



Fundação Universidade Federal do ABC

Pró reitoria de pesquisa

Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha, Santo André/SP, CEP 09210-580

Bloco L, 3ºAndar, Fone (11) 3356-7617

iniciacao@ufabc.edu.br

Projeto de Iniciação Científica submetido  
para avaliação no Edital: 04/2022.

**Título do projeto:** Desempenho de extratos de sementes de *Moringa oleifera* imobilizados em esferas de alginato de sódio no processo de clarificação de água

**Palavras-chave do projeto:** biopolímero; coagulação; coagulantes naturais; tratamento de água; tratamento de águas residuárias.

**Área do conhecimento do projeto:** saneamento básico; tratamento de água; tratamento de efluentes

## Sumário

1 Resumo.....	3
2 Introdução e Justificativa .....	3
3 Objetivos .....	4
3.1 Objetivo Geral .....	4
3.2 Objetivos específicos.....	4
4 Metodologia .....	5
4.1 Produção das Esferas .....	5
4.2 Preparo da Água Bruta Sintética .....	6
4.3 Ensaio de Clarificação .....	6
5 Viabilidade.....	7
6 Cronograma de atividades .....	8
Referências.....	8

## 1 Resumo

O uso de coagulantes naturais no tratamento de águas e efluentes é uma alternativa considerada sustentável, com uso de fontes renováveis e que apresentam biodegradabilidade, gerando resíduos de mais fácil destinação final. A *Moringa oleifera* é uma destas alternativas, com sementes que apresentam propriedades coagulantes e adsorventes. Por se tratar de um produto orgânico, um dos aspectos desfavoráveis ao uso de tal produto é a sua baixa estabilidade durante o armazenamento e a possibilidade de residual de matéria orgânica na água tratada. Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho do extrato de sementes de *Moringa oleifera* imobilizado em esferas de alginato de sódio no processo de clarificação de água, condição que podem aumentar a estabilidade do produto e reduzir o aporte de matéria orgânica para a água tratada. Utilizando esferas de alginato de sódio com extrato de *Moringa oleifera* extraído em com água destilada e com solução salina, com e sem liofilização, serão realizados ensaios de coagulação ( $G = 200 \text{ s}^{-1}$  por 30 segundos), floculação ( $G = 20 \text{ s}^{-1}$  por 15 minutos) e decantação (30 e 60 minutos) para avaliação da redução de turbidez ao longo de 6 meses de armazenamento, com realização de ensaios nos dias 0, 1, 7, 14, 21, 30, 60, 90, 120, 150 e 180. O residual de matéria orgânica na água tratada, as dimensões dos flocos formados e o potencial zeta para a água coagulada também serão analisados. Para os coagulantes serão avaliadas a concentração de proteínas e as características morfológicas e de química elementar do material.

## 2 Introdução e Justificativa

Um dos processos utilizados nos tratamentos de água destinada ao consumo humano e de águas residuárias é a clarificação, com uso de coagulantes para desestabilização de partículas e formação de flocos, seguido de decantação. Tal prática envolve consumo de produtos químicos e geração de lodo como resíduo e a sustentabilidade do tratamento depende de fatores como redução de pegadas ambientais e gerenciamento adequado de resíduos. O uso de coagulantes naturais cujas fontes são renováveis, apresentam biodegradabilidade e custo-benefício favorável quando se considera custo para aquisição/produção do produto e destinação dos resíduos (Saleem e Bachmann, 2019) tem sido investigado.

Uma das alternativas é o uso da *Moringa oleifera*, cujas sementes possuem proteínas catiônicas hidrossolúveis responsáveis pelo processo de coagulação e adsorção no tratamento de água e efluentes (Okuda et al., 1999; Baptista et al., 2015; Souza, 2016; Camacho et al., 2017; Ruelas-Leyva et al, 2017; Cusioli et al., 2018; Gandiwa et al., 2020; Nhut et al., 2021),

tendo como vantagem alterações não significativas do pH e geração de lodo biodegradável (Camacho et al., 2017).

Um dos fatores que limitam o uso das sementes de *Moringa oleifera* é a baixa estabilidade do produto, principalmente na forma de extrato aquoso (Katayon et al., 2006; Madrona, 2010; Santos et al., 2021). Mesmo o pó armazenado em ambiente refrigerado mantém a estabilidade nas duas primeiras semanas, perdendo gradativamente a capacidade coagulante nas semanas seguintes (Valverde et al., 2014). A liofilização do produto tem demonstrado resultados promissores (Mohamed et al., 2015; Noor et al., 2015; Silva et al., 2018), com preservação das características do produto por 12 meses (Santos et al., 2021).

