

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E  
BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE MESTRADO**

**TEMPO DE ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE  
*Moringa oleifera* LAM. E SUA EFICIÊNCIA NO  
TRATAMENTO DA ÁGUA**

**SANDRA SELMA MARQUES DE SOUZA**

**CRUZ DAS ALMAS / BAHIA  
2018**

TEMPO DE ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE  
*Moringa oleifera* LAM. E SUA EFICIÊNCIA NO  
TRATAMENTO DA ÁGUA

**Sandra Selma Marques de Souza**  
Eng. Agrônoma  
Universidade Federal da Bahia, 2000  
Eng. Florestal  
Universidade Federal da Bahia, 2015

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança  
**Coorientador:** Prof. Dr. Matheus Pires Quintela

**CRUZ DAS ALMAS / BAHIA**  
**2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

S729t Souza, Sandra Selma Marques de.  
Tempo de armazenamento de sementes de *Moringa oleifera* Lam. e sua eficiência no tratamento da água / Sandra Selma Marques de Souza.\_ Cruz das Almas, BA, 2018.  
60f.; il.

Orientador: Carlos Augusto Dórea Bragança.  
Coorientador: Matheus Pires Quintela.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Água – Purificação. 2.Moringa oleifera – Uso.  
I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.  
CDD: 556.18

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.  
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Samento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).  
Os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E  
BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE MESTRATO**

**TEMPO DE ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE  
*Moringa oleifera* LAM. E SUA EFICIÊNCIA NO  
TRATAMENTO DA ÁGUA**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
Sandra Selma Marques de Souza**

Realizada em  
05 de Julho de 2018

Prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Examinador Interno (Orientador)

Profa. Dra. Alessandra Cristina Silva Valentim  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Examinador Externo

Prof. Dr. Tales Miler Soares  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Examinador Externo

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que desde sempre me proporcionou a força e a sabedoria necessária para realizar as escolhas corretas e superar todos os obstáculos encontrados na realização desta atividade.

À minha mãe Gilvanda Ferreira Marques de Souza, uma pessoa de extrema importância em toda a minha vida, que sempre me apoiou e orientou por esta estrada, e sempre será um referencial de honestidade e amor que estou disposta a seguir.

Agradeço em memória ao meu pai Antônio Hipólito de Souza, que sempre se demonstrou preocupado com meus estudos e me deu base para chegar onde estou.

Ao meu esposo Nilton Ramos Velame e a minha filha Clara Fabianne Marques Velame, que contribuíram positivamente com este trabalho, me proporcionando a determinação e a mansidão fundamental para que eu pudesse galgar por esta estrada.

E em especial meu sobrinho Michel Kelven Marques Garcia, pela sua ótima contribuição.

A minha querida prima Heide Marques Apel sempre disposta a ajudar.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) pela oportunidade que me foi concedida, pelos meios proporcionados para a concretização das atividades e pelos grandes docentes que me instruíram nesta jornada.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsa de mestrado.

Agradeço ao professor Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança que ficou responsável pela minha orientação nesta pesquisa e pela sua grande compreensão.

Agradeço em especial à professora Dra. Alessandra Cristina Silva Valentim, responsável pela disponibilização do laboratório que foi de fundamental importância para a realização deste estudo.

Ao professor Dr. Tales Miler Soares pela sua valiosa contribuição na banca de defesa.

Ao professor Dr. Matheus Pires Quintela responsável por minha coorientação, pela sua imensa colaboração.

Às professoras Dra. Andrea Vita Reis Mendonça, Dra. Flávia Silva Barbosa, Dra. Franceli Silva, Dra. Manuela Oliveira de Souza e Dra. Sibebe Tozetto pelo apoio.

Ao técnico químico, Antonio Benedito Pereira Filho, e ao estudante/estagiário do LAQUA, Raul, por me proporcionar conhecimentos importantes acerca do laboratório.

Ao doutorando em Ciências Agrárias, Antônio Leandro da Silva Conceição, pela sua participação na análise estatística do presente estudo.

À minha amiga Lorena da Paz Oliveira, mestre em Recursos Genéticos, que me deu um enorme apoio na produção do experimento.

À minha amiga Renata Lima pelo seu grande incentivo e aconselhamento para a realização desta pesquisa.

E a minha amiga Maria José Reis Bonfim pelo seu apoio e dedicação na realização deste estudo.

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	9
<b>ARTIGO 1</b>	
AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES DE <i>Moringa oleifera</i> LAM. NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO .....	22
<b>ARTIGO 2</b>	
EFICIÊNCIA DE SEMENTES DE <i>Moringa oleifera</i> LAM. SOB CONDIÇÕES DE SECAGEM E DE ARMAZENAMENTO NO TRATAMENTO DA ÁGUA .....	44
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	57

## **TEMPO DE ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* LAM. E SUA EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DA ÁGUA**

Autora: Sandra Selma Marques de Souza

Orientador: Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança

**RESUMO:** A *Moringa* pertence à família Moringaceae, é uma planta que possui vários usos, sendo que a semente é bastante utilizada na clarificação de água turva. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do poder coagulante/floculante de semente de moringa após diferentes períodos, tipos de secagem e condições de armazenamento no tratamento da água para consumo humano. Foi avaliada a eficiência das sementes nas condições de armazenamento, em relação à redução da turbidez, cor aparente e pH da água do açude. As sementes da moringa e a água foram coletadas dentro do Campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial. Os dados foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5%. No primeiro experimento, em esquema fatorial (2x3): forma da semente (pó e inteira, ambas com casca) e condições de armazenamento (ambiente não controlado, refrigerado e congelado). Já para o segundo experimento, em esquema fatorial (2 x 2 x 4 + 1), combinando: a condição a qual a semente foi triturada (com casca e sem casca), método de secagem das sementes (temperatura ambiente e estufa), tempo de armazenamento das sementes (8, 9, 10 e 11 meses). Após a obtenção do resultado da concentração ideal com as sementes de moringa utilizadas no tratamento da água do açude foram encontradas condições e período de armazenamento satisfatórios em relação ao pH, turbidez e cor aparente.

**Palavras chave:** açude, congelamento, clarificação, temperatura ambiente.



## **SEED STORAGE TIME OF *Moringa oleifera* LAM. AND ITS EFFICIENCY IN WATER TREATMENT**

Author: Sandra Selma Marques de Souza

Advisor: Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança

**ABSTRACT:** Moringa belongs to the Moringaceae family and has several uses, its seed is widely used for clarification of turbid water. This study aimed to evaluate the efficiency of Moringa seed's coagulant / flocculent effect after different periods, drying processes and storage conditions in the water treatment for human consumption. The efficiency of the seeds regarding storage conditions was evaluated according to turbidity reduction, apparent color and pH of the weir water. The Moringa seeds and the water were collected in Universidade Federal do Recôncavo da Bahia Campus. The experiments were carried out in a completely randomized experimental design, in a factorial scheme. The data were compared by Tukey test at the 5% probability. In the first experiment, in a factorial scheme (2x3): seed form (powder and whole, both with bark) and storage conditions (uncontrolled, refrigerated and frozen environment). For the second experiment, in a factorial scheme (2 x 2 x 4 + 1), combining: the condition to which the seed was ground (with bark and without bark), drying seeds method (room temperature and greenhouse), seed storage time (8, 9, 10 and 11 months). After obtaining the ideal concentration result with Moringa seeds used to treat the weir water, satisfactory conditions and storage period were found regarding pH, turbidity and apparent color.

**Keywords:** weir, freezing, clarification, environment temperature.

## INTRODUÇÃO

Devido à progressiva degradação da qualidade dos recursos hídricos e a crescente demanda por águas de melhor qualidade, surge a necessidade do desenvolvimento de tecnologias eficientes a fim de assegurar um fornecimento de água para o consumo humano (SIQUEIRA et al., 2015).

A utilização de coagulantes naturais pode atenuar os problemas de consumo de água potável e os despejos de resíduos sólidos, por não possuir efeitos tóxicos relatados dentro de um padrão adequado à quantidade a ser tratada, possuindo resíduos biodegradáveis após o processo, sendo uma opção interessante para substituir os coagulantes convencionais (VALVERDE et al., 2013).

Assim, visando contribuir com a geração de informações sobre este tema e de tantos benefícios a serem descobertos e aprofundados relativos à moringa, foi feito o delineamento desse estudo por meio de dois artigos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes condições, períodos de armazenamento, forma e influência de secagem das sementes de *Moringa oleifera* Lam. sobre a eficiência no tratamento da água do açude da UFRB.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Qualidade da água no Brasil – Nordeste

O Brasil é um país rico em recursos hídricos, pois abriga 12% da água doce do mundo. Porém, a disponibilidade desses recursos não é uniforme, a região do Nordeste detém cerca de 3% das águas brasileiras, onde os dois rios perenes, o Rio São Francisco e o Rio Parnaíba, concentram 28,91% da população do Brasil (AUGUSTO et al., 2012).

No país a água consumida no meio urbano tem maior qualidade devido a sua regulamentação em relação ao meio rural. Assim, no meio rural, é comum utilizar açudes como fonte de abastecimento de água, e estes, normalmente, não atendem aos padrões de potabilidade, colocando em risco a saúde da população. Com isso, a quantidade de água com qualidade disponível, a ser distribuída no

Nordeste, é um fator de elevada importância, principalmente para o Semiárido, onde não há abundância deste recurso (ANA, 2013).

Os açudes são susceptíveis à contaminação por diversas formas, por esse motivo não só no Brasil, mas em outros países que fazem uso de água não tão adequada ao consumo humano, a população que possui uma renda inferior à média acaba sendo prejudicada por muitas vezes não ter acesso ao tratamento (BUSTAMANTE et al., 2001).

O fato de a água ser o recurso natural indispensável a todos os seres vivos, além de ser suporte essencial aos ecossistemas, demonstra que a contaminação dos recursos hídricos é um fator de risco para a saúde de uma comunidade, pois a água assume papel de veículo transmissor de agentes biológicos e contaminantes químicos (SIQUEIRA et al., 2015).

Muitos fatores contribuem para a poluição da água gerada pelo setor primário, entre esses fatores estão o desmatamento, manejo inadequado do solo, uso de agrotóxicos e venenos na aquicultura, criação intensiva de animais e a extração do carvão (CASTRO & SCARIOT, 2008).

Os materiais em suspensão, presentes na água de qualquer natureza, e servem de suporte e proteção para os microrganismos, o que dificulta sua eliminação pela desinfecção e concede cor turva das águas. Os microrganismos podem ser resultantes dos processos de decomposição da matéria orgânica, presença de íons metálicos naturais como o ferro e o manganês, bem como dos diversos tipos de despejos industriais e domésticos propiciando formação desde suspensões grosseiras a coloides, causada pela areia, substâncias húmicas, fúlvidas, argila e microrganismos em geral (DI BERNARDO & DANTAS, 2006; FERREIRA FILHO & ALVES, 2006).

### **Padrões de qualidade da água**

A água utilizada para o consumo humano deve atender a rigorosos critérios de qualidade, sendo que os padrões de potabilidade são definidos pelo Ministério da Saúde, através da Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que estabelece valores máximos permitidos para os parâmetros físicos, químicos, microbiológicos, radioativos e ainda recomenda isenção de oocistos (BRASIL, 2011).

Os parâmetros de qualidade para as águas foram criados com o objetivo de atender a segurança para o consumo humano, surgindo necessidade dessa qualidade após a Primeira Guerra Mundial (FERREIRA FILHO & ALVES, 2006), onde foram impostos os controles através de parâmetros, em sua maioria, os indicadores de contaminação ocasionados por esgoto doméstico, sendo eles os coliformes termotolerantes, fósforo, demanda química de oxigênio, turbidez, hidrogênio, temperatura da água, nitrogênio e resíduos totais, que pudessem causar danos à saúde (OLIVEIRA et al., 2014).

A qualidade da água visando os padrões de segurança para o consumo humano deve seguir as metas da vigilância em saúde pública, no entanto, também é responsabilidade das empresas e companhias de tratamento de água (WHO, 2011).

### **Utilização de coagulantes**

No tratamento da água bruta são utilizados coagulantes/floculantes para redução da cor e turbidez. Quando se adiciona agente coagulante à água esse processo é chamado coagulação, fazendo com que as partículas se afastem devido redução das forças eletrostáticas ocasionadas por rotação rápida. Já na floculação ocorre a aglomeração e o aumento dessas partículas em rotação lenta para posterior sedimentação (BORBA, 2001).

Atualmente são utilizados coagulantes químicos (sais de ferro e de alumínio) no tratamento de água, porém estes coagulantes apresentam como desvantagem a geração de grande quantidade de lodo como resíduo final do processo, sendo que particularmente o sulfato de alumínio, exige um maior controle em seu descarte, pois em grande quantidade no organismo pode gerar malefícios à saúde, com isso os coagulantes orgânicos se apresentam como uma alternativa para o resíduo de lodo gerado nas estações de tratamento da água (NISHI et al., 2011).

