



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Análise de eficiência de filtração de água por múltiplas etapas vs múltiplas camadas com biomassa de *Moringa oleífera* e bucha vegetal

Luam de Oliveira Santos¹; Inajá Francisco de Sousa²; Gabriel Francisco da Silva³; Silvanito Alves Barbosa⁴; Nídia de Sá Caetano⁵

¹ Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE, CEP: 49100-000, luam.santos@ifs.edu.br, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3200-8974> (autor correspondente)

² Doutor em Recursos Naturais, Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE, CEP: 49100-000, inajafrancisco@academico.ufs.br, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6732-0963>

³ Doutor em Engenharia de Alimentos, Programa de Pós Graduação em Biotecnologia - RENORBIO, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE, CEP: 49100-000, gabriel.silva@ufs.br, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9622-2518>

⁴ Doutor em Biotecnologia, Departamento de Petróleo e Gás, Instituto Federal de Sergipe. Aracaju - SE, CEP: 49055-260, silvanito.barbosa@ifs.edu.br, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0712-7533>

⁵ Doutora em Engenharia Química, LEPABE - Laboratory for Process Engineering, Environment, Biotechnology and Energy, Faculty of Engineering, University of Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal and Alice - Associate Laboratory in Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal, and School of Engineering (ISEP), Polytechnic of Porto (P.Porto), Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4249-015 Porto, Portugal, nsc@isep.ipp.pt, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2185-6401>

Artigo recebido em 19/04/2023 e aceito em 17/05/2023

RESUMO

O uso da *Moringa oleífera* (MO) apresenta-se como boa alternativa de agente coagulante, indicada no sistema de tratamento de água, no seu processo de clarificação, sendo biodegradável, dessa forma justifica-se o estudo do seu uso como tecnologia social a ser utilizada por populações ribeirinhas para tratamento da água de forma simples e eficaz. Um sistema de tratamento de água utilizando coagulação com semente de MO e filtração em múltiplas etapas com biomassa de MO e bucha vegetal é eficaz no tratamento da água de barreiro trincheira para uso e consumo humano. O objetivo desta pesquisa a construção e avaliação das eficiências de sistemas de tratamento de água por filtração em múltiplas etapas (FIME) e de sistemas de filtração em múltiplas camadas (FMC), ambas utilizando as biomassas de MO e a bucha vegetal, utilizados como tecnologia social de tratamento de água do barreiro trincheira pela comunidade. O estudo foi realizado em parceria da UFS com o IFS onde foram analisados parâmetros da água bruta assim como da água após os tratamentos. Os parâmetros analisados foram, pH, cor aparente, turbidez, dureza total, dureza de cálcio, dureza de magnésio, cloretos, sódio, lítio e potássio, além das análises microbiológicas de coliformes totais e *Escherichia coli*. Nos resultados encontrados podemos perceber grandes vantagens na utilização do sistema FIME em relação ao sistema FMC, obtendo-se redução de até 96,91% da turbidez e 98,19% na cor aparente, entre a água bruta e a água após os tratamentos propostos, além deste ser indicado para tratamento domiciliar ou até mesmo comunitário com vazão de operação de até 150 litros por hora.

Palavras-chave: Bucha vegetal; Desenvolvimento Sustentável; Filtração lenta; *Moringa oleífera*; Tecnologia social.

Efficiency analysis of water filtration through multiple stages vs multiple layers with *Moringa oleífera* and vegetable loofah biomass

Abstract

Moringa oleífera (MO) is a good alternative coagulant agent, indicated in the water treatment system, in its clarification process. Being biodegradable, thus justifying the study to be employed as a social technology to be used by riverside populations. A water treatment system using coagulation with MO seed and multi-stage filtration (FIME) with MO and vegetable loofah biomass is effective in treating “barreiro trincheira” water for human use and consumption. This paper aimed to build and evaluate the efficiencies of water treatment systems by multi-stage filtration compared to multi-layer filtration (FMC), both using MO and vegetable loofah biomass, used as a social treatment technology of the “barreiro trincheira” water by the community. The study was carried out in a partnership between UFS and IFS, where raw water parameters were analyzed as well as of treated water. The parameters analyzed were pH, apparent color, turbidity, total hardness, calcium hardness, magnesium hardness, chlorides, sodium, lithium and potassium, in addition to microbiological analyzes of total coliforms and *Escherichia coli*. In the results found, we can perceive great advantages in the use of the FIME system compared to the FMC system, obtaining a reduction of up to 96.91% in turbidity and

98.19% in the apparent color of the water after the proposed treatments, in addition the FIME system is indicated for home or even community treatment with an operating flow of up to 150 liters per hour. Keywords: *Moringa oleifera*; Slow filtration; Social technology; Sustainable Development; Vegetable loofah.

Introdução

O estudo tem como tema tecnologias sociais e desenvolvimento sustentável, sendo a linha de pesquisa tratamento alternativo da água para consumo humano, tendo como motivação a redução do uso de produtos químicos no tratamento da água, e a sua substituição por produtos naturais de baixo custo, visando possibilitar maior autonomia de populações ribeirinhas no consumo de água segura e de qualidade de forma simples e segura.

É recorrente o sofrimento da região agreste sergipana com a escassez de água, sendo que nos últimos dez anos a região tem uma média de apenas 282 mm de chuva por ano. (Brasil, 2022). Várias comunidades dessa região fazem uso de tecnologias sociais como cisternas de placa, cisternas calçadão e barreiro trincheira para suprir suas necessidades hídricas. Dentro deste contexto, esta pesquisa busca melhorar a qualidade da água do barreiro trincheira utilizado pela comunidade do povoado de Santa Rita no município de Nossa Senhora Aparecida, em Sergipe, tornando-a segura para uso e consumo humano.

Para Dzuvoor et al. (2021) a utilização *Moringa oleifera* Lam (MO) apresenta-se como uma gama de potenciais benefícios para saúde humana com propriedades anticancerígenas, antidiabéticas, antioxidantes, anti-inflamatórias além disso, suas sementes e tortas podem ser utilizadas no processo de tratamento de água na coagulação, floculação e como adsorventes por sua capacidade de eliminação de micróbios e matéria orgânica.

Dessa forma, justifica-se o estudo da viabilidade do uso da *Moringa oleifera* (MO) como alternativa para tratamento da água para consumo humano.

A hipótese desse estudo é: Um sistema de tratamento de água utilizando coagulação com semente de MO e filtração simples com biomassa de *Moringa oleifera* e bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) é eficaz no tratamento da água de barreiro trincheira para uso e consumo humano, seja com uso de sistema de bombeio ou por gravidade.

