



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

JUSCELINO ALVES HENRIQUES

POTENCIAL DE USO DA *Moringa oleifera* Lamarck NA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA  
PARA ABASTECIMENTO EM COMUNIDADES DIFUSAS DA MESORREGIÃO  
AGRESTE PARAIBANA

Campina Grande – PB  
2012

JUSCELINO ALVES HENRIQUES

POTENCIAL DE USO DA *Moringa oleifera* Lamarck NA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA  
PARA ABASTECIMENTO EM COMUNIDADES DIFUSAS DA MESORREGIÃO  
AGRESTE PARAIBANA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e  
Ambiental e ao Departamento de Engenharia  
Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e  
Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba,  
como requisito obrigatório para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Sanitária e  
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Rui de Oliveira.

Campina Grande – PB  
2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

H395p

Henriques, Juscelino Alves.

Potencial de uso da *Moringa oleifera* Lamarck na clarificação de água para abastecimento em comunidades difusas da mesorregião agreste paraibana [manuscrito] / Juscelino Alves Henriques. – 2012.

42 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Centro de Ciências e Tecnologias, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. Rui de Oliveira. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental”.

1. Água tratamento. 2. Tratamento de água em comunidades difusas. 3. Abastecimento de água no meio rural. 4. *Moringa oleifera* Lam. I. Título.

21. ed. CDD 628.166

JUSCELINO ALVES HENRIQUES

POTENCIAL DE USO DA *Moringa oleifera* Lamarck NA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA  
PARA ABASTECIMENTO EM COMUNIDADES DIFUSAS DA MESORREGIÃO  
AGRESTE PARAIBANA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e  
Ambiental e ao Departamento de Engenharia  
Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e  
Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba,  
como requisito obrigatório para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Sanitária e  
Ambiental.

APROVADO EM: 22 / 6 / 2012.

NOTA 10,0 (dez)

BANCA EXAMINADORA



**Professor Dr. Rui de Oliveira**

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/ UEPB  
Orientador



**Professora Dr.<sup>a</sup>. Celeide Maria Belmont Sabino Meira**

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/ UEPB  
Examinadora



**Professora Dr.<sup>a</sup>. Weruska Brasileiro Ferreira**

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/ UEPB  
Examinadora

*A Deus, Pai de Amor incondicional, que nunca  
me desampara e não deixa de estar comigo.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser o que Ele é, e por proporcionar tantas oportunidades e conquistas na minha vida.

Aos meus pais, Maria Lúcia e José, pelo Amor, cuidado e carinho que sempre tiveram por mim, e por sempre estarem a me apoiar.

Às minhas irmãs, Elizabete, Elidiane e Jucimery, bem como meus sobrinhos, cunhados e demais familiares que sempre estiveram torcendo pelo meu sucesso.

Aos meus irmãos em Cristo, representados por Ediene, Gian e James, enfim, todos os que fazem a Renovação Carismática Católica de Ingá, especialmente do Ministério Jovem JUCRE, pela amizade e fraternidade.

A Rosália, pessoa especial que o Senhor colocou em minha vida, pelo companheirismo, carinho e apoio, estando sempre ao meu lado.

Aos meus Amigos e Colegas do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Clarissa, Thays, Wilza, Andretti, Marlon, Élide, Cícero Hermínio, Cícero Felliipe, Vinícius, Raphael Evangelista, Thiago, Eyre, Danilo, Cássio, Thales e Cristina, pessoas que sempre estiveram presentes nas alegrias e preocupações passadas durante todo o Curso.

A Emanuel, Clarissa, Cayo, Thassio e Ogata pela amizade e apoio mútuo nas diversas atividades.

Ao meu mestre, orientador e amigo Rui de Oliveira, por ter me acompanhando desde minha chegada nesta Universidade através de suas orientações, ensinamentos e aconselhamentos.

À professora Celeide, pelo apoio nas orientações, e contribuições nas diversas atividades que realizei nesta Universidade, especialmente pela amizade indispensável.

Ao Grupo de Pesquisa em Saúde Ambiental pela contribuição no meu desenvolvimento acadêmico.

À professora Weruska, pela contribuição na inicialização deste trabalho, bem como, por ter aceitado participar da minha banca.

A Maniza, pelo comprometimento e contribuição, indispensáveis para a realização deste trabalho.

A todos os Professores do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, bem como seus funcionários e técnicos de laboratório do CCT – UEPB.

E a todos que contribuíram para o êxito deste trabalho.

*“Louvai ao SENHOR!  
Louvem a Deus no seu santuário; louvem a Ele  
no Seu poderoso firmamento!  
Louvem a Deus pelos Seus atos poderosos;  
louvem a Ele por Sua imensa grandeza!  
Louvem a Deus com o som da trombeta; louvem a  
Ele com cítara e harpa!  
Louvem a Deus com a dança e o tamborim;  
louvem a Ele com cordas e flauta!  
Louvem a Deus com os címbalos sonoros; louvai-  
a Ele com címbalos altissonantes!  
Todo ser que respira louve ao SENHOR!  
Louvai ao SENHOR!”*

*Salmo 150*

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial de uso da *Moringa oleifera* no tratamento de águas para consumo humano provenientes de pequenos açudes. A *Moringa oleifera* pode apresentar uma enorme contribuição para o tratamento da água, já que suas sementes podem ser utilizadas no processo de clarificação da mesma. O sistema de tratamento monitorado foi composto de um aparelho *Jar test* e dois filtros cerâmicos caseiros providos de velas porosas, um filtrando água bruta e o outro filtrando água previamente tratada com *Moringa oleifera*. Foram realizadas análises de turbidez, cor aparente, condutividade elétrica, pH, DQO, Coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus*. O tratamento foi eficiente para a remoção de turbidez e cor aparente, sobretudo quando empregada a suspensão de *Moringa*, atendendo ao padrão de potabilidade em vigor, tendo sido verificada também para o pH; contudo, o mesmo também conseguiu alcançar uma considerável remoção de *E. coli*. A *Moringa oleifera* Lam apresentou excelente potencial para a clarificação da água em estudo, podendo a mesma ser empregada no tratamento de outras advindas de mananciais similares.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de água. Tratamento de água em comunidades difusas. *Moringa oleifera* Lam. Abastecimento de água no meio rural.

## ABSTRACT

This study aims to evaluate the potential use of *Moringa oleifera* in the treatment of drinking water from small dams. The *Moringa oleifera* can make a huge contribution to the treatment of water, since their seeds can be used in the process of clarification of it. The treatment system monitored consisted of a device *Jar test* and two ceramic homemade filters fitted with candles porous, a raw water filtering and other filtering water previously treated with *Moringa oleifera*. Were carried out analyses of turbidity, apparent color, conductivity, pH, COD, total Coliforms, *Escherichia coli* and *Enterococcus*. The treatment was effective to remove turbidity and color apparent, especially when the suspension employed *Moringa*, given the force in potable standard, was also checked for pH, however, it also achieved a considerable removal of *E. coli*. The *Moringa oleifera* Lam showed excellent potential for water clarification in a study, since it can be used to treat other arising from similar sources.

**KEYWORDS:** Water treatment. Treatment of water into diffuse communities. *Moringa oleifera* Lam. Water supply in rural areas.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1	– Cisterna construída no Sítio Batente de Pedra, Ingá - PB.	15
Figura 2.2	– Ilustração das velas utilizadas em filtros caseiros.	16
Figura 2.3	– Árvore de <i>Moringa oleifera</i> Lam no Sitio Quixaba – Ingá (PB).	18
Figura 3.1	– Localização do município de Ingá-PB.	21
Figura 3.2	– Vista completa do “Açude de João Mago”, Sítio Batente de Pedra, Ingá.	22
Figura 3.3	– Principais etapas do preparo da suspensão de <i>Moringa oleifera</i> Lam.	24
Figura 3.4	– Água bruta do “Açude de João Mago” antes do ensaio em <i>Jar test</i> .	26
Figura 3.5	– Filtros utilizados nos sistemas estudados.	26
Figura 3.6	– Coleta de água do sistema público de distribuição de Campina Grande.	28
Figura 4.1	– Resultados das análises de Turbidez nas etapas de tratamento.	29
Figura 4.2	– Resultados das análises de Cor aparente nas etapas de tratamento.	30
Figura 4.3	– Comparação visual das águas bruta e tratada em cada etapa do tratamento realizado.	30
Figura 4.4	– Resultados das análises de pH nas etapas de tratamento.	31
Figura 4.5	– Resultados das análises de Condutividade elétrica nas etapas de tratamento.	32
Figura 4.6	– Resultados das análises de DQO nas etapas de tratamento.	32
Figura 4.7	– Resultados das análises de Coliformes totais nas etapas de tratamento.	33
Figura 4.8	– Resultados das análises de <i>E. coli</i> nas etapas de tratamento.	34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ASA	Articulação no Semiárido Brasileiro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LABDES	Laboratório de Referência em Dessalinização
Lam	Lamarck
LAPECA	Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais
MIN	Ministério da Integração Nacional
MS	Ministério da Saúde
NMP/100 ml	Número Mais Provável por Cem Mililitros
PET	Tereftalato de Polietileno
pH	Potencial Hidrogeniônico
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas
Rpm	Rotações por Minutos
uC	Unidade de Cor
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
uH	Unidade Hazen
uT	Unidade de Turbidez
µS/cm	Microsiemens por Centímetro

## SUMÁRIO

<b>1.0 INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo geral.....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
<b>2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	13
2.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES DIFUSAS.....	13
2.2 UTILIZAÇÃO DA <i>MORINGA OLEIFERA</i> LAM NO TRATAMENTO DA ÁGUA.....	17
<b>3.0 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	21
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.2 PREPARO DA SUSPENSÃO DE <i>MORINGA OLEIFERA</i> .....	22
3.3 SISTEMA DE TRATAMENTO UTILIZADO.....	24
3.4 ANÁLISES REALIZADAS.....	26
<b>4.0 RESULTADOS</b> .....	29
<b>5.0 DISCUSSÃO</b> .....	35
<b>6.0 CONCLUSÕES</b> .....	37
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	38

## 1.0 INTRODUÇÃO

Um dos importantes aspectos do saneamento básico é a potabilização da água de abastecimento público, com vistas a uma sadia qualidade de vida e bem estar humano. Nos grandes centros urbanos, especialmente no Nordeste do Brasil, este serviço ainda é realizado de forma precária e, muitas vezes, intuitiva. A situação é ainda pior nas comunidades difusas, as quais não contam com sistemas públicos de abastecimento de água; nessas localidades, muitas vezes, o abastecimento só é realizado graças aos carros-pipa e, na falta destes, lança-se mão de águas provenientes de barreiros, cacimbas, poços e pequenos açudes.

