

Núbia Cristina Almeida Caldeira

**AVALIAÇÃO DA *MORINGA OLEIFERA* LAM PARA
REMOÇÃO DE DUREZA DE ÁGUAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Ciências Agrárias, como requisito parcial para obtenção de título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientadora: Francinete Veloso Duarte

Montes Claros
2012

Núbia Cristina Almeida Caldeira

**AVALIAÇÃO DA *MORINGA OLEIFERA* LAM PARA
REMOÇÃO DE DUREZA DE ÁGUAS**

**Prof^a Roberta Carelli
(ICA/UFMG)**

**Prof. Edson Oliveira Vieira
(ICA/UFMG)**

**Prof^a Francinete Veloso Duarte
(Orientadora - ICA/UFMG)**

Aprovada em de 01 de Outubro de 2012.

Montes Claros
2012

RESUMO

A água é um recurso natural essencial à vida, mas o uso inadequado ao longo dos anos tem contribuído para a sua escassez, tornando cada vez mais comum o uso de água subterrânea e água proveniente de açudes para consumo humano e de animais, apresentando altos valores de sais de cálcio e magnésio, de turbidez e contendo micro-organismos patogênicos. Em função da necessidade de obter métodos alternativos mais baratos e eficazes para o tratamento da água, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da semente de *Moringa oleifera* Lam no abrandamento de água calcária. As amostras de água subterrânea são provenientes do poço tubular do Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros – MG. Para avaliação da eficiência do coagulante na água subterrânea foram realizados ensaios utilizando o agitador magnético, sendo avaliados os efeitos nas concentrações de 250 e 500 mg.L⁻¹ do pó da semente de moringa por litro de água a ser analisado. A titulação foi realizada após 2, 24 e 48 horas. Os resultados foram satisfatórios na remoção de carbonatos de cálcio (CaCO₃), mas o melhor resultado foi obtido com a concentração de 500 mg.L⁻¹ do extrato e tempo exposição de 24 horas ao extrato de moringa com uma redução 31,25% de CaCO₃.

Palavras-chave: água. Tratamento. moringa.

ABSTRACT

Water is a natural resource essential to life, but the inappropriate use over the years has contributed to its scarcity becoming increasingly common use of groundwater and water from reservoirs for human and animals, showing high values salts of calcium and magnesium, turbidity and containing pathogenic microorganisms. Due to the need for alternative methods cheaper and effective for the treatment of water, this study aims to evaluate the efficiency of the seed of *Moringa oleifera* Lam in softening of hard water. The groundwater samples are from the tube well of the Institute of Agricultural Sciences, Montes Claros - MG. To assess the efficiency of the coagulant in groundwater assays were performed using the magnetic stirrer, the effects were evaluated at concentrations of 250 and 500 mg.L⁻¹ of Moringa seed powder per liter of water to be analyzed. Titration was performed after 2, 24 and 48 hours. The results were satisfactory in removing calcium carbonate (CaCO₃), but the best result was obtained with a concentration of 500 mg.L⁻¹ yeast extract and 24 hour exposure time to the extract of Moringa with a reduction of 31.25% CaCO₃.

Key-words: water. Treatment. moringa.

LISTA DE TABELAS

1.	Padrões da Dureza da água.....	21
2.	Análises químicas e físico-químicas da amostra de água do poço tubular 01/ICA (Instituto de Ciências Agrárias).....	29
3.	Eficiência na remoção de carbonatos de cálcio (CaCO_3) da água proveniente do poço tubular utilizando concentrações de (250 e 500 mg.L^{-1}) do coagulante natural em função da variação do tempo de exposição ao pó da semente de moringa (horas).....	32
4.	Valores em percentagem da eficiência da remoção do carbonato de cálcio (CaCO_3) da água de poço em função do tempo de exposição ao pó da semente de moringa (horas).....	34

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2.	OBJETIVO GERAL.....	15
2.1	Objetivos Específicos.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1	Disponibilidade de Água no Brasil.....	15
3.2	Escassez de Água no Semiárido.....	16
3.3	Qualidade da Água.....	18
3.3.1	Dureza da Água.....	20
3.4	Tratamento de Água.....	21
3.4.1	Tratamento Convencional.....	21
3.4.2	Tratamento Alternativo da Água.....	22
3.4.3	<i>Moringa Oleifera</i> Lam no Tratamento de Água.....	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1	Água de Trabalho.....	27
4.1.1	Procedimento para Coleta da Amostra de Água.....	28
4.2	Caracterização da Água de Trabalho.....	28
4.3	Preparação da Solução de Moringa.....	30
4.4	Análise Química da Água.....	30
4.4.1	Dureza - Determinação do Cálcio (Ca^{+2}).....	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
6	CONCLUSÃO.....	36
7	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida e indispensável no meio produtivo, pois é visto como um elemento fundamental que impulsiona a economia. A água também é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos (MARQUES *et al.*, 2010). Apresenta ainda, um valor, social, cultural, medicinal, religioso e místico (ROSO, 2007), sendo indispensável à adequada qualidade de vida de uma população.

O aumento excessivo da população aliada ao uso inadequado dos recursos naturais ao longo dos anos tem contribuído para a ocorrência da escassez de água, o que torna esse recurso cada vez mais escasso em muitas regiões. No Brasil, em regiões semi áridas, onde há escassez de água, é comum o uso de água subterrânea, normalmente calcária, e de água proveniente de açudes para abastecimento humano e de animais (AMARAL *et al.*, 2006), apresentando altos valores de sais de cálcio e magnésio, de turbidez, contendo material sólido em suspensão, micro-organismos patogênicos, colocando em risco a saúde da população que a consome.

A água possui diversos constituintes nela dissolvidos, que podem alterar significativamente a sua qualidade, seja para o consumo ou para processos fabris. Alguns minerais como o cálcio e o magnésio influenciam na sua dureza gerando danos em equipamentos e utensílios além de afetarem a ação dos detergentes na limpeza, aumentando conseqüentemente o custo da produção. Ela é aceita como potável quando condizente com padrões físico-químicos e microbiológicos, de acordo com a resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005 (SILVA, 2005).

Para efeito de potabilidade, são admitidos valores relativamente altos de dureza. No Brasil, a Portaria N.º 2.914 de 14 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, estabelece o limite máximo de 500mgCaCO₃/L para que a água seja admitida como potável (ZAVAN, 2012).

De acordo com a Portaria nº 518 de 25 de novembro de 2009 do Ministério da Saúde, toda água destinada ao consumo humano deve atender ao padrão de potabilidade que é conseguido com o uso de coagulantes/floculantes. Para isso, torna-se necessário à adoção de alguns

critérios de potabilidade, atendendo a parâmetros físicos, químicos e biológicos (BRASIL, 2004). E para cumprir as exigências, são utilizadas Estações de Tratamento de Água (ETA), onde são realizados os tratamentos físico-químicos com coagulantes como sulfato de alumínio e/ou polímeros e desinfecção com cloro, tornando a água apta ao consumo humano (MARQUES *et al.*, 2010). O sulfato de alumínio é um reagente coagulante usado na purificação da água por ser eficiente na remoção do material em suspensão e de baixo custo, mas não remove a dureza da água. Embora seja eficiente no tratamento da água, o uso desse produto gera o lodo muito rico em alumínio, dificultando a deposição desse material no meio ambiente (MONACO *et al.*, 2010).

Em função da necessidade de obter métodos alternativos mais baratos e eficazes para o tratamento da água, muitos estudos têm sido realizados com semente da *Moringa oleifera* Lam, espécie que possui propriedades coagulantes e bactericidas (RANGEL, 2011).

É uma planta perene e totalmente adaptada ao clima tropical, a moringa oferece uma excelente alternativa para as propriedades e comunidades rurais podendo ser cultivada e processada na propriedade e utilizada para a alimentação humana e animal (LISITA, 2012).