Este estudo tem como objetivo a construção e avaliação das eficiências dos sistemas de tratamento de água por filtração em múltiplas etapas (FIME) em comparação com a filtração em múltiplas camadas (FMC), ambas utilizando as biomassas de MO e a bucha vegetal, utilizado

como tecnologia social de tratamento de água do barreiro trincheira pela comunidade.

Para isto, utilizaremos a MO uma planta tropical que pertence à família *Moringaceae*. Em torno de catorze espécies já foram identificadas e todas possuem propriedades coagulantes em diferentes graus de coagulação (Oladoja e Pan, 2015).

Resultados positivos no tratamento da potabilização da água também foram encontrados por Madrona et al., (2017), no uso da *Moringa oleifera* Lam num processo combinado de Coagulação/Floculação com ultrafiltração obtendo água de alto nível de qualidade para consumo humano após o processo.

A bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) é um fruto encontrado em todo território brasileiro, popularmente conhecida como esponja vegetal, bucha de metrô, esfregão, maxixe do mato, entre outros nomes. Ela é pertencente à mesma família do melão, melancia, pepino e abóboras. De fácil cultivo, trata-se de um produto que não agride ao meio ambiente por ser biodegradável e de fonte renovável (Lima, 2014).

Referencial teórico

Neste tópico apresentaremos o referencial teórico que seguiu de base para nossa pesquisa, sendo este dividido nos seguintes tópicos: uso da *Moringa oleifera* e bucha vegetal como forma alternativa ao tratamento da água; tecnologia de filtração em múltiplas etapas e tecnologia social.

Uso da *Moringa oleifera* e Bucha Vegetal Como Forma Alternativa ao Tratamento da Água

A MO possui propriedades poliméricas naturais que vem notoriamente ganhando destaque no tratamento da água pela sua contribuição ao desenvolvimento sustentável através da redução do uso de produtos químicos, atuando como agente clarificador devido a presença de uma proteína catiônica que desestabiliza as partículas contidas em um meio líquido. (Madrone et al., 2017). Ela possui ativos biocoagulantes que podem ser utilizados no tratamento de clarificação, filtração, sedimentação e floculação da água, reduzindo o uso de coagulantes de base química (Camacho et al., 2017), (Valverde et al., 2018).

Estudos mostram que os usos da MO podem reduzir em até 85% a turbidez da água, além de ser capaz de remover de 40% a 50% também da

matéria orgânica presente na água (Camacho *et al.*, 2017).

Segundo Nordmark *et al.* (2018), os resultados de suas pesquisas concluem que proteínas de *Moringa oleífera* adsorvem irreversivelmente com relação ao enxágue no modelo de água utilizado, sugerindo que a areia modificada com as proteínas da moringa é estável em uso repetido de filtração da água, tornando assim um dispositivo de filtração de água simples, eficaz e sustentável.

Resultados positivos no tratamento da potabilização da água também foram encontrados por Madrona *et al.* (2017), no uso da *Moringa oleífera* Lam num processo combinado de Coagulação/Floculação com Ultrafiltração obtendo água de alto nível de qualidade para consumo humano após o processo.

Estudos realizados por Freitas *et al.* (2015), no tratamento da água contaminada por bactérias específicas, mostram que a bucha vegetal é eficiente como adsorvente no tratamento alternativo da água contaminada, tendo sua maior eficiência em pH mais básico e sem agitação da água.

Filtração em Múltiplas Etapas (FIME)

A filtração em múltiplas etapas (FIME), se destaca por ser um sistema de simples manuseio e construção, com baixo custo de implementação e que dispensa o uso de instrumentação. Além disso, se destaca por ser uma tecnologia adequada às zonas rurais e grande parte dos pequenos municípios onde a coagulação química não se mostra como uma opção sustentável (Vieira *et al.*, 2005; Veras; Di Bernardo, 2008).

O sistema de filtração em múltiplas etapas consiste na sequência do pré-filtro dinâmico, pré-filtro grosseiro, de pedregulho, que pode ser escoamento horizontal ou vertical ascendente ou descendente e o filtro lento (Vieira *et al.*, 2005).

A água passa por sucessivas etapas de tratamento com progressiva remoção de substância sólidas. O princípio básico de cada etapa é melhorar a qualidade de seu efluente para que possa ser submetido ao tratamento posterior, sem sobrecarregá-lo (Di Bernardo; Brandão; Heller, 1999).

Tecnologia Social

A tecnologia social é definida na lei Nº 111 de 2011 do senado federal como um conjunto de atividades desenvolvidas da organização, desenvolvimento e aplicação que aliam o saber popular, organização social e conhecimento

técnico-científico, voltadas à inclusão social e melhoria da qualidade de vida (Brasil, 2011).

O ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações traz que o conceito de tecnologia social estabelece 4 dimensões, sendo elas:

- Conhecimento, ciência, tecnologia. Tem como ponto de partida os problemas sociais; é feita com organização e sistematização além de que introduz ou gera inovação nas comunidades;
- Participação, cidadania e democracia. Enfatiza a cidadania e a participação democrática; adota a metodologia participativa nos processos de trabalho e impulsiona sua disseminação e reaplicação;
- Educação. Realiza um processo pedagógico por inteiro; se desenvolve num diálogo entre saberes populares e científicos além de ser apropriada pelas comunidades, que estas ganham autonomia;
- Relevância social. É eficaz na solução de problemas sociais; tem sustentabilidade ambiental; provoca a transformação social (Brasil, 2011).

Material e método

Este estudo tem método de abordagem hipotético-dedutivo, podendo ser classificada como pesquisa aplicada, quantitativa, exploratória, experimental e estudo de caso. Os meios utilizados serão, pesquisa de campo, laboratório, bibliográfico, experimental e estudo de caso.

Caracterização do Objeto de Estudo

A coleta da água para experimentos ocorreu no município de Nossa Senhora Aparecida região agreste central do estado de Sergipe no povoado de Santa Rita em um barreiro trincheira, localização latitude: -10,3335666; longitude: -37,5071187 conforme figura 1, usado pela população para irrigação e consumo de hidratação dos animais.

Análises realizadas através de dados disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), nos últimos 10 anos choveu aproximadamente uma média de apenas 282,02 mm de chuva por ano, sendo que não chove na região desde novembro de 2021 (Brasil, 2022).



Figura 1. Barreiro Trincheira na comunidade de Santa Rita na cidade de Nossa Senhora Aparecida

Foi coletada a água do barreiro e alimentado um tonel de 220 litros que foi utilizado posteriormente como fonte de água bruta para alimentação dos filtros utilizados nas análises.