Os coagulantes convencionais só apresentam eficiência se a água bruta apresentar alcalinidade natural ou adicionada, caso contrário, não ocorrerá coagulação/floculação por conta da grande quantidade de prótons liberados pelo coagulante convencional (RITCHER & AZEVEDO NETO, 2003).

Surtem assim estudos e alternativas naturais, sendo um exemplo o uso da semente da moringa, com uma redução de 80 a 98% para o parâmetro de turbidez e 90 a 99,9% nos parâmetros referenciados aos índices bacterianos, cor e impurezas como sedimentos, partículas em suspensão e como também contaminantes causadores de danos à saúde, sendo que a variação depende da concentração da turbidez e a quantidade de extrato utilizado (AMARAL et al., 2006; ARANTES et al., 2012).

Alguns autores confirmam que o coagulante obtido da moringa tem a capacidade de eliminar microorganismos, reduzindo a carga biológica da água tratada, sua turbidez e cor. E por ser natural lhe confere um caráter inofensivo, sem risco a saúde, não tóxico ou de baixa toxicidade (ABDALA et al., 2015). Seu resíduo após tratamento é biodegradável e o lodo orgânico pode ser disposto em um aterro sanitário comum (OKUDA et al., 2001).

### ***Moringa oleifera* Lam.**

É uma espécie que pertence à família Moringaceae ordem Papaverales, na qual são quatorze espécies, sendo a *Moringa oleifera* Lam., popularmente conhecida como moringueiro e quiabo-de-quina (ANWAR et al., 2007). A espécie foi introduzida em diversos países dos trópicos, na África, nas Américas entre a Central e Sul, Sri Lanka, Índia, México, Malásia e nas Filipinas (AGROADS, 2013).

Dentre as características da moringa está o seu tamanho, que pode atingir até 10 metros de altura, com caule grosso (0,40 a 0,50m), folhas bipinadas, longopeciadas, medindo até 3 cm. As flores da moringa, devido sua coloração e perfume, é um atrativo aos pássaros e abelhas (KIILL et al., 2012).

Os frutos, vagens, apresentam três faces e contém, em geral, doze sementes em forma de globos e aladas, com um diâmetro de cerca de 1 cm e uma consistência papirácea. As sementes apresentam tonalidade castanha com alas castanho-claro, são bitegmentadas, exalbuminosas e que interiormente apresentam uma massa branca oleaginosa (FERNANDEZ et al., 2015).

Vários estudos científicos comprovam a eficiência destas sementes no tratamento de água. Lima et al. (2010) utilizaram a moringa como coagulante em tratamento têxtil na remoção da turbidez com 85% e cor, 53%. Segundo Ribeiro (2000), o tratamento da água utilizando-se produtos químicos como o sulfato de

alumínio apesar de ser bastante utilizado possui metais resultantes dos processos de coagulação e floculação que contaminam o meio ambiente.

No âmbito industrial para o tratamento de água residuária oriunda da produção de concreto e cimento utilizou-se a semente de moringa, no qual apresentam os resultados satisfatórios na reutilização da água para fins não potável, onde verificou-se redução de turbidez em cerca de 97,5% para o tempo de 60 min de sedimentação, permitindo o reuso da água residuária na lavagem de veículos e para a descarga de bacias sanitárias. O mesmo resultado não foi verificado com uso de  $\text{FeCl}_3$ , no qual surgiram problemas de corrosão nas tubulações e incrustações (DE PAULA et al., 2016; SAUTCHUK et al., 2005).

### **Sementes da moringa no tratamento da água**

Segundo Amagloh & Benang (2009), o pó da semente da moringa deve ser dissolvido em água por dispersão de princípio ativo no meio sob agitação, pelo baixo peso molecular que a semente possui, adquirem cargas positivas atraindo assim cargas negativas que se sedimentam e formam flocos, com isso, a vantagem desse coagulante é o fato de ser natural comparado a coagulantes químicos.

A moringa em sua constituição possui baixas concentrações dos fatores denominados de antinutricionais, suas sementes são compostas por glucosinolatos, filatos e taninos, que conferem à semente um baixo grau de toxicidade. Todas as partes da planta são constituídas por compostos de fenóis, vitamina E ( $\gamma$  e  $\alpha$ ), pigmento carotenoide antioxidante, vitamina C e proteínas totais, e ainda os aminoácidos essenciais sulfurados metionina e cisteína (FERREIRA et al., 2008).

A ação do coagulação presente na semente da moringa se deve a um nível muito alto de proteína que funciona como um coagulante primário sendo que algumas destas proteínas (aproximadamente 1%) são polieletrólitos catiônicos ativos com pesos moleculares entre 7-17 K Dalton e neutralizam os coloides em água enlameada ou suja, pois a maioria desses coloides tem uma carga elétrica negativa, em um fenômeno denominado coagulação (FOIDL et al., 2001; GALLÃO et al., 2006).

Os polieletrólitos catiônicos encontrados na semente podem ser utilizados como um polipeptídeo natural não tóxico para sedimentar partículas minerais e

orgânicos, o que purifica a água em um contexto mais natural e diferente da proposta dos utilizados atualmente, que são os coagulantes industriais tais como o alumínio (FOIDL et al., 2001).

Não há uma padronização nos métodos de obtenção da solução coagulante produzido a partir das sementes da moringa. Algumas descritas em alguns artigos abordam o uso de um pilão na trituração das sementes e em outra se recomenda após trituração, o peneiramento do pó que foi produzido para que sejam retiradas as partículas maiores (ARANTES et al., 2012)

Segundo Foidl et al. (2001), para as sementes secas de moringa trituradas em forma de pó em mistura com água, esta deve ser agitada durante um tempo para dispersão do princípio ativo e filtrada com um pedaço de tecido para a coagulação das impurezas.

Diversos pesquisadores fazem o uso de um liquidificador doméstico e outros equipamentos para o processamento dessas sementes na obtenção de pó, não somente com o uso de um pilão ou pistilo a fim de produzir uma solução coagulante que será usada no tratamento de água, para que a mesma possa ter uma redução tanto na cor aparente quanto na turbidez, sendo que a escolha influi também na eficiência (AMARAL et al., 2006; ARANTES et al., 2012; MADRONA et al., 2012).

Pesquisas para a obtenção do extrato observam que as sementes da moringa apresentam funções na purificação de água, devendo ter a semente triturada (em pó ou a menor partícula possível), para adquirir cargas elétricas positivas que irão atrair as cargas elétricas negativas contidas na água, sendo que a semente deve ser previamente seca ou torrada (PATERNIANI et al., 2010).

Em outro estudo que utilizou a semente de moringa e o tratamento das águas residuais industriais de fermentação de café, observou-se uma remoção de turbidez variando de 8% a 54%, a remoção total de DQO variou de 1% a 25% e a redução de nitrato e nitrito variou de 20% a 100% (GARDE et al., 2017).

Alguns autores comprovaram a eficiência na redução da turbidez e no clareamento através de vários processos e métodos utilizando a moringa como agente coagulante. Por meio desses estudos acerca do processo de coagulação aplicando extratos obtidos seja com água, soluções tampão e com sais, tais como NaCl, foi encontrada uma redução de turbidez de aproximadamente 95% para extração com soluções salinas, sendo o KCl um dos mais expressivos e 78% para

extração com água, quando em comparativos (MADRONA, 2010; PATERNIANI et al., 2010).

Na busca de alternativas de tratamento da água, visando substituir a forma convencional, foram realizados estudos buscando as melhores condições experimentais para remoção de flúor com a solução de moringa, mostrando uma remoção de 60% de flúor utilizando 5,0 mL do extrato de 50,0 g.L<sup>-1</sup> e de 100% para 10,0 mL do extrato de 50,0 g.L<sup>-1</sup> (COELHO et al., 2006).

Por conta das diversas vantagens apresentadas pela moringa torna-se necessário um aprofundamento maior em relação à sua conservação. Sendo assim, estudos apontaram que após a avaliação da germinação, sementes acondicionadas em garrafas plásticas foram conservadas por seis meses em ambiente natural, e por nove meses em câmara fria (TEÖFILO et al., 2003).

Deve-se considerar que as proteínas da semente são o agente coagulante, e as alterações que possam ocorrer durante o armazenamento podem influenciar na eficiência na redução da turbidez sobre os processos de coagulação e floculação nos tratamentos de água (MADRONA, 2010).

As sementes de moringa armazenadas durante um mês apresentam melhores resultados de remoção de turbidez do que as guardadas por três e cinco meses (KATAYON et al., 2006).

Outros autores também estudaram a eficiência de coagulação de moringa para o tratamento de águas, sob diferentes condições de estocagem da semente. Sendo que a eficiência de coagulação da moringa foi independente da temperatura, porém a eficiência de coagulação diminuiu com o aumento do tempo de estocagem, evidenciados em estudos onde após 1 ano de armazenamento esta eficiência caiu aproximadamente 20% e com 2 anos obteve-se 10% de remoção (MADRONA, 2010; VALVERDE et al., 2014).

Na purificação da água, a semente moringa apresenta um custo menor que o do tratamento convencional (sulfato de alumínio), sendo benéfico em termos de saúde e economia (KATAYON et al., 2006).



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA, V. L. et al. Purificação da água do córrego da saúde, MG com semente de *Moringa oleifera*. In: **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Brasília – DF, 2015.

AGROADS, *Moringa oleífera / Acácia-branca*, 2013. Disponível em: <[http://www.agroads.com.br/moringa-oleifera-acacia-branca\\_72109.html](http://www.agroads.com.br/moringa-oleifera-acacia-branca_72109.html)>.

Acesso em: 16 de abr. 2017.

AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. **African Journal of Agricultural Research**, v.4, n.1, p.119-123, 2009.

AMARAL, L. A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; SOARES, L. S.; BARROS, C. S.; NUNES, L. A. P. Tratamento alternativo da água utilizando extrato de Semente de *Moringa oleifera* e radiação solar. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.73, n.3, p.287-293, 2006.

ANA (Agência Nacional de Águas). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: **ANA/SPR**, 432 p.: Il. 2013.

ANWAR, F.; LATIF, S.; ASHRAF, M.; GILANI, A. H. *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. **Phytotherapy Research**, Pakistan, v.21, p.17-25, 2007.

ARANTES, C. C.; TULIO, A. P. RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S. Processamento de sementes de *Moringa oleifera* utilizando-se diferentes equipamentos para obtenção de solução coagulante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.661–666, 2012.

AUGUSTO, G. S.; GURGEL, L. G. D.; NETO I. F. C.; MELO, H., MONTEIRO C. A. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v.17, n.6, p.1511-1522, 2012.

BORBA, L. R. Viabilidade do uso da *Moringa oleifera* Lam. no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades. **[Dissertação]** Universidade Federal da Paraíba, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2011, 34 p.

BUSTAMANTE, H. A.; SHANKER, S. R.; PASHLEY, R. M., KARAMAN, M. E. Interaction between *Cryptosporidium* oocysts and water treatment coagulants. **Water Research**, v.35, n.13, p.3179-3189, 2001.

CASTRO C. F. A; SCARIOT, A. **Escassez de água cria nova injustiça: a exclusão hídrica.** Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/gerapdf.php?id01=1067>>. Acesso em: 29 de dez. 2017.

COELHO, N. M. M.; DE PAULA, L. O.; MIRANDA, F. M.; DA SILVA, C. A. Uso da *Moringa oleifera* para Remoção de Flúor em Águas. **Revista Analytica**, v.21, n.2, p.72-75, 2006.

DE PAULA, H. M; ILHA, M. S. O.; ANDRADE, L. S. Chemical coagulants and *Moringa oleifera* seed extract for treating concrete wastewater. **Acta Scientiarum**, v.38, n.1, p.57-64, 2016.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B., Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n.2, 2006.

FERNANDEZ, M. C.; FAJARDO, Y. A.; ALARCÓN, A. B.; LIZAMA, R. S.; GRANADO, G. B.; FONTES, A. N. B. Análisis farmacognóstico preliminar de las semillas de *Moringa oleifera* Lam. cosechadas en Cuba. **Revista Cubana de Farmácia**, v.49, n.2, p.360-373, 2015.

FERREIRA FILHO, S. S.; ALVES, R. Técnicas de avaliação de gosto e odor em águas de abastecimento: método analítico, análise sensorial e percepção dos consumidores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n.4, p. 362-370, 2006.

FERREIRA, P.C., PIAÍ, K. A.; TAKAYANAGUI, A.M.M.; SEGURA-MUÑOZ, S.I.; Alumínio como fator de risco para a doença de Alzheimer. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v.16, n.1, p.151-157, 2008.

FOIDL, N.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K., 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In: **What development potential for Moringa products?** October 20th - November 2nd 2001.

GALLÃO, M. I.; LEANDRO, F. D.; BRITO, E. S. Avaliação química e estrutural da semente de *Moringa*. **Revista Ciências Agrárias**, v.37, n.1, p.106-109, 2006.