Outro aspecto que requer investigação quando se utiliza a *Moringa oleifera* como coagulante é a possibilidade de residual de matéria orgânica na água tratada (Yamaguchi et al., 2021), principalmente no tratamento de água destinado ao consumo humano.

Desta forma, pretende-se investigar se o processo de liofilização contribui para a estabilidade do produto na forma de esferas, considerando que o processo de encapsulamento em esferas de alginato de sódio preserva propriedades funcionais de compostos bioativos (Arriola, 2017) e se o aporte de matéria orgânica após o tratamento é influenciado pelo uso das esferas.

### 3 Objetivos

#### 3.1 Objetivo Geral

- ✓ Avaliar o desempenho do extrato de sementes de *Moringa oleifera* imobilizado em esferas de alginato de sódio no processo de clarificação de água.

#### 3.2 Objetivos específicos

- ✓ Comparar a eficiência dos extratos imobilizados em esferas com e sem processo de liofilização;
- ✓ Analisar se a extração do coagulante em meio salino influencia o desempenho das esferas;
- ✓ Avaliar se o método de extração do coagulante influencia no residual de matéria orgânica na água tratada;
- ✓ Avaliar se a proteína, agente responsável pelo processo de coagulação, sofre degradação durante o período de armazenamento.

## 4 Metodologia

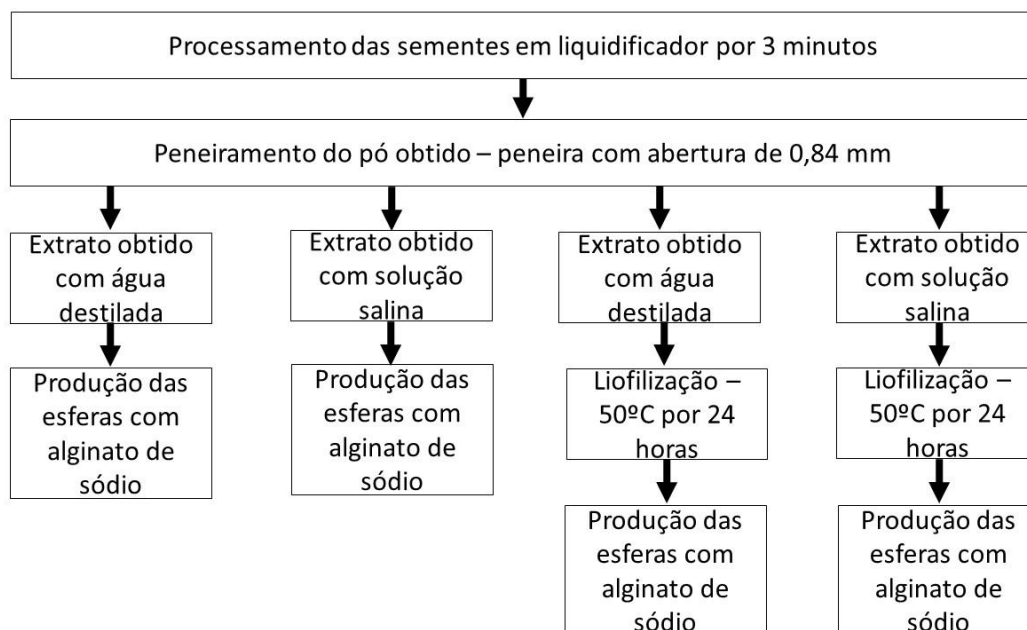
### 4.1 Produção das Esferas

As sementes utilizadas serão colhidas em Campinas - SP. Para o preparo dos extratos as sementes serão descascadas e processadas por 3 minutos em liquidificador e peneiradas (abertura de 0,84 mm) (Arantes et al., 2015).

Serão produzidos dois tipos de extratos aquosos (extração com água destilada e com solução salina) e quatro tipos de esferas produzidas com os extratos aquosos e liofilizados. O preparo do extrato em solução salina eleva a capacidade coagulante se comparado ao preparo em água destilada (Okuda et al., 1999), portanto optou-se por avaliar também o efeito da extração utilizando solução salina tanto para o extrato aquoso como para as esferas.