A Moringa é uma hortaliça arbórea que apresenta uma grande versatilidade e tem sido cultivada em vários países, como Sudão, Malawi e Indonésia, usada como coagulante no tratamento físico-químico da água. Na Índia e em alguns países africanos, essa planta é consumida como alimento e muito utilizada no combate à desnutrição de crianças, pois suas folhas são fontes ricas em proteínas e vitamina A. Além disso, as sementes têm sido estudadas como fonte alternativa para o biodiesel por apresentar grande quantidade de óleo (BRANDÃO, 2010).

Este trabalho propõe um estudo com sementes de *Moringa oleifera* Lam visando seu uso como coagulante na remoção de carbonatos de cálcio, pois a mesma apresenta vantagens por ser biodegradável e produzir menor quantidade de lodo quando usado no tratamento da água ao contrário do que ocorre com o coagulante químico como sulfato de alumínio que é utilizado

nas estações de tratamento de água. O uso do sulfato de alumínio produz lodo tóxico e não degradável, dificultando sua deposição no meio ambiente (LIMA VAZ, 2009).

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência da semente de *Moringa oleifera* Lam no abrandamento de água calcária.

2.1 Objetivos Específicos

- Determinar o tempo necessário de exposição do pó da semente de Moringa na água visando uma água de qualidade para consumo humano.
- Estabelecer a concentração ideal do pó da semente da Moringa tendo em vista melhor remoção de carbonatos de cálcio presentes na água.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Disponibilidade de Água no Brasil

Os recursos hídricos superficiais gerados no Brasil representam 50% do total dos recursos da América do Sul (TUCCI, 2001). Considerando esse fato, o Brasil mantém uma posição privilegiada no cenário mundial, quando se refere aos recursos hídricos de superfície e subterrâneos (SHIKLOMANOV *et al.*, 2000; MARCONDES, 2010), pois o Brasil detém aproximadamente 11,6% do total de água doce do mundo (Rebouças *et al.*, 2002), enquanto regiões da Europa, como Portugal e Espanha, além de Oriente Médio e grande parte da África, lutam contra a escassez crônica do produto (MARCONDES, 2010).

Embora o Brasil seja rico em recursos hídricos, a sua distribuição no território não ocorre de maneira uniforme (TUCCI, 2001; MARCONDES, 2010), havendo uma disparidade entre a localização dos maiores aquíferos e

dos adensamentos urbanos, principalmente aqueles em torno das grandes metrópoles (REYDON *et al.*, 2012). Isso ocorre porque mais de 73% da água doce disponível encontra-se na bacia Amazônica (Região Norte), que é habitada por menos de 5% da população. Por outro lado, apenas 27% dos recursos hídricos superficiais brasileiros estão disponíveis para as demais regiões, onde residem 95% da população do país (LIMA, 1999).

Segundo Marcondes (2010), a divisão da água no Brasil é considerada desigual em relação aos usos e às responsabilidades de cada setor, sendo a irrigação o maior usuário de água a nível mundial. No Brasil cerca de 70% da água é destinada à irrigação, sendo que as práticas de utilização da água na irrigação têm mostrado, nos últimos anos, que o desperdício é altíssimo na captação, distribuição, uso e drenagem dos sistemas (VILAS, 2003). Além do uso inadequado da água ocorre também a contaminação dos cursos d'água com grandes quantidades de produtos utilizados na agricultura como fertilizantes e defensivos agrícolas. Somente 30% restantes destinam-se a fins diversos como: consumo doméstico, atividade industrial, geração de energia, recreação, abastecimento e outros (PLANETA ORGANICO, 2011).

No Brasil, em vista da importância da água e os problemas associados à sua escassez, foi criada, em 17 de julho de 2000 a Lei nº 9.984, a Agência Nacional de Água (ANA), uma autarquia sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério de Meio Ambiente. A criação da ANA ocorreu devida à necessidade de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e atuar como agente regulador no uso desses recursos demonstrando a preocupação do governo brasileiro com a gravidade do problema e sua disposição em atuar de forma incisiva na busca de soluções (VILAS, 2003).

3.2 Escassez de Água no Semi árido

O termo escassez de água pode ser usado para descrever um ambiente onde os usuários estão competindo pela água, isto é, onde a disponibilidade de água é insuficiente para atender a demanda (MACHADO e CORDEIRO, 2004). O Nordeste brasileiro com uma precipitação média anual

de 700 bilhões m^3 pode até ser considerada expressiva a disponibilidade hídrica, no entanto, somente 24 bilhões de metros cúbicos permanecem efetivamente disponíveis, pois o restante (92%) se perde por escoamento superficial (BRITO e DOS ANJOS, 1997).

Nesta região, a instabilidade climática é mais afetada por sua irregularidade do que pela escassez, se tornando num grande obstáculo à permanência do homem no meio rural, devido à falta de água até mesmo para suprir suas necessidades básicas (BRITO e DOS ANJOS, 1997). Esse obstáculo torna-se ainda maior pelo fato da rede fluvial no Nordeste ser composta por muitos rios temporários.

Um dos fatores responsáveis pela escassez de água no semi árido é o tipo de solo. Como em outras regiões semi áridas do mundo, o trópico semi árido brasileiro apresenta solos rasos e pedregosos, com baixa capacidade de retenção de água (BRITO e DOS ANJOS, 1997). Esse fato está relacionado ao tipo de estrutura geológica da região (escudo cristalino), que não permite acumulações satisfatórias de água no subsolo, ao baixo teor de matéria orgânica, a alta potencialidade para erosão e também devida às irregularidades das chuvas na região e por último a baixa pluviosidade (BRITO e DOS ANJOS, 1997; SUASSUNA, 1999).

Nas regiões mais afetadas pela escassez de água, as principais fontes de abastecimento de água são os poços rasos e nascentes, açudes (pequenos, médios e grandes), cisternas, poços (amazonas e cacimbas) e poços tubulares, fontes bastante susceptíveis à contaminação (SUASSUNA, 1999). De acordo com a qualidade química das águas, existe uma variação, em escala crescente, quanto aos teores de sais nessas fontes hídricas, obedecendo a seguinte ordenação: cisternas < açudes e barreiros < rios (perenizados e perenes) < poços (amazonas e cacimbas) < poços tubulares. Os teores de sais nas águas (composição química e nível de concentração dos sais) estão intimamente relacionados com o tipo de rocha e de solo com os quais elas têm contato. Quando explorada em estrutura cristalina, a água apresenta, na maioria das vezes, salinidade elevada (teores de cloreto acima de 1000 mgL^{-1}) característica, essa, que a torna imprestável ao consumo

humano e segundo a Organização Mundial de Saúde o recomendado é de no máximo 250 mg.L^{-1} de cloreto nas águas para o abastecimento das populações (SUASSUNA, 1999).

As cisternas rurais talvez sejam os reservatórios hídricos mais importantes no Semi árido, tendo em vista a sua capacidade de acumular água de excelente qualidade, pois as águas das cisternas não têm contato direto com outros ambientes que possam mineralizá-las ou contaminá-las (SUASSUNA, 1999, PINTO e HERMES, 2006). A maior preocupação com relação aos barreiros e pequenos açudes está no fato de como resolver o problema da turbidez das águas (característica resultante da suspensão de partículas microscópicas de argila nas águas) que é comum nesses tipos de fontes hídricas. Embora utilizem o método da filtração para minimizar o problema da turbidez, o resultado obtido desse processo é ineficiente (SUASSUNA, 1999; PINTO e HERMES, 2006)

Em função da necessidade de água tratada para consumo humano em áreas onde não existe saneamento básico, muitas famílias estão sendo orientadas por organizações não governamentais, a fazer uso da “Moringa” - vegetal cujas sementes têm a capacidade de flocular e decantar as partículas de argilas em suspensão na água, sem causar problemas à saúde do homem - como fonte alternativa de tratamento de água de barreiros e pequenos açudes visando obter uma água mais cristalina melhorando, sobremaneira, o aspecto de turbidez. No entanto, vale ressaltar que a suspensão pura e simples da argila nas águas desses corpos de água (barreiros e pequenos açudes) é inócua à saúde das pessoas que a bebem, sendo necessária uma ação mais eficaz, no sentido de neutralizar os problemas causados pela fauna microbiana (bactérias, microalgas e verminoses) existente nas águas dessas fontes (SUASSUNA, 1999). Pesquisas realizadas com a moringa têm mostrado sua eficiência na remoção de *Escherichia coli* (*E. coli*).