GARDE, W. K. BUCHBERGER, S. G., WENDELL, D. KUPFERLE, M. J. Applications of *Moringa oleifera* seed extract to treat coffee fermentation wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, v.329, p.102-109, 2017.

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

KIILL, L. H. P.; MARTINS, C. T. V. D.; LIMA, P. C. F. *Moringa oleifera*: Registro dos visitantes florais e potencial apícola para a região de Petrolina, PE. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v.1, p.1-19, 2012.

LIMA, R. M. A; ARAÚJO, N. A.; SILVA, G. F.; MARQUES, J. J. Tratamento de efluente têxtil através do método de eletroflotação auxiliado por agente coagulante

natural. In: **XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ)**, Foz do Iguaçu. Anais do XVIII COBEQ, 2010.

MADRONA, G. S.. Extração/purificação do composto ativo da semente da *Moringa oleifera* Lam. e sua utilização no tratamento de água para consumo humano. [Tese] Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2010.

MADRONA, G. S.; SERPELLONI, G. B.; VIEIRA, A. M. S.; CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R. Study of the effect saline solution on the extraction of the *Moringa oleifera* seed's active component for water treatment. **Water Air Soil Pollution**, v.211, p.409-415, 2012.

NISHI, L. et al. Cyanobacteria removal by coagulation/flocculation with seeds of the natural coagulant *Moringa oleifera* Lam. **Chemical Engineering Transactions**, v.24, p.1129-1134, 2011.

OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M., Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. **Water Research**, v.35, n.2, p.405-410, 2001.

OLIVEIRA, M. D.; REZENDE, O. L. T.; OLIVEIRA, S. M. A. C.; LIBÂNIO, M. Nova abordagem do Índice de Qualidade de Água Bruta utilizando a Lógica Fuzzy. **Revista Engenharia Ambiental**, v.19, n.4, p. 61-372, 2014.

PATERNIANI, J. E. S.; RIBEIRO, T. A. P.; MANTOVANI, M. C.; SANTANA, M. R. Water treatment by sedimentation and slow fabric filtration using *Moringa oleifera* seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v.5, n.11, p.1256-1263, 2010.

RIBEIRO, M. L.; DE LUCA, S. J.; **Tratamento de Águas por Filtração por Membranas. Estado da Arte**, UFRGS, 2000.

RITCHER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J.M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003, 332 p.

SAUTCHUK, C. et al. **Conservação e reuso da água em edificações**, São Paulo, 2005, 152p.

SIQUEIRA, M. S. S.; SILVA, M. A. S.; SILVA, W. M. F.; LIMA, S. M. S. Viabilidade da utilização da *Moringa oleífera* como método alternativo de tratamento de água no semiárido nordestino. **Revista Scire**, v.8, n.2, 2015.

TEÖFILO, E. M.; FREITAS, J. B. S.; BEZERRA, A. M. E.; RAFAEL, M. S. S. Efeito dos tipos de embalagens, ambiente e tempo de armazenamento na qualidade fisiológica das sementes de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) - Moringaceae. **Revista Científica Rural**, v.8, n.1, p.115-122, 2003.

VALVERDE, K. C.; MORAES, L. C. K.; BONGLOVANI, M. C.; CAMACHO, F. P.; BERGAMASCO, R. Coagulation diagram using the *Moringa oleífera* Lam. and the aluminium sulfate, aiming the removal of color and turbidity of water. **Revista Acta scientiarum**, v.5, n.3, p.485-489, 2013.

VALVERDE, K. C. et al. Avaliação do tempo de degradação do coagulante natural *Moringa oleífera* Lam. em pó no tratamento de água superficial. **Revista Exacta**, v.7, n.1, p.75-82, 2014.

WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. World health statistics 2011. The **Global Health Observatory (GHO)**. Disponível em: <[www.who.int/gho](http://www.who.int/gho)>. Acesso em: 29 de dez. 2017.

## ARTIGO 1

# AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES DE *Moringa oleifera* LAM. NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Artigo a ser ajustado para posterior publicação.

## **AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES DE *Moringa oleifera* LAM. NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO**

Resumo: A moringa (*Moringa oleifera* Lam.) pertence à família Moringaceae e é uma espécie com diversas utilizações, com destaque para o uso das sementes no tratamento da água. O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito de diferentes condições e períodos de armazenamento de sementes de *M. oleifera* sobre a efetividade no tratamento de água. Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância considerando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O esquema fatorial para cada ensaio foi o 2 x 3, forma da semente (pó e inteira, ambas com casca) e condições de armazenamento (ambiente não controlado, refrigerado e congelado) com três repetições. Antes e após aplicação dos tratamentos, foram avaliadas turbidez, cor aparente e pH da água do açude. As melhores condições de armazenamento para a redução de turbidez foram as sementes em pó e para a redução da cor sementes inteiras e em pó, respectivamente em ambiente refrigerado e aos 80 dias. O pH nas diferentes condições de armazenamento se manteve neutro.

**Palavras-chave:** Turbidez, concentração, redução, refrigeração.

## **EVALUATION OF DIFFERENT STORAGE CONDITIONS OVER *Moringa oleifera* LAM. SEEDS IN WATER TREATMENT FOR HUMAN CONSUMPTION**

**ABSTRACT:** *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) belongs to Moringaceae family and has several uses, with emphasis on the use of seeds in the water treatment. The objective of this experiment was to evaluate the effect of different conditions and storage periods on *M. oleifera* seeds over the effectiveness of water treatment. The data were submitted to F test of the variance analysis considering the completely randomized design in factorial scheme. The averages were compared by the Tukey test at 5% probability. The factorial scheme for each assay was 2 x 3, seed form (powder and whole, both with bark) and storage conditions (uncontrolled, refrigerated and frozen environment) with three replicates. Before and after treatment application, weir water turbidity, apparent color and pH were evaluated. The best storage conditions for the turbidity reduction were powdered seeds and for color reduction, whole seeds and powder, respectively in refrigerated environment and at 80 days. The pH in the different storage conditions remained neutral.

**Keywords:** turbidity, concentration, reduction, refrigeration.



## INTRODUÇÃO

*Moringa oleifera* Lam. é nativa da Índia, sendo encontrada em outras regiões tropicais. Esta espécie tem várias utilizações, sendo as sementes eficientes na redução da cor aparente, turbidez, pH da água e bem como coliformes fecais e totais (FERREIRA et al. 2008; SANTANA et al., 2010).

A contaminação da água coloca em risco a saúde das populações que não têm acesso à água de boa qualidade. Neste contexto, os tratamentos alternativos para obtenção de água potável para o consumo humano são fundamentais para melhoria da qualidade de vida destas populações afetadas. O uso das sementes de moringa, em diversos estudos, mostrou-se eficiente no tratamento da água, reduzindo de 80 a 98% os valores de turbidez e cor (NKURUZIZA et al., 2009; AMARAL et al., 2006).

A capacidade de remoção de sedimentos, partículas em suspensão e contaminantes causadores de danos à saúde, pelas sementes de moringa, depende da quantidade de extrato das sementes que será utilizado e também da concentração da turbidez (ARANTES et al., 2012).

Tendo em vista a utilização da semente de moringa para o tratamento de água em locais classificados como de elevado risco hídrico, é necessário determinar o tempo e as condições de armazenamento capazes de manter a eficiência das sementes no tratamento da água.

São poucos os estudos acerca do tempo e das condições de armazenamento de sementes de moringa objetivando o tratamento da água. A eficiência na redução de turbidez das sementes armazenadas inteiras foi avaliada e concluiu-se que até 30 dias, tanto em ambiente refrigerado ou sem refrigeração, foi mantida a eficiência na redução da turbidez (KATAYON et al., 2006).

Observou-se que fatores externos como a temperatura e a umidade relativa influenciam diretamente na longevidade das sementes, sendo a baixa temperatura inferior ou igual a 10°C, associado à umidade relativa entre 50-60%, consideradas adequadas a manter a viabilidade durante o armazenamento. Artigos específicos de armazenamento trazem valores controversos, afirmando que o tempo de estocagem decresce efetivamente (BEZERRA et al., 2004; MADRONA, 2010).

As sementes de moringa já processadas facilitam a utilização pela população e indústria. Neste sentido, a avaliação do tempo de validade do pó desta semente para o tratamento da água é uma informação de grande utilidade prática.

Estudos que armazenaram o pó da semente, por uma a oito semanas, em refrigerador, demonstram que o armazenamento nestas condições é recomendável por até sete dias, uma vez que a partir deste período propriedades coagulantes/floculantes diminuem com o tempo de armazenamento (VALVERDE et al., 2014).

Entende-se que as pesquisas feitas acerca do efeito do armazenamento das sementes de moringa e sobre a sua eficiência no tratamento da água, realizados por Katayon et al. (2006) e Valverde et al. (2014), são de grande relevância, entretanto, ainda é necessária uma maior quantidade de estudos em relação ao assunto. Portanto, visando contribuir com a geração de informações sobre este tema, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes condições e períodos de armazenamento de sementes de *M. oleifera* sobre a eficiência no tratamento de água.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Qualidade da Água (LAQUA) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) em Cruz das Almas – BA. A água bruta utilizada foi proveniente do açude da mesma localidade. Após cada coleta, a água foi analisada quanto aos valores de: turbidez, pH e cor aparente.

As sementes da moringa foram colhidas no campus de Cruz das Almas da UFRB. Após a coleta foi feita uma triagem onde foram descartadas as sementes malformadas e deterioradas (atacadas por insetos e microrganismos).

A determinação da concentração ideal da solução (extrato - suspensão ideal) a ser utilizada no tratamento da água do açude no presente estudo, baseou-se no trabalho de Katayon et al. (2006).

As sementes recém-colhidas foram secas em estufa à temperatura de 35°C ± 5°C por 12 horas e na sequência foram trituradas, sem a remoção da casca, em liquidificador doméstico durante três minutos para obtenção do pó (AMAGLOH & BENANG, 2009).

Em seguida realizou-se ensaios para dosagem ótima, nos quais preparou-se o extrato, diluindo 13g do pó da semente de moringa em 200ml de água destilada. A mistura foi submetida a agitação com agitador magnético, com objetivo de liberar o princípio ativo contido nas sementes.

O material resultante foi filtrado utilizando um filtro de pano e colocado em um balão volumétrico, sendo o seu volume final de 400ml aferido com a adição de água destilada a fim de obter a suspensão para realizar as análises, encontrando-se assim  $32,5\text{g.L}^{-1}$  como concentração ideal.

A suspensão ideal foi utilizada em tubos de ensaios de Jar Test com as velocidades e tempos fixados em: 100 rpm (velocidade de mistura rápida), 3 minutos (tempo de mistura rápida), 15 rpm (velocidade de mistura lenta), 15 minutos (tempo de mistura lenta) e 60 minutos (tempo de sedimentação), de acordo com Nishi et al. (2011) e Valverde et al. (2014).

Baseado nos estudos de Katayon et al. (2006), para determinar e avaliar a dose ideal do extrato (solução de tratamento) que seria aplicado no estudo, foram testadas as concentrações da solução em 30, 20, 10 e 5ml para o tratamento de 500ml de água do açude da UFRB, com três repetições, onde se obteve o melhor resultado com a dose de 30ml. Tendo como base de observação o resultado de menor turbidez dentre as concentrações, tomando essa a dosagem como referência utilizada para os ensaios de coagulação/floculação do presente estudo.

Foram realizados 4 ensaios (Tabela 1) com períodos de coleta distintos (Ensaio 1: 20 dias, Ensaio 2: 40 dias, Ensaio 3: 60 dias e Ensaio 4: 80 dias de armazenamento). As variáveis avaliadas foram turbidez (NTU), pH e cor aparente (UC). Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância considerando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial.

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O esquema fatorial para cada ensaio foi o  $2 \times 3$ , forma da semente (pó e inteira, ambas com casca) e condições de armazenamento (ambiente não controlado, refrigerado e congelado). As análises foram realizadas pelo programa estatístico R (R CORE TEAM, 2017).

**Tabela 1.** Resultados iniciais das variáveis avaliadas, da água coletada para cada ensaio.

Amostra da água coletada sem os tratamentos				
Ensaio	Período de coleta (Dias)	Turbidez inicial (NTU)	pH inicial	Cor aparente inicial (UC)
1	20	17,3	7,13	156
2	40	21,33	6,9	231
3	60	14,53	6,39	189
4	80	11,16	7,42	170

As sementes inteiras e moídas (pó) foram estocadas em três condições de temperatura em recipientes de vidro hermeticamente fechados e embalados em papel alumínio.