Construção do Filtro de Múltiplas Etapas Domiciliar

Forem feitas adaptações ao sistema de FIME proposto por Di Bernardo; Brandão; Heller (1999) apresentado anteriormente nos referenciais teóricos, sendo que foi utilizado 3 recipientes de 30 litros cada, na sequência que segue, como pré-filtro grosseiro, filtro lento e filtro de biomassa, todos com fluxo descendentes e 1 recipiente de 220 litros com a água bruta selecionada, conforme podemos verificar na Figura 2.



Figura 2. Sistema de FIME domiciliar montado para experimentos.

No recipiente do filtro grosseiro utilizou-se 20 cm de brita grossa (Nº 2) (3/4"-19,05 mm) na parte superior e 20 cm de brita fina (Nº0) (aproximadamente 5 mm) na parte inferior.

No recipiente do filtro lento, foi utilizado uma camada suporte de brita grossa na parte inferior de 10 cm e 15 cm de areia grossa (granulometria 1,42 a 2,4 mm) na parte superior e 15 cm de areia fina (granulometria 0,08 a 1,0 mm) na parte inferior.

No recipiente do filtro de biomassa, foi utilizado uma camada suporte de brita grossa na parte inferior de 10 cm e 20 cm de torta de *Moringa oleífera*, figura 3, na parte inferior e 10 cm de bucha vegetal cortada com tamanho de 4 a 5 cm de comprimento, na parte superior, como pode ser visto na Figura 3, como utilizado por Agra (2009).

Estas quantidades de MO e bucha vegetal foram utilizadas baseadas nas análises efetuadas por Santos *et al.* (2023), onde determinou-se que a biomassa de MO é mais eficiente no tratamento da água, porém a bucha vegetal auxilia a evitar a colmatação dos filtros por parte da MO, neste caso, utilizou-se a proporção de 70:30 entre MO e bucha vegetal.

Para separação de cada componente dentro dos recipientes foi utilizado tela de nylon de malha 4 mm x 7 mm. Assim como foi utilizado também a malha na conexão do flange de saída de cada recipiente.

Em cada recipiente de 30 litros, que tem uma altura de 50 cm, foi reservado os 10 cm superiores para camada livre com água.

Foi utilizado uma bomba centrífuga de ½ cv para sucção da água bruta armazenada no recipiente de 220 litros. Foi preparada uma linha auxiliar de retorno (*by pass*) para controle de vazão da bomba sem danificá-la.

Após a montagem, todo o sistema de filtração deve ser lavado para limpeza e redução da contribuição da MO na cor aparente da água. Nessa lavagem, foi utilizado 100 litros de água. Essa água não precisa ser descartada, podendo esta ser utilizada para irrigação.

É recomendado que a filtração ocorra de forma contínua, ou seja, uma vez lavado o filtro, é recomendado que seja efetuado o tratamento de toda a água do reservatório de água bruta e armazenada então em um outro reservatório a água tratada.

No Quadro 1 encontramos a lista de material utilizada na construção do FIME assim como o custo de cada material.



Figura 3. (A) Torta da *Moringa oleifera* seca; (B) Bucha vegetal cortada.

Quadro 1. Lista de material utilizado na construção do FIME.

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Tubo 32 mm	3 m	29,90	29,90
Flange 32 mm	3 und.	25,60	76,80
Flange 25 mm	3 und.	13,90	41,70
Joelho 32 mm	8 und.	5,70	45,60
Registo esfera 32 mm	3 und.	28,70	86,10
Tê 32 mm	2 und.	9,90	19,80
Bomba centrífuga ½ cv	1 und.	189,00	189,00
União Roscável 32 mm	5 und.	16,90	84,50
União Roscável 25 mm	3 und.	11,20	33,60
Mangueira 32mm	1 m	15,00	15,00
Mangueira 20 mm	1 m	4,79	4,79
Adaptador para mangueira 32 mm	2 und	4,30	8,60
Adaptador para mangueira 20 mm	1 und.	1,85	1,85
Recipiente de 220 litros	1 und.	120,00	120,00
Recipiente de 30 litros	3 und.	40,00	120,00
Niple 32 mm	11 und.	3,40	37,40
Niple 25 mm	3 und.	1,64	4,92
Luva Redução 32x25 mm	3 und.	2,90	8,70
Luva Redução 32x20 mm	1 und.	3,19	3,19
Válvula de Retenção para poço 32 mm	1 und.	50,00	50,00
Valor Total:			R\$ 981,45

Construção do Filtro de Múltiplas Camadas Domiciliar

O filtro de múltiplas camadas (FMC) também foi uma adaptação do sistema de FIME proposto por Di Bernardo; Brandão; Heller (1999), sendo que neste filtro ao invés de etapas que se constituem de 3 filtros diferentes na horizontal, o filtro de múltiplas camadas é formado por dois filtros na vertical interligados, formando um único filtro dividido em 3 camadas, conforme podemos verificar na Figura 4.

O filtro foi construído em tubo de PVC de 100 mm de diâmetro sendo o filtro superior com altura de 1 metro e o filtro inferior com altura de 0,40 metros.



Figura 4. Sistema de FMC domiciliar montado para experimentos.

As camadas na sequência do fluxo da água, ou seja, da camada mais superior para a camada mais inferior são:

- 20 cm de altura de água livre;
- Camada de pré-filtro grosseiro formado de 20 cm de brita grossa na parte superior e 20 cm de brita fina na parte inferior;
- Camada de filtro lento formado de 20 cm de areia grossa na parte superior e areia fina na parte inferior, além de brita fina como camada suporte;
- Filtro de biomassa com 10 cm de bucha vegetal na camada superior e 20 cm de torta de MO na parte inferior além de 10 cm de camada suporte formada com brita fina.

A brita grossa, brita fina, areia grossa, areia fina, torta de moringa oleífera e bucha vegetal seguiram os mesmos procedimentos descritos no tópico anterior

Entre cada elemento foi utilizado uma tela de nylon de malha 4 mm x 7 mm para separar os componentes. Também foi utilizada a mesma tela no niple de 32 mm na saída do flange sendo utilizado como uma forma de filtro.

A lavagem de todo o filtro até a contribuição da moringa no aumento da cor aparente da água ser mínima utilizou-se aproximadamente 40 litros de água.

Para o suporte do filtro foi construído um suporte feito de tubo de PVC de ¾”, porém, é recomendado o uso de uma tubulação de pelo menos 1” para que se obtenha uma melhor sustentação.

