



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

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



Tecnologia social de tratamento de água utilizando FIME com biomassa de *Moringa oleífera* e bucha vegetal

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

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 Dr. 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 Dr. 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 Dr. 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>.

Artigo recebido em 22/12/2022 e aceito em 09/04/2023

RESUMO

O problema de pesquisa é tornar a água de um barreiro trincheira, de péssima qualidade para consumo humano, em uma água de qualidade e segura para seu consumo utilizando técnicas simples e que possam ser replicadas pela comunidade. 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, além de ser 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. A hipótese desse projeto é: 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. Este projeto tem como objetivo a construção e avaliação de uma tecnologia social de tratamento de água utilizando a MO e a bucha vegetal em sistema de filtração em múltiplas etapas (FIME) domiciliar. O projeto será 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 redução de até 97,66% da turbidez, 99,52% na cor aparente, 100% nos coliformes totais e *Escherichia coli* entre a água bruta e a água após o tratamento proposto.

Social technology of water treatment using multi-step filtrations with *Moringa oleífera* and vegetable loofah biomass

ABSTRACT

Our research problem is to make the water from a “barreiro trincheira”, of poor quality for human consumption, safe and quality water through simple techniques. These techniques must be easily replicated by the local community. *Moringa oleífera* (MO) is a promising alternative to coagulating agents, indicated to the water treatment systems and the clarification process, in addition to being biodegradable. That justifies the study of MO as a social technology for riverside populations to treat water simply and effectively. Our hypothesis is: our water treatment system using MO seed coagulation and multi-step filtration with MO biomass and vegetable loofah can effectively treat “barreiro trincheira” water for human use and consumption. We aimed to build and evaluate a social technology for water treatment using MO and vegetable loofah in a multi-stage filtration system (FIME) at riverside populations’ houses. We carried out this research in partnership between UFS and IFS, where we analyzed raw water and water after treatments. We analyzed pH, apparent color, turbidity, total hardness, calcium hardness, magnesium hardness, chlorides, sodium, lithium, and potassium, besides microbiological analyses of total coliforms and *Escherichia coli*. As a result, we can see a reduction of up to 97.66% in turbidity, 99.52% in apparent color, 100% in total coliforms and *Escherichia coli* comparing raw water and the water after the proposed treatment.

Introdução

O projeto 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 além de 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 Dzuovor *et al.* (2021) a utilização *Moringa oleífera* Lam (MO) apresenta-se como uma gama de potenciais benefícios para saúde humana com propriedades anticancerígenas, antidiabéticas, antioxidantes, anti-inflamatórias e 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 oleífera* (MO) como alternativa para tratamento da água para consumo humano.

A hipótese deste artigo é: Um sistema de tratamento de água utilizando coagulação com semente de MO e filtração em múltiplas etapas com biomassa de *Moringa oleífera* e bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) é eficaz no tratamento da água de barreiro trincheira para uso e consumo humano.

Em pesquisa de revisão feita por Yamaguchi *et al.* (2021) mostra que a MO tem potencial de uso como auxiliar de floculação, reduzindo o uso de coagulantes químicos e tendo bons resultados de remoção, além do seu uso como adsorvente, com potencial para remoção de diversos contaminantes da água. Além disso, em pesquisa desenvolvida por Santos *et al.* (2023) verificou-se o grande potencial da MO e bucha vegetal como biomassas adsorventes para adicionar em filtros lentos para tratamento de água.

Pesquisas como a de Aziz *et al.* (2021), confirmam a capacidade de adsorção da MO em íons de Pb^{2+} em até 81%, Ni^{2+} em até 98% e Cd^{2+} em até 61%.

Este projeto tem como objetivo a construção e avaliação de uma tecnologia social de tratamento de água utilizando a MO e a bucha vegetal em sistema de filtração em múltiplas etapas (FIME) domiciliar.

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. Além de resultados com tratamento de efluentes propostos por Desta e Bote (2021) com reduções de até 98% de turbidez e 90,76% de cor.