Cada repetição contendo 30 sementes, ou o pó proveniente de 30 sementes, foi individualizada em um recipiente, totalizando 90 recipientes. As sementes armazenadas inteiras foram processadas em pó, conforme descrito anteriormente (AMAGLOH & BENANG, 2009), pelos períodos de 20, 40, 60 e 80 dias nas seguintes condições de estoque testados: temperatura ambiente, não havendo controle da temperatura e se alcançando variações até os 80 dias de armazenamento ente 21° a 30°C, ambiente refrigerado com a temperatura de 4°C ± 5°C e o congelamento que apresentava a temperatura de -18°C ± 2°C.

Todos os estudos decorreram com a coleta da água do açude da UFRB no dia da realização do experimento, e a mesma foi mantida à temperatura na faixa de 21,9°C ± 28,6°C para a realização dos ensaios, já que a temperatura possui influência significativa na viscosidade da água (CARDOSO et al., 2008).

Para a execução do experimento aproximadamente 4,9g de sementes foram pesadas individualmente de acordo com sua forma de armazenamento sob um vidro de relógio em balança analítica para cada tipo de acondicionamento observado no experimento.

Posteriormente transferida para um Becker de 200ml, adicionando-se 50ml de água destilada sob o agitador magnético por 2 minutos para liberar o princípio ativo. Após a agitação, a concentração foi transferida com auxílio de um filtro de pano e bastão de vidro em um balão volumétrico de 200ml e completada a alíquota até 150 ml com água destilada.

Com a concentração já preparada foi pipetada 30ml em cada tubo de ensaio do Jar Test para cada forma de armazenamento testada, sendo 3 repetições por

amostra. Transferiu-se os tubos para a galeria do Jar Test, inclinando-os para transferir as alíquotas simultaneamente para as cubetas já instaladas no aparelho com água do açude da UFRB coletada no dia da análise, contendo 500ml cada.

No Jar Test foram realizados os ensaios de coagulação/floculação, com as velocidades e tempos fixados em: 100 rpm (velocidade de mistura rápida), 3 minutos (tempo de mistura rápida), 15 minutos (velocidade de mistura lenta) e 60 minutos (tempo de sedimentação), totalizando 18 minutos (MADRONA et al., 2012).

Passado o repouso para a sedimentação foi pipetada aproximadamente 75ml da alíquota da amostra em sua superfície de cada cubeta, e transferida para um erlenmeyer devidamente identificado para efetivar as análises do pH, de turbidez e da cor aparente. Todos os referidos períodos de tempo foram avaliados segundo seu acondicionamento e avaliados com 3 repetições cada;

Vale salientar que em todas as coletas a água bruta do açude da UFRB também foi avaliada antes da aplicação dos tratamentos em turbidez, cor aparente e pH de acordo com Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2012). Os resultados obtidos foram comparados aos padrões descritos por BRASIL (2011).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 2, é apresentada a análise de variância para os 4 ensaios com períodos de armazenamento distintos (Ensaio 1: 20 dias, Ensaio 2: 40 dias, Ensaio 3: 60 dias e Ensaio 4: 80 dias de armazenamento). Para cada ensaio foi avaliada a interação entre a utilização semente de moringa quanto sua forma (pó e inteira, ambas com casca) e quanto as condições de armazenamento (ambiente não controlado, refrigerado e congelado).

Analisando a variável pH, é possível observar que houve efeito significativo da interação forma da semente x condições de armazenamento para todos os ensaios, exceto no ensaio 1, onde o efeito significativo para essa variável só foi apresentado no fator forma de utilização da semente. Já em relação a redução da turbidez (%), a interação foi significativa apenas nos ensaios 1 e 2. No ensaio 4 houve efeito significativo apenas para as condições de armazenamento e no ensaio 3 não houve efeito significativo para interação nem para os fatores isoladamente. Para a variável redução da cor aparente (%), a interação foi significativa nos

ensaios 1 e 3. Já no ensaio 2 foi observado efeito significativo para os fatores forma da semente e condições de armazenamento isoladamente, no ensaio 4 apenas o fator condições de armazenamento apresentou efeito (Tabela 2).

Os coeficientes de variação dos ensaios 1, 2, 3 e 4, com relação aos parâmetros avaliados são considerados com ótima precisão, de acordo com a classificação de Ferreira (1991), que propôs classificá-los para expressar a precisão experimental, da seguinte forma:  $CV \leq 10\%$  - ótima precisão;  $10 < CV \leq 15\%$  - boa precisão;  $15 < CV \leq 20\%$  - precisão regular;  $20 < CV \leq 30\%$  - péssima precisão experimental;  $CV > 30\%$  - precisão "muito péssima".

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para cada ensaio avaliado, onde foi analisado o pH, a redução da turbidez e da cor aparente (%), quanto a forma de utilização da semente (pó e inteira) e as condições de armazenamento (Ambiente não controlado, Refrigerado e Congelado).

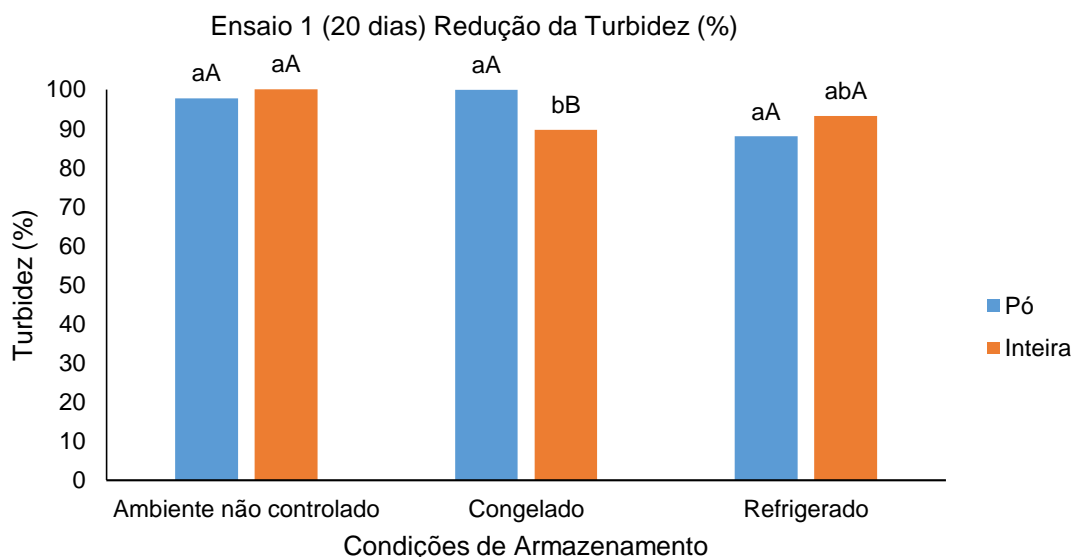
FV	GL	Ensaio 1 (20 DIAS)			Ensaio 2 (40 DIAS)		
		QM			QM		
		pH	Turbidez%	Cor Aparente %	pH	Turbidez%	Cor Aparente %
F.SEM	1	0,104**	3,740 <sup>ns</sup>	20,39**	0,333**	136,841**	31,681**
C.ARMAZ	2	0,001 <sup>ns</sup>	102,730**	6,380**	0,005 <sup>ns</sup>	888,813**	89,987**
F.SEM*C.ARMZ	2	0,001 <sup>ns</sup>	101,850**	8,190**	0,057*	36,473**	2,273 <sup>ns</sup>
Erro	12	0,003	13,430	0,350	0,012	3,505	3,930
Total	17						
CV (%)		0,84	3,87	0,70	1,58	2,05	2,32
Média geral		6,99	94,75	83,88	6,85	91,29	85,34
FV	GL	Ensaio 3 (60 DIAS)			Ensaio 4 (80 DIAS)		
		QM			QM		
		pH	Turbidez%	Cor Aparente %	pH	Turbidez%	Cor Aparente %
F.SEM	1	0,058**	606,448 <sup>ns</sup>	239,878**	0,002**	158,954 <sup>ns</sup>	11,155 <sup>ns</sup>
C.ARMAZ	2	0,001 <sup>ns</sup>	111,258 <sup>ns</sup>	5,187 <sup>ns</sup>	0,344 <sup>ns</sup>	1145,677**	30,670**
F.SEM*C.ARMAZ	2	0,027*	63,323 <sup>ns</sup>	165,743**	0,038*	129,819 <sup>ns</sup>	5,576 <sup>ns</sup>
Erro	12	0,005	246,449	23,588	0,007	55,278	3,556
Total	17						
CV (%)		1,03	10,92	6,34	1,22	8,69	2,15
Média geral		6,80	75,04	76,65	7,00	85,60	87,65

; \*\* e \* significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F. <sup>ns</sup> não significativo. Forma da semente (F.SEM); Condições de armazenamento (C.ARMAZ); Quadrado Médio (QM); Coeficiente de variação (CV); Grau de liberdade (GL).

De acordo com Birkner & Morgan (1968) e Katayon et al. (2006) a remoção da turbidez tende a ser maior para água com maior turbidez inicial. Segundo estes autores, o aumento da disponibilidade de partículas em suspensão e a formação de ponte entre partículas proporcionada pela maior turbidez inicial da água contribui para maior eficiência na remoção da turbidez.

Na figura 1 são apresentados os resultados para redução de turbidez (%) no ensaio 1, onde a água tratada com pó de semente de moringa não apresentou diferença estatística em nenhuma das condições de armazenamento a qual foi submetida, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando tratada com a semente inteira, os valores médios obtidos nas condições de armazenamento não controlado e refrigerado não diferiram entre si, porém nas condições de armazenamento refrigerado não diferiu dos resultados obtidos quando congelada.

Os melhores resultados foram encontrados nas condições de armazenamento de ambiente não controlado para as duas formas da semente, e quando congelada e tratada com pó de semente.



**Figura 1.** Letras maiúsculas comparam os níveis de forma da semente dentro de cada Condição de armazenamento e minúsculas entre cada nível de forma em cada nível de condição de armazenamento, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

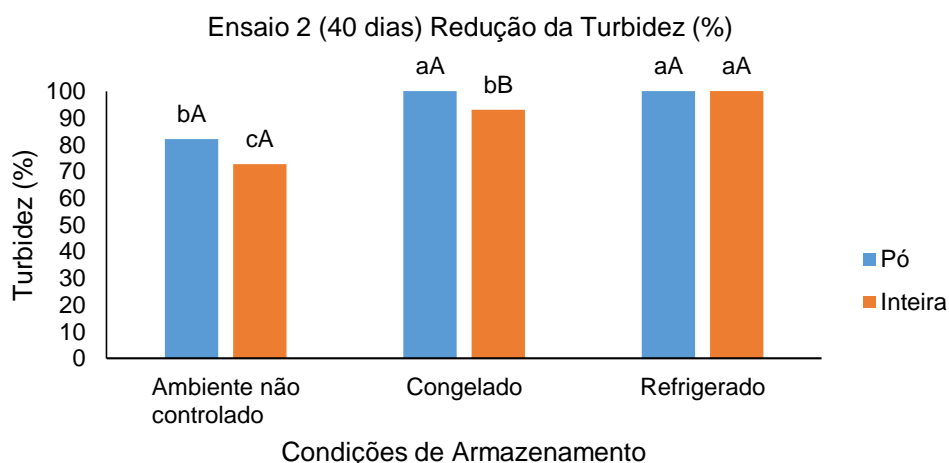
Katayon et al. (2006) avaliaram a manutenção da capacidade de remoção de turbidez de sementes de moringa armazenadas (inteiras) em ambiente não controlado e sob refrigeração, por 1, 3 e 5 meses. Estes autores não verificaram



diferenças significativas entre os ambientes de armazenamento, mas verificaram que a partir de 30 dias as sementes reduzem a eficiência na remoção de turbidez.

Valverde et al. (2014) armazenaram o pó da semente de moringa, em ambiente refrigerado, por oito semanas, realizando avaliações a cada sete dias. Estes autores verificaram que a partir de sete dias de estoque as propriedades coagulantes/floculantes diminuem com o tempo de armazenamento do produto.

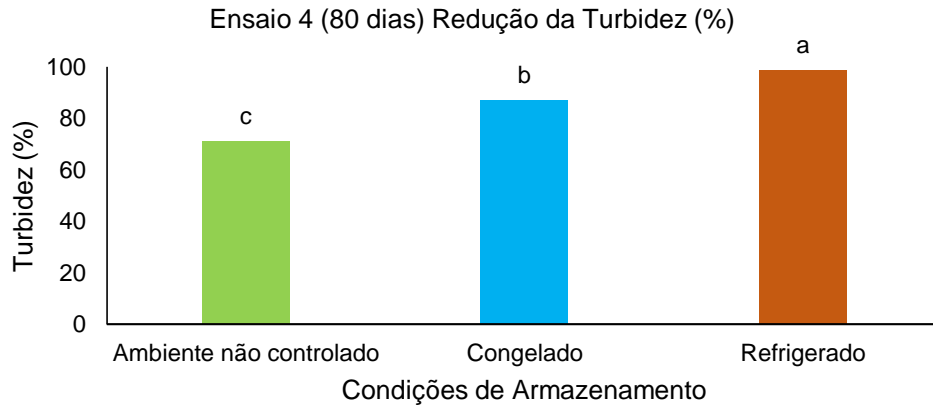
No ensaio 2, as maiores porcentagens médias para redução da turbidez (%) foi observado quando a água foi tratada com o pó da semente na condicionamento refrigerado e quando tratada com a semente inteira e quando congelada (Figura 2).



