98,7% da turbidez em relação à água bruta.

As análises para o pH apresentaram resultados positivos na concentração de $0,80 \text{ g.L}^{-1}$, uma vez que o valor de 6,81 presente na água bruta se manteve após o tratamento, evitando assim a necessidade de correção do pH a partir de substâncias químicas.

Na avaliação de coliformes totais, o melhor resultado de remoção obtido foi de 65,32%. Porém essa redução não foi o suficiente para atender os parâmetros estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Contudo, essas avaliações podem ser verificadas com maior tempo de sedimentação, combinadas ao procedimento de cloração ou por meio da fervura da água para obtenção de resultados eficientes.

A utilização das sementes de *Moringa Oleífera* como coagulante natural é uma alternativa eficaz para o tratamento da água, confirmando a hipótese do presente estudo, uma vez que se apresenta como tecnologia de baixo custo e fácil manuseio, além de ser um produto biodegradável, colaborando assim para a preservação do meio ambiente.

Por fim, sustenta-se o desenvolvimento de pesquisas e avaliações para a utilização dessa tecnologia em escala que atenda a comunidade, em virtude dos benefícios que esse método oferece para população do meio rural, em relação às questões sociais e ambientais.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. A. D et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v.37, n.4, p.510-514, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/rsp/2003.v37n4/510-514/> . Acesso em: 06 out. 2018.

ANA; CETESB. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. 2. ed. Brasília, DF: [s.n], 2011. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf> . Acesso em: 23 set. 2018.

ARAGÃO, A. A. V. Avaliação do programa de vigilância da qualidade da água para o consumo humano no município de Buíque, PB. Dissertação (Mestrado Profissional em Saúde pública) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife-PE, 2010. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/13314> . Acesso em: 29 ago. 2018.

ARANTES, C. C. Utilização de coagulantes naturais à base de sementes de Moringa Oleífera e tanino como auxiliares da filtração em mantas não tecidas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, SP, São Paulo, SP, 2010. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/257799>. Acesso em: 03 set. 2018.

BARCELOS, A. A. D et al. Diagnóstico da qualidade das águas do córrego Sucuri (Caçu – Goiás). Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l], v.10, n.4, p. 1312-1328, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234057> . Acesso em: 01 nov. 2018.

BELTRAME, T. F. et.al. Efluentes, resíduos sólidos e educação ambiental: uma discussão sobre o tema. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, Santa Maria, v.20, n.1, p.351-362, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/claldinei/Downloads/20052-101467-1-PB.pdf> Acesso em: 22 set. 2018.

BRANDÃO, V. A. C. A importância do tratamento adequado da água para eliminação de microorganismos. Monografia (Licenciatura em Biologia) – Universidade de Brasília - UNB, Brasília – DF, 2011. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/05/A-import%C3%A2ncia-do-tratamento-adequado-da-%C3%A1gua-para-elimina%C3%A7%C3%A3o-de-microorganismos.pdf>. Acesso em: 16 set. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria N° - 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, n. 293, Seção 1, p.39-46, 14 dez. 2011. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 07 out. 2018.

BRASIL. Resolução Conama N° 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 lançamentos de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília – DF, Brasil. 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 28 set. 2018.

CAMPLESI, D. C. F; PEREZ, W. P; SIQUEIRA, E. Q. Remoção de coliformes totais e Escheria coli utilizando a filtração em múltiplas etapas (FIME) em períodos de alta turbidez da água bruta. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v.1, n.1, p.14-18, [S.l], 2010. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/11036/7810>. Acesso em: 08 set. 2018.

CAVALCANTE, R. B. L. Ocorrência de Escherichia coli em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. Revista Ambiente e água, Taubaté, SP, v.9, n.3, p.551–558, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2014000300015&script=sci_abstract . Acesso em: 13 out. 2018.

COPETTI, A. C. C. Resíduos de agroindústrias familiares: impactos na qualidade da água e tratamento com técnicas simplificadas. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,RS, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/5506>. Acesso em: 06 set. 2018.

EVANGELISTA, G. F. et al. A semente da Moringa Oleífera aplicada no tratamento de água. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, CONTECC. Fortaleza, CE. 2015. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/301338315_A_SEMENTE_DE_MORINGA_OLEIFERA_APLICADA_NO_TRATAMENTO_DE_AGUA . Acesso em: 07 nov. 2018.