Ainda com tratamentos de águas residuais, pesquisas realizadas com Varsani *et al.* (2022) demonstram um grande potencial da MO, obtendo significativas reduções de turbidez, cor, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio).

A bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) é um fruto encontrado em todo território brasileiro, popularmente conhecida como esponja vegetal, bucha de metro, 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, 2015).

Referencial teórico

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

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

A *Moringa oleífera* Lam (MO) é 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).

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. (Madrona *et al.*, 2017).

Ela possui ativos biocoagulantes ativos que podem ser utilizados no tratamento de clarificação da água, 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.

A bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) é um fruto encontrado em todo território brasileiro, popularmente conhecida como esponja vegetal, bucha de metro, esfregão, maxixe do mato, entre outros nomes. Ela é pertencente à mesma família do melão, melancia, pepino e abóboras.

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. (Veras; Di Bernardo, 2008, p. 109) e (Vieira *et al.*, 2005).

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, p. 22).

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 métodos

Este projeto 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 recipiente 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

Foram 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.

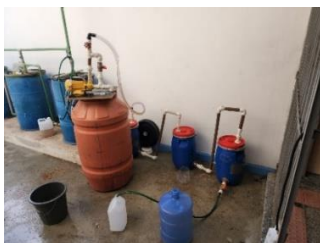


Figura 2. Sistema de FiME domiciliar montado para experimentos.

No recipiente do filtro grosseiro utilizou-se 20 cm de brita grossa (Nº 2) (3/4"-19.05mm) na

parte superior e 20 cm de brita fina (Nº0) (aproximadamente 5mm) na parte inferior.

No recipiente filtro lento, foi utilizado uma camada suporte de brita grossa na parte inferior de 10cm 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, como pode ser visto na figura 3, como utilizado por Agra (2009), na parte superior.

Estas quantidades de MO e bucha vegetal foram utilizadas baseadas no estudo de 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 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.



Figura 3. (A) Torta da *moringa oleífera* seca; (B) Bucha vegetal cortada.

Na tabela 1 encontramos a lista de material utilizada na construção do FIME assim como o custo de cada material.

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

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Tubo 32mm	3 m	29,90	29,90
Flange 32mm	3 und.	25,60	76,80
Flange 25mm	3 und.	13,90	41,70
Joelho 32mm	8 und.	5,70	45,60
Registo esfera 32mm	3 und.	28,70	86,10
Tê 32mm	2 und.	9,90	19,80
Bomba centrífuga ½ cv	1 und.	189,00	189,00
União Roscável 32mm	5 und.	16,90	84,50
União Roscável 25mm	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 32mm	2 und	4,30	8,60
Adaptador para mangueira 20mm	1 und.	1,85	1,85
Bombona 220 litros	1 und.	120,00	120,00
Bombona 30 litros	3 und.	40,00	120,00
Niple 32mm	11 und.	3,40	37,40
Niple 25mm	3 und.	1,64	4,92
Luva Redução 32x25mm	3 und.	2,90	8,70
Luva Redução 32x20mm	1 und.	3,19	3,19
Válvula de Retenção para poço 32mm.	1 und.	50,00	50,00
Valor Total:			R\$ 981,45

Análises Físico Químicas e Microbiológicas

Foi efetuada 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 verifica-se na tabela 2.

Tabela 2. 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	(μ S)/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 2,5mm até a obtenção de uma farinha fina, conforme figura 4.

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

agitação rápida em 299 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 analisado os parâmetros de cor aparente e turbidez. Como podemos verificar na tabela 3 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 4. Processo de beneficiamento da semente de moringa para obtenção do coagulante em pó.

Tabela 3. Resultados do Jar Test

	0,6 g/L		0,8 g/L		1,0 g/L	
	Turbidez (NTU)	Cor (UC)	Turbidez (NTU)	Cor (UC)	Turbidez (NTU)	Cor (UC)
	31,8	72,1	28,3	63,2	30,9	68,6
	31,8	72,3	28,3	63,2	30,9	68,8
	31,7	72,1	28,3	62,7	30,9	68,7
média	31,77	72,17	28,3	63,03	30,9	68,7

Resultados e discussão

Primeiramente apresentar-se-á a caracterização físico-química de pH, cor e turbidez da água bruta; água coagulada; água da cisterna de placa, que eles utilizam para consumo humano; água após o processo de tratamento FIME; água coagulada e depois filtrada no filtro de barro com

vela com carvão ativado e prata coloidal; e água após o tratamento FIME, posterior cloração com 20 ppm de Hipoclorito de Sódio e filtração no mesmo filtro de barro, conforme tabela 4 a seguir.