As águas provenientes desses tipos de mananciais representam grande risco à população por elas abastecida, pois, muitas vezes, apresentam elevada turbidez e cor aparente, especialmente em períodos chuvosos, devido à grande quantidade de partículas em suspensão e coloidais e matéria orgânica dissolvida. Muitas vezes, esses indicadores se apresentam em não conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, o que representa uma ameaça à saúde dos moradores que se abastecem dessas águas.

A *Moringa oleifera* Lamarck é uma planta originária da Índia, presente em países como Etiópia, Sudão, países da América Central, Ásia entre outros, sendo difundida por todo o mundo pelo seu caráter adaptativo, principalmente em regiões de clima tropical, sendo tolerante à seca, e crescendo em diversos tipos de solo, tendo melhor desenvolvimento em solo preto argiloso bem drenado e ligeiramente ácido (DALLA ROSA, 1993). Nesses países, este vegetal é aproveitado por completo, desde suas folhas até a vagem, sendo utilizados na alimentação, especialmente na África e na Índia, devido aos seus altos teores de proteínas e vitaminas A e C (FREIBERGER *et al.*, 1998); as sementes possuem 40%, em seu peso, de lipídios o que justifica o seu uso para produção de óleo utilizado em equipamentos que possuem microengrenagens, tais como relógios e outras engrenagens delicadas (GALLÃO, 2006), bem como para indústria de cosméticos e perfumaria (SILVA & MATOS, 2008).

No Brasil a *Moringa oleifera* Lam foi implantada em 1950, na Região Nordeste, mais precisamente nos estados do Maranhão, Piauí e Ceará (CYSNE, 2006), sendo plantada com objetivos meramente ornamentais, vulgarmente conhecida como “quiabo de quina” ou “lírio branco”.

Este vegetal apresenta uma enorme contribuição para as tecnologias ambientais, especialmente no tratamento da água, já que as sementes da *Moringa oleifera* Lam podem ser utilizadas no processo de clarificação da água, atuando na diminuição da turbidez e da cor

aparente. Assim, constitui-se potencial substituto para os agentes químicos usados nas operações unitárias de coagulação-floculação-sedimentação (SILVA & MATOS, 2008). Esses agentes, na sua maioria, são compostos por sais metálicos, especialmente de alumínio, os quais, segundo pesquisas desenvolvidas por Crapper *et al.* (1973), oferecem sérios riscos à saúde humana, podendo estar associados ao mal de Alzheimer.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial de uso da *Moringa oleifera* Lamarck no tratamento de águas para consumo humano provenientes de pequenos açudes localizados no Sítio Batente de Pedra, município de Ingá (PB).

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a área de estudo, com relação à prevalência de abastecimento por barreiros e pequenos açudes;
- Caracterizar as águas provenientes desses mananciais em relação à sua classificação;
- Avaliar o potencial do uso da semente da *Moringa oleifera* Lam em associação com a filtração por filtros cerâmicos caseiros no tratamento das águas provenientes de barreiros e pequenos açudes.

## 2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES DIFUSAS

Para o abastecimento de água à população, se faz necessário que a mesma se apresente em quantidade e em qualidade suficientes para garantir a satisfação dos consumidores. No que se refere à qualidade da água é necessário que a mesma passe por um processo de tratamento, de modo a atender aos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Para esse atendimento se faz necessária a implantação de grandes empreendimentos de engenharia, equipados com várias unidades operacionais com tecnologias diversas, que são as Estações de Tratamento de Água (ETA).

No meio urbano, praticamente todos os domicílios são abastecidos com água tratada convencionalmente em uma ETA, no entanto, no meio rural a situação é diferente, sendo raros os domicílios atendidos pelo serviço público de abastecimento; na maioria das vezes as populações dessas localidades são abastecidas por poços, cacimbas, barreiros, pequenos açudes, nascentes, cisternas e tanques de pedras que captam água da chuva.

Segundo o IBGE (2010), no Brasil, 15,64 % da população reside no meio rural, o que representa um total de aproximadamente 5,5 milhões de famílias (BRASIL, 2012). Desse número de famílias, menos da metade tem acesso ao serviço público de abastecimento (2.174.414 famílias); quase a metade é abastecida por poços e/ou nascentes, e quase 700 mil por outros tipos de abastecimento (BRASIL, 2012). Ainda de acordo com Brasil (2012), aproximadamente 3,45 milhões de famílias utilizam água tratada, sendo este tratamento realizado por filtração e/ou fervura e/ou cloração, e 2.049.236 famílias não utilizam nenhum tipo de tratamento para suas águas, fato preocupante, especialmente para as autoridades de saúde, demandando tecnologias simples e de baixo custo que possam ser aplicadas no tratamento dessas águas.

A água advinda de barreiros, cacimbas e similares, apresenta elevada turbidez, característica da água associada à dificuldade de passagem de luz; na linguagem informal é dito que a água está “barrenta”.

A turbidez é um indicador físico da qualidade da água, sendo preconizado, pela Portaria 2.914/2011, um valor máximo de 0,5 uT, após filtração direta ou tratamento completo em ETA's, e de 5 uT, em qualquer ponto da rede de distribuição, além de ser um indicador sentinela da qualidade da água, segundo a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para

consumo humano, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2006). A turbidez é proveniente da presença de materiais em suspensão, tais como matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, fitoplâncton e outros organismos microscópicos. O grande inconveniente da turbidez é que ela pode proteger microrganismos presentes na massa líquida, trazendo assim sérios perigos às populações que se utilizam de águas turvas, além de causar rejeição por parte da população devido ao seu aspecto “barrento”.

Além da turbidez, outra importante característica marcante nas águas provenientes desses mananciais é a cor. Nas águas superficiais a cor, na sua forma natural, está relacionada à presença de material orgânico que, na sua degradação, forma os ácidos húmico e fúlvico que, por sua vez, irão conferir cor à água. Neste indicador podem ser distinguidas a cor aparente, fração contendo o particulado suspenso, e a cor verdadeira, fração mensurada após centrifugação ou filtração da amostra em papel-filtro, com vistas à remoção do material suspenso (LIBÂNIO, 2008). O padrão de potabilidade estabelece um valor de 15 unidades de cor (uC) para a cor aparente. O excesso de cor também é objeção quanto ao uso da água por parte da população, principalmente quando a água se apresenta esverdeada.

Outro agravante referente ao abastecimento da água em comunidades difusas é o uso dos recipientes para o transporte da água, na maioria das vezes se reutilizam recipientes de diversos produtos, tais como os tonéis e bombonas de óleo, embalagens vazias de margarina, embalagens metálicas de tinta, massa acrílica e cola, descartados de obras de construção e indústrias. Além do transporte da água, outra etapa também importante é o seu manuseio, o qual está relacionado com o transporte, mas também com o acondicionamento dessas águas. Mesmo quando distribuída de forma potável, com o uso de carros-pipa, se não houver um manuseio adequado, ou seja, recipientes limpos e higienizados, o risco de contaminação persiste, pois a água distribuída perde seu caráter potável ao entrar em contato com um ambiente favorável à contaminação por agentes externos.

Vale lembrar que existem importantes alternativas mitigadoras para os problemas relacionados à qualidade e quantidade da água que abastece essas comunidades, podendo ser citado o “Programa Um Milhão de Cisternas” (P1MC), que faz parte do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido, da Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), com o objetivo de formar uma estrutura descentralizada de abastecimento com capacidade de 16 bilhões de litros de água potável com o uso de cisternas de placa, beneficiando aproximadamente cinco milhões de pessoas que vivem na região semiárida (ASA, 2012). Segundo a ASA (2012), do ano de 2003 até o dia 15 de fevereiro do corrente ano, foram construídas quase 380 mil cisternas em comunidades rurais. As cisternas

(Figura 2.1) são reservatórios muito importantes, pois armazenam águas da chuva e, quando bem operadas, permitem que a água se mantenha em boa qualidade higiênica, além de facilitar a vida dos moradores devido à sua localização.

Figura 2.1 – Cisterna construída no Sítio Batente de Pedra, Ingá - PB.



Outra alternativa de abastecimento nas comunidades difusas são os carros-pipa, os quais fazem parte da Operação Carro-Pipa sob a responsabilidade do Exército Brasileiro; esta operação faz parte da atenção dada pelo Ministério da Integração Nacional às populações castigadas pela seca. As águas transportadas pelos carros-pipa são captadas em mananciais e/ou em reservatórios do sistema de abastecimento de água dos centros urbanos; geralmente para garantir a segurança da água à população são adicionadas pastilhas de hipoclorito de cálcio à água. Chegando às comunidades a água é transferida para as cisternas, nas quais fica armazenada e, posteriormente, é distribuída à população. A Operação Carro-Pipa não contempla apenas as comunidades rurais, mas também algumas cidades que passam por períodos de desabastecimento de água pelo serviço público.