No Quadro 2 encontramos a lista de material utilizada na construção do FMC assim como o custo de cada material.

Quadro 2. Lista de material utilizado na construção do FMC.

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Tubo 100 mm	2 m	13,00	26,00
Flange 32 mm	3 und.	25,60	76,80
União Roscável 32 mm	1 und.	16,90	16,90
CAP	3 und.	7,90	23,70
Niple 32 mm	3 und.	3,40	10,20
Total			153,60

Análises Físico-Químicas e Microbiológicas

Foram efetuadas algumas análises físico-químicas diretamente no barreiro trincheira através de uma sonda multiparâmetro modelo Horiba U-52 e os parâmetros analisados *in loco* foram: temperatura, pH, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e salinidade, sendo que além desses, foram analisados em laboratório parâmetros de cor aparente, acidez total, acidez carbônica, dureza total, dureza de

cálcio, dureza de magnésio, alcalinidade, cloretos, sódio, lítio e potássio, além das análises microbiológicas de coliformes totais e *Escherichia coli*, conforme pode ser verificado no quadro 3. Todas as análises foram efetuadas em triplicatas e de cada tratamento foi coletado três amostras, tendo um total de nove análises por parâmetro, sendo os resultados apresentados em média e desvio padrão.

Quadro 3. Métodos de análises físico-químicas e microbiológicas

Parâmetro	Método	Unidade	Referência
pH	Método potenciométrico	adimensional	NBR 7353
Cor	Método colorimétrico	UC	SM 2120
Turbidez	Método nefelométrico	uT	SM 2130 B
Condutividade	Método condutométrico	(µS)/cm	SM 2510 B
Sólidos Totais Dissolvidos	Método condutométrico	ppm	SM 2540
Alcalinidade Total e Parcial	Volumetria de neutralização	ppm CaCO ₃	SM 2320 B
Acidez Total e Carbônica	Volumetria de neutralização	ppm CaCO ₃	SM 2310
Dureza total, de Cálcio e Magnésio	Volumetria de complexação	ppm CaCO ₃	SM 2340 B
Cloretos	Volumetria de precipitação	ppm Cl ⁻	SM 4500
Sódio, Lítio e Potássio	Espectrofotometria de chama	ppm	SM 3111
Coliformes Totais	Método de tubos múltiplos	NMP/100ml	SM 9221
<i>Escherichia coli</i>	Método de tubos múltiplos	NMP/100ml	SM 9221

Jar Test

Antes do tratamento da água, foi efetuado previamente o teste de jarro para encontrar-se a proporção de coagulante ideal para o processo de coagulação da água bruta. Foi utilizado semente de moringa descascada, triturada em liquidificador e peneirada em peneira doméstica de malha com abertura de 2,5 mm até a obtenção de uma farinha fina, conforme Figura 5.

Para identificar a concentração ideal de coagulante foi efetuado o teste de jarro, com concentrações de 0,6, 0,8 e 1,0 g/L, agitação rápida

em 300 rpm por 2 minutos e agitação lenta em 45 rpm por 10 minutos e período de decantação de 2 horas. Após esse procedimento, foi coletado o sobrenadante de cada becker de vidro e analisados os parâmetros de cor aparente e turbidez. Como podemos verificar no quadro 4 a seguir, encontrando-se que a concentração ideal de coagulante é de 0,8 g/L. Sendo esta concentração utilizada posteriormente para coagulação da água bruta.



Figura 5. Processo de beneficiamento da semente de moringa para obtenção do coagulante em pó.

Quadro 4. Métodos de análises físico-químicas e microbiológicas

0,6 g/L		0,8 g/L		1,0 g/L	
Turbidez (NTU)	Cor (UC)	Turbidez (NTU)	Cor (UC)	Turbidez (NTU)	Cor (UC)
31,77±0,06	72,17±0,11	28,3±0,00	63,03±0,29	30,9±0,00	68,7±0,10

Resultados e discussão

Primeiramente apresentar-se-á a caracterização físico-química de pH, cor aparente e

turbidez da água bruta; água coagulada; água após o processo de tratamento FIME; e água após o processo de tratamento FMC, conforme quadro 5 a seguir.

Quadro 5. Caracterização físico-química das amostras e vazão.

Amostra	Cor (UC)	Turbidez (NTU)	pH	Vazão (L/h)
Água bruta	1864±2,53	383,67±0,04	8,49±0,08	
Água Coagulada	63,10±0,21	28,30±0,06	7,33±0,02	
FIME	33,68±0,19	11,86±0,02	6,40±0,06	150
FMC	69,46±0,01	23,65±0,01	6,59±0,04	1,30
Limites GM/MS N° 888 de 2021	15 UC	5 NTU	6,0 – 9,5	

Cor, Turbidez e pH

Com esta caracterização inicial pode-se perceber que a coagulação com a farinha de semente de MO na concentração de 0,8 g/L na água bruta proveniente do barreiro trincheira foi responsável pela redução de 92,62% na turbidez e de 96,62% na cor. Estes resultados estão compatíveis com Lima (2015) que obteve redução de aproximadamente 100% na turbidez, Madrona *et al.* (2017) que também obteve redução de aproximadamente 99% nos parâmetros analisados

após o tratamento utilizando a MO e Valverde *et al.* (2018) que obteve redução de 70% de turbidez e 75% de cor aparente com a utilização da semente de MO como agente coagulante.

Além da coagulação, o tratamento de filtração em múltiplas etapas foi responsável pela redução de 58,09% da turbidez e 46,62% da cor aparente da água coagulada. Em trabalhos como o de Di Bernardo, Brandão e Heller (1999), atingiu-se redução de até 70% na remoção da turbidez e até 45% na remoção da cor verdadeira, já no trabalho

de Silveira e Coutinho (2016) mostram uma redução média de 66,9% na remoção da turbidez. Esses valores dependem da turbidez inicial da água bruta.

Foi utilizado o software Prism 9 da Graphpad com teste unidirecional ANOVA e significância de 5% para análises das diferenças estatísticas na construção dos gráficos apresentados na Figura 6.