**Figura 2.** Letras maiúsculas comparam os níveis de forma da semente dentro de cada Condição de armazenamento e minúsculas entre cada nível de forma em cada nível de condição de armazenamento, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 60 dias, no ensaio 3, não foram detectadas diferença estatística significativas para interação e nem para os fatores isoladamente (forma e condição de armazenamento) na redução da turbidez.

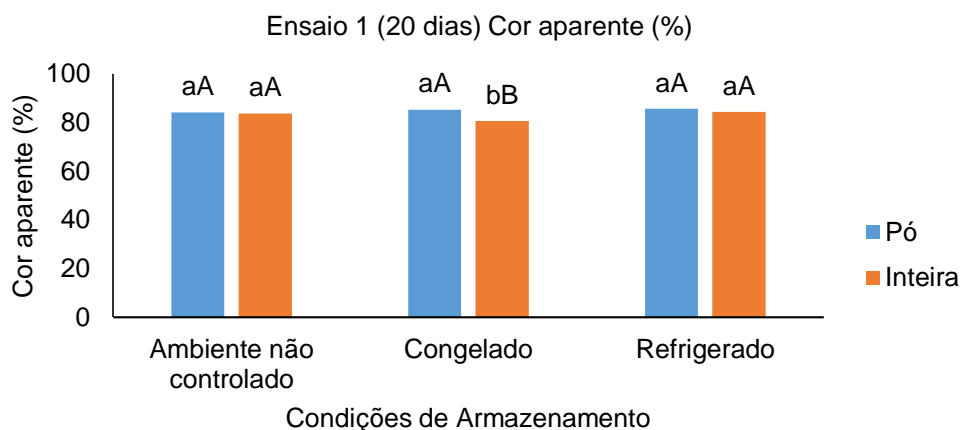
No ensaio 4, observa-se que independente da forma da semente, o maior valor médio da porcentagem de redução de turbidez foi obtido a quando água foi submetida a condição de armazenamento refrigerado (Figura 3).



**Figura 3.** Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

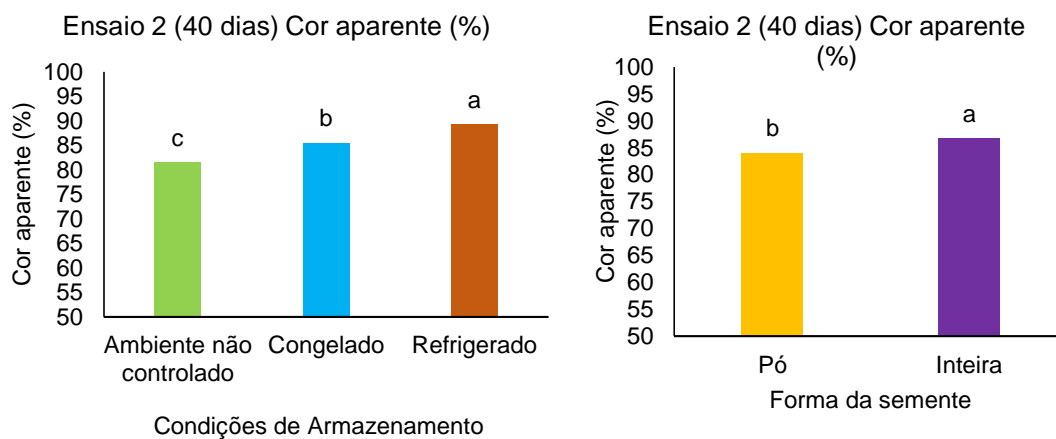
Na figura 4, são apresentados os resultados dos valores médios da cor aparente em relação ao ensaio 1 (20 dias). Onde pode-se observar que os maiores valores médios para essa variável foram apresentados por todos os tratamentos testados não diferindo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Exceto quando a água foi tratada com a semente inteira e condicionada sob congelamento, essa combinação apresentou o menor valor médio para essa variável.

Segundo Valverde et al. (2014) e Bezerra & Vendramine (2015), sementes de moringa armazenada em pó durante duas semanas proporcionaram variações de cor aparente, 63,4% a 76,3%, e turbidez, 51,1% a 64,3%, utilizando a concentração de 50 mg.L<sup>-1</sup> em 400ml de água sem teste prévio da dose ideal.



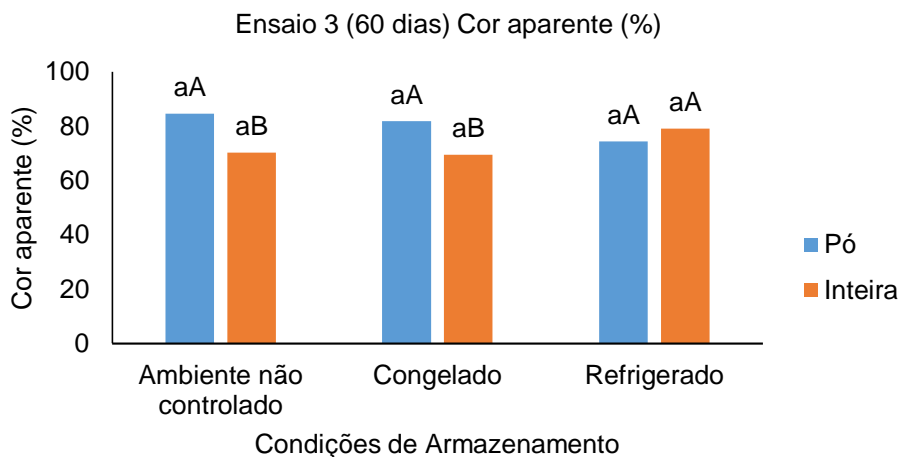
**Figura 4.** Letras maiúsculas comparam os níveis de forma da semente dentro de cada Condição de armazenamento e minúsculas entre cada nível de forma em cada nível de condição de armazenamento, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No ensaio 2 (40 dias) não houve interação entre os fatores para os valores médios da porcentagem da cor aparente, porém os fatores isoladamente apresentaram diferenças. Os maiores valores médios para cor aparente (%) em relação as condições de armazenamento, independente da forma da semente, foi apresentado quando a água foi tratada com as sementes refrigeradas. Já a água que apresentou a maior redução em valor médio para cor aparente (%), foi tratada com a semente utilizada de forma inteira, independente da condição de armazenamento (Figura 5).



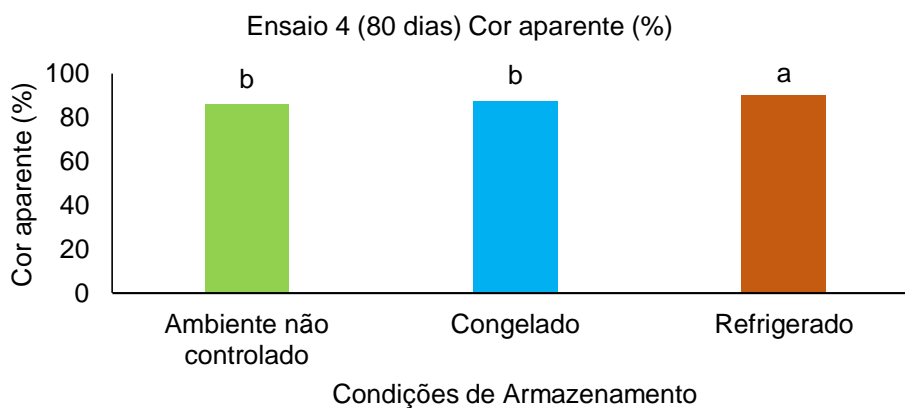
**Figura 5.** Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na figura 6, os resultados referentes ao ensaio 3 (60 dias) para a variável cor aparente (%), observa-se que os maiores valores médios foram apresentados quando a água foi tratada com a semente em forma de pó com resultados semelhantes em todas as condições de armazenamento testados e quando a água foi tratada com a semente de forma inteira e armazenada sob refrigeração.



**Figura 6.** Letras maiúsculas comparam os níveis de forma da semente dentro de cada Condição de armazenamento e minúsculas entre cada nível de forma em cada nível de condição de armazenamento, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No Ensaio 4, independente da forma da semente, os maiores valores médios para cor aparente (%) foram apresentados pela água tratada com as sementes armazenadas sob refrigeração (Figura 7).



**Figura 7.** Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

No ensaio 1, em relação a variável pH, independente da condição de armazenamento, os maiores valores médios foram apresentados quando a água foi tratada com as sementes em forma de pó (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios de pH na água tratada com semente de moringa nas formas em pó e inteira (**Ensaio 1**).

Ensaio 1 (20 dias) pH	
Forma da semente	Média
Pó	7.06 a
Inteira	6.91 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas tabela 4 e 5, são apresentados os resultados referentes ao ensaio 2 (40 dias) e 3 (60 dias) respectivamente, para a variável pH. Observa-se que os maiores valores médios foram apresentados quando a água foi tratada com a semente em forma de pó em todas as condições de armazenamento, não diferenciando entre si, e quando a água foi tratada com a semente de forma inteira e armazenada em ambiente não controlado.

**Tabela 4.** Valores médios de pH na água tratada com semente de moringa na forma de pó e inteira e submetida a diferentes condições de armazenamento (**Ensaio 2**).

Condições de Armazenamento	Ensaio 2 (40 dias) pH	
	Pó	Inteira
Ambiente não controlado	6.84 aA	6.79 aA
Congelado	7.06 aA	6.67 aB
Refrigerado	7.04 aA	6.67 aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 5.** Valores médios de pH na água tratada com semente de moringa na forma de pó e inteira e submetida a diferentes condições de armazenamento (**Ensaio 3**).

Condições de Armazenamento	Ensaio 3 (60 dias) pH	
	Pó	Inteira
Ambiente não controlado	6.77 aA	6.80 aA
Congelado	6.92 aA	6.69 aB
Refrigerado	6.89 aA	6.74 aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores valores médios para o pH no ensaio 4 (80 dias), foi apresentado quando a água foi tratada com a semente na forma inteira e sob as condições de armazenamento em ambiente não controlado e refrigerado e quando foi tratada com a semente em forma de pó armazenada sob refrigeração (Tabela 6).

**Tabela 6.** Valores médios de pH na água tratada com semente de moringa na forma de pó e inteira e submetida a diferentes condições de armazenamento (**Ensaio 4**).

Ensaio 4 (80 dias) pH		
Condições de Armazenamento	Forma da semente	
	Pó	Inteira
Ambiente não controlado	7.00 bB	7.18 aA
Congelado	6.72 cA	6.74 bA
Refrigerado	7.25 aA	7.12 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos quando a redução da turbidez (%) em todos os ensaios avaliados são considerados bastante relevantes, com uma redução que variou de 71,16 a 100% no geral. Tendo na grande maioria reduções superiores a 80% (Figura 8:[b]).

Os resultados como um todo da redução da cor aparente apresentaram reduções de 70 a 90% (Figura 8:[c]). A cor aparente é um dado que indica a presença substâncias dissolvidas na água. Assim como a turbidez, a cor é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição da qualidade da água para os consumidores.

A turbidez também é um parâmetro que indica a qualidade estética das águas para abastecimento público. O padrão de potabilidade (Portaria nº 518 de 2004) é de 5,0 UT (unidade de turbidez). Onde se pode notar que as reduções em relação a turbidez inicial, na grande maioria independente do tratamento apresentaram níveis dentro do permitido.