Além da Operação Carro-Pipa há um importante programa do Ministério da Integração Nacional (MIN), o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água - “ÁGUA PARA TODOS”, o qual foi estabelecido pelo Decreto Federal nº 7.535 de 26 de julho de 2011, sendo “destinado a promover a universalização do acesso à água em áreas rurais, para consumo humano e para a produção agrícola e alimentar, visando ao pleno desenvolvimento humano e à segurança alimentar e nutricional de famílias em situação de vulnerabilidade social” (BRASIL, 2011). Segundo o MIN (2012), esse programa promove a construção de cisternas de consumo, cisternas de produção, sistemas simplificados de

abastecimento de água, kits de irrigação e pequenas barragens. Ainda segundo o MIN há uma previsão de construção de pelo menos 750 mil cisternas para o programa, sendo 300 mil para consumo e 6 mil sistemas simplificadas para o abastecimento humano, essas obras devem ser implementadas até 2014.

No que concerne ainda ao acondicionamento de água para uso direto, na maioria das vezes, são utilizados utensílios confeccionados em material cerâmico, tais como “fôrmas”, potes, jarras, e o mais comum e mais recomendável que é o filtro com velas porosas. No entanto já é sabido que, com o acesso cada vez maior à eletricidade e com o aumento da renda familiar, muitos moradores dessas comunidades difusas já optam pela utilização dos refrigeradores, dessa forma, muitas vezes, preferem envasar as águas destinadas ao uso nobre. Mesmo com os refrigeradores ainda se faz necessário o uso dos filtros, já que o mesmo oferece uma maior segurança aos consumidores, pelo fato de realizar uma etapa importante no tratamento convencional da água.

Esses filtros caseiros são compostos de cartucho de porcelana porosa ou outro material similar, podendo ou não conter carvão ativado em seu interior, tendo uma de suas extremidades vedadas, e na outra a saída da água filtrada (Figura 2.2), eles podem ser chamados de “vela de Lambreth” ou simplesmente “vela” (ALVES & ASSIS, 1999). Essas velas possuem dimensões variadas, de acordo com o fabricante, sendo compostas de alumina e argila, e são fabricadas com porosidade que varia de 1 a 20  $\mu\text{m}$  (ALVES & ASSIS, 1999), isso demonstra a vulnerabilidade que há nessas velas para alguns compostos químicos orgânicos, inorgânicos e micróbios, que podem passar por esses poros, muito embora a água filtrada ainda seja considerada segura.

Figura 2.2 – Ilustração das velas utilizadas em filtros caseiros.



Fonte: [http://www.filtrosuniversal.com.br/curiosidades/fotografias/4\\_A.jpg](http://www.filtrosuniversal.com.br/curiosidades/fotografias/4_A.jpg)

## 2.2 UTILIZAÇÃO DA *MORINGA OLEIFERA* LAM NO TRATAMENTO DA ÁGUA

Para o tratamento da água em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), se faz necessário o uso de etapas de tratamento, sendo denominadas de operações unitárias, as quais possuem características próprias e são responsáveis por determinada etapa do tratamento, sendo a quantidade de operações influenciada pelo grau de tratamento a que se deve submeter a água, demandando maior investimento na implantação, bem como na sua operação. Na maioria das cidades brasileiras (70% das cidades, especialmente nas regiões Sul e Sudeste) a água passa por um tratamento convencional, ou seja, a ETA opera em ciclo completo, sendo composta pelas operações unitárias de tratamento, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação (IBGE, 2002 *apud* DI BERNARDO & PAZ, 2009).

Dentre as operações unitárias referidas podem ser destacadas a coagulação, a floculação, a decantação e a filtração, responsáveis pela remoção de sólidos, partículas coloidais e algumas substâncias dissolvidas na água. A coagulação é responsável pela neutralização das cargas elétricas das partículas coloidais através do uso de sais metálicos, principalmente sulfato de alumínio, bem como agentes auxiliares como os polieletrólitos; esta operação apresenta quatro mecanismos de ação: compressão da dupla camada elétrica, adsorção e neutralização, varredura, adsorção e formação de pontes, proporcionando a formação de precipitados metálicos pelo coagulante utilizado ou espécies hidrolisadas, além do transporte dessas espécies (DI BERNARDO & PAZ, 2009; DI BERNARDO *et al.*, 2011). Já na floculação ocorre a aglutinação dessas espécies formando flocos com alta densidade proporcionando sua posterior sedimentação na operação de decantação; vale ressaltar que há aplicação de energia para propiciar a agitação da massa líquida, na coagulação com agitação rápida, e na floculação com agitação mais lenta. A filtração consiste em submeter a água, subsequentemente às operações unitárias anteriores, à passagem por um meio filtrante; nas ETA's convencionais esse meio pode ser areia e/ou antracito, já em comunidades difusas e para uso unifamiliar, são utilizadas velas de argila ou material similar em filtros de cerâmica.

A *Moringa* é o único gênero pertencente à família das *Moringaceae*, sendo que a *Moringa oleifera* é uma das 14 espécies pertencentes a este gênero, o qual é formado pelas espécies: *Moringa oleifera* Lamarck, *Moringa arborea* Verdcourt, *Moringa borziana* Mattei, *Moringa concanensis* Nimmo, *Moringa drouhardii* Jumelle, *Moringa hildebrandtii* Engler, *Moringa longituba* Engler, *Moringa ovalifolia* Dinter e Berger, *Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori, *Moringa pygmaea* Verdcourt, *Moringa rivae* Mattei, *Moringa ruspoliana* Mattei,

*Moringa stenopetala* (Baker F.) Cufodontis, *Moringa* sp. (OLSON, 1996 *apud* RANGEL, 1999).

A *Moringa oleifera* Lam está presente em diversos países tais como África do Sul, Egito, Filipinas, Malásia, Tailândia, Jamaica, Singapura, Nigéria, Paquistão e especialmente na Índia (RAMACHANDRAN *et al.*, 1980; BEZERRA *et al.*, 2004), país de sua origem, e de onde ela se difundiu por diversas partes do mundo. Segundo Cysne (2006), no Brasil esta espécie vegetal foi implantada em 1950, inicialmente na região Nordeste, mais precisamente nos estados do Maranhão, Piauí e Ceará, onde é vulgarmente chamada de quiabo de quina, lírio-branco ou moringa (MATOS, 1998); muito embora, atualmente ela seja encontrada com facilidade em diversas localidades do meio rural (Figura 2.3).

Figura 2.3 – Árvore de *Moringa oleifera* Lam no Sítio Quixaba – Ingá (PB).



Nos países supracitados a *Moringa oleifera* Lam faz parte da dieta alimentar de várias famílias, considerando especialmente o alto índice de desnutrição que acomete suas populações, podendo a mesma ser aproveitada por completo. Suas folhas são importantes fontes de proteínas, não possuem taninos, lectinas ou inibidores de tripsina e em seu extrato etanólico encontram-se atividades hipotensivas e hipocolesterônica, bem como antioxidante, sendo ricas em polifenóis totais e betacaroteno; já as suas raízes apresentam efeito diurético (SANTANA, 2010). Segundo Freiburger *et al.* (1998), as folhas da *Moringa oleifera* ainda são ricas em vitaminas, minerais e proteínas, o que justifica seu potencial de uso na dieta alimentar conforme referido anteriormente. “As raízes e outras partes da planta são utilizadas na medicina tradicional. Das sementes é extraído o óleo que pode ser usado na preparação de alimentos, na lubrificação de máquinas e na indústria de cosméticos” (CYSNE, 2006). Este

óleo representa 40% do material contido em sua semente, o mesmo possui 73% de ácido oleico, percentual que o compara com o azeite de oliva (SILVA & MATOS, 2008).

Segundo Jahn *et al.* (1986) *apud* Cysne (2006):

“as sementes possuem polissacarídeos com forte poder aglutinante, o que permite o uso das sementes pulverizadas no tratamento da água por floculação e sedimentação, capaz de eliminar a turvação, micropartículas, fungos, bactérias e vírus. Contém um princípio dotado de atividade antimicrobiana, a pterigospermina, bem como os glicosídeos moringina, 4-( $\alpha$ -L-ramnosilori)-isotiocianato de benzila e 4-( $\alpha$ -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”.

Segundo Santos *et al.* (2011), “A moringa é caracterizada como um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular, apresentando coloração clara”. Já Ndabigengesere *et al.* (1995) *apud* Gallão *et al.* (2006) afirmam que:

“A proteína das sementes de moringa é o composto de maior importância no processo de clarificação da água. É relatado em *M. oleifera* a presença de uma proteína catiônica dimérica de alto peso molecular, que desestabiliza as partículas contidas na água e através de um processo de neutralização e adsorção, floculam os colóides seguindo-se de sedimentação.”

O real princípio ativo da semente da *Moringa* ainda não é tão definido, no entanto o mais provável é que seja um agente iônico capaz de provocar a desestabilização das partículas, de modo similar ao que ocorre com o uso dos agentes químicos.

Além do caráter coagulante, a literatura afirma que a *Moringa oleifera* apresenta ação antimicrobiana. Segundo Olsen (1987), no Sudão, a *Moringa oleifera* teve eficiência de 90% na remoção de cercárias de *Schistosoma mansoni*; já Caceres *et al.* (1991), afirma que, em ensaios em placa por difusão, o extrato das sementes de *Moringa oleifera* se apresentou ativo para inibição de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*. Pelo exposto, é possível justificar seu uso no preparo de pomada antimicrobiana, conforme citado por Cysne (2006).

No Brasil, o uso da *Moringa oleifera* como coagulante natural iniciou-se no Nordeste a partir de um evento realizado em Ouricuri - PE em 1995, pela Dr<sup>a</sup>. Samia Al Azharia Jahn, especialista com mais de 20 anos de experiência no uso dessa espécie vegetal no tratamento de água em comunidades difusas de países como o Sudão e o Egito na África, e em países do continente asiático (GUEDES, 1996 *apud* BORBA, 2001).