3.3 Qualidade da Água

A água é um recurso natural indispensável à sobrevivência de todos os seres vivos e o seu fornecimento em quantidade e qualidade é fundamental para uma perfeita manutenção da vida humana (Shiklomanov, 1997), porém

o homem tem se apropriado dos recursos sem a preocupação de preservar seus ciclos naturais, tornando a disponibilidade da água limitada pelo comprometimento de sua qualidade (MENDONÇA e LEITÃO, 2008).

A qualidade da água é definida por sua composição química, física e bacteriológica e também pelas suas características desejáveis que dependem de sua utilização, (Richter e Azevedo Netto, 1991; Daniel *et al.*, 2001), da sua finalidade, sendo que, os principais exames físicos são a cor, a turbidez, o pH, o odor, o sabor, a temperatura e a condutividade elétrica.

Para o consumo humano a água deve ser pura e saudável, ou seja, livre de material suspenso visível, cor, gosto e odor de quaisquer organismos capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais. Assim, para se adequar ao consumo, a água necessita de tratamento e, para tanto, os métodos vão desde a simples fervura até sistemas completos que contemplem a coagulação, floculação, sedimentação, filtração e cloração - processo de desinfecção da água com uso de desinfetantes (SANTOS *et al.*, 2010).

O processo de desinfecção visa reduzir a quantidade de micro-organismos presentes na água a níveis considerados seguros (MACEDO, 2003 **apud** OLIVEIRA, 2010). Segundo Daniel *et al.*, (2001), entre os agentes de desinfecção, o mais largamente empregado no processo de purificação da água é o cloro, podendo ser facilmente encontrado na forma de gás, líquido ou sólido, além de ser mais barato e capaz de destruir a maioria dos micro-organismos patogênicos (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991 **apud** OLIVEIRA, 2010). A desinfecção da água é indispensável, uma vez que as etapas anteriores do tratamento, como a filtração, não reduzem a níveis seguros, os micro-organismos existentes na água (MACEDO, 2003 **apud** OLIVEIRA, 2010).

A água para ser caracterizada como potável segue os padrões de classificação, sendo determinados por diversos parâmetros, físicos, químicos e biológicos, através da presença de diversos componentes, substâncias e organismos (FERRAZ; PATERNIANI, 2002), provenientes do próprio ambiente natural ou mesmo introduzidos a partir de atividades antrópicas. Os

padrões de classificação da água são usados para averiguar a segurança que apresenta para o ser humano e para o bem estar dos ecossistemas. Segundo Gastaldini e Mendonça (2001), critérios são valores estabelecidos cientificamente, que associam concentrações ou níveis de determinados parâmetros a efeitos no meio ambiente. E ainda padrões são valores-limite estabelecidos por lei para serem atendidos num corpo hídrico destinado a um uso específico.

3.3.1 Dureza da Água

A dureza da água é causada pela presença de sais minerais dissolvidos, primariamente cátions bivalentes incluindo cálcio, magnésio, ferro, estrôncio, zinco e manganês. Os íons de cálcio e magnésio são normalmente os únicos presentes em quantidades significativas; portanto, a dureza é geralmente considerada como uma medida do teor em cálcio e magnésio na água. A presença na água de sais minerais como cálcio e magnésio confere sabor desagradável e efeito laxativo; reduzem a formação de espuma do sabão, aumentando o seu consumo; além de provocarem incrustações nas tubulações e caldeiras; podendo ainda oferecer efeito corrosivo (LAGGER *et al.*, 2000; ROLOFF, 2006); e quando seus íons reagem com detergentes, formam precipitados insolúveis, que para serem eliminados dependem de detergentes ácidos em grandes concentrações (LAGGER *et al.*, 2000).

Habitualmente, uma água doce natural tem uma dureza total, expressa como CaCO_3 (carbonato de cálcio), em torno de 35 mg mgL^{-1} , podendo apresentar valores muito mais elevados, sem qualquer risco para a saúde. Os sais de cálcio e os seus íons são habituais na água e abundam em zonas de solos calcários ou dolomíticos (PEIXOTO, 2007).

A dureza pode ter também origem industrial. As próprias indústrias têm exigências diversas quanto à dureza das águas que utilizam. A dureza não-carbonatada, denominada dureza permanente (por oposição aos carbonatos e bicarbonatos de cálcio e magnésio, que se denominam dureza temporária), resulta da combinação de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} com íons Cl^- e SO_4^{2-}

. Nos processos de amaciamento, há geralmente troca de ions Na^+ pelos ions Ca^{2+} e Mg^{2+} (PEIXOTO, 2007). Quanto a Classificação das águas, em termos de dureza (em CaCO_3) podemos descrever como:

Tabela 1. Padrões da Dureza da água.

DUREZA	CONCENTRAÇÃO DE CaCO_3 (mg.L^{-1})
Água Mole	até 50
Dureza Moderada	entre 50 e 100
Água Dura	entre 100 e 200
Água Muito dura	acima de 200

Fonte: CUSTÓDIA e LLAMAS, 1983.

Segundo a Portaria 518, de 25 de março de 2004 – ANVISA/MS, o limite máximo de dureza total em água potável é de 500 mgL^{-1} . Atribui-se um efeito laxativo e sabor desagradável à água de elevada dureza (VON SPERLING, 1996).

3.4 Tratamento de Água

O tratamento de água é conceituado como um conjunto de procedimentos físicos químicos que são aplicados na água para que esta esteja em condições adequadas para o consumo, ou seja, para que a água se torne potável. O processo de tratamento de água promove a desinfecção, evitando a transmissão de doenças (SANEPAR, 2010).

3.4.1 Tratamento Convencional

A água potável pode ser de uma fonte natural, desde que não haja nenhum tipo de contaminação em sua nascente ou percurso. Pode ser obtida também por meio do tratamento físico e ou químico. Nas cidades, este processo é realizado nas ETA's (Estações de Tratamento de Água) (SILVA, 2012).

Nas Estações de Tratamento de água (ETA's) a água bruta passa por diversos processos. Os principais são: Captação, Coagulação, Floculação, Decantação, Filtração, Desinfecção, Fluoretação e correção do PH (SANEPAR, 2010).

-**Captação**: primeiramente a água é captada na sua forma natural (bruta) em mananciais (nascentes de rios) ou poços subterrâneos e direcionada por meio de enormes tubulações para as ETAs (SANEPAR, 2010).

-**Coagulação**: quando a água na sua forma natural (bruta) entra na ETA, ela recebe, nos tanques, uma determina quantidade de sulfato de alumínio. Esta substância serve para aglomerar (juntar) partículas sólidas que se encontram na água como, por exemplo, a argila (SANEPAR, 2010).

-**Floculação** - em tanques de concreto com a água em movimento, as partículas sólidas se aglutinam em flocos maiores (SANEPAR, 2010).

-**Decantação** - em outros tanques, por ação da gravidade, os flocos com as impurezas e partículas ficam depositadas no fundo dos tanques, separando-se da água (SANEPAR, 2010).

-**Filtração** – Na filtração, a água passa por filtros formados por carvão, areia e pedras de diversos tamanhos. Nesta etapa, as impurezas de tamanho pequeno ficam retidas no filtro (SANEPAR, 2010).

-**Desinfecção** – No processo de desinfecção é aplicado na água cloro ou ozônio para eliminar microorganismos causadores de doenças (SANEPAR, 2010).