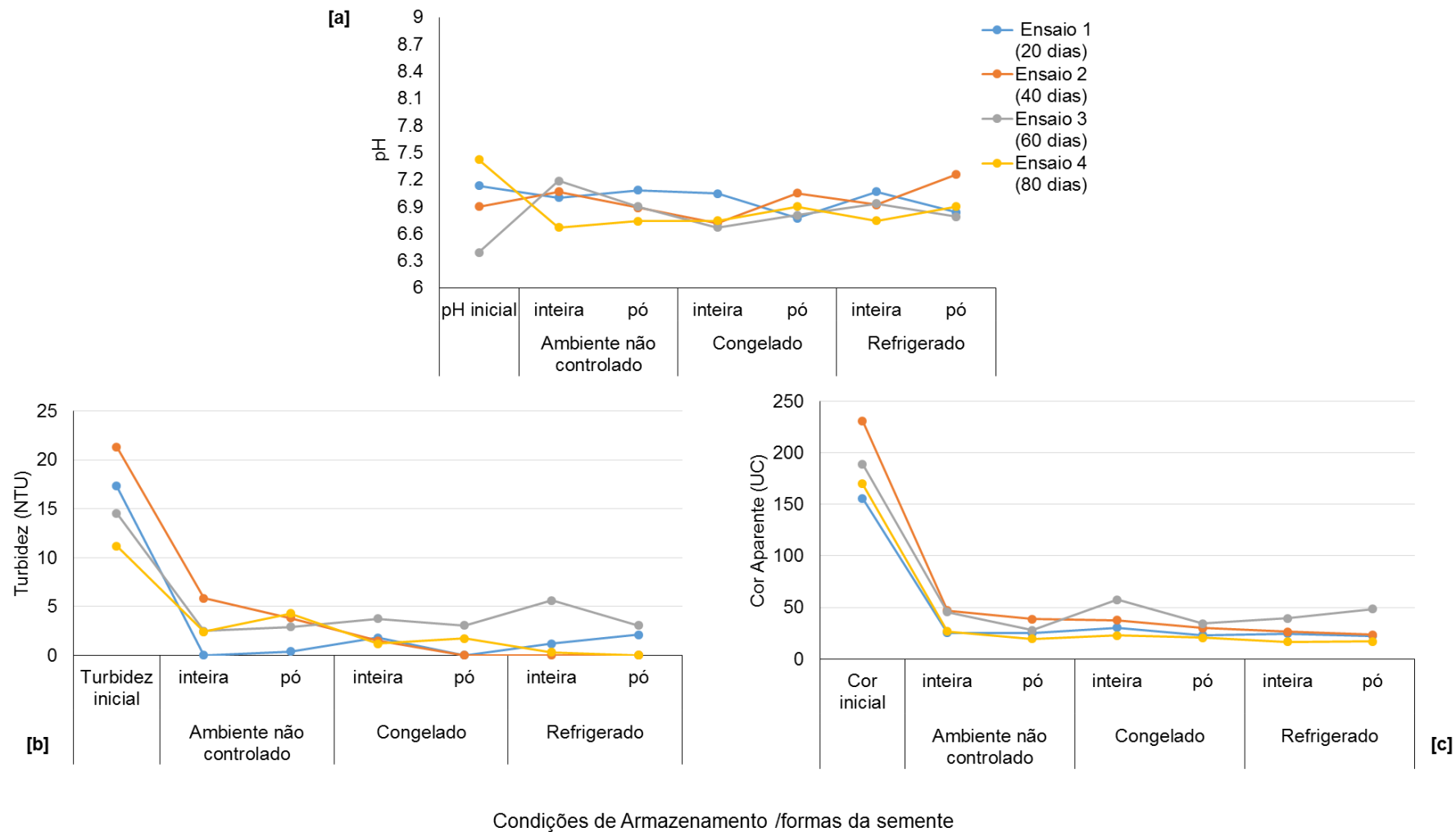
Evidenciando que a semente de moringa independente da forma que foi utilizada e independente das condições a qual foram conservadas nesse estudo tem uma grande capacidade de redução da turbidez e da cor aparente.

Apesar das diferenças observadas pelo teste de média nos quatro ensaios avaliados, seja para a interação entre os fatores, ou nas diferenças apresentadas

nas análises dos fatores isoladamente, não apresentaram variação relevante em relação ao pH avaliado inicialmente e nem ficam fora da faixa do que é recomendado pela legislação.

Com isso se pode inferir que a utilização da semente de moringa nas formas de pó ou inteira e sob condições de armazenamento avaliados, não provocou elevadas alterações.

Os valores médios de pH observados nos ensaios, oscilaram de 6,67 a 7,25. Esses valores, independente da forma da semente e tipo de condicionamento, encontram-se dentro da legislação vigente, que preconiza a faixa de 6,0 a 9,0 como apto ao consumo humano, como pode ser observado na Figura 8:[a] abaixo.



**Figura 8:** Valores iniciais dos parâmetros avaliados na água coletada e valores finais dos parâmetros da água, quando submetida aos tratamentos propostos nos ensaios 1 (20 dias), ensaio 2 (40 dias), ensaio 3 (60 dias) e ensaio 4 (80 dias). [a] pH; [b] Turbidez (NTU) e [c] Cor Aparente (UC).



## CONCLUSÃO

Conclui-se que a semente da moringa contribuiu de forma eficiente no tratamento da água do açude. As melhores condições de armazenamento para a redução de turbidez foram as sementes em pó e para a redução da cor sementes inteiras e em pó, respectivamente em ambiente refrigerado e aos 80 dias. O pH nas diferentes condições de armazenamento se manteve neutro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. **African Journal of Agricultural Research**, v.4, n.1, p.119-123, 2009.

AMARAL, L. A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; SOARES, L. S.; BARROS, C. S.; NUNES, L. A. P. Tratamento alternativo da água utilizando extrato de Semente de *Moringa oleifera* e radiação solar. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.73, n.3, p.287-293, 2006.

ARANTES, C. C.; TULIO, A. P. RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S. Processamento de sementes de *Moringa oleifera* utilizando-se diferentes equipamentos para obtenção de solução coagulante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.661–666, 2012.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington, 2012, 1360p.

BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.295-299, 2004.

BEZERRA, J. F.; VENDRAMINI, D. Estudo do uso do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam. em uma ETA. In: **XIX Exposição de experiências municipais em saneamento** – Poços de Caldas – MG, 2015.

BIRKNER, F. B. & MORGAN, J. J. Polymer flocculation kinetics of dilute colloidal suspensions, **Journal American Water Works Association**, v.60, p.175–191, 1968.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2011, 34 p.

CARDOSO, K. C., BERGAMASCO, R., COSSICH, E. S., MORAES, L. C. K. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam. **Acta Scientiarum Technology**, v.30, n.2, p.193-198, 2008.

FERREIRA, P.C., PIAÍ, K. A.; TAKAYANAGUI, A.M.M.; SEGURA-MUÑOZ, S.I.; Alumínio como fator de risco para a doença de Alzheimer. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v.16, n.1, p.151-157, 2008.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió, EDUFAL. 1991, 437p.

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

MADRONA, G. S. Extração/purificação do composto ativo da semente da *Moringa oleifera* Lam. e sua utilização no tratamento de água para consumo humano. **[Tese]** Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2010.

MADRONA, G. S.; SERPELLONI, G. B.; VIEIRA, A. M. S.; CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R. Study of the effect saline solution on the extraction of the *Moringa oleifera* seed's active component for water treatment. **Water Air Soil Pollution**, v.211, p.409-415, 2012.

NKURUNZIZA, T.; NDUWAYEZU, J. B.; BANADDA, E. N.; NHAPI, I. 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.

NISHI, L. et al. Coagulação/Floculação com Sementes de *Moringa oleifera* Lam para Remoção de Cistos de Giardia spp. e Oocistos de Cryptosporidium spp. da água. In: **Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World**, São Paulo - Brazil, 2011.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

SANTANA, C. R.; PEREIRA, D. F.; ARAÚJO, N. A. de; CAVALCANTI, E. B.; SILVA, G. F. da. Caracterização físico-química da moringa (*Moringa oleifera* Lam). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.1, p.55-60, 2010.

VALVERDE, K. C. et al. Avaliação do tempo de degradação do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam. em pó no tratamento de água superficial. **Revista Exacta**, v.7, n.1, p.75-82, 2014.

## ARTIGO 2

### EFICIÊNCIA DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* LAM. SOB CONDIÇÕES DE SECAGEM E DE ARMAZENAMENTO NO TRATAMENTO DA ÁGUA<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Artigo a ser ajustado para posterior publicação.

## **EFICIÊNCIA DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* LAM. SOB CONDIÇÕES DE SECAGEM E DE ARMAZENAMENTO NO TRATAMENTO DA ÁGUA**

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o tipo da secagem e condições de armazenamento da semente de moringa que influenciam no tratamento da água para consumo humano. Para avaliar a eficiência em relação às condições de armazenamento foram coletadas amostras de água em um açude, bem como as sementes dentro do Campus da Universidade Federal de Recôncavo da Bahia. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos consistiram de um fatorial  $2 \times 2 \times 4 + 1$ , combinando: a condição a qual a semente foi triturada (com casca e sem casca), método de secagem das sementes (temperatura ambiente e estufa), tempo de armazenamento das sementes (8, 9, 10 e 11 meses), sendo que um tratamento foi da semente recém colhida e triturada para o tratamento da água, sendo esse o tratamento adicional. As análises foram realizadas pelo programa estatístico R. Conclui-se que as sementes da moringa com casca, seca em estufa, foram mais eficientes na redução da turbidez aos 10 meses de armazenamento. Em relação à cor aparente, as sementes secas sem casca armazenadas em temperatura ambiente apresentaram melhor redução aos 10 meses. Para o pH não houve alteração significativa.

**Palavras-chave:** coagulante, natural, estufa, cor aparente

## **SEED EFFICIENCY OF *Moringa oleifera* LAM. UNDER DRYING PROCESS AND STORAGE CONDITIONS IN WATER TREATMENT**

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the drying process and seed storage for moringa seeds used in water treatment for human consumption. To evaluate the efficiency regarding storage conditions, water samples were collected in a weir, as well as the seeds in Universidade Federal de Recôncavo da Bahia Campus. The experimental design was completely randomized, with three replications. Treatments consisted of a factorial  $2 \times 2 \times 4 + 1$ , combining: the condition to which the seed was ground (with and without bark), drying seeds method (room temperature and greenhouse), seeds storage time (8, 9, 10 and 11 months), and one treatment was made with freshly harvested and ground seed for the water treatment being the additional treatment. Analyzes were carried out by the statistical program R. It is concluded that the moringa seeds with bark, greenhouse dried, were more efficient in the turbidity reduction at 10 months of storage. Regarding the apparent color, the shelled dry seeds stored at room temperature showed a better reduction at 10 months. There was no significant change in pH.

**Keywords:** coagulant, natural, greenhouse, apparent color.

## INTRODUÇÃO

A *Moringa oleifera* Lam. possui quase todas as suas partes descritas na literatura, sendo considerada um dos biopolímeros que vêm sendo investigados mais intensamente, tendo destaque as sementes por possibilitar a clarificação de águas turvas, podendo ser utilizada no tratamento de águas, uma vez que não existem evidências que seu uso possa causar algum efeito nocivo em seres humanos, além de não alterar o gosto, tornando a água tratada palatável (ARANTES et al., 2015; FRANCO et al., 2017).

Os coagulantes orgânicos são uma alternativa para melhoria da qualidade de vida tanto da população rural como da população urbana, uma vez que no tratamento convencional o produto utilizado deixa uma concentração residual. A literatura revela, que a parcela residual do coagulante encontrada na água tratada pode trazer malefícios a saúde e ao meio ambiente a longo prazo.

Além disso, nas estações de tratamento de água é gerado o lodo, que acaba sendo um problema porque contém alumínio e necessita de cuidados para o descarte, esse mesmo lodo demanda uma quantidade significativa de água para lavagem dos filtros, o que eleva não só a quantidade de resíduos sólidos e líquidos gerados no processo como também o consumo de água (NISHI et al., 2011).

O uso de coagulantes químicos constitui um grande problema, e deve ser descartado adequadamente em um aterro sanitário, só que a grande quantidade de resíduos gerada acaba ocupando muito espaço nos aterros. O lodo é caracterizado como resíduo sólido e por isso deve seguir as legislações pertinentes para sua eliminação (ACHON et al., 2013).

A semente da moringa tem sido utilizada tanto para o tratamento de água como para o tratamento de esgoto, bem como no de águas residuárias, uma vez que assume-se que a qualidade das águas residuárias é inferior à qualidade da água de captação para tratamento e consumo humano e, portanto, a concentração de coagulante necessária para tratar águas residuárias deve ser superior à concentração de coagulante para tratar água para uso do consumo humano (LO MONACO et al., 2010; FRANCO et al., 2017).

Dentre os coagulantes naturais existentes, a semente de moringa foi utilizada em diversos estudos para o tratamento de água, na forma de semente inteira, extrato da semente e semente moída (AMAGLOH & BENANG, 2009). Existem estudos dos usos associados a outros processos, como filtração, sempre demonstrando excelentes resultados (CARVALHO et al., 2017; ARANTES et al., 2015).

As sementes de moringa possuem um composto ativo que neutraliza cargas estabelecendo pontes entre partículas, formando flocos que decantam com o aumento de seu volume e ação da gravidade. Cerca de 40% da massa é constituída por óleo comestível e proteínas catiônicas com baixo peso molecular (BEZERRA et al., 2004).

Quando solubilizadas em água agem como eficientes coagulantes, obtendo uma clarificação fácil, autossustentável e de baixo custo, elas contêm proteínas solúveis com carga positiva e vai atraindo as partículas carregadas negativamente, como barro, argila, bactérias entre outros presentes na água. (PATERNIANI et al., 2009).