São diversos os trabalhos que atestam a eficiência, e recomendam o uso da *Moringa oleifera* no tratamento de águas, sejam elas para abastecimento humano, ou mesmo águas residuárias; em trabalhos desenvolvidos por Paterniani *et al.* (2009), utilizando água bruta

com 100 uT, foi verificada a eficiência de 92% no uso desse vegetal para a remoção de turbidez, após tempo de sedimentação de 30 minutos, e de 94% na remoção de cor aparente, valendo salientar que esses ensaios foram realizados em equipamentos de *Jar test*. Da mesma forma, Borba (2001) obteve resultados satisfatórios para turbidez, com eficiência de até 97,7%, e para cor aparente, com eficiência de até 97,5%.

Os resultados dos trabalhos supracitados, e de tantos outros contidos em periódicos nacionais e internacionais, atestam o potencial de uso da *Moringa oleifera* como coagulante natural e possível agente auxiliar dos coagulantes de sais metálicos, particularmente o sulfato de alumínio, que é o mais utilizado nas ETA's de todo o mundo. Essas características permitem seu uso para a clarificação de água de abastecimento em comunidades difusas, as quais não têm, ordinariamente, acesso aos sistemas de tratamento convencionais.

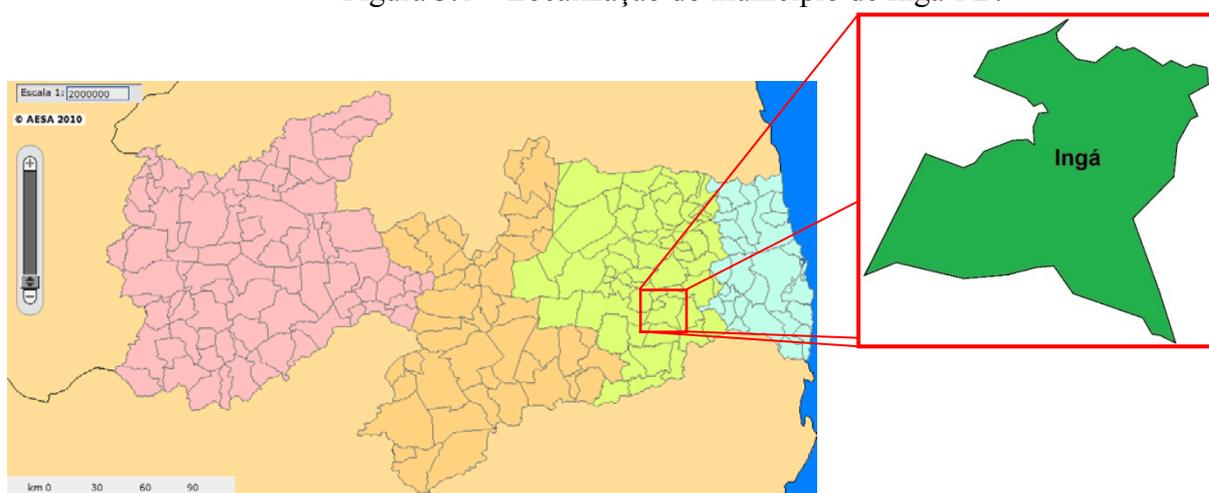
Essas substâncias químicas coagulantes podem conferir subprodutos químicos indesejáveis à água, podendo trazer sérios riscos de saúde aos seus consumidores, principalmente o sulfato de alumínio, já que, segundo Crapper *et al.* (1973), a ingestão de alumínio está relacionada ao mal de Alzheimer.

### 3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

Para a realização deste trabalho foi selecionado um pequeno açude localizado no Sítio São João, inserido na comunidade rural de Batente de Pedra, a qual se encontra no município de Ingá (Figura 3.1), mesorregião Agreste do estado da Paraíba.

Figura 3.1 – Localização do município de Ingá-PB.



Fonte: AESA, 2012.

O município de Ingá possui uma população de 18.180 habitantes, desses 6.581 residem no meio rural, onde apenas 3.537 têm acesso ao serviço público de abastecimento de água, já os outros 3.044 são abastecidos por soluções alternativas (carros-pipa, águas advindas de nascentes ou poços, cisternas que captam águas de chuva, açudes, rios, lagos, igarapé e outras formas de armazenagem de água) (IBGE, 2010).

O Sítio Batente de Pedra dista aproximadamente 2 km da sede do município, segundo dados da Secretaria de Agricultura do Município de Ingá, motivo pelo qual o mesmo foi selecionado como ambiente de estudo. Nessa localidade residem aproximadamente 20 famílias, totalizando 75 habitantes, onde estes, na sua maioria, são abastecidos por água proveniente de carros-pipa e cisternas particulares, construídas pelos próprios moradores, e apenas uma (Figura 2.1) foi construída por programa governamental. Nos domicílios que não possuem cisternas e, na falta de água proveniente de carros-pipa, estes são abastecidos por águas provenientes de dois pequenos açudes, “Açude de João Mago” (7° 17' 4,8'' - Sul, 35° 38' 13,7'' - Oeste e cota de 179 m), localizado no Sítio São João (dista aproximadamente 150

m da comunidade, o que justifica sua utilização neste trabalho), e o “Açude de Seu Raminho”, localizado nas dependências da Fazenda Santa Rosa (dista aproximadamente 350 m da comunidade).

O “Açude de João Mago” (Figura 3.2) é do tipo “barragem de terra”, no qual foi construído um talude de terra na parte baixa do terreno, com vistas a represar a água que, nos períodos chuvosos, escoava livremente pelas depressões naturais do mesmo.

Figura 3.2 – Vista completa do “Açude de João Mago”, Sítio Batente de Pedra, Ingá.



### 3.2 PREPARO DA SUSPENSÃO DE *MORINGA OLEIFERA*

O preparo da suspensão de *Moringa oleifera* Lam é citado por diversos autores, sendo aqui expostas algumas metodologias<sup>1</sup>, conforme descritas a seguir:

- Segundo Rangel (1999), para o tratamento de 20 litros de água devem ser utilizados 2 gramas de sementes trituradas. É adicionada uma pequena quantidade de água limpa ao material triturado para que seja formada uma pasta, em seguida esta pasta é vertida para uma garrafa. Posteriormente são adicionados ao material 200 ml de água limpa, a garrafa é fechada e agitada, com vistas a liberar o princípio ativo contido nas sementes. Após a agitação o material é então filtrado, nesta etapa pode ser utilizado um pano de algodão, em seguida o filtrado é colocado dentro de um balde contendo os 20 litros de água a serem tratados.

---

<sup>1</sup>Para todas as técnicas realizadas se faz necessário o descasque das sementes, bem como uma boa higienização do material, para que o mesmo não ofereça riscos à saúde dos indivíduos que irão consumir a água tratada.

- Segundo Mota (2004), para a produção do coagulante é realizada a moagem das sementes, em seguida é adicionada água destilada ao material moído, preparando um extrato com concentração de 1,5 mg/L.
- De acordo com Prince (2000) *apud* Silva e Matos (2008) a sequência é, trituração e peneiramento (malha de 0,8 mm) da semente para formar o pó, em seguida é preparada a dispersão em água destilada com concentrações variando de 0,5 a 5 g/L. Após o preparo o material deve ser filtrado em malha fina ou em tecido musselina, com vistas à remoção de materiais insolúveis, sendo assim obtida a dispersão pronta para o uso.
- Segundo Folkard *et al.* (1993), na clarificação da água, é adicionada uma quantidade de 0,2 g do pó produzido pela moagem da semente, em 1 L de água a ser tratada, após a adição do pó é realizada a mistura do material e, após um dia, a água está pronta para ser utilizada.
- Segundo Okuda *et al.* (1999), são utilizadas 5 g do pó da semente para o preparo de 500 ml da suspensão, podendo ser utilizadas várias soluções extratoras, tais como água destilada, KNO<sub>3</sub>, NaCl, KCl e NaNO<sub>3</sub>. Posteriormente, a suspensão fica sob agitação por 10 minutos para extração do princípio ativo e, em seguida, a solução é filtrada em papel de filtro com porosidade de 7 µm. A solução filtrada pode ser utilizada imediatamente ou, no máximo, em 3 dias após seu preparo, sendo armazenada em temperatura ambiente.

Com base nas diversas metodologias supracitadas e em outras que aqui não foram descritas, a suspensão foi preparada da seguinte forma (Figura 3.3): com as sementes previamente descascadas, as mesmas foram colocadas em estufa em temperatura de 45°C por aproximadamente 12 horas, com vistas à redução da umidade, facilitando assim sua trituração; após o tempo de estufa foram pesados 10 g da semente para posterior trituração, a qual foi realizada com auxílio de um gral com pistilo. Foram adicionadas umas poucas quantidades de água destilada no triturado com a finalidade de preparar uma pasta; esta foi homogeneizada e, posteriormente, vertida para um béquer de 500 ml, no qual foi adicionado um volume de aproximadamente 300 ml de água destilada, a suspensão foi bem misturada, com vistas à liberação do princípio ativo contido nas sementes de *Moringa oleifera*. Como essa mistura promove o aparecimento de espuma, fez-se necessária a remoção parcial da mesma; após a mistura, todo conteúdo do béquer foi transferido, com a ajuda de um funil, para um balão volumétrico de 500 ml, sendo o volume aferido com a adição de água

destilada; e em seguida foi realizada a homogeneização padrão para preparo de soluções. Essa suspensão tem uma concentração de 20 g/L. Vale ressaltar que a suspensão era preparada sempre poucas horas antes do início do experimento, ou seja, a mesma nunca foi submetida a armazenagem para posterior uso.