-**Fluoretação** – Na fluoretação é aplicada flúor na água para prevenir a formação de cárie dentária em crianças (SANEPAR, 2010).

-**Correção de PH** – Para a correção do pH aplica-se na água uma certa quantidade de cal hidratada ou carbonato de sódio. Esse procedimento serve para corrigir o PH da água e preservar a rede de encanamentos de distribuição(SANEPAR, 2010).

3.4.2 Tratamento Alternativo da Água

O Brasil é o detentor de uma das maiores reservas de recursos hídricos do mundo. No entanto, muitos dos mananciais utilizados estão cada vez mais poluídos e deteriorados, seja pela falta de controle ou mesmo pela

falta de investimentos em coleta, tratamento e disposição final de esgotos e efluentes industriais (PEREIRA, 2006; JACINTO *et al.*, 2011).

Em função da ausência de tratamento dos esgotos, as águas naturais, principalmente as águas superficiais próximas às zonas urbanas, industriais e regiões desmatadas contêm uma grande variedade de impurezas, como partículas coloidais, substâncias húmicas, plâncton e micro-organismos em geral (BORBA, 2001). A remoção dessas impurezas só é possível com a implantação de sistemas de tratamento de água através da utilização de determinadas substâncias químicas como os coagulantes (SANTOS *et al.*, 2010).

A falta de saneamento básico tem sido atualmente, um dos principais problemas enfrentados por comunidades carentes de pequenas cidades no interior do Brasil, onde em virtude das dificuldades e dos custos para obtenção desses reagentes químicos, muitas famílias utilizam a água sem nenhum tratamento (SANTOS *et al.*, 2010).

A maior parte dos municípios, principalmente no Nordeste brasileiro, não realizam o tratamento dos seus esgotos, sendo estes lançados nos corpos aquáticos situados próximos da zona urbana (HENRIQUE, 2006). Os horticultores e criadores assentados nas periferias das cidades, em função da escassez de água, acabam por fazer uso de águas poluídas e contaminadas, por serem de fácil acesso, para a irrigação de capim forrageira, hortas e fruteiras, cujos produtos são comercializados nas feiras livres, possibilitando a disseminação de doenças entéricas a seus consumidores (HENRIQUE, 2006). Com isso, observa-se a necessidade da existência de técnicas alternativas de tratamento de água, como por exemplo, a substituição de coagulantes sintéticos por produtos naturais, pois além de serem mais baratos, não causam danos ao meio ambiente, e não apresenta toxicidade ao homem nem aos animais.

A moringa tem sido alvo de pesquisas, pois suas sementes detêm propriedades coagulantes atribuídas a proteínas catiônicas de baixo peso molecular (MUYBI e EVISON, 1995), que interagem com o material orgânico da água, destruindo a estabilidade coloidal e facilitando a sua remoção por sedimentação (NDABIGENGESERE e NARASIAH, 1998). Em função disso,

o extrato das sementes vem sendo utilizado com sucesso na clarificação de águas turvas para consumo humano (MATTOS, 1998), substituindo, inclusive, o sulfato de alumínio (MAKKAR e BECKER, 1997; GHEBREMICHAEL e HULTMAN, 2004). O extrato também reduz a dureza, alcalinidade, pH (MUYBI e EVISON, 1995) e oxigênio dissolvido da água e eleva o gás carbônico (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Estudo sobre monitoramento de coagulação e redução bacteriana com as sementes de moringa nas águas turvas do Rio Nilo no Sudão, notificaram uma redução de 80 a 95% nos índices de turbidez e de 1 a 4 log (90 a 99,9%) nos parâmetros bacterianos, com os micro-organismos ficando concentrados no sedimento e que nas 24h subseqüentes ocorreu aumento no número de micro-organismos no sobrenadante para *Salmonella typhimurium* e *Shigella sonoy* e em alguns casos para *Escherichia coli* (MADSEN *et al.*, 1987).

Cruz *et al.* (2007), mostraram que as sementes de moringa são eficientes na clarificação de efluentes de viveiros de camarão marinho, sendo vinte e quatro horas exposição ao extrato considerado tempo suficiente para os efluentes atingirem o máximo de clarificação e 1,0 e 2,0 sementes/L as melhores doses.

Uma pesquisa realizada com a moringa, avaliando o efeito inibitório do extrato de semente sobre micro-organismos, usando discos impregnados com o extrato, pelo método de difusão, verificou que o mesmo foi ativo na inibição de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* (CACERES *et al.*, 1991).

3.4.3 *Moringa oleifera* Lam no Tratamento de Água

A *moringa oleifera* Lam é nativa do Norte da Índia, mas atualmente pode ser encontrada em vários países dos trópicos (GERDES, 1997; BHATIA *et al.*, 2007; RANGEL, 2011). Pertence à família Moringaceae, composta apenas por um gênero *Moringa*, e quatorze espécies conhecidas (OKUDA *et al.*, 2001; RANGEL, 2011). Ela é conhecida por vários nomes comuns, de acordo com os diferentes usos. Segundo Rangel, (2011) pode ser chamada de

acácia-branca, árvore-rabanete-de-cavalo, cedro, moringueiro e quiabo-de-quina, (Moringa, 2012), 'baqueta' (devido ao formato dos seus frutos que representam um alimento básico na Índia e na África). Em algumas partes do oeste da África, é conhecida como "a melhor amiga da mãe" em consideração ao valor que a planta possui para a população, pois a mesma produz uma diversidade de produtos valiosos dos quais as comunidades locais fazem uso por centenas, talvez milhares de anos (RANGEL, 2011).

Em relação a sua morfologia, a moringa é definida como uma árvore de pequeno porte, de crescimento rápido podendo alcançar 12 metros de altura (Cáceres *et al.*, 1991; Morton, 1991; Rangel, 2011). As flores emergem em panículas, apresentando uma coloração creme (Pereira Neto *et al.*, 2008). As vagens contêm de 10 a 20 sementes armazenadas em uma polpa branca. As sementes globóides são escuras por fora e contêm no seu interior uma massa branca e oleosa. O núcleo é encoberto por uma concha sendo trilobadas, oleaginosas, e medindo até 1 cm de diâmetro (LORENZI e MATOS, 2002; CYSNE, 2006). A casca da raiz é espessa, mole e reticulada, de cor pardo-clara, externamente, e branca, internamente, lenho mole, poroso e amarelo. Tem odor pungente e sabor semelhante ao do rabanete (CYSNE, 2006).

Quanto ao tipo de solo, adapta-se a uma ampla faixa de solo e é tolerante à seca. Essa planta é de fácil propagação e as sementes podem ser plantadas diretamente no local definitivo ou em sementeiras (MARACAJÁ *et al.*, 2010; RANGEL, 2011). Em função dessas características, a semente de Moringa é considerada uma ótima alternativa no tratamento de água podendo ser utilizada como coagulante natural e como fonte de alimento (RANGEL, 2011).

A Moringa é uma hortaliça arbórea não convencional, muito utilizada como coagulante natural de água no Sudão e na Indonésia. Alguns países africanos estão fazendo plantios de moringa com o objetivo de utilizá-la na purificação da água. A semente também contém um princípio dotado de atividade antimicrobiana, a pterigospermina, bem como os glicosídeos moringina, 4-(α -L-ramnosilori)-isotiocianato de benzila e 4-(α -L-ramnosilori)-fenil-acetonitrila. Estes componentes antimicrobianos agem principalmente

contra *Bacillus subtilis*, *Mycobacterium phei*, *Serratia marcescens* e ainda, sobre *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella* e *Streptococcus*, o que justifica seu emprego na preparação de pomada antibiótica (CYSNE, 2006; AGUIAR, 2010).