Tabela 4. Caracterização físico-química das amostras.

Amostra	Cor	Turbidez	pH
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
Cisterna de Placa	11,11±0,06	0,10±0,00	9,03±0,04
FIME	33,68±0,19	11,86±0,02	6,40±0,06
Coagulada + Filtro de Barro	32,47±0,02	12,16±0,42	7,51±0,04
FIME + Filtro de Barro	9,00±0,01	8,98±0,02	8,80±0,06
Limites GM/MS Nº 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 Desta e Bote (2021) que obteve redução de 99,5% de turbidez e 97,7% de cor em águas básicas e 98% de turbidez e 90,76% de cor em águas ácidas. Foram compatíveis também com resultados encontrados por Madrona *et al.* (2017) que também obteve redução de aproximadamente 99% de cor e turbidez 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. Estes resultados variam, pois, vários são os fatores que afetam a atividade coagulante da MO principalmente o pH e a turbidez inicial da água bruta, que determinam o nível de interação entra as partículas.

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 utilizando somente o filtro lento de areia, enquanto no trabalho de Silveira e Coutinho (2016) mostram uma redução média de 66,9% na remoção da turbidez, também utilizando somente o filtro lento de areia. Esses valores dependem da turbidez inicial da água bruta, sendo que para que a filtração lenta tenha bons resultados é necessário que a turbidez inicial da água seja abaixo de 10 NTU.

Nesta pesquisa, o tratamento combinado de coagulação/floculação com FIME reduziu a turbidez em 96,91% e 98,19% de cor aparente, enquanto o tratamento combinado de coagulação/floculação, FIME e microfiltração em filtro de barro reduziu a turbidez em 97,66% e a cor aparente em 99,52%, condizente com as pesquisas de processo combinado de coagulação/floculação com a microfiltração realizada por Paixão *et al.* (2020) que obteve redução dos parâmetros da água contaminada com corante têxtil superior a 95%. A seguir apresentar-se-á os gráficos e informações mais detalhadas a respeito dos parâmetros de cor, turbidez e pH.

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 5 a seguir.

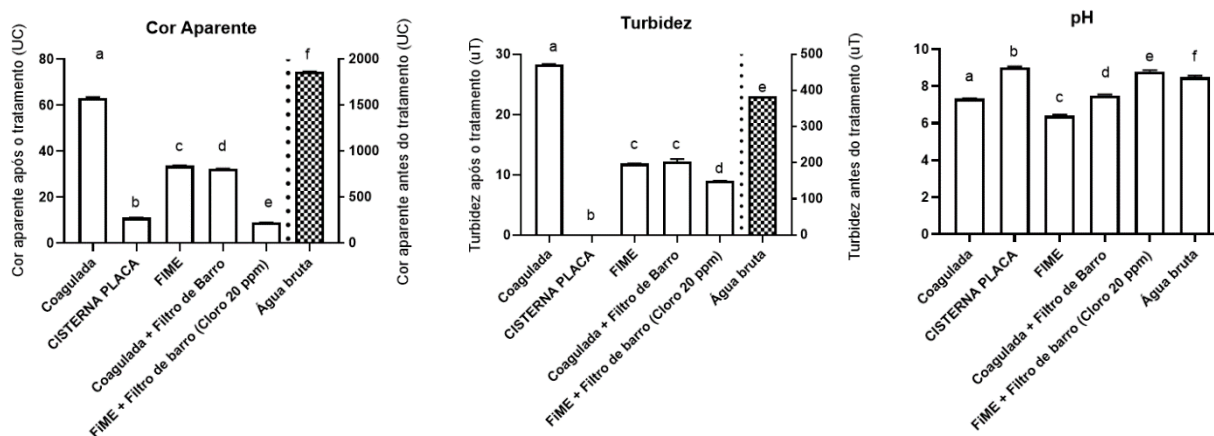


Figura 5. Gráficos de cor aparente, turbidez e pH das amostras.