Figura 3.3 – Principais etapas do preparo da suspensão de *Moringa oleifera* Lam.



As sementes utilizadas para a produção dessa suspensão foram colhidas no Distrito de São José da Mata, zona rural do município de Campina Grande-PB, município inserido na Mesorregião Agreste. A escolha dessa localidade ( $7^{\circ} 9' 35.45''$  - Sul,  $36^{\circ} 0' 50.66''$  - Oeste e cota de 657 m) deveu ao fato da facilidade e do acesso ao vegetal.

### 3.3 SISTEMA DE TRATAMENTO UTILIZADO

O tratamento era composto de um *Jar test* (MILAN JAR TEST-JT 102), para o ensaio de coagulação-floculação-sedimentação, e 2 filtros cerâmicos caseiros, um para cada sistema de tratamento (Sistema 1 e 2), providos de velas porosas, sendo uma para cada filtro.

Antes de serem realizados os experimentos com a amostra do manancial sob estudo, foram realizados ensaios com águas de outros mananciais, com vistas à obtenção da dosagem ótima de coagulante para a remoção de turbidez, bem como, para testes de tempo de

sedimentação e, para obtenção da melhor fase (em suspensão aquosa ou em pó) do coagulante a ser utilizado. Os ensaios de *Jar test* foram adaptados a partir do recomendado por Richter (2009), com 45 s para mistura rápida (rotação de aproximadamente 300 rpm), início de floculação com 10 min em rotação de 60 rpm, término da mesma com 10 min em rotação de 40 rpm e, sedimentação por 10 min. Após 6 ensaios realizados foram estabelecidos tempo de sedimentação ótimo de 30 min e dosagem de coagulante, na forma de suspensão aquosa, de 30 ml para uma concentração de 20 g/L. Todo o experimento foi realizado no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Após o processo supracitado foram realizadas as seguintes etapas:

- Inicialmente foi realizada a coleta da água, semanalmente e sempre no mesmo horário (5h 30min), durante 7 semanas, sendo a mesma realizada com o auxílio de um recipiente de polietileno de 20 L;
- Posteriormente essa água era transferida para 10 garrafas PET de 2 L cada, com vistas a facilitar seu transporte até Campina Grande, sendo as mesmas lavadas previamente e enxaguadas com a própria amostra;
- No laboratório, as amostras foram vertidas para 5 jarros do *Jar test* (Figura 3.4), onde foi realizado o experimento com o coagulante à base de semente de *Moringa*, no mesmo instante em que era realizado o ensaio anterior, foi feito o enchimento de um dos filtros, o Filtro F1, com a amostra bruta, sem que a mesma fosse submetida a qualquer tipo de tratamento prévio, sendo este o Sistema 1;
- Após o ensaio de *Jar test*, inicialmente foram retiradas as alíquotas para posterior análise dos diversos indicadores selecionados, sendo em seguida, transferida parte do volume de água presente nos jarros para o Filtro F2, nessa transferência houve bastante cautela para que não ocorresse agitação da água e a mesma não viesse a ressuspender o material sedimentado, sendo sempre coletado o líquido sobrenadante (os primeiros 10 ou 12 cm a partir da superfície líquida); sendo este o Sistema 2;
- Após a filtração tanto no Filtro F1 como no Filtro F2 (Figura 3.5) foi realizada a coleta das amostras para as mesmas análises citadas anteriormente.

Figura 3.4 – Água bruta do “Açude de João Mago” antes do ensaio em *Jar test*.

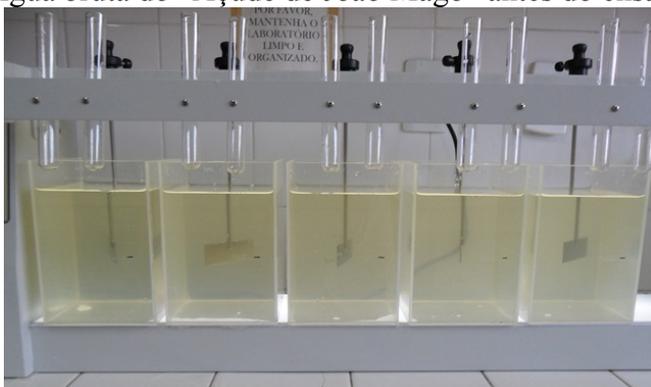


Figura 3.5 – Filtros utilizados nos sistemas estudados.



### 3.4 ANÁLISES REALIZADAS

Com vistas à realização da amostragem da água nas suas várias etapas, foram analisados os seguintes indicadores de qualidade de água para consumo humano: Turbidez, Cor Aparente, Condutividade Elétrica, Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Coliformes Totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus*. A escolha desses indicadores se deu pelo fato dos mesmos serem de análise simples e de custo relativamente baixo, além de indicarem características de relevante importância na avaliação da qualidade da água destinada ao uso nobre.

Segundo a Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011) a turbidez deve apresentar valor de 1 uT após a filtração lenta e de 5 uT em qualquer ponto do sistema de distribuição de água. Neste trabalho a turbidez foi determinada pelo método nefelométrico com a utilização de turbidímetro portátil (MS TECNOPON modelo TB-1000) provido de fonte de luz de

filamento de tungstênio, sendo a distância atravessada pela luz incidente não maior que 10 cm.

Para água potável a cor aparente deve apresentar valores máximos de 15 Unidades Hazen (uH) (Portaria 2.914/2011). A cor aparente foi determinada através do método da comparação com padrões de cor da escala platina-cobalto com a utilização de aparelho comparador.

Para água de abastecimento humano o padrão de potabilidade exige que a água apresente valores de pH entre 6,0 e 9,5. O pH foi determinado pelo método potenciométrico com medidor de pH portátil (HANNA Instruments modelo HI 221), calibrado com soluções tampões de pH 7 e 9.

Em águas naturais a condutividade elétrica ou condutância específica representa a facilidade que a mesma apresenta em conduzir corrente elétrica, sendo esta propriedade agregada da água relacionada à presença de íons na massa líquida (SILVA & OLIVEIRA, 2001). O padrão de potabilidade ora em vigor não faz qualquer referência quanto ao indicador aqui apresentado. A condutividade foi determinada com o uso de um condutivímetro (TECNAL – Condutivímetro TEC-4MP).

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é um indicador da presença de matéria orgânica na água; como o próprio nome diz a DQO quantifica de modo equivalente o oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica. Não há recomendação dos padrões de potabilidade ora em vigor para esse indicador. A DQO foi determinada pelo Método da Refluxação Fechada do Dicromato de Potássio em bloco digestor a 150°C, por duas horas de acordo com Silva & Oliveira (2001), e, por fim foi realizada titulação com Sulfato Ferroso, utilizando como indicador a Ferroína.

Coliformes totais são bacilos gram-negativos, formadores de esporos, que se desenvolvem em meio aeróbio, anaeróbio e facultativo, sendo capazes de se desenvolverem em sais biliares ou agentes que fermentam a lactose. A *Escherichia coli* está presente no grupo coliforme, sendo considerado indicador mais específico de contaminação fecal (BRASIL, 2004). A Portaria 2.914/2011 preconiza que água para abastecimento humano, após tratamento convencional deve ser isenta de Coliformes totais e conseqüentemente de *E. coli* em 100 ml da amostra coletada, embora a mesma Portaria admita que, para cidade de até 20.000 habitantes, uma amostra, dentre as analisadas mensalmente seja positiva, ou em 95% das mesmas em cidades que abastecem mais que 20.000 habitantes. Ambos os indicadores foram determinados pelo Método Enzimático de substrato definido – Colilert.

Os *Enterococcus* são cocos gram positivos, oportunistas e patógenos, que são encontrados em pares e em cadeias curtas, são organismos comensais que causam diversos tipos de infecção. Podem ser encontrados principalmente no trato gastrointestinal humano, mas com menos frequência na via oral, na genitália masculina e feminina, bem como no solo, água, entre outros (HÖNER *et al.*, 2005). Em águas destinadas ao abastecimento humano *Enterococcus* pode estar presente pelo contato das mesmas com dejetos humanos. Na Portaria em vigor nada se preconiza a respeito desse indicador. As análises de *Enterococcus* foram realizadas pelo método *pour plate*.

Como os indicadores Condutividade e DQO não possuem valores de referência na Portaria 2.914/2011, foi realizada a análise de água do sistema público de distribuição, com vistas à comparação dos valores destes indicadores com os da água tratada em ambos os sistemas estudados. A coleta das amostras foi realizada em torneira ligada diretamente à rede de distribuição, com descarga inicial de 2 min; essa torneira (Figura 3.6) está localizada no reservatório superior que abastece o Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, Campus I em Campina Grande-PB.

Figura 3.6 – Coleta de água do sistema público de distribuição de Campina Grande.