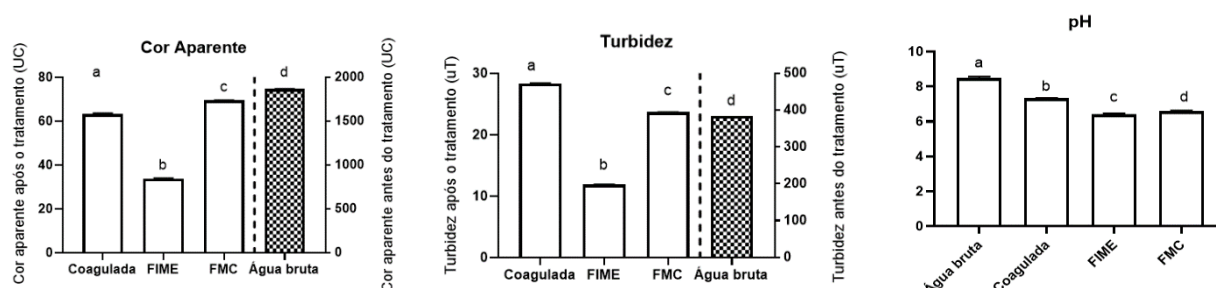


Figura 6. Gráficos de cor aparente, turbidez e pH das amostras.

Primeiramente deve-se considerar que estes gráficos de Cor Aparente e Turbidez, utilizam-se de eixo auxiliar a direita com escala diferente. Isto faz-se necessário devido os valores encontrados de cor e turbidez da água bruta serem muito mais elevados que após os tratamentos.

Dito isto, para análise de todos os gráficos, utilizamos letras iguais para amostras que não são significativamente diferentes do ponto de vista estatístico e letras diferentes para amostras que são significativamente diferentes estatisticamente.

Conforme dito anteriormente, é perceptível a significativa redução da cor aparente e turbidez da água após o processo de filtração em múltiplas etapas. Com relação ao filtro de múltiplas camadas, percebe-se que houve uma elevação da cor aparente, quando comparada com a água coagulada e, apesar de significativa, porém, baixa redução da turbidez. Esta elevação na cor aparente e baixa redução da turbidez pode ser explicados

devido à baixíssima vazão do FMC que dificulta sua lavagem ao ponto de reduzir a contribuição da MO na elevação da cor.

Em relação ao pH, percebe-se que a coagulação com a semente de MO reduziu significativamente o pH da água e os tratamentos de FIME e FMC também contribuíram para a redução no pH devido o contato com a MO. Porém, percebe-se que os pH se mantem dentro dos parâmetros aceitáveis pela legislação brasileira para águas de consumo humano, sendo os valores obtidos no tratamento FIME e FMC próximos, variando em torno de 6,40 a 6,59.

Nos tópicos a seguir discutir-se-á os parâmetros físico-químicos da água após os tratamentos propostos, como podem ser verificados no quadro 6, que, para melhor compreensão dos resultados serão apresentados agrupados.

Quadro 6. Resultados das Análises Físico-Químicas

	Água Bruta	Coagulada	FIME	FMC	Valores Limite
Dureza Total	39,13±1,91	36,43±3,31	130,89±1,90	80,96±3,31	500 mg/l CaCO ₃
Dureza Cálcio	18,89±1,91	16,54±3,34	62,07±1,91	32,38±3,31	
Dureza Magnésio	20,24±3,31	19,89±0,49	68,81±0,00	48,58±0,00	
Cloretos	74,92±5,56	72,66±3,21	55,63±1,60	56,77±3,21	250 mg/l
Condutividade	243,31±1,99	250,30±1,73	290,55±1,22	305,00±2,02	1000 mg/l (STD)
Sódio	11,53±0,53	10,77±0,63	16,50±0,08	18,17±0,24	200 mg/l
Lítio	0,21±0,00	0,18±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00	
Potássio	20,17±0,05	18,43±0,29	6,50±0,00	16,82±0,13	

Legenda: FB: Filtro de Barro

Dureza Total, Dureza de Cálcio e Magnésio

Com estes resultados representados na Figura 7, podemos perceber que a coagulação com a semente de MO não reduz a dureza da água, seja ela total, de cálcio ou magnésio, assim como ocorre

no trabalho de Valverde *et al.* (2018), sendo assim, pode-se afirmar que a coagulação com a semente de MO não interfere de forma significativa na dureza da água.

Contudo, o sistema FIME e FMC contribuem para o aumento da dureza da água, devido a carreação de material da areia, brita e biomassa, além da presença de dióxido de carbono que é produzida pela ação bacteriana no filtro lento contribuindo assim para o aumento da dureza total e proporcionalmente à dureza de cálcio e magnésio. (Huisman e Wood, 1974).

Pode-se perceber também que o sistema FMC contribui para o aumento da dureza em menor quantidade que o FIME, pois devido a sua vazão ser menor que a do FIME, a carreação de

material também é significativamente menor. O sistema FIME elevou a dureza total em 234,50%, enquanto o sistema FMC elevou a dureza em 106,90%. Essas elevações na dureza total também podem ser evidenciadas no trabalho de Agra *et al.* (2011) onde, após a filtração lenta, também houve aumentos significativos da dureza da água tratada. Apesar do aumento na dureza da água após o tratamento, todos os valores obtidos são inferiores ao limite 500 mg/l CaCO₃ recomendado pela portaria GM/MS N° 888 de 2021 para potabilidade.

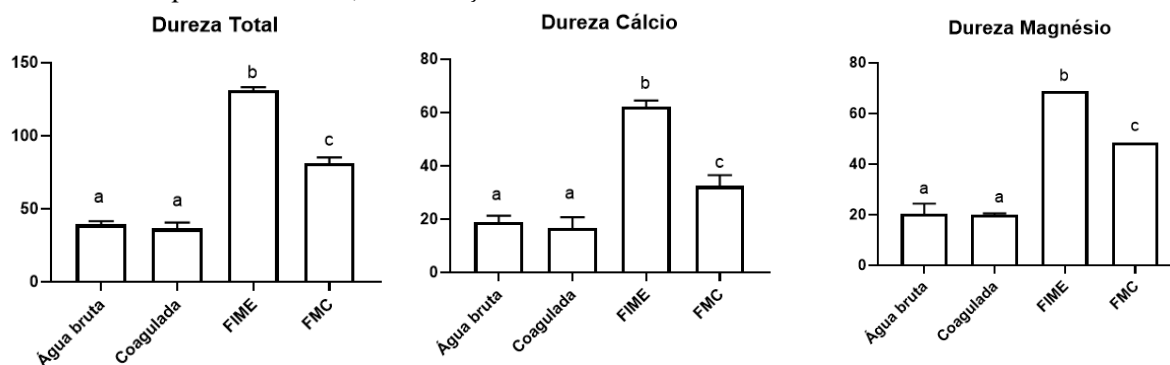


Figura 7. Gráficos de dureza total, dureza de cálcio e dureza de magnésio.