Na literatura, a utilização das sementes de moringa recém-colhidas tem sido mais indicada para o tratamento da água, dessa forma evita-se a degradação de sua proteína coagulante. Entretanto, nem sempre essas sementes podem ser obtidas facilmente e por isso outros estudos investigaram algumas formas de conservação da semente para que seu uso tenha uma abrangência maior e mais efetiva (MADRONA et al., 2012).

Muitos autores recomendam a remoção das cascas das sementes da moringa para utilizá-las na coagulação/floculação. Entretanto o descascamento manual é um processo pouco efetivo, visto que necessita de um longo período para a sua realização (BHATIA et al., 2007; MUNIZ et al., 2015).

A utilização dos coagulantes naturais pode proporcionar uma redução dos custos para o tratamento da água e redução dos problemas ambientais vinculados à geração do lodo contendo alumínio resultante do processo nas estações de tratamento de água, as sementes de moringa além da facilidade de sua obtenção podem ser consideradas uma atitude ecologicamente correta (PEREIRA et al., 2011; VALVERDE et al. 2014).



O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da secagem e condições de armazenamento da semente de moringa no tratamento da água para consumo humano.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para realização da parte experimental foram utilizadas sementes de moringa colhidas no campus de Cruz das Almas/UFRB nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2017 e janeiro de 2018. Após coletadas, as sementes selecionadas para uso foram apenas as que apresentaram boa qualidade. Sendo secas em ambiente natural e em estufa, armazenadas a vácuo em garrafas tipo PET e as mesmas foram processadas e transformadas em pó antes de serem utilizadas no tratamento da água.

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Qualidade da Água (LAQUA) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) em Cruz das Almas – BA.

Para a determinação da dose ideal de sementes de moringa utilizada nos experimentos foi realizado um ensaio prévio, onde o extrato utilizado foi composto pela diluição de 13g do pó da semente de moringa com casca misturados a 200ml de água destilada e submetida a agitação com agitador magnético com objetivo de liberar o princípio ativo contido nas sementes (FRANCO et al., 2012).

Após a mistura, todo o material foi filtrado em filtro de papel e colocado num balão volumétrico de 400 ml, sendo o volume aferido com a adição de água destilada. Essa suspensão ficou com uma concentração de 32,5g/L, faixa indicada nos registros da literatura para utilização em tratamento de água para consumo, entre 40 e 200 mg L<sup>-1</sup> (FRANCO et al., 2017).

Logo após, essa concentração foi utilizada em ensaios de Jar Test para determinar a dosagem ideal de moringa, onde foram testadas em três bateladas as dosagens de 30, 20, 10 e 5ml, obtendo-se como melhor dose a de 30ml com base na menor turbidez, sendo essa a dose utilizada como referência para os ensaios de coagulação/floculação.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos consistiram de um fatorial 2 x 2 x 4 + 1, combinando: a condição a qual a semente foi triturada (com casca e sem casca), método de secagem das sementes (temperatura ambiente e estufa), tempo de armazenamento das sementes (8, 9, 10 e 11 meses), sendo que um tratamento foi da semente recém colhida e triturada para o tratamento da água, sendo esse o tratamento adicional (Tabela 1). As análises foram realizadas pelo programa estatístico R (R CORE TEAM, 2017).

**Tabela 1.** Valores médios dos parâmetros avaliados inicialmente da água sem tratamento e da água tratada com as sementes recém colhidas (tratamento adicional).

Amostras	Turbidez (NTU)	pH	Cor aparente (UC)
Água sem tratamento	18,50	8,97	151,00
Tratamento adicional	0,95	7,35	23,53

As sementes foram secas em estufa na temperatura de  $35\pm 3^{\circ}\text{C}$  durante 12 horas (temperatura e períodos ideais para a secagem) e, posteriormente, trituradas e transformadas em pó para uso. Já na secagem natural, as sementes foram processadas diretamente e transformadas em pó. Em ambas as formas de secagem foram utilizadas metade das sementes com e sem casca, sendo que a retirada da casca foi realizada apenas no momento do preparo do pó (MADRONA, 2010).

A água bruta utilizada para este estudo foi coletada em um açude localizado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, campus Cruz das Almas.

Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados em Jar Test. As velocidades e tempos foram fixados de acordo com os dados da literatura em: 100 rpm (velocidade de mistura rápida), 3 minutos (tempo de mistura rápida), 15 rpm (velocidade de mistura lenta), 15 minutos (tempo de mistura lenta) e 60 minutos (tempo de sedimentação) (VALVERDE et al., 2014).

A temperatura da água foi mantida na faixa de  $23\pm 3^{\circ}\text{C}$  para a realização dos ensaios, uma vez que a temperatura influi significativamente na viscosidade da água (CARDOSO et al., 2008).

Após o processo de coagulação/floculação e sedimentação, foram retiradas alíquotas contendo 75ml da suspensão da água tratada. A água foi avaliada, antes e após aplicação dos tratamentos, quanto a turbidez, cor aparente e pH de acordo com Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2012). Os resultados obtidos foram comparados aos padrões de acordo com BRASIL (2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme tabela 2, de acordo com o teste F a 5% de probabilidade, as médias dos parâmetros redução de turbidez (%) e o pH para o (Adicional vs Fatorial), foram estatisticamente iguais. Já em relação a redução média da cor aparente (%), o tratamento adicional (água tratada com sementes trituradas recém colhidas) apresentou a maior redução média diferindo do fatorial. A interação tripla do fatorial foi significativa apenas para os valores médios de pH. Para redução da cor aparente (%), apenas a interação dupla secagem x condição da semente foi significativa. Já para redução da turbidez (%) todas as interações duplas foram significativas.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância, onde foi analisado o pH, a redução da turbidez e da cor aparente (%) da água tratada, nos tratamentos em que a água foi submetida a diferentes condições da semente (com casca e sem casca), formas de secagem (temperatura ambiente e estufa) e tempo de armazenamento (8, 9, 10 e 11 meses).

FV	GL	QM		
		Turbidez (%)	Cor (%)	pH
Secagem	1	544.255*	457.074**	6.758 **
Cond.Sem	1	1997.307**	13.568ns	0.008ns
Armazenamento	3	95.126**	53.058ns	0.280ns
Secagem*Cond.Sem	1	479.498*	63.756*	0.065ns
Secagem* Armazenamento	3	409.199*	6.106ns	0.314**
Cond.Sem* Armazenamento	3	414.613*	9.788ns	0.273**
Secagem*Cond.Sem*Armazenamento	3	235.258ns	14.605ns	0.242**
Ad vs Fatorial	1	284.416ns	55.474*	0.059ns
Resíduo	34	110.726	10.742	0.028
Total	50	210.655	24.115	0.223
Média geral		86,81	80,47	7,21

\*\* e \* significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F. ns não significativo. Forma da semente (F.SEM); Condição da semente (Cond.Sem); Tempo de armazenamento (Armazenamento); (Quadrado Médio (QM); Coeficiente de variação (CV); Grau de liberdade (GL).

Na tabela 3, são apresentados os resultados do desdobramento entre os métodos de secagem e as condições da semente em relação a redução média da turbidez (%). Onde observa-se que independente do tempo de armazenamento, as combinações que apresentaram os maiores valores médios para redução da turbidez da água, foi apresentada quando a água foi tratada com a semente sem casca e seca em estufa com redução de 93,43%, quando tratada com semente sem casca e seca em temperatura ambiente com 93,05% e quando a água foi submetida ao tratamento com a semente com casca e seca em estufa com redução de 86,88%. Já a combinação que apresentou a menor redução para esse parâmetro, foi da água tratada com a semente sem casca e seca em temperatura ambiente, com 73,83%.

**Tabela 3.** Valores médios da redução da turbidez (%) na água tratada com semente de moringa com casca e sem casca, secas em estufa e em temperatura ambiente.

Secagem	Condição da semente	
	Semente com casca	Semente sem casca
Estufa	86.88 aA	93.46 aA
Ambiente natural	73.83 bB	93.05 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Os resultados do desdobramento entre os métodos de secagem e o tempo de armazenamento das sementes em relação a redução média da turbidez (%) na água, estão apresentados conforme tabela 4. Nota-se que, independente da condição em que a semente foi utilizada (com casca ou sem casca), as interações que propiciaram os maiores valores médios para redução da turbidez da água, foi apresentada quando a água foi tratada com as sementes secas em estufa em todos os tempos de armazenamento, não diferindo entre si e quando a semente foi seca em temperatura ambiente e armazenada por 8 meses. Porém o resultado da redução média quando a água foi tratada com a semente seca em temperatura ambiente e armazenada por 8 meses, não diferiu quando armazenada por 9 meses. Já a menor redução da turbidez foi observada quando a água foi tratada com a semente seca em temperatura ambiente e armazenada até os 11 meses.

**Tabela 4.** Valores médios da redução da turbidez (%) na água tratada com semente de moringa secas em estufa e em temperatura ambiente, armazenadas em períodos distintos (8, 9, 10 e 11 meses).

Tempo de armazenamento (meses)	Secagem	
	Estufa	Temperatura ambiente
8	83.47 aA	91.40 aA
9	88.93 aA	86.32 abA
10	97.15 aA	81.61 abB
11	91.16 aA	74.43 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Sementes secas em estufa mantiveram o poder de remoção da turbidez da água independente do tempo de armazenamento estudado (FRANCO et al., 2017).

Em estudos realizados por Muniz et al. (2015) para remoção de turbidez da água utilizando semente de moringa com e sem casca, as sementes com casca foram mais eficientes do que as sementes sem casca, havendo remoção de mais de 99% da turbidez em suas amostras iniciais de água.

Na tabela 5, são apresentados os resultados do desdobramento entre os métodos de secagem e o tempo de armazenamento das sementes em relação a redução média da turbidez (%) na água tratada. Observa-se que, independentemente do método de secagem da semente (Estufa ou temperatura ambiente), as combinações que propiciaram os maiores valores médios para redução da turbidez da água, foi apresentada quando a água foi tratada com as sementes com casca em todos os tempos de armazenamento, e quando a semente foi utilizada sem casca e armazenada por 9 meses. Porém o resultado da redução média quando a água foi tratada com a semente sem casca e armazenada por 9 meses, não diferiu quando as sementes sem casca foram armazenadas por 8 meses. Já a menor redução da turbidez foi observada quando a água foi tratada com a semente sem casca e armazenada por 10 e 11 meses.

**Tabela 5.** Valores médios da redução da turbidez (%) na água tratada com semente em duas condições (com casca e sem casca), armazenadas em períodos distintos (8, 9, 10 e 11 meses).

Tempo de armazenamento	Condição da semente	
	Semente com casca	Semente sem casca
8	90.56 aA	84.31 abA
9	87.70 aA	87.54 aA
10	99.09 aA	79.67 abB
11	95.68 aA	69.91 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Observa-se que independente do tempo de armazenamento (meses), os maiores valores médios para a redução da cor aparente (%) foram apresentados quando a água foi tratada tanto com as sementes com casca e sem casca, secas em temperatura ambiente. Os menores valores para esse parâmetro foram apresentados quando a água foi tratada com sementes secas em estufa nas duas condições em que foram utilizadas as sementes (com casca e sem casca) (Tabela 6).

**Tabela 6.** Valores médios da redução da cor aparente (%) da água tratada com sementes de moringa trituradas com casca e sem casca e secas na estufa e em temperatura ambiente.

Secagem da semente	Condição da semente	
	Semente com casca	Semente sem casca
Temperatura ambiente	85.24 aA	81.87 aA
Estufa	76.76 bA	78.00 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na tabela 7 estão os resultados dos valores médios do pH, da água tratada com sementes de moringa com e sem casca e secas em ambiente natural e em estufa, armazenadas em períodos distintos. Pode se observar que os maiores valores de pH na água tratada, foram notadas quando a semente foi seca em estufa independente da condição da semente. Já os menores valores foram observados quando foram secas em temperatura ambiente.

O maior valor médio de 8,34 para o pH foi apresentado pela água tratada com as sementes secas em estufa, trituradas com casca e quando foram

armazenadas por 10 meses, diferindo dos demais valores pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Já o menor valor médio para o pH foi observado quando a água foi tratada com as sementes sem casca, secas em temperatura ambiente e quando armazenadas por 11 meses (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores médios do pH da água tratada com sementes de moringa com e sem casca e secas em ambiente natural e em estufa, armazenadas em períodos distintos.