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, porém, é evidente que estes valores eram superiores ao da água da cisterna de placa que é consumida pela população.

Por isto, utilizou-se o filtro de barro com vela contendo carvão ativado e prata coloidal, que é uma tecnologia de ampla utilização pela comunidade para o tratamento da água, assim como a desinfecção por hipoclorito de sódio.

Fica perceptível também que somente o filtro de barro utilizado diretamente após a coagulação não é eficaz no tratamento da água, obtendo-se parâmetros muito próximos aos encontrado na filtração em múltiplas etapas após a coagulação, sendo que não houve diferenças estatisticamente significativas na turbidez e na cor aparente a água coagulada e posterior filtrada no

filtro de barro tem cor aparente 3,59% menor que a água proveniente diretamente do FIME.

Porém, quando utilizamos a desinfecção com hipoclorito de sódio e o filtro de barro posterior ao tratamento no FIME obtemos alta eficiência no tratamento, com redução de 73,28% da cor aparente e 24,28% da turbidez, quando comparamos com a água proveniente diretamente do FIME.

Comparando com a água da cisterna de placa, que é aquela consumida pela população, temos que a água tratada pela tecnologia social combinada de coagulação/floculação natural com semente de MO, filtração FIME e microfiltração em filtro de barro com desinfecção por hipoclorito de sódio, possui 18,00% menos de cor aparente e turbidez mais elevada, sendo este o único parâmetro que está acima do recomendado pela portaria GM/MS N° 888 de 2021 para potabilidade.

Tendo em vista que a turbidez é um parâmetro estético e este não necessariamente quer dizer que a água é ou não segura para consumo, prosseguimos para as análises físico-químicas e microbiológicas da água.

Após feita a caracterização inicial, apresentaremos a tabela 5 a seguir com os resultados das análises físico-químicas após o tratamento proposto. Para melhor discussão dos resultados, os mesmos serão apresentados agrupados.

Tabela 5. Resultados das Análises Físico-Químicas

	Água Bruta	Coagulada	Cisterna de Placa	FIME	Coagulada + FB	FIME + Cl ₂ + FB	Limites
Dureza Total	39,13±1,91	36,43±3,31	86,36±1,91	130,89±1,90	90,41±1,90	130,88±3,81	500 mg/l CaCO ₃
Dureza Cálcio	18,89±1,91	16,54±3,34	58,02±1,91	62,07±1,91	46,55±1,65	65,44±0,95	
Dureza Magnésio	20,24±3,31	19,89±0,49	28,34±0,00	68,81±0,00	43,85±0,95	65,44±3,44	
Cloretos	74,92±5,56	72,66±3,21	27,25±0,00	55,63±1,60	68,12±0,00	56,77±3,21	250 mg/l
Condutividade	243,31±1,99	250,30±1,73	130,48±0,47	290,55±1,22	399,45±0,61	439,37±4,01	1000 mg/l (STD)
Sódio	11,53±0,53	10,77±0,63	2,80±0,16	16,50±0,08	17,70±0,22	22,40±0,33	200 mg/l
Lítio	0,21±0,00	0,18±0,00	0,09±0,00	0,04±0,00	0,03±0,00	0,04±0,00	
Potássio	20,17±0,05	18,43±0,29	5,43±0,37	6,50±0,00	37,32±0,05	35,13±0,19	