Na Índia e na África, a Moringa é encontrada em quintais, onde as folhas são colhidas diariamente para uso em sopas, molhos e saladas. As folhas possuem um alto conteúdo de proteína (27%) e são ricas em vitamina A e C, cálcio, ferro e fósforo. Uma das vantagens é que as folhas da moringa podem ser colhidas durante a estação seca, época em que nenhum outro vegetal fresco está disponível (DAHOT, 1998; RANGEL, 2011). As flores, só devem ser consumidas cozidas, fritas na manteiga ou misturadas a outros alimentos. Os frutos verdes são também muito nutritivos, contendo todos os aminoácidos e são preparados de forma similar às ervilhas verdes, possuindo um sabor próximo ao dos aspargos (RANGEL, 2011).

A semente de moringa contém um grão bastante macio e rico em óleo (contendo entre 27 a 40% de óleo – característica que impede a semente de secar) (Jahn, 1998), e, por isso pode ser extraído manualmente usando-se uma prensa de rosca (também conhecida como “prensa de fuso”). Primeiro tritura-se a semente, adiciona-se 10% de água e, em seguida, aquece-se levemente em lume brando durante 10 a 15 minutos, tomando cuidado para não queimar a semente. Após o óleo ser extraído, o bagaço amargo ainda possui todas as propriedades das sementes inteiras quanto ao tratamento e purificação da água (AÇÕES GAIA, 2011). O óleo obtido das sementes da Moringa pode ser usado no preparo de alimentos, na fabricação de sabonetes, cosméticos e como combustível para lamparinas. A pasta resultante da extração do óleo das sementes pode ser usada como um condicionador do solo, fertilizante ou ainda na alimentação animal. As raízes e outras partes da planta são utilizadas na medicina tradicional. Na Índia, por exemplo, todas as partes da planta são usadas na medicina natural, porém, a química e a farmacologia das diferentes partes da planta são ainda pouco conhecidas (RANGEL, 2011).

No Brasil, a *Moringa oleífera* Lam foi introduzida por volta de 1950, pode ser encontrada na região Nordeste, principalmente nos Estados do

Maranhão, Piauí e Ceará (LORENZI e MATOS, 2002; AGUIAR, 2010). Atualmente, a cultura da moringa vem sendo difundida em todo o semi árido nordestino, devido a sua utilização no tratamento de água para uso doméstico. O interesse pelo estudo de coagulantes naturais para clarificar água não é uma idéia nova. Por esse motivo, alguns países como Japão, China, Índia e Estados Unidos, têm adotado o uso de polímeros naturais no tratamento de águas superficiais para a produção de água potável devido às grandes vantagens em relação aos agentes coagulantes/floculantes químicos como o sulfato de alumínio (KAWAMURA, 1991; SERPELLONI *et al.*, 2010).

A descoberta do uso das sementes de moringa para a purificação de água, a um custo menor que do tratamento químico convencional, constitui uma alternativa da mais alta importância (SILVA, 2005). As sementes possuem um composto ativo que atua em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este processo responsável pela formação de flocos e conseqüente sedimentação (NDABIGENGESERE *et al.*, 1995; NKURUNZIZA *et al.*, 2009).

Silva *et al.*, (2007), a solução da semente de Moringa tem se mostrado efetiva como agente coagulante e na remoção de patógenos de águas brutas. Chagas *et al.*, (2009) detectaram eficiência de 83,9% na remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e de 80,7% de óleos e graxas de águas residuárias e de laticínios, obtidas quando da utilização de uma dose de 0,9g/L de sementes.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Água de Trabalho

No experimento foram utilizadas amostras de água, proveniente do poço tubular artesiano localizado no Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros – MG.

4.1.1 Procedimento para Coleta da Amostra de Água

As amostras de água subterrânea foram coletadas de acordo com as recomendações exigidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para a análise química. A água foi coletada em garrafas esterilizadas (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2008). Para este procedimento foram adotados os seguintes etapas durante a coleta das amostras:

- As garrafas foram abertas somente na hora da coleta e preenchidas até completar três quartos do recipiente devidamente esterilizado, sendo imediatamente tampados;
- Após a coleta das amostras, as mesmas foram encaminhadas para o laboratório de Química do Instituto de Ciências Agrárias.

4.2 Caracterização da Água de Trabalho

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das análises químicas e físico-químicas das amostras de água proveniente do poço tubular. De acordo com os valores encontrados na Tabela 2 a água analisada possui alto teor de CaCO_3 (222 mg.L^{-1}), pois segundo os padrões de dureza da água valores acima de 200 mg.L^{-1} é classificada como muito dura.

Tabela 2. Análises químicas e físico-químicas da amostra de água do poço tubular 01/ICA (Instituto de Ciências Agrárias).

Parâmetro	Resultado Água do poço 01/ICA
Temperatura	26 ^o C
pH	7,6
Condutividade Elétrica	0,468dS m ⁻¹
	mg L⁻¹
Sólidos dissolvidos	306
Cloretos	3,0
Acidez carbônica	2,0
Alcalinidade bicarbonatos em CaCO ₃	249
Alcalinidade bicarbonatos de HCO ₃	151,6
Dureza total em CaCO ₃	222
Nitrogênio Nítrico	< 0,1
Sulfatos	3,0
Fe	0,46
Mn	0,165
Ca	51,25
Mg	7,50
Na	13,49
K	1,4
Pb	<0,05
Zn	<0,003
Cu	<0,01
Al	1,30
Cd	<0,05
Cr	<0,01
CO ₃ ⁻²	133,2
HCO ₃ ⁻	151,9

Fonte: DUARTE *et al*, 2010

4.3 Preparação da solução de Moringa

A solução coagulante foi preparada e utilizada no mesmo dia, seguindo recomendações de Ndabigengesere e Narasiah (1998). Foram utilizadas sementes maduras de moringa, manualmente removidas da vagem seca e descascadas e foi retirada a película que envolve a semente. Logo após, foram pesadas as sementes e depois moídas. O pó proveniente da trituração foi peneirado para obtenção de uma fração inferior a 1mm. Em seguida, foi pesado 250 mg.L⁻¹ de pó da semente de moringa e adicionado em 1 litro de água do poço, o mesmo procedimento foi realizado para a concentração de 500mg.L⁻¹. Posteriormente as soluções foram agitadas no agitador magnético durante 30 minutos.

O tempo de exposição ao pó da semente de moringa foi de 2, 24 e 48 horas. Após esse período as amostras expostas ao pó da semente de moringa foram filtradas à vácuo e em seguida foi realizada a titulação para cada uma das concentrações obtendo assim, os resultados.

4.4 Análise Química da Água

A duração da análise de dureza deve ter um limite de 5 minutos, para minimizar a tendência de precipitação de CaCO₃. A dureza da água é medida em mg.L⁻¹ de CaCO₃ e pode variar de 10 a 200 mg.L⁻¹ em água doce e até 2.500 mg.L⁻¹ em água salgada. Segundo a Portaria 518, de 25 de novembro de 2009 – ANVISA/MS, o limite máximo de dureza total em água potável é de 500 mg.L⁻¹ para uso em caldeiras a dureza da água deve ser igual à zero (BRASIL, 2001).

4.4.1 Dureza - Determinação do Cálcio (Ca⁺²)

Primeiramente, foi determinada a dureza da água do poço antes de iniciar o tratamento com o coagulante natural, utilizando o método titulométrico com EDTA para obter a concentração de Carbonatos de Cálcio (CaCO₃). Todo o tratamento foi realizado em condições ambientais e

temperatura variando 25 a 30°C. E para a avaliação da dureza da água utilizou-se a metodologia proposta por APHA (2005).

Para a determinação da dureza, utilizou-se a equação 1 e a equação 2.

Equação 1.

$$M_{EDTA} \times V_{EDTA} (L) = M_{Ca^{2+}} \times V_{Ca^{2+}} (L)$$

Legenda da equação 1.