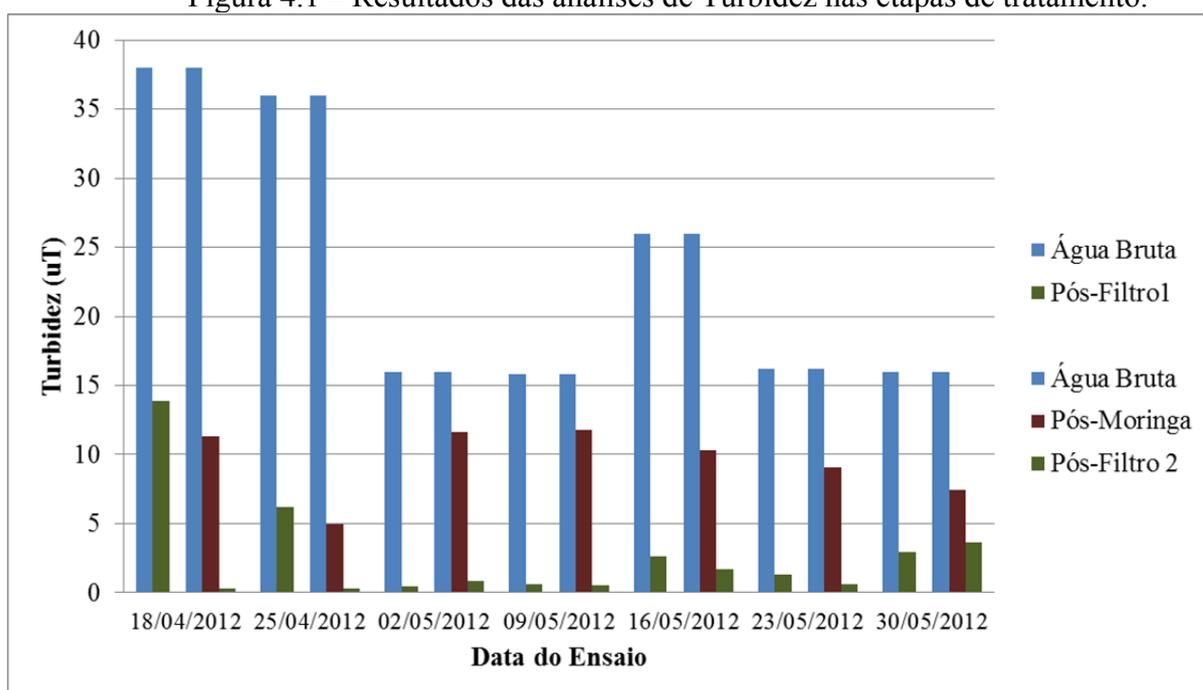


Todas as análises dos indicadores microbiológicos e da Cor Aparente foram realizadas no Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), o pH e a Turbidez foram medidos no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), e a DQO e a Condutividade foram analisadas no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais (LAPECA) da UEPB. Todas as análises foram feitas em triplicata.

#### 4.0 RESULTADOS

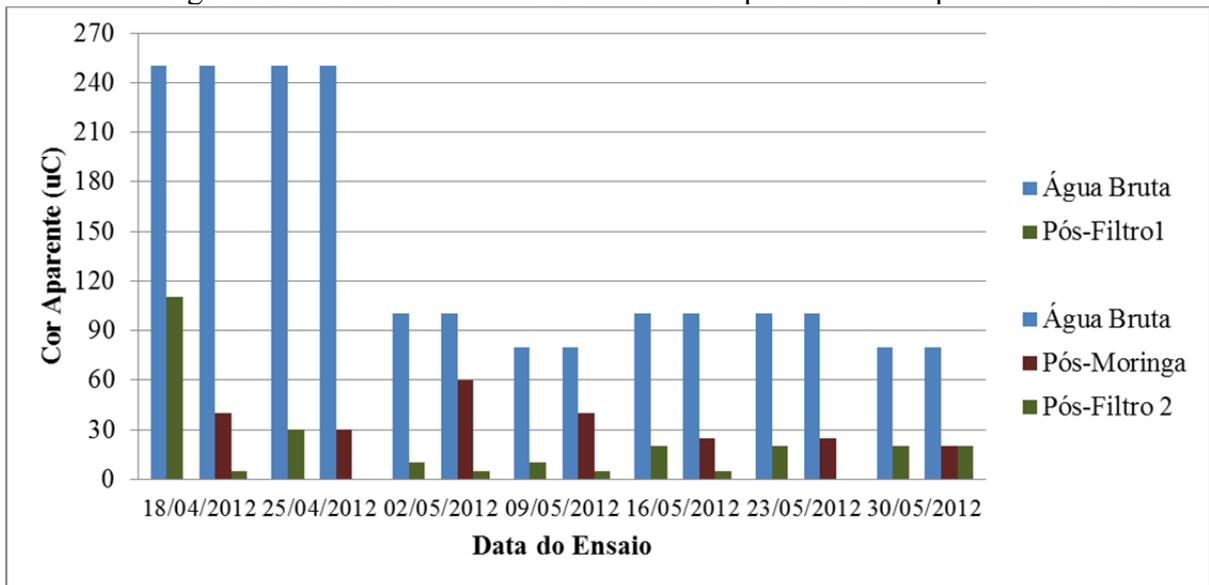
A Figura 4.1 ilustra o comportamento da turbidez nos dois sistemas estudados, sendo verificado que para o Sistema 1 (água bruta + filtro), inicialmente, a turbidez se manteve acima do valor preconizado pela Portaria 2.914/2011, no entanto, na terceira análise o referido sistema apresentou resultado satisfatório, bem abaixo de 5 uT, sendo esse comportamento justificado pela formação do filme biológico na vela presente no filtro utilizado. Para o Sistema 2 (água bruta + tratamento com *Moringa* + filtro) foi observado que apenas o tratamento com as sementes de *Moringa oleifera* não é suficiente para adequar a turbidez ao padrão de potabilidade, todavia, após a filtração, foram atingidos valores bem abaixo de 5uT, e até mesmo valores inferiores a 1uT, o que justifica a necessidade do uso do filtro no segundo sistema.

Figura 4.1 – Resultados das análises de Turbidez nas etapas de tratamento.



O comportamento do indicador cor aparente é ilustrado na Figura 4.2 sendo que, no Sistema 1, apenas dois ensaios foram satisfatórios na remoção deste indicador, nos demais foi observada a superação do padrão de potabilidade, já para o Sistema 2 foi observado que, em todos os ensaios, somente a *Moringa* não conseguiu adequar a água à Portaria, o que foi alcançado com o uso do filtro, no entanto no último ensaio, mesmo com o uso do filtro não foi atingido o valor máximo recomendado de 15 uC, o que pode ser justificado pela lavagem que foi realizada na vela do filtro antes deste ensaio.

Figura 4.2 – Resultados das análises de Cor aparente nas etapas de tratamento.



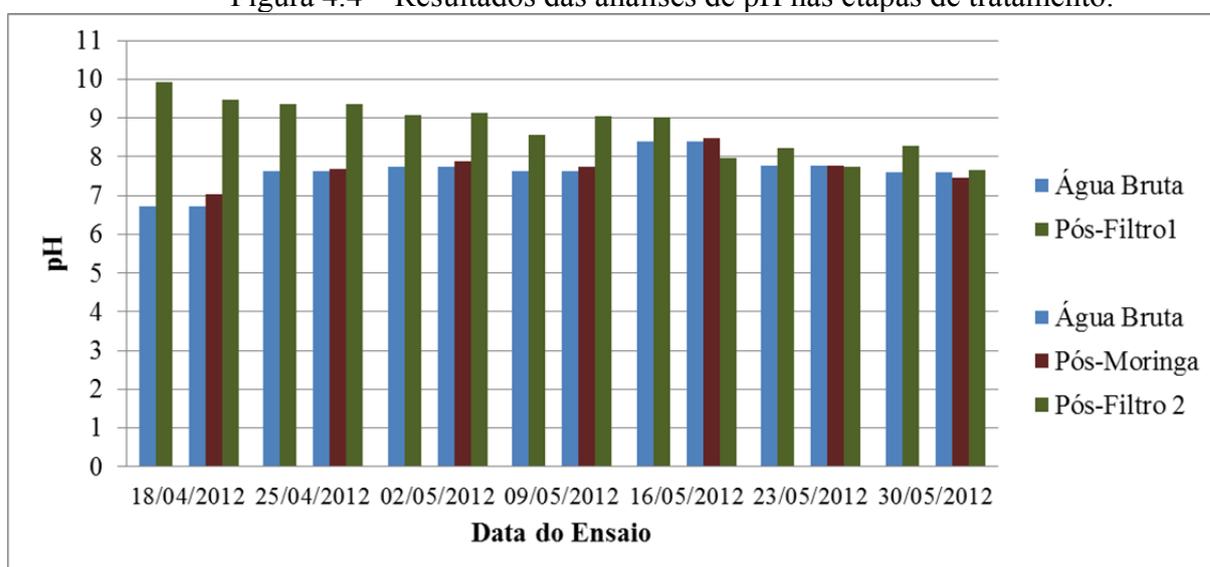
Na Figura 4.3 é ilustrado o comportamento da água com relação às várias etapas do tratamento nos dois Sistemas estudados, desde a água bruta até a saída nos Filtros 1 e 2. Nessa figura é possível observar a diferença visual entre as diversas amostras coletadas para os indicadores Turbidez e Cor aparente, podendo ser constatada a eficiência do tratamento para ambos os indicadores.

Figura 4.3 – Comparação visual das águas bruta e tratada em cada etapa do tratamento realizado.