Legenda: FB: Filtro de Barro

Dureza Total, Dureza de Cálcio e Magnésio

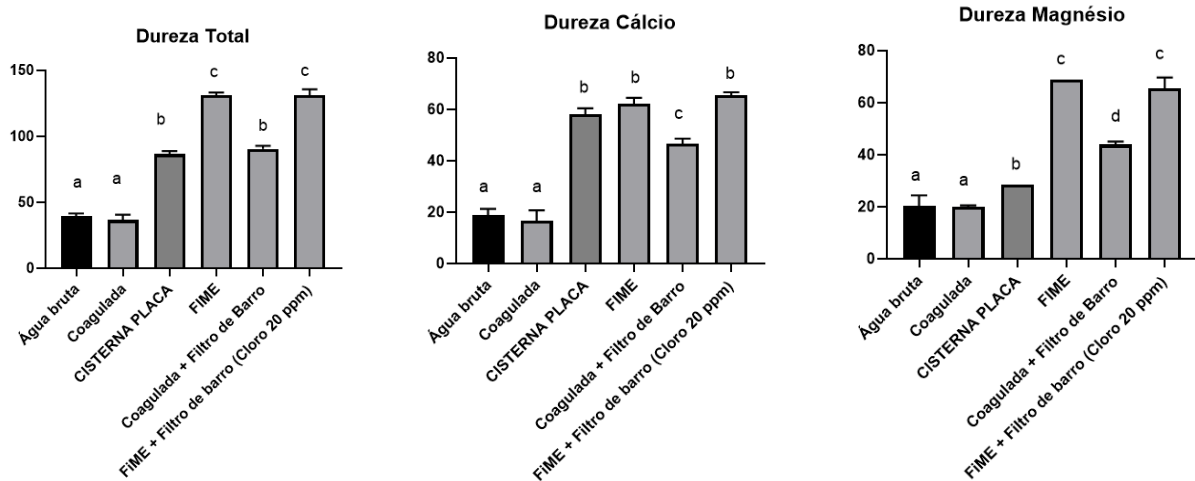


Figura 6. Gráficos de dureza total, dureza de cálcio e dureza de magnésio.

Com estes resultados, 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 estatisticamente na dureza da água.

Contudo, o sistema FIME contribui 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, pode-se perceber também que o filtro de barro também contribui para o aumento da dureza da água, porém em menor quantidade que o FIME. (Huisman & Wood, 1974)

Percebe-se também que o filtro de barro não reduziu significativamente a dureza total, nem de cálcio nem de magnésio da água tratada pelo FIME.

Essas elevações na dureza total também podem ser evidenciadas no trabalho de Agra *et al.* (2011) onde, após a filtração lenta, os valores de Cloretos e Condutividade

dureza total da água bruta também houve aumentos significativos.

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 Nº 888 de 2021 para potabilidade.

Quando comparamos os valores da água consumida pela população, a da cisterna de placa, proveniente de água pluvial, vemos que a dureza é mais elevada que a dureza da água bruta e coagulada, porém, inferior à dureza da água bruta após o tratamento. Percebe-se também que a dureza de cálcio influencia em maior quantidade que a dureza de magnésio à dureza total da água da cisterna de placa, ao ponto que a dureza de magnésio não há diferenças significativas entre a água da cisterna, do FIME e do sistema combinado de FIME e filtro de barro. Resultados próximos para a água da chuva podem ser evidenciados em Santos (2016) onde percebe-se que a influência do cálcio em águas pluviais de Sergipe na captação direta é maior que a influência do magnésio.

