



Fundação Universidade Federal do ABC

Pró reitoria de pesquisa

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

Bloco L, 3º Andar, Fone (11) 3356-7617

iniciacao@ufabc.edu.br

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

Título do projeto: Desempenho do coagulante extraído de sementes de *Moringa oleifera* ao longo do armazenamento

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	5
3.1 Objetivo Geral	5
3.2 Objetivos específicos.....	5
4 Metodologia	5
4.1. Preparo do Pó e do Extrato de Sementes de <i>Moringa oleifera</i>	5
4.2. Preparo da Água Bruta Sintética	6
4.3. Ensaio de Clarificação	6
5 Viabilidade.....	7
6 Cronograma de atividades	7
Referências.....	8

1 Resumo

Sementes de *Moringa oleifera* apresentam capacidade coagulante decorrente da presença de proteínas catiônicas responsáveis pela desestabilização de partículas na etapa de coagulação, propiciando a formação de flocos passíveis de sedimentação. Estudos demonstram que o produto apresenta baixa estabilidade durante o armazenamento, perdendo a capacidade coagulante ao longo do tempo quando na forma aquosa. Uma alternativa seria produzir e armazenar o coagulante na forma sólida, o que eventualmente pode reduzir sua degradação. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência do armazenamento no desempenho dos extratos de sementes de *Moringa oleifera* nas formas: pó in natura, extrato liofilizado obtido em meio aquoso e extrato liofilizado obtido em meio salino. 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 1, 7, 14, 21, 30, 60, 90, 120, 150 e 180. Também será avaliado o residual de matéria orgânica na água tratada, as dimensões dos flocos formados por microscopia ótica e o potencial zeta para a água coagulada. Para os coagulantes será avaliada a concentração de proteínas e identificação da presença de poros.

2 Introdução e Justificativa

O uso de coagulantes orgânicos e inorgânicos sintéticos no tratamento de água e de efluentes têm motivado a busca por soluções consideradas mais sustentáveis (Ang e Mohammad, 2020), como os 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), favorecendo princípios de economia circular. Lodos com predomínio de material orgânico e ausência de residuais de alumínio podem favorecer destinação mais adequada, evitando destinação para aterros sanitários.

A *Moringa oleifera*, espécie originária do nordeste indiano (Price, 2007), é uma planta que apresenta múltiplos usos, com sementes contendo 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). Além disto, a proteína catiônica presente nas sementes é capaz de danificar membranas internas e externas de microrganismos (Shebek et al., 2015), fato que contribui para a redução

de coliformes totais e *E. coli* (Delelegn et al., 2018; Hoa e Hue et al., 2018). Um dos aspectos que precisam de melhor avaliação é a possibilidade de matéria orgânica residual na água tratada (Yamaguchi et al., 2021), principalmente no tratamento de água destinado ao consumo humano.

Além disto, por se tratar de um material orgânico que ainda não conta com processos de extração que garantam sua estabilidade, há limitações para o uso de tal produto, principalmente na forma de extrato aquoso (Katayon et al., 2006; Madrona, 2010; Santos et al., 2021), o que exige preparo e consumo imediato do coagulante que pode perder suas propriedades caso seja armazenado (Katayon et al., 2006). O pó armazenado em ambiente refrigerado mantém a propriedade coagulante por duas semanas, com redução gradativa 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).

Ainda, as sementes de *Moringa oleifera* apresentam superfície porosa e esponjosa, com disponibilidade de sítios de ligação (Aziz et al., 2020). A adsorção promovida pelas proteínas das sementes resulta em neutralização de cargas das partículas presentes no meio (Kwaambwa et al., 2010), sendo este o mecanismo de coagulação mais sugerido pela literatura para a *Moringa oleifera* (Gassenschmidt et al, 1995; Ndabigengesere et al., 1995; Kwaambwa et al., 2010; Nordmark et al, 2018;) No entanto, Yamaguchi et al. (2021) consideram que ainda são necessários estudos que esclareçam quais são os componentes ativos de tais sementes e os mecanismos de coagulação.