Os extratos produzidos com água destilada e solução salina de NaCl 1 molar (Nkurunziza et al., 2009) serão preparados adicionando-se 10 gramas do pó in natura em 100 ml de água destilada ou solução salina. Após tal preparo, parte dos extratos serão utilizados para a produção de esferas. As esferas com extrato de *Moringa oleifera* imobilizado serão produzidas com base em métodos descritos por Mahamadi e Zambara (2012); Franco et al. (2013) e Brota (2017). Solução de alginato de sódio (2%) será adicionada ao extrato liofilizados, e após mistura por 24 horas, será feita a conversão da mistura (extrato de MO + alginato de sódio) em esferas a partir do gotejamento da mistura em solução de cloreto de cálcio (0,1 M). Outra alíquota passará pelo processo de liofilização com congelamento dos extratos (-18°C por 24 horas) seguido de liofilização (-50°C por 24 horas) e desintegração com uso de almofariz e pistilo (Silva et al., 2018) para posterior produção de esferas. A Figura 1 representa os principais processos envolvidos na produção das esferas.

**Figura 1:** Processo envolvidos na obtenção das esferas com extratos de sementes de *Moringa oleífera* imobilizados.



#### 4.2 Preparo da Água Bruta Sintética

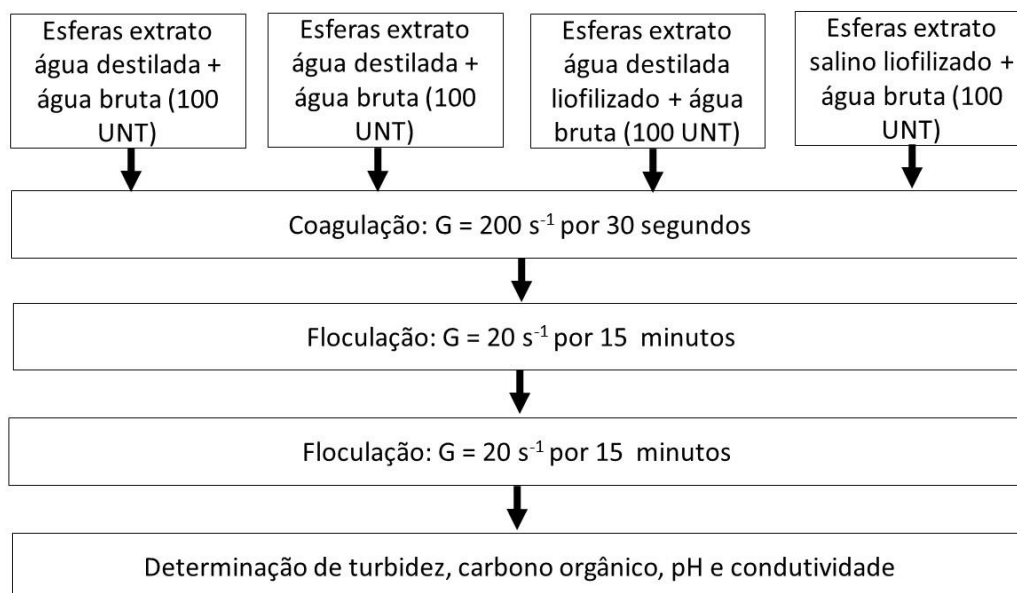
Uma suspensão padrão de água bruta será produzida com adição de 2 gramas de bentonita em 1 litro de água da rede de abastecimento. Tal mistura será mantida em agitação até a completa dissolução da bentonita, e, após 30 minutos de repouso, 750 ml do sobrenadante será coletado para posterior diluição em maior volume de água, de forma a se obter turbidez de aproximadamente 100 UNT.

#### 4.3 Ensaios de Clarificação

As esferas serão testadas por 180 dias (6 meses), com ensaios nos seguintes dias: 0, 1, 3, 7, 14, 21, 30, 60, 90, 120, 150 e 180. Serão efetuados ensaios de coagulação, floculação e decantação em equipamento jar-test. Após a adição da água bruta aos jarros, serão adicionadas esferas que correspondam a uma dosagem aproximada de 50 mg/L (Valverde et al., 2014; Tanaka 2020). Na coagulação será adotado gradiente de velocidade de  $200 \text{ s}^{-1}$  por 30 segundos e na floculação, o gradiente será  $20 \text{ s}^{-1}$  por 15 minutos, conforme descrito por Pritchard et al. (2010). Amostras serão coletadas após 60 minutos de sedimentação para análise de turbidez (turbidímetro AP 2000 Policontrol), pH (phmetro AAKER) e condutividade, conforme descrito pelo Standard Methods (APHA, 2005) e carbono orgânico total (método de oxidação catalítica por combustão - TOC L CPH Shimadzu). Para a água coagulada serão determinados o potencial zeta (Zetasizer NanoZS) e o tamanho e características dos flocos por

microscopia ótica (Du et al., 2020). Na figura 2 estão representadas as principais etapas e condições dos tratamentos que serão efetuados.