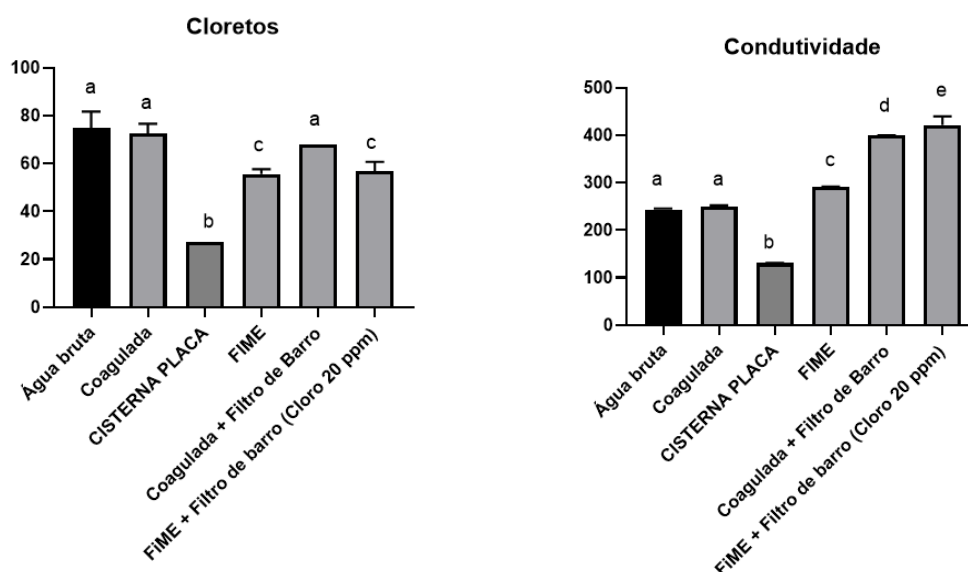


Figura 7. Gráficos de cloretos e condutividade.

Com estes resultados, pode-se perceber claramente que o FIME reduz significativamente a quantidade de cloretos da água bruta, reduzindo estes em 25,74%, enquanto a coagulação e o filtro

de barro não são eficientes na redução de cloretos da água.

Todas as amostras apresentam quantidade de cloretos inferior ao limite 250 mg/l recomendado pela portaria GM/MS Nº 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 sendo a biomassa de MO a responsável pela redução na quantidade de cloretos no tratamento.

Assim como em Santos (2016) a quantidade de cloretos na água pluvial armazenada na cisterna de placa contem baixos valores de cloretos, mesmo comparando com as outras amostras após o tratamento.

Em relação a condutividade, percebe-se que a coagulação com a semente de MO não interfere significativamente também neste parâmetro, porém, percebe-se que o FIME e o filtro de barro contribuem para a elevação deste parâmetro.

Em estudos com coagulantes naturais à base de MO em tratamento de águas residuais realizados por Varsani *et al.* (2022) percebe-se elevação na condutividade elétrica submetidas aos coagulantes naturais, devido aos minerais e compostos inorgânicos que se dissolvem na água.

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

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. Dessa forma, pode-se melhor identificar a influência destas biomassas na variação destes íons analisados.

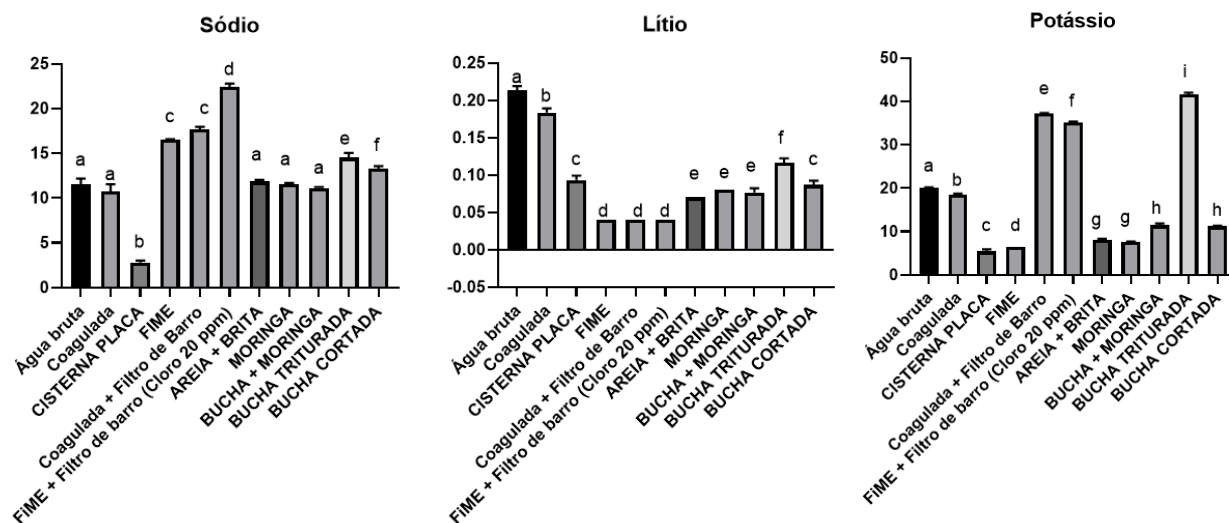


Figura 8. Gráficos de Sódio, Lítio e Potássio.