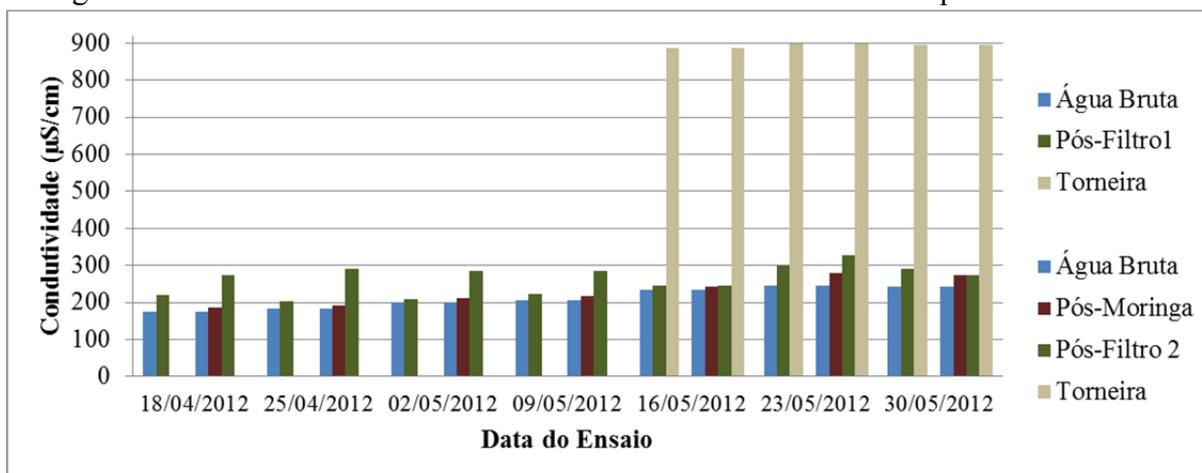
A Figura 4.4 ilustra os valores de pH nos Sistemas de tratamento 1 e 2, sendo observado em ambos que, nos ensaios iniciais, os valores de pH, pós-filtração, aumentaram significativamente, estando isso relacionado à idade e composição das velas dos filtros, já que as mesmas estavam novas e, por serem confeccionadas em material cerâmico, a qual possui características básicas. É ressaltado ainda que, no Sistema 2, após o tratamento com a *Moringa*, houve um pequeno aumento do pH, podendo isso ser relacionado à influência da proteína catiônica presente na semente desse vegetal. Após o primeiro ensaio foi constatado que o indicador pH se manteve dentro da faixa (6 a 9,5) preconizada pela Portaria 2.914/2011.

Figura 4.4 – Resultados das análises de pH nas etapas de tratamento.



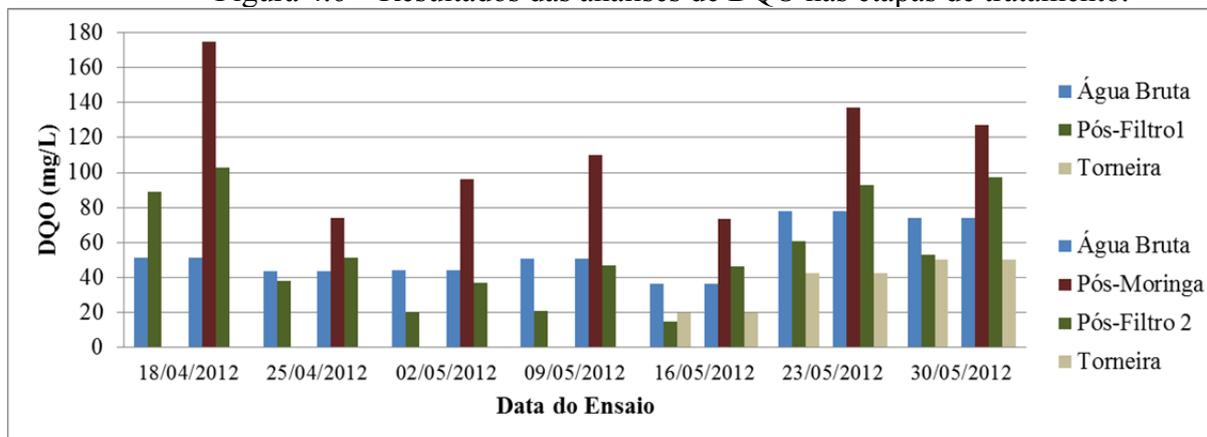
No que se refere à condutividade elétrica (Figura 4.5), foi verificado que, em ambos os Sistemas este indicador se manteve entre 170 e 330  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e que após os filtros houve um aumento significativo no seu valor, sendo isso relacionado à constituição das velas dos filtros, por serem de material cerâmico, o que permite o desprendimento, mesmo que em pequenas frações, de alguns sais à água filtrada. Nos três últimos ensaios foi constatado que, em ambos os Sistemas, os valores de condutividade se mantiveram muito abaixo do valor encontrado na água de abastecimento do município de Campina Grande, o que atesta a boa qualidade da água tratada neste estudo no que se refere a este indicador.

Figura 4.5 – Resultados das análises de condutividade elétrica nas etapas de tratamento.



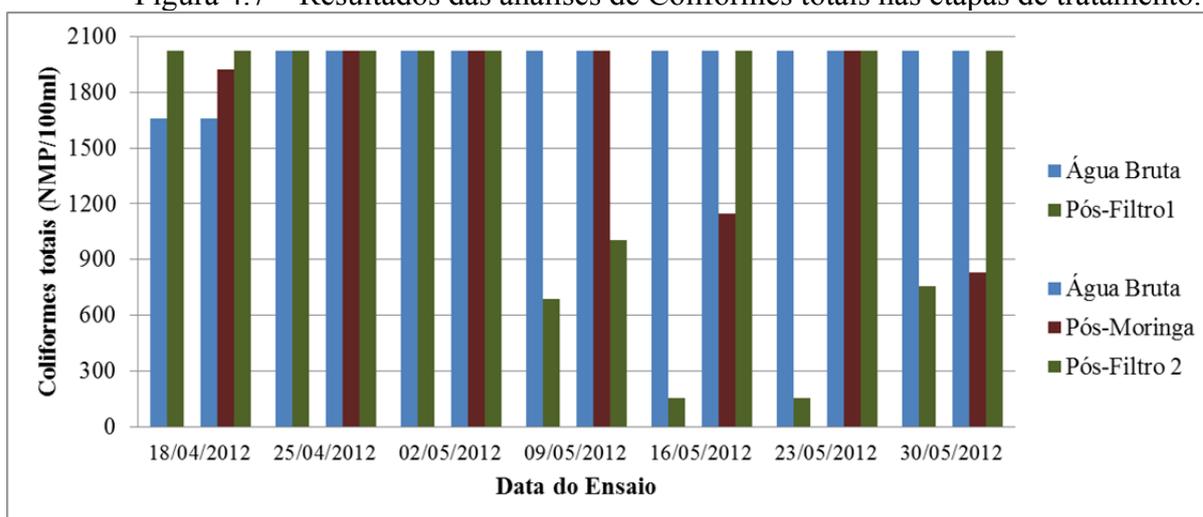
No tocante à Demanda Química de Oxigênio (DQO) é ilustrado na Figura 4.6 que, para o Sistema 1, inicialmente, houve um aumento da mesma, no entanto, após a presumível formação do filme biológico na vela do filtro, houve uma diminuição significativa deste indicador. No Sistema 2, foi constatado que há um aumento significativo da DQO após o uso da *Moringa oleifera*, o que é justificado pela adição da suspensão deste vegetal à água, esse aumento é o que justifica também a elevação da DQO na saída do Filtro 2, embora seja observado que nos 3º e 4º ensaios a concentração na saída do Filtro 2 foi menor que na água bruta. Isto pode ser justificado pela formação do filme biológico na vela do filtro, já que a mesma só foi limpa após estes ensaios. Foi constatado que, em ambos os Sistemas, os valores de DQO se mantiveram acima do valor encontrado na água de abastecimento do município de Campina Grande, apenas no ensaio de 16/05/2012 no Sistema 1 que ocorreu a inversão destes valores.

Figura 4.6 – Resultados das análises de DQO nas etapas de tratamento.

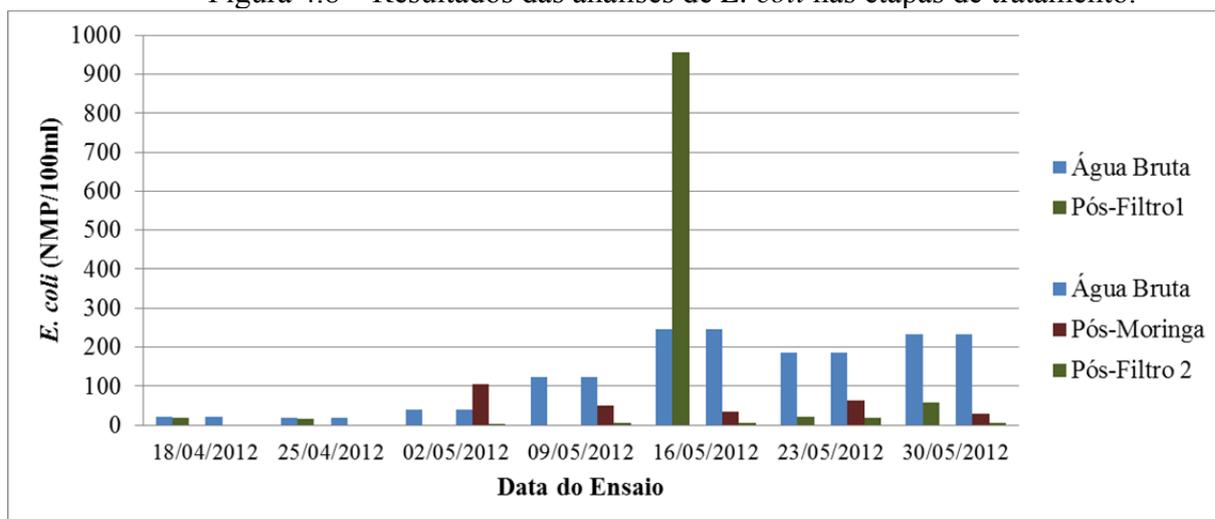


A Figura 4.7 ilustra o comportamento dos coliformes totais nos Sistemas estudados, sendo observado que, em ambos os Sistemas, tendo como referência a Portaria 2.914/2011, não há êxito com relação à diminuição deste indicador, sendo isso atribuível às características do próprio tratamento.

Figura 4.7 – Resultados das análises de Coliformes totais nas etapas de tratamento.