M_{EDTA} = Concentração Molar do EDTA;

V = Volume gasto de EDTA;

$M_{Ca^{2+}}$ = Concentração de Ca^{2+}

$V_{Ca^{2+}}$ = Volume de Ca^{2+}

Equação 2.

$$M_{(CaCO_3)} = \frac{m_{(CaCO_3)}}{P m_{(CaCO_3)}}$$

m = Massa do $CaCO_3$

$P m$ = Peso Molecular do $CaCO_3$

M = Concentração Molar do $CaCO_3$

5 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Na avaliação foram utilizadas duas concentrações obtidas a partir do pó da moringa (250 e 500 mg.L⁻¹). A Tabela 3 mostra os resultados adquiridos antes e após o tratamento da água de poço com o coagulante proveniente da semente de moringa. Verifica-se também na Tabela 3 o tempo de exposição ao pó da semente de moringa (horas) em função da concentração do pó da semente de moringa (mg.L⁻¹).

Tabela 3. Eficiência na remoção de carbonatos de cálcio (CaCO_3) da água proveniente do poço tubular utilizando concentrações de (250 e 500 mg.L^{-1}) do coagulante natural em função da variação do tempo de exposição ao pó da semente de moringa (horas):

Dureza (CaCO_3)					
Tempo de Exposição ao pó da Moringa (horas)	Concentração de coagulante mg.L^{-1}				
	S/ coagulante	250	Remoção	500	Remoção
0	240	-	-	-	-
2	-	190	50	185	55
24	-	190	50	165	75
48	-	240	0	195	45
Remoção mg.L^{-1} Média	-	-	50	-	58,3

A água foi analisada antes de dar início ao tratamento com a moringa para obter o valor da concentração de carbonatos de cálcio (CaCO_3) que foi de 240 mg.L^{-1} . Na tabela 3 verifica-se que o tratamento da água do poço após duas horas exposto ao coagulante com uma concentração de 250 mg.L^{-1} apresentou uma remoção de 50 mg.L^{-1} de CaCO_3 , enquanto que para a concentração de 500 mg.L^{-1} , a remoção de CaCO_3 foi de mg.L^{-1} .

Para a concentração de 250 mg.L^{-1} e tempo de 24 horas de exposição ao pó da moringa, obtiveram remoção de 50 mg.L^{-1} de CaCO_3 , enquanto que para a concentração de 500 mg.L^{-1} a remoção do CaCO_3 foi mais significativa em relação a anterior, pois verificou uma redução de 75 mg.L^{-1} de CaCO_3 .

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3 para o tempo de 48 horas de exposição ao pó da moringa com a concentração de 250 mg.L^{-1} não houve redução do CaCO_3 na água, porém para a concentração de 500 mg.L^{-1} da moringa, a remoção de CaCO_3 foi menor quando comparado aos valores anteriores para essa mesma concentração, apresentando uma redução de 45 mg.L^{-1} de CaCO_3 . Assim, para os tratamentos 250 mg.L^{-1} e 500 mg.L^{-1} observou-se uma redução da dureza até as 24 horas do início do experimento, a partir das 48 horas houve um aumento da dureza para o tratamento de 250 mg.L^{-1} que passou de 190 mg.L^{-1} para 240 mg.L^{-1} , enquanto que para o tratamento de 500 mg.L^{-1} , o valor da dureza passou de

165 mg.L⁻¹ para a 195 mg.L⁻¹. Provavelmente, o aumento dos valores apresentados para os tratamentos de 250 mg.L⁻¹ e 500 mg.L⁻¹ para o tempo de 48 horas pode ser atribuído a uma liberação do carbonato na água após longo tempo de contato ao fato de que o extrato aquoso da moringa permaneceu ativo por pouco tempo após a sua preparação (OKUDA *et al.* 2010).

Na literatura não foram encontrados trabalhos em relação à remoção da dureza utilizando a semente de moringa como agente coagulante. Ndabigengesere *et al.* 1995 relata que a remoção obtida pode ser explicada pela ação coagulante da moringa, que se baseia na presença de proteínas catiônicas nas sementes, estas proteínas são dímeros catiônicos densamente carregados com peso molecular de cerca de 13kDa, sendo a adsorção e a neutralização de cargas os principais mecanismos de coagulação da moringa.

Essas propriedades coagulantes interagem com o material orgânico da água, destruindo a estabilidade coloidal e facilitando a sua remoção por sedimentação (NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998). Em função disso, o extrato das sementes vem sendo utilizado com sucesso na clarificação de águas turvas para consumo humano (MATTOS, 1998). O extrato também reduz a dureza, alcalinidade, pH (MUYBI; EVISON, 1995).

Amagloh e Benang (2009) afirmam ainda, que o coagulante à base de sementes de moringa, por ser de origem natural, possui significativa vantagem, quando comparado ao coagulante químico, sulfato de alumínio, principalmente para pequenas comunidades, pois podem ser preparados no próprio local. Ndabigengesere *et al.* (1995), descreve que a moringa possui a vantagem de ser um componente atóxico, biodegradável em relação ao sulfato de alumínio e de sua eficiência não depender do pH da água a ser tratada como ocorre com o alumínio.

Há pesquisas que descrevem o potencial da moringa no tratamento de água, apresentando resultados satisfatórios na redução da turbidez, de metais pesados, além de apresentar ação antimicrobianas. Araújo (2009) em seu trabalho com a moringa observou que sementes trituradas de moringa constituem uma alternativa em potencial para remoção de metais, em

especial íons de prata Ag (I), podendo ser utilizado no tratamento de resíduos que contenham este íon.

Amaral *et al.* (2006) realizaram experimentos utilizando extratos de sementes de *Moringa oleifera* Lam adicionados à água a ser desinfetada por radiação solar em garrafas PET e concluíram que mesmo para valores elevados de turbidez, da ordem de 200 a 250 NTU, foi obtida total inativação de *E. coli* após 12h de exposição ao sol.

Tabela 4. Valores em percentagem da eficiência da remoção do carbonato de cálcio (CaCO_3) da água de poço em função do tempo de exposição ao pó da semente de moringa (horas):

Eficiência da Remoção de CaCO_3		
Tempo de Exposição ao pó da Moringa (horas)	Concentração de coagulante mg.L^{-1}	
	250 mg.L^{-1}	500 mg.L^{-1}
	Remoção do CaCO_3 (%)	Remoção do CaCO_3 (%)
2	20.8	22.9
24	20.8	31.25
48	0	18.75
Percentagem de remoção Média (%)	20.8	24.30

Conforme foi constatado na Tabela 4 para os tratamentos com concentração de 250 mg.L^{-1} e tempo de exposição de duas horas e de 24 horas ao pó da semente de moringa, a redução do teor de CaCO_3 foi de 20.8% para ambos, enquanto que para os tratamentos com a concentração de 500 mg.L^{-1} e tempo de exposição de 2 horas e 24 horas ao pó da semente de moringa, a remoção foi de 22.9% e 31.25 % de remoção de CaCO_3 na água, sendo que esse último foi o que apresentou maior redução no teor de CaCO_3 na água.

Sani (1990) **apud** Silva (2006) realizou testes em jarros utilizando sementes de *Moringa oleifera* Lam, em amostras de água com turbidez variando de 80 a 800 NTU e dureza variando de 300 a 900 mg.L^{-1} de CaCO_3 . O autor verificou remoção de turbidez de 92 a 99% e redução entre 60–70% na dureza após a coagulação e duas horas de sedimentação.

Ndabigengesere *et al.* (1995) aplicando solução aquosa de 5% de sementes de moringa em água turva sintética (caolim) com turbidez inicial de 426 UNT, obtiveram remoções de 80 a 90% de turbidez e chegaram à concentração ótima de 500 mg.L^{-1} da solução coagulante. As diferentes eficiências de remoção de turbidez e concentrações ótimas podem ser explicadas pelos diferentes tipos de amostras de água utilizados pelos trabalhos citados anteriormente (água bruta, água artificial), assim como pelo modo de preparo da solução de moringa (extração salina, aquosa), concentrações avaliadas, qualidade das sementes, entre outros fatores.