Em relação ao Sódio, percebe-se que: a coagulação não altera significativamente a quantidade de sódio da água; o sistema de FIME proposto contribui 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; também percebe-se neste gráfico do sódio que o filtro de barro também contribui para a elevação deste íons na água, como pode ser verificado na elevação do sódio na água coagulada após a filtração no filtro de barro e também sua contribuição na água proveniente do FIME e filtrada posteriormente no filtro de barro, obtendo assim o valor mais elevado de sódio entre as amostras analisadas.

Todas as amostras analisadas tiveram valores de sódio muito inferiores ao limite 200 mg/l recomendado pela portaria GM/MS Nº 888 de 2021 para potabilidade.

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

O filtro de barro reduz significativamente a quantidade de lítio em 77,78% em relação à água coagulada, porém em relação à água tratada pelo FIME e posteriormente filtrada no filtro de barro, houve redução, mas não significativa do ponto de vista estatístico, o que mostra que quanto menor a quantidade de lítio, menor é a eficiência de sua remoção pelo filtro de barro.

O sistema de FIME também obteve uma redução significativa de lítio, reduzindo em 77,78% quando comparada com a água coagulada.

Em relação ao potássio, percebe-se que: a coagulação reduz, mesmo que pouco, porém significativa 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 filtro de barro contribui muito significativamente para o aumento de potássio em 102,50%.

Outra informação muito importante que podemos perceber com este 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 tem uma interação muito maior com a água durante o tratamento, de forma que aumenta muito mais significativamente a quantidade de potássio na água após o tratamento.

Como na portaria GM/MS Nº 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.

Tabela 6. Resultados das Análises Microbiológicas

	B _{ruta}	Cisterna de Placa	FIME	Coagula da + FB	FIME + Cl ₂ + FB	Limites
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	>1600	430	>1600	>1600	Ausente	Ausente
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	>1600	Ausente	>1600	>1600	Ausente	Ausente
Cloro Livre (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2	0,5 a 2,0 mg/L

Legenda: NMP: Número mais provável.

Pesquisas realizadas por Santos *et al.* (2023) demonstram a capacidade da MO em remoção da matéria orgânica no tratamento com filtração lenta.

Em pesquisas com tratamentos de efluentes realizada por Desta e Bote (2021), a MO foi capaz de reduzir por adsorção 65,8% da DQO da água.

Analizando-se a tabela 5 acima, verifica-se que nenhum dos sistemas de tratamento proposto, sem a desinfecção por uso do hipoclorito de sódio, foram eficazes a 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 segura para consumo humano, com todos os parâmetros, com exceção da turbidez e cloro livre, dentro dos parâmetros que constam na portaria GM/MS Nº 888 de 2021.

Considerações Gerais e Análise de Vazão do Tratamento.

Durante a realização da pesquisa, percebeu-se que é necessário uma significativa quantidade de água para lavagem dos elementos filtrantes após a montagem do FIME e por isso propõe-se que esta água utilizada na lavagem seja armazenada para utilização na irrigação. Dessa forma, propõe-se que este sistema 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'águas, sendo uma caixa 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, sendo posteriormente necessária a sua substituição, recomenda-se que, após a lavagem do FIME, o mesmo seja utilizado para o tratamento de toda a água bruta 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 como adubo.

A vazão do tratamento FIME foi de 150 litros por hora e, portanto, pode ser facilmente utilizado para abastecimento familiar ou comunitário, sendo capaz de tratar uma caixa d'água de 1500 litros em apenas 10 horas de funcionamento.