Estudo anterior demonstrou que o pó de sementes in natura e a extrato aquosa obtido em meio salino mantém o desempenho por 138 dias, enquanto o extrato obtido em solução aquosa perde capacidade coagulante, com oscilações já nos primeiros dias de armazenamento. Tal estudo foi interrompido pela pandemia e outras formas de extração, como a liofilização, não foram testadas. Assim, pretende-se dar continuidade ao projeto em questão, comparando o desempenho do coagulante extraído das sementes de *Moringa oleifera* extraído por diferentes processos (pó in natura, extrato liofilizado obtido em meio aquoso e extrato liofilizado obtido em meio salino), com maior aprofundamento para melhor entendimento das características morfológicas dos produtos utilizados, do residual de carga orgânica na água tratada e das características dos flocos formados.

3 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

- ✓ Avaliar a influência do armazenamento no desempenho dos extratos de sementes de *Moringa oleifera* nas formas: pó in natura, extrato liofilizado obtido em meio aquoso e extrato liofilizado obtido em meio salino.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Comparar a eficiência dos 3 tipos de produto ao longo do armazenamento por 6 meses;
- ✓ Analisar a influência das extrações em meio salino no desempenho do coagulante;
- ✓ 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

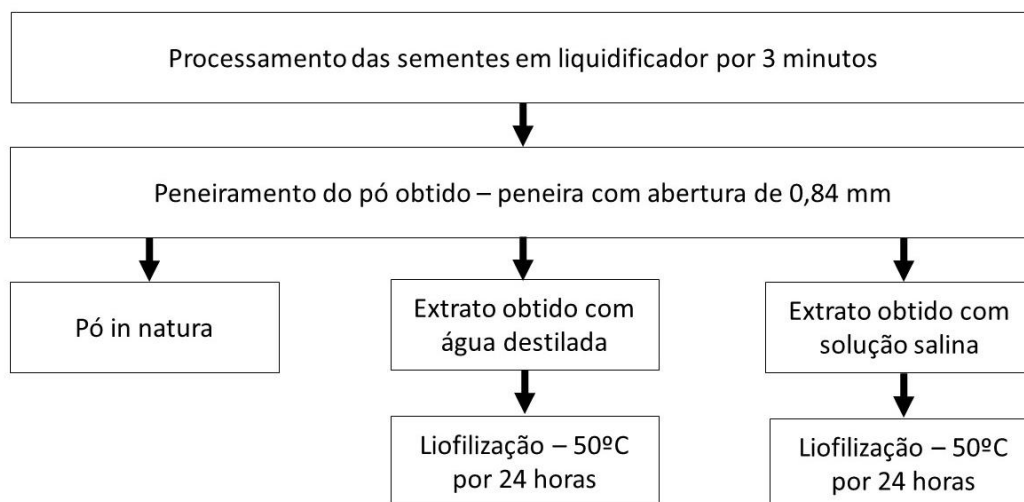
4.1 Preparo do Pó e do Extratos de Sementes de *Moringa oleifera*

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

Serão armazenados o pó in natura e dois tipos de extratos liofilizados (extraído em água destilada e em solução salina). O preparo do extrato em solução salina eleva a capacidade coagulante se comparado ao preparo em água destilada (Okuda et al., 1999).

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, será efetuada liofilização do material 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). A Figura 1 representa um resumo dos principais processos envolvidos na produção dos 3 tipos de coagulante.

Figura 1: Representação esquemática dos principais processos envolvidos na obtenção do pó e dos extratos de sementes de *Moringa oleifera*.