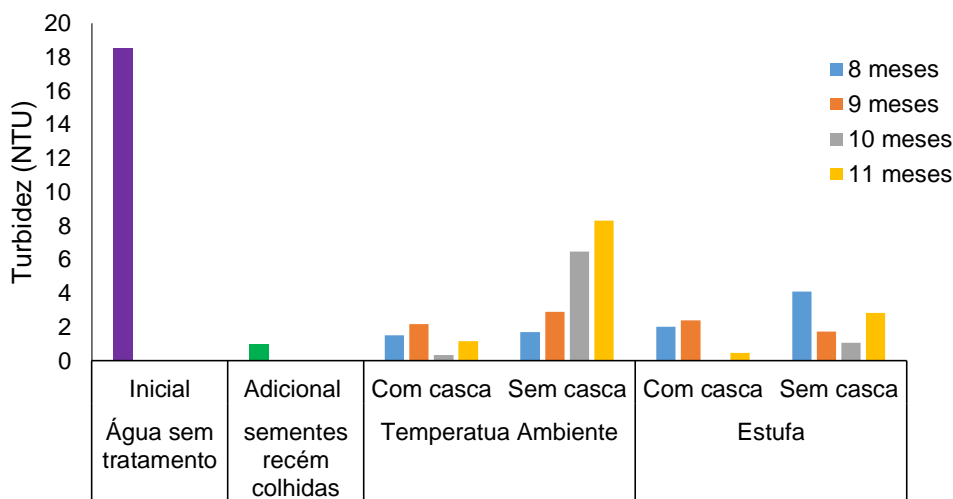
Meses de armazenamento	Semente com casca		Semente sem casa	
	Seca em Estufa	Seca em Temperatura Ambiente	Seca em Estufa	Seca em Temperatura Ambiente
8	6.98 cAA	6.77 aAA	7.5 aAB	6.87 aBA
9	7.40 bAA	7.03 aBA	7.63 aAA	6.90 aBA
10	8.34 aAA	6.87 aBA	7.58 aAB	6.80 aBA
11	7.52 bAA	6.87 aBA	7.72 aAA	6.57 aBB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas iguais e da mesma cor na linha, comparam os níveis dos fatores, não diferindo entre si pelo teste F a 5% de probabilidade

Segundo Brito et al. (2010) e Bezerra & Vendramine (2015), as sementes da moringa utilizadas no tratamento da água não influenciaram em mudanças significativas de pH (7,07 inicial e 6,64 após utilização da semente), em nenhum método de aplicação, seja em solução salina ou em solução de água destilada, nem nas diversas doses e tempos aplicados, mantendo valores de pH próximos a 7,0. Isso representa uma vantagem econômica no tratamento da água, uma vez que reduz os custos com produtos químicos na correção do pH após o tratamento de coagulação.

O uso de um agente natural de purificação de águas em substituição aos produtos químicos é por si só, é uma inovação tecnológica que se alinha ao conceito de desenvolvimento sustentável (CASTRO, 2017).

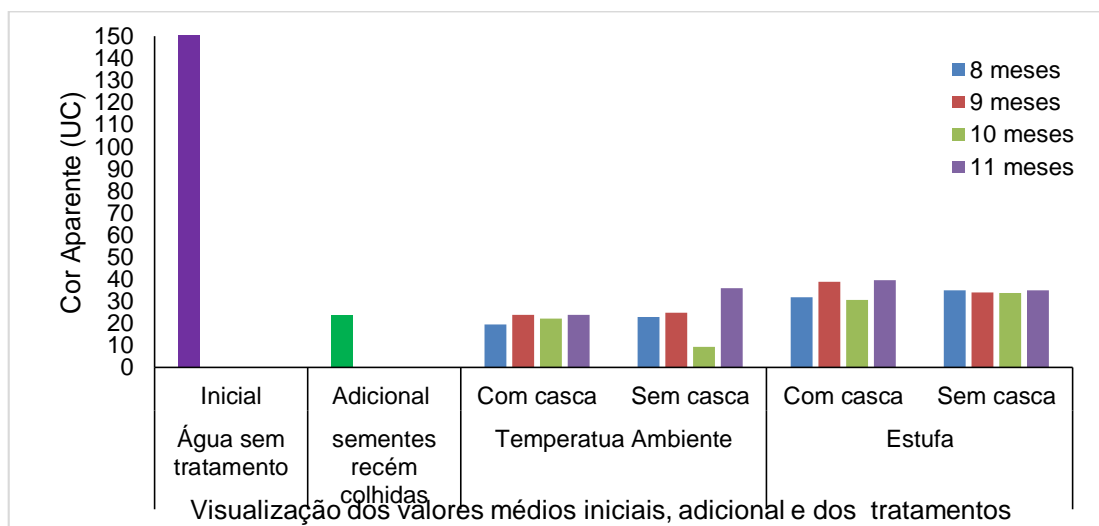
De forma geral a maioria dos resultados obtidos com os tratamentos aplicados ficaram dentro dos padrões preconizados por lei. Exceto os resultados da água tratada com semente sem casca, secas em temperatura ambiente e armazenadas por 10 e 11 meses com 6,37 e 8,31 NTU respectivamente. O padrão de potabilidade (Portaria nº 518 de 2004) é de 5,0 NTU (unidade de turbidez) (Figura 1).



Visualização dos valores médios iniciais e adicional com os tratamentos

**Figura 1:** Valores iniciais dos parâmetros avaliados na água coletada e valores finais dos parâmetros da água, quando submetida aos tratamentos propostos para Turbidez (NTU) nos períodos de 8, 9, 10 e 11 meses.

A cor é um dado que indica a presença substâncias dissolvidas na água. A cor é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto. Os valores médios de redução da cor aparente apresentaram uma amplitude de 76,76 a 85,24% (Figura 2).

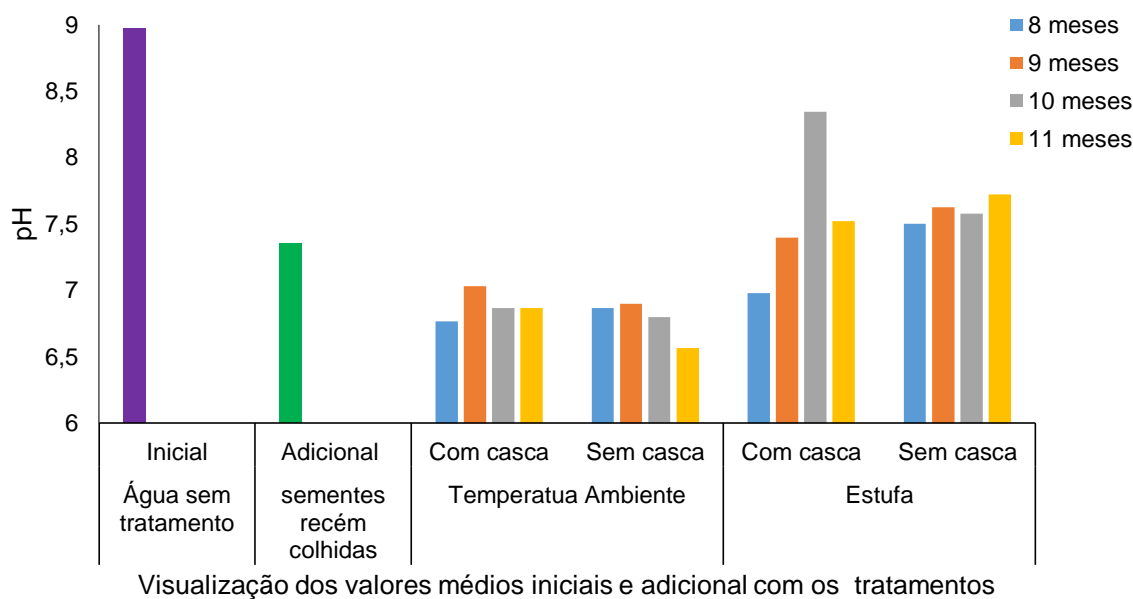


**Figura 2:** Valores iniciais dos parâmetros avaliados na água coletada e valores finais dos parâmetros da água, quando submetida aos tratamentos propostos para Cor Aparente (UC) nos períodos de 8, 9, 10 e 11 meses.

No geral, os valores de pH observados no presente trabalho, apresentaram amplitude média de 6,57 a 8,34. Esses valores, independente da condição da semente (com ou sem casca), modo de secagem (Ambiente natural ou em estufa) e independente do período (meses) que foram armazenadas,



encontram-se dentro da legislação vigente, que preconiza a faixa de 6,0 a 9,0 como apto ao consumo humano (Figura 3).



**Figura 3:** Valores iniciais dos parâmetros avaliados na água coletada e valores finais dos parâmetros da água, quando submetida aos tratamentos propostos para pH nos períodos de 8, 9, 10 e 11 meses.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que as sementes da moringa com casca, seca em estufa, foram mais eficientes na redução da turbidez aos 10 meses de armazenamento. Em relação à cor aparente, as sementes secas sem casca armazenadas em temperatura ambiente apresentaram melhor redução aos 10 meses. Para o pH não houve alteração significativa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Propõe-se que sejam desenvolvidos mais estudos quanto à secagem em temperatura ambiente, para que haja uma quantificação da composição da casca e de estabilidade da água após redução da turbidez relativa à carga orgânica. A forma de secagem, tanto natural quanto em estufa, pode ter sofrido também variação do princípio ativo de acordo com o período em que foi realizada a colheita e esse fator pode ter se expressado nos resultados obtidos.

Foram encontrados resultados satisfatórios quanto à utilização do extrato da semente para redução dos parâmetros avaliados, entretanto para a obtenção de água com potabilidade adequada, torna-se necessário a realização de estudos que analisem e determinem concentrações para atender aos parâmetros microbiológicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.18, n.2, p.115-122, 2013.

AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. **African Journal of Agricultural Research**, v.4, n.1, p.119-123, 2009.

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for examination of water and wastewater. 22nd ed. Washington: **American Public Health Association**; 1360 pp., 2012.

ARANTES, C. C.; PATERNIANI, J. E. S; RODRIGUES, D. S. H.; PIRES, M. S. G. Diferentes formas de aplicação da semente da *Moringa oleifera* no tratamento da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p. 266-272, 2015.

BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.295-299, 2004.

BEZERRA, J. F.; VENDRAMINI, D. Estudo do uso do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam. em uma ETA. *In: XIX Exposição de experiências municipais em saneamento* – Poços de Caldas – MG, 2015.

BHATIA, S.; OTHMAN, Z.; AHMAD, A. Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringa oleifera* seeds as natural coagulant. **Journal of Hazardous Materials**, v. 145, p.120-126, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2011, 34 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS n.º 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2004, 28 p.

BRITO, I. C. A.; SOUTO, J. S.; SOUTO, J. C. S.; NASCIMENTO, G. L.; MARQUES, L. F. Uso de sementes de Moringa na melhoria da qualidade da água no semiárido da Paraíba. *In: Anais II Encontro Nacional de Moringa*. Sergipe: Aracaju, 2010.

CARDOSO, K. C., BERGAMASCO, R., COSSICH, E. S., MORAES, L. C. K. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam. **Acta Scientiarum**, v.30, n.2, p.193-198, 2008.

CARVALHO, A. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, C. S.; SILVA, T. G. F. Zoneamento agrometeorológico da Moringa para o Estado de Pernambuco em condições atuais e projeções futuras. **Journal of Environmental analysis and Progress**, v.2, n.3, p.194-202, 2017.

CASTRO, R. P. Desenvolvimento de bioprodutos inovadores derivados da moringa (*Moringa oleifera* Lamarck). [Dissertação] Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2017.

FRANCO, M.; GABRIELA, S. K.; PATERNIANI, J. S. Water treatment by multistage filtration system with natural coagulant from *Moringa oleifera* seeds. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.5, p.989-997, 2012.

FRANCO, C. S.; BATISTA, M. D. A.; OLIVEIRA, L. F. C.; KOHN, G. P.; FIA, R. Coagulação com semente de *Moringa oleifera* preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.4, p.781-788, 2017.

LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; NASCIMENTO, F. S.; SARMENTO, A. P. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Revista Ambiente & Água**, v.5, n.3, p.222-231, 2010.

MADRONA, G. S. Extração/purificação do composto ativo da semente da *Moringa oleifera* Lam. e sua utilização no tratamento de água para consumo humano. [Tese] Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2010.

MADRONA, G. S. et al. Evaluation of extracts of *Moringa oleifera* Lam. seeds obtained with NaCl and their effects on water treatment. **Acta Scientiarum Technology**, v.34, n.3, p.289-293, 2012.

MUNIZ, G. L.; DUARTE, F. V.; OLIVEIRA, S. B. Uso de sementes de *Moringa oleifera* na remoção da turbidez de água para abastecimento. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.10, n.2, p.454-463, 2015.

NISHI, L. et al. Coagulação/Floculação com Sementes de *Moringa oleifera* Lam para Remoção de Cistos de Giardia spp. e Oocistos de Cryptosporidium spp. da água. In: **Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World**, São Paulo - Brazil, 2011.

PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.765–771, 2009.

PEREIRA, D. F.; ARAÚJO, N. A.; SANTOS, T. M.; SANTANA, C. R.; SILVA, G. F. Aproveitamento da torta da *Moringa oleifera* Lam. para tratamento de água produzida. **Revista Exacta**, v.9, n.3, p.323-331, 2011.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

VALVERDE, K. C. et al. Avaliação do tempo de degradação do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam. em pó no tratamento de água superficial. **Revista Exacta**, v.7, n.1, p.75-82, 2014.