FRANCO, M. Uso de coagulante extraído de sementes de Moringa Oleífera como auxiliar no tratamento de água por filtração em múltiplas etapas. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Água e solo) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas-SP, São Paulo-SP, 2010. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256904/1/Franco_Monalisa_M.pdf . Acesso em: 22 agos. 2018.

FRIESTINO, J. K. O.; SILVA, O. M. P. D.; NASCIMENTO, M. C. Condições sanitárias no Oeste de Santa Catarina: construindo um diagnóstico das populações rurais e pequenas comunidades. Revista Brasileira de Ciências da Saúde, v.19, n.2, p.109-116, [S.l], 2015. Disponível em: <http://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/rbcs/article/view/24494>. Acesso em: 14 set. 2018.

FUNASA. Manual de cloração de água em pequenas comunidades: utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela Funasa. Brasília – DF: [s.n], 2014. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf . Acesso em: 03 nov. 2018.

GONÇALVES, F. S. Métodos físicos de controle de microorganismos. Info Escola. 2006. Disponível em: <https://www.infoescola.com/microbiologia/metodos-fisicos-de-controle-de-microorganismos/>. Acesso em: 06 nov. 2018.

LIMA, N. M. D. Aplicação da *Moringa Oleífera* no tratamento de água com turbidez. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife-PE, 2015. Disponível em: http://www.unicap.br/tede/tde_arquivos/6/TDE-2015-06-26T114409Z-762/Publico/niedja_maria_lima.pdf . Acesso em: 22 set. 2018.

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: http://ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/viewFile/285/pdf_380 . Acesso em: 02 set. 2018.

LUCAS, A. A. T; FOLEGATTI, M. V; DUARTE, S. N. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB. v. 14, n.9, p.937-943, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662010000900005&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 17 set. 2018.

MELO, S. S. N. S. D. Valor nutritivo de fenos de moringa (*Moringa Oleífera* Lam) com diferentes idades de corte. Dissertação (Mestre em Produção Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, RN, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/17185>. Acesso em: 30 ago. 2018.

NASCIMENTO, T. D. L. Estudo do uso de wetlands construídas no tratamento de esgoto doméstico em comunidades rurais. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, SP, 2015. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2015/MEQ15057.pdf> . Acesso em: 19 set. 2018.

PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. Uso de sementes de *Moringa Oleífera* para o tratamento de águas superficiais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB. V.13, n.6, p.765-771, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n6/v13n6a15.pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.

PICCOLI, A. D. S. et. al. A educação ambiental como estratégia de mobilização social para o enfrentamento da escassez de água. Revista Ciência & Saúde Coletiva, p.797-808, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v21n3/1413-8123-csc-21-03-0797.pdf>. Acesso em: 17 out. 2018.

QUEIROZ, S. C. B. et al. Dupla filtração para o tratamento de água eutrofizada na região norte do Brasil. Revista DAE, v.66, n.212, p.41-60, [S.l], 2018. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_212_n_1733.pdf. Acesso em: 02 nov. 2018.

RIBEIRO, J.W; ROOKE, J. M. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e saúde pública. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Análise Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2010. Disponível em: <http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoeSa%C3%BAde.pdf>. Acesso em: 29 out. 2018.

RICHTER, C. A. Água: Métodos e tecnologia de tratamento. São Paulo, SP, Blucher, 2009. Disponível em: https://issuu.com/editorablucher/docs/issuu_agua_isbn9788521204985. Acesso em: 19 set. 2018.

RORATO, W. R. Utilização de Moringa Oleífera Lam como auxiliar no processo de coagulação/floculação/filtração para tratamento da água de abastecimento. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Campo Mourão, PR, 2013. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1626/1/CM_COEAM_2013_1_27.pdf. Acesso em: 11 out. 2018.

SARTORI, M. A. Desempenho de vermifiltros no tratamento de esgoto doméstico em pequenas comunidades. Dissertação (Pós – Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Nova Viçosa, MG, 2010. Disponível em: <http://locus.ufv.br/handle/123456789/3573>. Acesso em: 14 out. 2018.

SORIANI, M. Eficiência da Moringa Oleífera como coagulante natural em solução salina para água de abastecimento. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, 2015. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5327/1/LD_COEAM_2015_1_14.pdf. Acesso em: 25 set. 2018.

WEINBERG, A. Uso de índices de qualidade de água para a caracterização da bacia hidrográfica do Rio Guandu. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2013. Disponível em: <http://monografias.poli.ufjf.br/monografias/monopoli10007711.pdf> . Acesso em: 17 set. 2018.