Cloretos e Condutividade

Os resultados de teor de cloretos e condutividade da Figura 8, demonstram claramente que o FIME e o FMC reduzem significativamente a quantidade de cloretos da água bruta, reduzindo estes em até 25,74%, enquanto a coagulação não é eficiente na redução de cloretos da água. Percebe-se também que não há diferença significativa na quantidade de cloretos da água tratada pelo FIME com a água tratada pelo FMC sendo que os dois tem eficiência de redução de cloretos equivalentes.

Todas as amostras apresentam quantidade de cloretos inferior ao limite 250 mg/l recomendado pela portaria GM/MS N° 888 de 2021 para potabilidade.

Resultados encontrados por Agra *et al.* (2011) mostram que o filtro lento não interfere significativamente na quantidade de cloretos das

amostras, portanto, basicamente a biomassa de MO é a responsável pela redução na quantidade de cloretos no tratamento.

Em relação a condutividade, percebe-se que a coagulação com semente de MO não interfere significativamente neste parâmetro, porém, percebe-se que o FIME e o FMC contribuem para a elevação deste parâmetro em até 25,35% no sistema FMC e 19,42% no sistema FIME.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silveira e Coutinho (2016) em relação ao aumento da condutividade após a filtração em múltiplas etapas. Quanto ao uso da semente de MO como coagulante, resultados semelhantes foram encontrados por Balbinoti *et al.* (2018) onde também não houve redução significativa da condutividade após a coagulação.

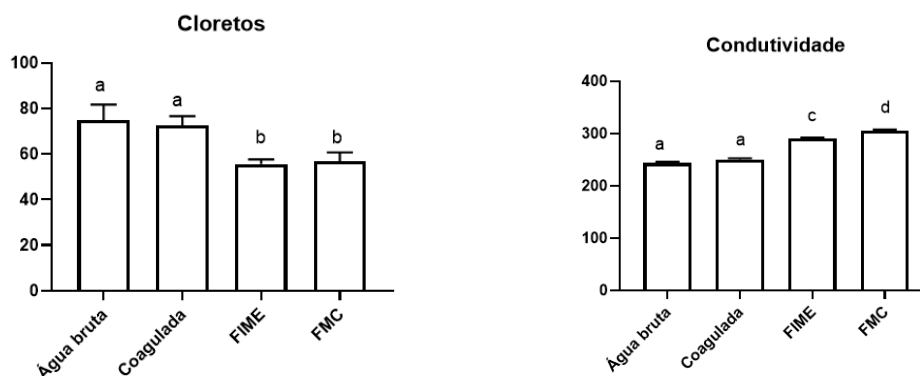


Figura 8. Gráficos de cloretos e condutividade.

Sódio, Lítio e Potássio

Primeiramente, vale salientar que para a discussão dos resultados da presença de Sódio, Lítio e Potássio, fez-se necessário incluir os resultados das amostras dos filtros de: brita e areia; brita, areia e moringa; brita, areia, moringa e bucha; brita, areia e bucha cortada; brita, areia e bucha triturada (Figura 9). Dessa forma, pode-se melhor identificar a influência destas biomassas na variação destes íons analisados.

Em relação ao Sódio, percebe-se que: a coagulação não altera significativamente a quantidade de sódio da água; o sistema de FIME e

FMC propostos contribuem significativamente para o aumento de sódio presente na água e que esta elevação está relacionada com a presença da biomassa de bucha vegetal no sistema, tendo em vista que brita, a areia e a MO não alteraram significativamente a quantidade de sódio na água, além disto, percebe-se que a bucha vegetal triturada contribui mais significativamente para esta elevação que a bucha vegetal cortada e que no sistema FMC esta contribuição é superior devido à baixa vazão, que propicia um maior tempo de contato com as biomassas.

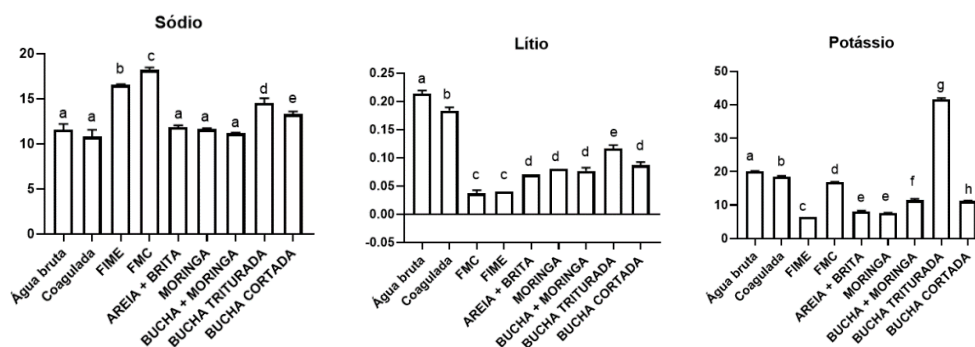


Figura 9. Gráficos de Sódio, Lítio e Potássio.

Todas as amostras analisadas tiveram valores de sódio muito inferiores ao limite 200 mg/l recomendado pela portaria GM/MS N° 888 de 2021 para potabilidade.

Em relação ao Lítio, percebe-se que: a coagulação reduz significativamente a quantidade de Lítio da água em 14,29%; o filtro lento de areia e brita também reduz significativamente a quantidade de Lítio na água em 61,11%, enquanto a biomassa de bucha vegetal e MO não interferem muito significativamente na alteração da quantidade de Lítio no tratamento.

O sistema de FIME também obteve uma redução significativa de lítio, reduzindo em 77,78% quando comparada com a água coagulada, sendo equivalente à redução obtida no sistema FMC, sendo assim, percebe-se que a vazão não é um fator determinante na redução de Lítio no tratamento, sendo esta influenciada principalmente pela coluna de areia do filtro lento.

Em relação ao potássio, percebe-se que: a coagulação reduz, mesmo que pouco, porém significativo do ponto de vista estatístico, em 8,63% a quantidade de potássio da água; percebe-se também que o sistema FIME reduz significativamente em 64,73% a quantidade de potássio da água e que o sistema FMC tem menor eficiência de redução do potássio que o sistema FIME, reduzindo em 8,74% apenas. Isto deve-se ao

maior tempo de contato da água com a bucha vegetal que contribui para o aumento do potássio.