Conclusões

Este trabalho teve seu objetivo atingido pois percebe-se que a tecnologia social proposta de filtração em múltiplas etapas é capaz de tornar a água de barreiro trincheira própria para uso humano e com posterior desinfecção com hipoclorito de sódio e microfiltração em filtro de barro com elemento filtrante contendo carvão ativado e prata coloidal, é possível também tornar a água de barreiro trincheira em uma água segura para consumo humano. Ao final de todo processo, obteve-se uma redução de 100% dos coliformes totais, 100% da *Escherichia coli*, 99,52% da cor aparente, 97,66% da turbidez. Todos os equipamentos e sistemas utilizados na construção, montagem e tratamento da água são conhecidos e de fácil acesso pela comunidade.

A água tratada pelo FIME já está totalmente apta para uso humano como banho, irrigação, hidratação de animais e outros usos não potáveis, sendo que a água para ser consumida deve ser tratada posterior ao tratamento FIME com o hipoclorito de sódio e o filtro de barro.

Como recomendação de trabalhos futuros, propomos que seja analisada o uso de carvão ativado feito com a biomassa já utilizada no FIME de MO para auxiliar na redução da turbidez da água sem a necessidade do uso do filtro de barro.

Além disto, propomos o estudo de outras finalidades desta biomassa degradada no tratamento da água como alimentação de animais e produção de cogumelos.

Agradecimentos

Agradece ao IFS (Instituto Federal de Sergipe) pelo processo de afastamento Nº 23288.000359/2021-46 para o curso de doutorado.

Referências

- Agra, Ticiana 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.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7353:2014: Soluções aquosas - Determinação do pH com eletrodos de vidro. Rio de Janeiro.
- Aziz, N. F. A., Jayasuriya, N., Fan, L., & Al-Gheethi, A. (2021). A low-cost treatment system for underground water using *Moringa oleifera* seeds and Musa cavendish peels for remote communities. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 96(3), 680–696. <https://doi.org/10.1002/jctb.6581>. Acesso: 25 abr. 2023
- 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, Brasília, 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
- Desta, W. M., & Bote, M. E. (2021). Wastewater treatment using a natural coagulant (*Moringa oleifera* seeds): optimization through response surface methodology. *Heliyon*, 7 (11), e08451. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08451>. Acesso: 25 abr. 2023
- 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
- Dzuovor, 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: 10 jun. 2022
- Lima, N. M. 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 florescências de cianobactérias. *Química e Farmácia Sustentáveis*, 2, 37–43.
<https://doi.org/10.1016/j.scp.2015.08.003>. Acesso: 10 jun. 2022
- Paixão, RM, Reck, IM, Da Silva, L. a. F., Takaoka, A. a. B., Bergamasco, R., & Vieira, MLC (2020b). Descoloração de água contaminada com corante têxtil através de um processo combinado de coagulação/floculação e separação por membrana com diferentes coagulantes naturais extraídos de *Moringa oleifera* Lam. sementes. *Jornal Canadense de Engenharia Química*.
<https://doi.org/10.1002/cjce.23932>. Acesso: 25 abr. 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: 25 out. 2023
- 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 abr. 2023
- Silveira, Leonardo Ramos da; Coutinho, Maycol Moreira. Utilização de Filtro de Múltiplas Camadas para remoção de Turbidez. *Revista Tecnia - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG: Meio Ambiente*, Goiânia, 1, 65-78, 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/60475901-Utilizacao-de-filtro-de-multiplas-camadas-para-remocao-de-turbidez.html>. Acesso: 20 ago. 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/ambi-agua.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%A3oe mM%C3%BAltiplasEtapasparaRemo%C3%A7%C3%A3odeTurbidezde%C3%81guas_494.pdf. Acesso: 3 set. 2022
- Yamaguchi, NU, Cusioli, LF, Quesada, HB, Ferreira, MEC, Fagundes-Klen, MR, Vieira, AT, Gomes, RG, & Bergamasco, R. (2021b). Uma revisão das sementes de *Moringa oleifera* no tratamento de água: tendências e desafios futuros. *Chemical Engineering Research & Design*, 147, 405–420.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.09.044>. Acesso: 25 abr. 2023