6 CONCLUSÃO

Nesse trabalho, o extrato aquoso da semente de moringa apresentou resultados satisfatórios na remoção de carbonatos de cálcio (CaCO_3), mas o melhor resultado foi obtido com a concentração de 500 mg.L^{-1} do extrato e tempo de exposição de 24 horas ao extrato de moringa com uma redução de 31,25% de CaCO_3 .

O uso de substâncias naturais, como a extraída de sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam) e que atuam como flocculadores do material em suspensão presente na água, é uma prática que vem sendo estudada, visando à melhoria da qualidade de águas residuárias ou de qualidade inferior (NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 2005).

7 REFERÊNCIAS

AÇÕES DO MOVIMENTO GAIA. Disponível em: <<http://www.gaia-movement.org/files/AMG%20Comida%2031-33.pdf>> Acesso em 14 de Novembro de 2011.

AGUIAR, F. L. N. **Avaliação do potencial antifúngico de produtos de plantas em cepas de *Candida albicans* e *Microsporum canis* isolada de cães e gatos: Um destaque para *Moringa oleifera* e *Vernonia* sp.** 2010. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Faculdade de Veterinária da Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, Ceará, 2010.

AMARAL, L. A.; ROSSI JÚNIOR, O. D.; SOARES; BARROS, L. S.; LORENZON, C. S.; NUNES, 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.

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

AMERICA PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standart Methods for the Examination of water and wastewater**, 21 st. Washington, 2005.

ARAÚJO, C. S. T.; COELHO, N. M. M. **Desenvolvimento de metodologia analítica para extração e pré concentração de Ag(I) utilizando a *Moringa oleifera* Lam.** 2009. 186 f. Dissertação (Doutorado em Química). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, Minas Gerais, 2009.

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

BORBA, L. R. **Viabilidade do uso da *Moringa oleifera* Lam. no tratamento Simplificado de água para pequenas comunidades.** 2001. 73f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2001.

BRANDÃO, C. **Moringa Oleifera - A verdadeira Carne Verde!** 2010. Disponível em: <<http://sempresustentavel.com.br/terrena/.../moringa-oleifera.htm>> Acesso em 07 de Outubro de 2012.

BRASIL – Ministério da Saúde. Portaria 1.469 de 29 de dezembro de 2000. 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, n.14E, 19. Secção 1, 2001.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Brasília, 2004. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 20 de Julho de 2011.

BRITO, L. T. L.; DOS ANJOS, J. B. **Barragem Subterrânea**: Captação e armazenamento de água no meio rural. Petrolina, Pernambuco. p.17- 21, 1997.

CÁCERES, A.; CABRERA, O.; MORALES, O.; MOLLINEDO, P.; MENDIA, P. Pharmacological properties of *Moringa oleifera*. 1: Preliminary screening for antimicrobial activity. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 33, p. 213-216, 1991.

CHAGAS, R.C.; SARAIVA, C. B.; MOREIRA, D. A.; SILVA, D. J. P.; MATOS, A. T.; FARAGE, J. A. Uso do extrato de moringa como agente coagulante no tratamento de águas residuárias de laticínios. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 26., 2009, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ICLT/EPAMIG, 2009.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. SANEPAR. Curitiba – Paraná, Brasil. 2010. Disponível em:<http://educando.sanepar.com.br/ensino_fundamental/o-tratamento-da-água>. Acesso em 07 de Outubro de 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **RESOLUÇÃO CONAMA no 396, de 3 de Abril de 2008**. Publicada no DOU nº 66, de 7 de Abril. Disponível em:<http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua_sub/arquivos/res39608.pdf> Acesso em 10 de Outubro de 2012.

CYSNE, J. R. B. **Propagação in vitro de *Moringa oleifera* L.** 2006. 81f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

CRUZ, M. W. de O.; OLIVEIRA, E. G.; ARAÚJO FILHO; J. M.; HIPÓLITO, M. L. F.; LIMA, C. B. Avaliação da eficiência de sementes de moringa no tratamento de efluentes de viveiros de camarão marinho. **Revista Ciência Agrônômica**. Fortaleza, v.38, n.3, p.257-263, 2007.

CUSTÓDIA E LLAMAS, 1983. Disponível em: <http://www.bdtd.ufpe.br/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1071> Acesso em 08 de Outubro de 2012.

DAHOT, M.U. Vitamin contents of the flowers and seeds of *Moringa oleifera* L. **Journal of Biochemistry**, v.21, n.1-2, p.21-24, 1998.

DANIEL, L. A.; BRANDÃO, C. C. S.; GUIMARÃES, J. R.; LIBÂNIO, M.; DE. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Rede cooperativa de pesquisas - **Métodos alternativos de desinfecção de água**. São Carlos. PROSAB; 2001.

FERRAZ, C. F. e PATERNIANI, J. E. S. Eficiência da filtração lenta em areia e manta não tecida no tratamento de águas de abastecimento para pequenas comunidades. In: **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2002, Campinas.

GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. Conceitos para avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J. B. D. de e PAIVA, E. M. C. D. de (Orgs.) **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: Editora ABRH. p. 428 – 451, 2001.

GERDES, G. **Como limpar e tratar água suja com sementes de moringa**. Fortaleza: ESPLAR – Centro de Pesquisa e Assessoria. 23p, 1997.

GHEBREMICHAEL, K. A.; HULTMAN, B. Alum sludge dewatering using *Moringa oleifera* as a conditioner. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 158, p. 153-167, 2004.

HENRIQUE, I. N. **Tratamento de Água Residuária Doméstica e sua Utilização na Agricultura. Campina Grande**. 2006. 122 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, Paraíba, 2006.

JACINTO, M. A. C.; ESTEVES, S. N.; LÔBO, R. N. B.; FACÓ, O.; OLIVEIRA, A. R.; JACINTO, T. B. Influência da água de reúso na qualidade de couros ovinos. 48a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Belém – PA, Julho, 2011.

JAHN, S. A. A. Using Moringa seeds as coagulant in developing countries. **Journal of the American Water Works Association**, v.6, p. 43-50, 1998.

KAWAMURA, S. Effectiveness of Natural Polyelectrolytes in Water Treatment. **Journal Awa**, Japan. v. 79, nº. 6, p. 88-91, 1991.

LAGGER, J.R.; MATA, H.T.; PECHIN, G.H. et al. La importancia de la calidad Del agua en produccion lechera. **Veterinária Argentina**, v.27, nº. 165, p.346-354, 2000.

LIMA VAZ, L. G. **Performance do Processo de Coagulação/Floculação no Tratamento do Efluente Líquido Gerado na Galvanoplastia**. Toledo. 83 p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, Paraná, 2009.

LIMA, J. E. F. W; FERREIRA, R. S. A; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: **Estado das águas no Brasil – 1999**: Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA. p. 73-82, 1999.

LISITA, O. F. **EMBRAPA**: Pantanal. Moringa: alternativa para alimentação do gado em época de seca. Corumbá – Mato Grosso do Sul. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/destaques/2010materia05.html>> Acesso em 20 de Outubro de 2012.

LORENZI, H., MATOS, F. J. **Plantas medicinais no Brasil** – nativas e exóticas cultivadas. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, p. 346-347, 2002.

MACEDO, J. A. B. **Piscinas**: Água e tratamento e química. 1ª edição, 235 p. Juiz de Fora – MG. 2003.

MACHADO, F. O.; CORDEIRO, J. S. Aproveitamento das Águas Pluviais: Uma proposta sustentável. In: VII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. 2004. São Luís. **Anais...** São Luís: ABRH, 2004. 1 CD-ROM.

MADSEN, M.; SCHLUNDT, J.; OMER, E. F. Effect of water coagulation by seeds of *Moringa oleifera* on bacterial concentrations. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v.90, nº.3, p.101-109, 1987.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera*. **Journal of Agricultural Science**, n. 128, p. 311-322, 1997.