Outra informação muito importante que podemos obter deste gráfico, é que o filtro de areia e brita reduzem a quantidade de potássio em 55,89% e que a biomassa de MO não contribui significativamente para a redução deste parâmetro, porém, a biomassa de bucha vegetal, quando triturada, contribui muito significativamente para o aumento de potássio na água tratada, aumentando este parâmetro em 411,93% quando comparamos com a água filtrada somente com areia e brita, mas vale salientar, que a bucha vegetal cortada não contribui tão significativamente quanto à triturada, aumentando este parâmetro somente em 37,39%, o que indica que quando a bucha vegetal é triturada, esta tem uma interação maior com a água durante o tratamento, de forma que aumenta mais significativamente a quantidade de potássio na água.

Como na portaria GM/MS N° 888 de 2021 não há limites para Lítio e Potássio, estes parâmetros não foram comparados com a legislação.

Coliformes Totais, *Escherichia coli* e Desinfecção da Água Tratada

Analisando-se o quadro 7, verifica-se que nenhum dos dois sistemas de tratamento propostos,

foi eficaz na desinfecção da água bruta ao ponto de torná-la segura para consumo humano.

Portanto, utilizou-se a água proveniente do tratamento de FIME e fez-se a desinfecção com 20 ppm de hipoclorito de sódio e, após 30 minutos,

fez-se a filtração com o filtro de barro. Desta forma, obteve-se água tratada e livre de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Quadro 7. Resultados das Análises Microbiológicas

	Bruta	FIME	FMC	FIME + Cl ₂ + FB	Limites
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	>1600	>1600	>1600	Ausente	Ausente
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	>1600	>1600	>1600	Ausente	Ausente

Legenda: NMP: Número mais provável

Considerações Gerais e Análise de Vazão do Tratamento.

Durante a realização da pesquisa, percebeu-se que é necessária uma significativa quantidade de água para lavagem dos elementos filtrantes após a montagem do FIME e FMC. Por este motivo, propõe-se que a água utilizada na lavagem seja armazenada para fins de irrigação. Dessa forma, propõe-se, principalmente, que o sistema FIME seja utilizado de forma familiar ou até mesmo comunitária. Sendo assim, faz-se necessário, para uma família de 4 pessoas, o uso de 3 caixas d'água, sendo uma de 1.500 litros para água bruta que será coagulada, uma caixa de 500 litros para a água proveniente da lavagem do sistema, que será utilizada para irrigação e uma caixa de 1.000 litros para uso humano.

Como a biomassa da MO tem rápido desgaste, com vida útil de aproximadamente 2 a 4 dias, recomenda-se que, após a lavagem do FIME ou FMC, o mesmo seja utilizado para o tratamento de toda a água e que a água tratada seja armazenada e outra caixa d'água própria para a água tratada.

Como proposta de utilização da biomassa degradada, sugere-se que seja realizada a compostagem desta para que posteriormente seja utilizada na adubação do solo.

Vale salientar que o filtro FIME obteve estes resultados com uma vazão de 150 litros por hora e, portanto, pode ser facilmente utilizado para abastecimento familiar, sendo capaz de tratar uma caixa d'água de 1500 litros em apenas 10 horas de funcionamento.

Conclusões

Com este trabalho, pode-se perceber que a tecnologia social proposta de filtração em múltiplas etapas (FIME) tem melhores resultados que a filtração em múltiplas camadas (FMC), além de uma maior vazão de filtração, sendo está mais indicada para um sistema de tratamento de água

domiciliar ou até mesmo comunitária. Em contrapartida, o sistema FIME tem uma maior complexidade de construção, é mais onerosa, necessita de energia elétrica na comunidade, além de algum conhecimento prático de montagem de sistemas hidráulico domiciliar. Uma pessoa com pouco conhecimento prático de instalações hidráulicas leva em média de 2 a 3 dias para montagem do sistema FIME, enquanto utilizaria aproximadamente 4 a 8 horas para montagem do sistema FMC, em compensação, devido à baixa vazão do sistema FMC, a lavagem dos elementos filtrantes deste dura em média 2 dias, enquanto no sistema FIME esta lavagem dura em torno de 4 horas.

Várias são as desvantagens do sistema FMC, entre elas temos: a baixa vazão, sendo necessário mais de 15 horas para completar 20 litros de água tratada; dificuldade de lavagem dos elementos filtrantes devido à baixa vazão e baixa eficiência de tratamento da água quando comparado com o sistema FIME. Desta forma, neste trabalho ficou claro que não é aconselhado a montagem do sistema domiciliar de filtragem em múltiplas camadas, sendo que, para situações em que a comunidade não dispõe de energia elétrica, o mais adequado é o pequeno filtro de múltiplas camadas feito em garrafa PET, conforme pode ser verificado no trabalho de Santos *et al.* (2023).