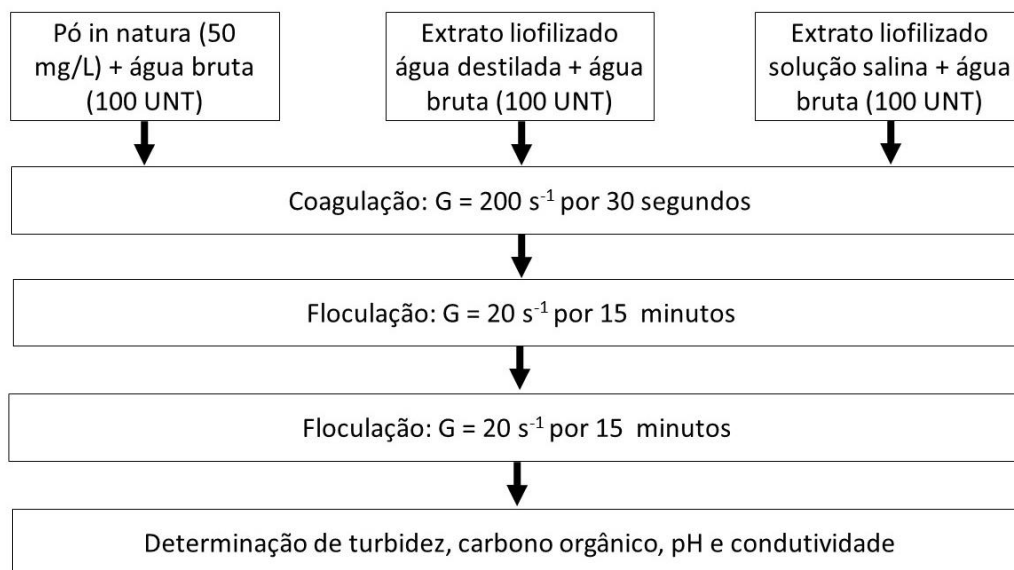
4.2 Preparo da Água Bruta Sintética

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

O pó in natura e os extratos liofilizados serão testados ao longo de 180 dias (6 meses), com ensaios nos seguintes dias: 0, 1, 3, 7, 14, 21, 30, 60, 90, 120, 150 e 180. Para cada período de armazenamento definido anteriormente, serão efetuados ensaios de coagulação, floculação e decantação em equipamento jar-test. Após a adição da água bruta aos jarros, serão adicionados o pó in natura e os extratos liofilizados na dosagem de 50 mg/L (Valverde et al., 2014; Tanaka 2020). Na coagulação será adotado gradiente de velocidade de 200 s^{-1} por 30 segundos e na floculação, o gradiente será 20 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). Na figura 2 estão representadas as principais etapas e condições dos tratamentos que serão efetuados.

Figura 2: tratamentos a serem realizados utilizados o pó e os extratos de sementes de *Moringa oleifera* após 0, 1, 3, 7, 14, 21, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias de armazenamento.



Antes de cada um dos ensaios de clarificação, será determinada a concentração de proteína dos coagulantes 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 efetuada análise morfológica e de química elementar por Microscopia Eletrônica de Varredura (Microscópio Eletrônico de Varredura QUANTA 250) com o objetivo de se identificar presença de poros, composição e outras características da superfície dos materiais. 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).

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

Abaixo constam as etapas da pesquisa e cronograma de atividades

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.

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.

DELELEGN, A. et al. Water purification and antibacterial efficacy of *Moringa oleifera* Lam. *Agric & Food Secur* 7, 25, 2018.

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.

GASSENSCHMIDT, U. et al. Isolation and characterization of a flocculating protein from *Moringa oleifera* Lam. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1243(3), 477-481, 1995.

HOA, N. T.; HUE, C. T. Enhanced water treatment by *Moringa oleifera* seeds extract as the bio-coagulant: role of the extraction method. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 67(7), 634-647, 2018.

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

KWAAMBWA, H. M. et al. (2010). Adsorption of a water treatment protein from *Moringa oleifera* seeds to a silicon oxide surface studied by neutron reflection. *Langmuir*, 26(6), 3902-3910, 2010.

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.

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.

NDABIGENGESERE, A. et al. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water research*, 29(2), 703-710, 1995.

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.

NORDMARK, B. A. et al. Effect of humic acids on the kaolin coagulation performance of *Moringa oleifera* proteins. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(4), 4564-4572, 2018.

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 > 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.