**Figura 2:** Tratamentos as esferas de *Moringa oleifera* após 0, 1, 3, 7, 14, 21, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias de armazenamento.



A concentração de proteína dos coagulantes será determinada por espectrofotometria (Lowry et al., 1951; Madrona, 2010) com o objetivo de avaliar se ao longo do armazenamento ocorrem alterações na concentração de tal composto. Também será realizada análise morfológica e de química elementar por Microscopia Eletrônica de Varredura (Microscópio Eletrônico de Varredura QUANTA 250) para as esferas com o objetivo de se identificar presença de poros, textura, composição e outras características da superfície dos materiais.

## 5 Viabilidade

Para a liofilização do extrato, determinação do potencial zeta e análise morfológica e de química elementar serão utilizados equipamentos das Centrais Experimentais Multiusuários (CEM). Os demais equipamentos (peneira, liquidificador para processamento das sementes, agitador, balança, jar-test, pHmetro, condutivímetro, turbidímetro, TOC L CPH Shimadzu, microscópio ótico) e vidrarias se encontram disponíveis nos laboratórios em que o orientador é usuário. Os reagentes e insumos serão providenciados pelo orientador.

## 6 Cronograma de atividades

O cronograma de atividades será composto pelas seguintes etapas:

1. Etapa 1
  - a. Etapa 1.a. capacitação da(o) aluna(o) pesquisa bibliográfica, escrita científica e boas práticas na pesquisa.
  - b. Etapa 1.b.: leitura de bibliografia sobre o tema e métodos utilizados.
  - c. Etapa 1.c.: treinamento para uso dos equipamentos e execução dos ensaios.
2. Etapa 2
  - a. Etapa 2.a.: preparo dos coagulantes
  - b. Etapa 2.b.: execução dos ensaios de coagulação, floculação e decantação
  - c. Etapa 2.c.: elaboração e entrega do relatório parcial
3. Etapa 3
  - a. Etapa 3.a.: análise e definição sobre forma de apresentação (gráficos, tabelas) dos resultados e discussão
  - b. Etapa 3.b.: elaboração e entrega do relatório parcial
  - c. Etapa 3.b.: elaboração de pôster para apresentação no simpósio e submissão de trabalho para apresentação em evento científico

**Tabela 1:** Cronograma de atividades previstas

Etapa	Mês											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1.a.	X											
1.b.	X											
1.c.		X										
2.a.		X	X	X	X	X	X					
2.b.				X	X	X	X	X	X			
2.c.						X	X					
3.a.			X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3.b.												X
3.c.												X

## Referências

ANG, W. L.; MOHAMMAD, A. W. State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121267, 2020.

APHA-American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 21ª Edição. 2005.

ARANTES, C. C. et al. Diferentes formas de aplicação da semente de *Moringa oleifera* no tratamento de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 19, n. 3, 2015.



BAPTISTA, A. T. A. et al. Coagulation–flocculation process with ultrafiltered saline extract of *Moringa oleifera* for the treatment of surface water. *Chemical Engineering Journal*, 276, 166-173, 2015.

BROTA, T. C. Imobilização de *Moringa oleifera* em alginato de sódio para o tratamento de água. Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. Campinas, 110 p. 2017.

CAMACHO, F. P. et al. The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal*, v. 313, p. 226-237, 2017.

CUSIOLI, L. F. et al. Avaliação da remoção dos herbicidas atrazina e diuron em meio aquoso utilizando a casca da semente da *Moringa oleifera* lam. como bioadsorvente. In: *Anais do VII Encontro Nacional de Moringa – ENAM 2018*, Salvador/Bahia 18 a 21 de Novembro de 2018.

FRANCO, M. et al. Use of alginate-*Moringa oleifera* beads on Cu (II) and Cd (II) adsorption from aquatic systems. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 4(6), 373, 2013.