Agradecimentos

L. O. Santos agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de doutorado sanduíche processo Nº 88881.690128/2022-01. Agradece ao IFS pelo processo de afastamento Nº 23288.000359/2021-46 para o curso de doutorado.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7353:2014: Soluções aquosas - Determinação do pH com eletrodos de vidro. Rio de Janeiro.
- Agra, Ticiane Ayres; Ferreira, Ângelo Thomás Pimentel; Souza, Victor Cantalice de; Barboza, Marcio Gomes; Lima, Luciano Lopes. Uso do Filtro lento na potabilização de água de Chuva. In: XIVTH IWRA World Water Congress, 14., 2011, Pernambuco. PAP006035 - Uso Do Filtro Lento Na Potabilização De Água De Chuva. Recife: Iwra, 2011. p. 1-20. Disponível em: <https://iwra.org/member/congress/resource/PA-P00-6035.pdf>. Acesso: 09 mai. 2022.
- Agra, C.A. (2009) Tratamento de águas residuárias domésticas em reatores de biomassa dispersa e biomassa aderida Dissertação (Mestrado) - Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba/Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. Disponível em: https://silo.tips/queue/clelia-de-almeida-agra?&queue_id=-1&v=1652102630&u=MTM4LjEyMi44Ni4xMTQ=. Acesso: 09 mai. 2022.
- APHA (1992) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF), Washington DC.
- Balbinoti, JA, Beghetto, C., Silva, LN, Coral, LA, & De Jesus Bassetti, F. (2018). Uso de sementes de *Moringa oleifera* como agente coagulante para o tratamento de água. Revista Brasileira De Geografia Física. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.5.p1748-1760>. Acesso: 22 mai. 2022
- BRASIL. Projeto de Lei nº 111, de 2011. Institui A Política Nacional de Tecnologia Social. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/99555>. Acesso: 22 mai. 2022
- BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021. Portaria Gm/MS Nº 888. Brasil, Brasília, 07 maio 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso: 22 mai. 2022
- BRASIL, Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Banco De Dados Meteorológicos Do Inmet. Instituto Nacional De Meteorologia, Brasil, 2022. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso: 22 mai. 2022
- Camacho, FP, Teixeira, MR, & Bergamasco, R. (2017b). O uso da *Moringa oleifera* como coagulante natural no tratamento de águas superficiais. Chemical Engineering Journal , 313 , 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.12.031>. Acesso: 18 jul. 2022
- Di bernardo, L.; Brandão, C. C. S.; Heller, L. Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas. Rio de Janeiro: ABES, 1999. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/aguas_de_abastecimento.pdf . Acesso: 22 mai. 2022
- Dzuvor, C. K. O., Pan, S., Amanze, C., Amuzu, P., Asakiya, C., & Kubi, F. (2021). Bioactive components from *Moringa oleifera* seeds: production, functionalities and applications – a critical review. Critical Reviews in Biotechnology, 42(2), 271–293. <https://doi.org/10.1080/07388551.2021.1931804>. Acesso: 25 abr. 2023
- Freitas, Ana Maria Araújo de *et al.* Tratamento de água por adsorção contaminada com bactéria *Pseudomonas aeruginosa* usando bucha vegetal: análise da influência de ph, massa de adsorvente e agitação no processo. in: congresso brasileiro de gestão ambiental e sustentabilidade, 3., 2015, João Pessoa. Anais [...] . [S.L.]João Pessoa: Congestas, 2015. v. 3, p. 766-771. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2015/trabalhos/pdf/congestas2015-et-07-016.pdf>. Acesso: 10 jun. 2022
- Huisman, L.; Wood, W. E. Slow sand filtration. Geneva, Belgium: World Health Organization, 1974. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/38974/9241540370.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 de mai. 2022.
- Lima, N. M. de Aplicação de *Moringa oleifera* no tratamento da água com turbidez, 2015. Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria Acadêmica. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2015. 56 páginas.
- Madrona, GS, Da Silva Scapim, MR, Tonon, L. a. C., Reis, MG, Paraíso, CM, & Bergamasco, R. (2017). Uso da *Moringa oleifera* em um Processo Combinado de Coagulação-filtração para Tratamento de Água. Chemical Engineering Transactions, 57, 1195–1200.

- <https://doi.org/10.3303/cet1757200>. Acesso: 10 jun. 2022.
- Nordmark, BA, Bechtel, TM, Riley, JG, Velegol, D., Velegol, SB, Przybycien, TM, & Tilton, RD (2018). Adsorção de Proteína de Semente de *Moringa oleifera* à Sílica: Efeitos da Dureza da Água, Fracionamento e Extração de Ácidos Graxos. *Langmuir*. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.8b00191>. Acesso: 12 set. 2022
- Oladoja, NA, & Zhao, X. (2015). Modificação do solo/areia local com extratos de *Moringa oleifera* para remoção eficaz de fluorescências de cianobactérias. *Química e Farmácia Sustentáveis*, 2, 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2015.08.003>. Acesso: 10 jun. 2022
- Oliveira, N. L., Nascimento, K. B., De Oliveira Gonçalves, B., Miranda, C. R., & Da Costa, A. P. (2018). Tratamento de água com moringa oleífera como coagulante/floculante natural. *Revista FAEMA*, 9(1), 373. <https://doi.org/10.31072/rcf.v9i1.539>. Acesso: 25 jan. 2023
- Santos, Luam de Oliveira. Alimentação De Caldeiras Industriais Por Água De Chuva: Uma Análise Da Viabilidade Técnica E Econômica. 2016. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. Cap. 5. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/9145/2/arquivototal.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2022.
- Santos, L., Sousa, I. F., Barbosa, S.A., & Silva, G.F., (2023). Análise da Eficiência de Diferentes Biomassas no Tratamento da Água "Barreiro Trincheira" para Consumo Humano. *Revista De Gestão Social E Ambiental - RGSA*, 17 (1), e03000. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n1-025>. Acesso: 25 jan. 2023
- Silveira, L. Ramos; Coutinho, M. Moreira. Utilização de Filtro de Múltiplas Camadas para remoção de Turbidez. *Revista Tecnica - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG: MEIO AMBIENTE*, Goiânia, v. 1, n. 2, p. 65-78, 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/60475901-Utilizacao-de-filtro-de-multiplas-camadas-para-remocao-de-turbidez.html>. Acesso em: 07 nov. 2022.
- Silva, Marcelo; Paterniani, José; Francisco Adriana; SILVA, Gabriela. Aplicação de sementes de *Moringa oleifera* como auxiliares de pré-filtração em sistemas de pré-filtração em etapas. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, Brasília, DF, 8.4, 30 12 2011. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=732> Acesso em: 28 08 2022.
- De Souza, A. P. R., & Pozzebon, M. (2020). Práticas e mecanismos de uma tecnologia social: proposição de um modelo a partir de uma experiência no semiárido. *Organizações & Sociedade*, 27(93), 231–254. <https://doi.org/10.1590/1984-9270934>. Acesso: 09 dez. 2022
- Valverde, KC, De Souza Paccola, EA, Pomini, AM, Yamaguchi, NU, & Bergamasco, R. (2018b). Tratamento de água combinado com extrato natural de *Moringa oleifera* Lam e coagulante sintético. *Revista Ambiente & Água*, 13 (3), 1. <https://doi.org/10.4136/ambiagua.2135>. Acesso: 20 mai. 2022.
- Veras, LRV, & Di Bernardo, L. (2008b). Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas - FIME. *Engenharia Sanitária E Ambiental*, 13 (1), 109–116. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522008000100014>. Acesso: 13 abr. 2022
- Vieira, M.E.A.G.; de Siqueira, E.Q.; Brandão, C.C.S.; Campos, L.C. Avaliação da Filtração em Múltiplas Etapas para Remoção de Turbidez de Águas Superficiais. In: Congresso De Pesquisa, Ensino E Extensão Da UFG - CONPEEX, 2., 2005, Goiânia. Anais eletrônicos do XIII Seminário de Iniciação Científica [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2005. n.p. Disponível em: https://projetos.extras.ufg.br/conpeex/2005/porta_arquivos/outras/MariaEulinaAiresGon%C3%A7alvesVieira_Filtra%C3%A7%C3%A3oemM%C3%BAltiplasEtapasparaRemo%C3%A7%C3%A3odeTurbidezde%C3%81guas_494.pdf. Acesso: 3 set. 2022.