MARACAJÁ, P. B.; LEITE, D. T.; FREIRE, M. S.; SILVEIRA, D. C.; CAVALCANTI, M. T.; COELHO, D. C. Efeito tóxico do extrato de flores de *Moringa oleifera* L. para abelhas (*Apis mellifera*) africanizadas. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi árido**. v. 06, nº. 03, p. 33 – 37, 2010.

MARCONDES, 2010. Disponível em: <<http://www.portalodm.com.br> > Portal ODM > Notícias> Acesso em 25 de Outubro de 2011.

MARQUES, M. E. H. P.; CEZAR, I. L. A.; LACERDA, R. H. R. B.; PEREIRA, Á. A. C.; LIMA, A. N. F.; BELTRAME, L. T. C. Perspectiva do uso da *Moringa Oleifera* no tratamento de água artesanal na Região Sitio Baixa I, no Município de Inajá-Pe. **X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX 2010** – UFRPE: Recife, 18 a 22 de outubro.

MATTOS, L. C. Limpando a água de beber com a semente da moringa. Recife: Forma Livre Programação Visual. 31p.1998.

MENDONÇA, F. A.; LEITÃO, S. A. M. **Riscos e vulnerabilidade sócio-ambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos.** GeoTextos, v. 4, nº. 1, 2, p. 145-163, 2008.

MONACO, P. A. V. LO; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; NASCIMENTO, F. S., SARNAMENTO, A. P. Utilização de extrato de sementes de moringa

como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Revista Ambiente e Água.** v. 5, nº. 3, 2010.

MORTON, J. F. The horsedish tree. *Moringa pterygosperma* (moringaceae): a boom to arid lands? *Economic Botany, Ypsilanti*, v.45, nº.3, p.318 – 333, 1991.

MUYBI, S. A.; EVISON, L. *Moringa oleifera* seeds for softening hardwater. **Water Research**, v. 29, nº.4, p. 1099-1105, 1995.

NDABIGENGESERE, A., NARASIAH, S.K., TALBOT, B.G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. **Water Research.** p.29:703-710, 1995.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. **Water Research**, v. 32, p. 781-791, 1998.

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.** p.59, 1551–1558, 2009.

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, nº.2, p. 405-410, 2001.

OLIVEIRA, E. G.; LEITE, M. J. C.; HIPÓLITO, M. L. F.; RODRIGUES, A. L.; LIMA, C. B.; CRUZ, M. W. O.; ARAÚJO FILHO, J. M. Utilização de sementes de moringa (*Moringa oleifera*) para tratamento de efluentes de viveiros de criação de peixes. In: BARBOSA, W. B. (Org.). Prêmio de Qualidade de Iniciados da UFPB de 2005. João Pessoa: **Editores Universitários.** v.13, 12p, 2005.

OLIVEIRA, F. S. Erosão e manchas dentais em praticantes de natação por exposição à água clorada. **Revista Digital.** Buenos Aires – nº.144, Maio, 2010. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/>> Acesso em 10 de agosto de 2012.

PEIXOTO, J. **Laboratórios de tecnologias ambientais análises físico-químicas: cor, turbidez, ph, temperatura, alcalinidade e dureza.**

Documento adaptado das aulas de Elementos de Engenharia do Ambiente. MIEB – 2007/08.

PEREIRA, L. C. O. **A utilização do reativo de fenton na desinfecção de esgotos domésticos com fins de reúso na irrigação de culturas.**

2006.113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PEREIRA NETO, L. F. S. **O uso de *Moringa oleifera* como purificador natural de alimentos.** 4ª Semana do Servidor e 5ª Semana Acadêmica, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2008.

PINTO, N. O.; HERMES, L. C. Sistema Simplificado para Melhoria da Qualidade da Água Consumida nas Comunidades Rurais do Semi árido do Brasil. **EMBRAPA.** Documentos 53. Jaguariúna – São Paulo, 2006.

PLANETA ORGANICO. **Revista DBO leilões.** nº. 261, julho, 2002. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/aguabr.htm>> Acesso em 30 de outubro de 2011.

RANGEL, M. S. Um purificador natural de água e um complemento alimentar para o Nordeste do Brasil. **EMBRAPA: Tabuleiros Costeiros.** Aracajú-Sergipe. 2011. Disponível em:<<http://www.jardimdeflores.com.br>>Acesso em: 17 de Novembro de 2012.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil.** 2ª.edição. São Paulo: Escrituras Editora. 703p, 2002.

REYDON, B. P; SCHLÖGL, A. K. S. B.; ARRENIUS, A. E.; SOUSA JÚNIOR, W. C de; CAMELO FILHO, J. V.; JUSTO, M. D. M.; SINISGALLI, P.; GONÇALVES, J. C. **Tratamento de esgoto e seu efeito no custo agregado do tratamento de água:** uma abordagem quantitativa. Disponível em: <<http://www.eco.unicamp.br/nea/agua/artigos.html>>. Acesso em 15 de junho de 2012.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água:** tecnologia atualizada. São Paulo: Blucher, 1991.

ROLOFF, T. A. Efeitos da não aplicação do controle de qualidade da água nas indústrias alimentícias. Sábios: **Revista Saúde e Biologia,** Campo Mourão, v. 1, nº1, 2006. Disponível em: <<http://www.revista.grupointegrado.br/sabios/>>. Acesso em 15 de agosto de 2012.

ROSO, J. V. Os corpos d'água, com sua classificação e diretrizes, bem como o estabelecimento de condições e padrões de lançamento de efluentes. **Revista Armonización De Las Legislaciones**. Nº 5, 2007.

SANTOS, T. Z.; ZRA, R. F.; LOBO, V. S.; WEBER, V.; SHEIDT, W. F.; DOTTO, F. Estudo da utilização de floculantes alternativos e naturais em tratamentos de água. II ENDICT – Encontro de Divulgação Científica e

Tecnológica. 2010, **Anais....** Toledo - Paraná. p.108-111. Disponível em: <<http://meioambientesjp.no.comunidades.net/index.php?pagina...>> Acesso em 30 de outubro de 2011.

SERPELLONI, G. B.; CARRASCO, R. A.; SEOLIN, V. J.; BARBIZANI, R.B.; OLIVEIRA, A. N.; MADRONA, G. S.; BERGAMASCO, R. **Estudo do potencial do extrato de *Moringa oleifera* Lam. como coagulante/floculante no tratamento para obtenção de água potável.** Encontro Nacional de Moringa. Aracaju –Sergipe, 2010.

SHIKLOMANOV, I. A. Comprehensive assessment of the Freshwater resources to the world. In: _____. **Assessment water resources and water availability in the world.** França: UNESCO, 1997, 85p.

SHIKLOMANOV, I. A. The dynamics of river water inflow to the Arctic Ocean. In: LEWIS, E. **The Freshwater Budget of the Arctic Ocean.** Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p.281-96.

SILVA, C. A. **Estudos aplicados ao uso da Moringa oleifera como coagulante natural para melhoria da qualidade de águas.** 2005. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, Minas Gerais, 2005.

SILVA, M. E. R.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. **Revista Tecnologia**, v. 28, nº 2, p. 178-190, 2007.

SILVA, M. E. R. **Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais.** 2006. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2006.

SILVA, M. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.** Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama>> Acesso em 11 de Outubro de 2012.

SUASSUNA, J. **Contribuição ao estudo hidrológico do semi-árido nordestino**. Recife: FUNDAJ. 1999, 64p.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. de M. **Gestão da Água no Brasil**. Brasília. 156p. 2001.

VILAS, A. T. Prospecção Tecnológica - Recursos Hídricos Racionalização do Uso da Água no Meio Rural. **Documento Final**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE . Dezembro, 2003.

VON SPEERLING, M. **Princípio do tratamento biológicos de águas residuárias**. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2º ed., V. 1. DESA, UFMG, 1996.

ZAVAN, I. M. Relatório de análise de química quantitativa. **Titulação de complexação**. Lençóis Paulista – São Paulo, 2012.