GANDIWA, B. I. et al. Optimisation of using a blend of plant based natural and synthetic coagulants for water treatment:(*Moringa Oleifera*-Cactus *Opuntia*-alum blend). *South African Journal of Chemical Engineering*, v. 34, p. 158-164, 2020.

KATAYON, S. et al. Effects of storage conditions of *Moringa oleifera* seeds on its performance in coagulation. *Bioresource Technology*, 97 (13), 1455- 1460, 2006.

LOWRY, O.H. et al. Protein measurement with Folin phenol reagent. *J. biol. Chem*, v. 193, p. 265-275, 1951.

MADRONA, G.S. *Estudo da extração/purificação do composto ativo das sementes da Moringa oleifera Lam e sua utilização no tratamento de água de abastecimento*. 2010. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

MAHAMADI, C., ZAMBARA, P. Adsorption of Cu (II) from aquatic systems using alginate-immobilized water hyacinth beads. *European Journal of Scientific Research*, 71(4), 581-589, 2012.

MOHAMED, E. H. et al. Influence of extraction and freeze-drying durations on the effectiveness of *Moringa oleifera* seeds powder as a natural coagulant. *Desalination and Water Treatment*, 55(13), 3628-3634, 2015.

NOOR, M. J. M. M. et al. Effectiveness of salt-extracted freeze-dried *Moringa oleifera* as a coagulant. *Desalination and Water Treatment*, 55(13), 3621-3627, 2015.

NHUT, H. T., Hung, N. T. Q., Lap, B. Q., Han, L. T. N., Tri, T. Q., Bang, N. H. K., ... & Ky, N. M. (2021). Use of *Moringa oleifera* seeds powder as bio-coagulants for the surface water treatment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 18, n. 8, p. 2173-2180.

NKURUNZIZA, T. et al. The effect of turbidity levels and *Moringa oleifera* concentration on the effectiveness of coagulation in water treatment. *Water Science and Technology*, v. 59, n. 8, p. 1551-1558, 2009.

OKUDA, T. et al. Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed. *Water Research*, v. 33, n. 15, p. 3373-3378, 1999.

PRICE, M. L. *The moringa tree*. Publicado em 1985, revisado em 2007. Disponível em: < [https://www.chenetwork.org/files\\_pdf/Moringa.pdf](https://www.chenetwork.org/files_pdf/Moringa.pdf) > Acesso em: 17 de maio de 2017.

- PRITCHARD, M. et al. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 35, n. 13-14, p.791-797, 2010.
- RUELAS-LEYVA, J. P. et al. The effectiveness of *Moringa oleifera* seed flour and chitosan as coagulant-flocculants for water Treatment. *CLEAN–Soil, Air, Water*, v. 45, n. 8, p. 1600339, 2017.
- SALEEM, M.; BACHMANN, R. T. (2019). A contemporary review on plant-based coagulants for applications in water treatment. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 72, 281-297, 2019.
- SANTOS, B. S. et al. Life performance evaluation of lyophilized *Moringa* biocoagulant: An alternative for prolonging the biocoagulant efficiency. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, v. 40, n. 3, 2021.
- SHEBEK, K. et al. The flocculating cationic polypeptide from *Moringa oleifera* seeds damages bacterial cell membranes by causing membrane fusion. *Langmuir*, 31(15), 4496-4502, 2015.
- SILVA, A. N. et al. Aplicação de extrato liofilizado de sementes de *Moringa* na remoção da turbidez de água. In: *Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia*. Maceió – AL 21 a 24 de 2018.
- SOUZA, H. K. S. Utilização da semente, casca e vagem da *Moringa oleifera* Lam no processo de biossorção para remoção de Diuron de águas contaminadas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Maringá. 2016.
- TANAKA, J. M. Efeito do tempo de armazenamento do pó e do extrato de sementes de *Moringa oleifera* na clarificação da água. Relatório de Iniciação Científica (Edital 02 - 2019). Universidade Federal do ABC. 2020.
- YAMAGUCHI, N. U., et al. A review of *Moringa oleifera* seeds in water treatment: trends and future challenges. *Process Safety and Environmental Protection*, 147, 405-420, 2021.
- VALVERDE, K. C. et al. Avaliação do tempo de degradação do coagulante natural *Moringa oleifera* lam em pó no tratamento de água superficial. *e-xacta*, v. 7, n. 1, p. 75-82, 2014.