Para o indicador *Escherichia coli*, conforme ilustrado na Figura 4.8, e tendo como referência o que preconiza o padrão de potabilidade de água para consumo humano, no Sistema 1 só houve êxito nos 3º e 4º ensaios, já no Sistema 2 isso só ocorreu nos dois primeiros ensaios, no entanto, foi verificado que embora o Sistema 2 não atenda ao padrão de potabilidade em vigor, o mesmo alcançou uma considerável redução de *E. coli* após o tratamento com a *Moringa*, sendo ainda maior após a filtração. No Sistema 1 essa remoção pode estar relacionada à idade do filme biológico, o que pode facilitar a remoção deste indicador. Estas não conformidades de *E. coli* também podem estar relacionadas ao desempenho do método analítico.

Figura 4.8 – Resultados das análises de *E. coli* nas etapas de tratamento.

Com relação ao indicador microbiológico *Enterococcus*, em todas as análises realizadas, não houve a presença deste indicador.

Para a classificação da água proveniente do manancial em estudo, quanto à Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), de acordo com a Tabela 4.1, esta água foi classificada entre as classes 2 e 3, podendo a mesma ser destinada ao abastecimento humano, desde que passe por tratamento convencional ou avançado.

Tabela 4.1 – Resultados das análises realizadas na água bruta do “Açude de João Mago”.

Indicador	Valor (Média de 7 análises realizadas)
Turbidez (uT)	23,41
Cor Aparente (uC)	137,14
Ph	7,64
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	213,00
DQO (mg/L)	54,06
Coliformes Totais (NMP/100 ml)	1970,54
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 ml)	124,31

## 5.0 DISCUSSÃO

A comunidade rural de Batente de Pedra, localizado no município de Ingá-PB, possui aproximadamente 7 mananciais, sendo que apenas dois desses são utilizados para o abastecimento humano, no entanto, as águas advindas destes dois só são utilizadas na ausência do abastecimento realizado pelos carros-pipa. Estes abastecem uma cisterna, da qual a população local retira a água para seus usos. Este tipo de abastecimento oferece risco à população, tanto pelo acondicionamento destas águas, como pelos utensílios utilizados para sua captação e transporte, bem como pela ausência de um residual clorado à água.

A água proveniente do manancial estudado, por ter se apresentado entre as classes 2 e 3, é favorável ao tratamento realizado pelo Sistema 2, ou seja, com o uso da *Moringa oleifera* Lam, desde que haja a desinfecção; já para Sistema 1 isto não é possível, pois o mesmo é considerado um tratamento simplificado, composto por apenas 1 filtro.

De acordo com os resultados supracitados é percebido que o tratamento da água advinda do açude estudado, se manteve eficiente para a remoção de turbidez e cor aparente, especialmente quando foi empregada a suspensão da semente de *Moringa oleifera* na dosagem utilizada (20 g/L), tendo sido também observado um aumento significativo da DQO após o uso desta suspensão (Sistema 2). Uma alternativa para sanar este problema seria a diminuição da dosagem da suspensão de *Moringa*, muito embora a eficiência da remoção de turbidez e cor aparente viesse a diminuir, o que não seria nenhum prejuízo já que o Filtro 2 poderia promover a remoção de turbidez e cor aparente em excesso. De acordo com o tratamento citado anteriormente a água poderia ficar dentro do padrão de potabilidade, de modo a não oferecer risco à população, notadamente pela diminuição da DQO.

Embora seja percebida uma não conformidade dos indicadores microbiológicos à Portaria 2.914/2011, sendo notado apenas para indicador *Escherichia coli*, a suspensão de *Moringa* possui ação direta na redução deste indicador, o que a caracteriza como um agente antimicrobiano, possibilitando uma posterior análise, de forma isolada deste efeito, até mesmo em outras espécies de microrganismos causadores de doenças de veiculação hídrica. Esta ação justifica seu uso para produção de pomada antibiótica conforme apresentado por Jahn *et al.* (1986) *apud* Cysne (2006).

Os resultados encontrados neste trabalho, para os indicadores turbidez, cor aparente, Coliformes totais e *E. coli*, se apresentaram semelhantes aos encontrados nos trabalhos desenvolvidos por Pinto & Hermes (2006) e Silva *et al.* (2011), embora fora observado que nenhum deles utilizaram filtros cerâmicos caseiros após tratamento com *Moringa*, o primeiro

utilizou filtração lenta em filtro de areia e o segundo filtração ascendente em filtro de cascalho.

No contexto do Nordeste brasileiro, principalmente para as regiões de clima semiárido, como a estudada, as quais sofrem anualmente com a ausência de água potável, e apresentam condições favoráveis ao desenvolvimento da *Moringa oleifera* Lam, é percebido que o uso deste vegetal se apresenta como importante alternativa, não só para o tratamento da água, mas também para seus diversos usos, desde a alimentação animal, como planta forrageira, até para alimentação humana, conforme utilizada em países africanos e asiáticos, fazendo-se o aproveitamento da planta por completo. Isto é possível já que segundo Jahn (1986) a *Moringa* não apresenta nenhum efeito tóxico sobre humanos e animais. Outro uso de grande importância para essa Região seria a utilização desse vegetal como combustível sólido, já que o mesmo cresce aproximadamente 4 m por ano, o que viabiliza a produção de lenha para o uso da própria comunidade.

O grande desafio para a implantação efetiva da *Moringa* no Nordeste brasileiro é aliar seu uso a tantos desafios que suas populações já vêm enfrentando, como a falta de planejamento e a má gestão dos programas de desenvolvimento rural e, especialmente, o baixo nível de instrução, explicitado pela falta de educação ambiental e sanitária, já que o conhecimento é fundamental no estabelecimento de medidas concretas para mitigação dos problemas relacionados ao meio ambiente, saneamento e saúde.

## 6.0 CONCLUSÕES

Dentre os dois mananciais destinados ao abastecimento humano apenas um foi estudado, o “Açude de João Mago”, o qual está classificado entre as classes 2 e 3 da Resolução CONAMA 357/2005.

O uso de filtro por si só, não é capaz de potabilizar a água proveniente deste manancial, o que também ocorreu quando utilizado a suspensão de *Moringa oleifera*.

Apesar da água, após o tratamento realizado no Sistema 2, não atender ao padrão de potabilidade vigente, a *Moringa oleifera* Lam apresentou grande potencial para a clarificação da água em estudo, podendo a mesma ser empregada no tratamento de águas advindas de mananciais similares, não só da Mesorregião Agreste paraibana, mas de localidades que possuam águas com características semelhantes às apresentadas neste trabalho.

É observado que há necessidade de modificar o processo operacional do sistema supracitado, bem como as dosagens da suspensão empregada, levando-se em consideração a escala do projeto.

É possível ser adicionado a esse tratamento uma etapa de desinfecção por derivados clorados, com vistas à remoção de microrganismos, oxidar possível matéria orgânica e garantir um residual para o acondicionamento dessa água, embora possa haver a formação de subprodutos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <[www.aesa.pb.gov.br](http://www.aesa.pb.gov.br)>. Acesso em: 29 abr 2012.

ALVES, C. R.; ASSIS, O. B. G.. *CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E DA EFICIÊNCIA DE FILTRAGEM DE VELAS CERÂMICAS POROSAS MODIFICADAS*. Comunicado Técnico nº 31. São Carlos: EMBRAPA, 1999.

ASA - Articulação no Semiárido Brasileiro. *Programa Um Milhão de Cisternas*. Disponível em: <[http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD\\_MENU=1150](http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=1150)>. Acesso em: 27 mar 2012.

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

BORBA, L. R.. *VIABILIDADE DO USO DA MORINGA OLEIFERA LAM NO TRATAMENTO SIMPLIFICADO DE ÁGUA PARA PEQUENAS COMUNIDADES*. João Pessoa – PB: UFPB, 2001. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal da Paraíba. 2001.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. *ÁGUA PARA TODOS*. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/agua-para-todos>>. Acesso em: 28 mar 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria 518, 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. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria 2.914, 14 de dezembro de 2011*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. DATASUS. *Sistema de Informação de Atenção Básica (SIAB) – Situação de Saneamento – Brasil*. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?siab/cnv/siabcBR.DEF>>. Acesso em: 22 mar 2012.

BRASIL. SENADO FEDERAL. *DECRETO Nº 7.535/2011 - Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água - "ÁGUA PARA TODOS"*. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7535.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7535.htm)>. Acesso em: 28 mar 2012.

CACERES, A.; CABRERA, O.; MORALES, O.; MOLLINEDO, P.; MENDIA, P. *Pharmacological properties of Moringa oleifera*. 1. Preliminary screening of antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, v.33, n.3, p.231-236, 1991.

CRAPPER, D. R.; KRISHNAN, S. S.; DALTON, A. J.. *Brain aluminum distribution in Alzheimer's disease and experimental neurofibrillary degeneration*. *Science* 180, p. 511-513, 1973.

CYSNE, J. R. B.. *PROPAGAÇÃO IN VITRO DE MORINGA OLEIFERA L.* Fortaleza – CE: UFC, 2006. Dissertação (Pós-Graduação em Fitotecnia). Universidade Federal do Ceará. 2006.

DALLA ROSA, K. R. *Moringa oleifera: a perfect tree for home gardens*. Hawaii: NFTA, Agroforestry Species Highlights, 1993.

DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S.. *Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água*. São Paulo: LDiBe editora, 2009.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N.. *TRATABILIDADE DE ÁGUA E DOS RESÍDUOS GERADOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA*. São Paulo: LDiBe editor, 2011.

FILTROS UNIVERSAL. Disponível em: [http://www.filtrosuniversal.com.br/curiosidades/fotografias/4\\_A.jpg](http://www.filtrosuniversal.com.br/curiosidades/fotografias/4_A.jpg). Acesso em: 22 abr 2012.

FOLKARD, G.K.; SUTHERLAND, J.P.; GRANT, W.D. *Natural coagulants at pilot scale*; In: Pickford, J., ed. *Water, Environment and Management: Proc. of the 18<sup>th</sup> WEDC Conference*, Kathmandu, Nepal, 30 Aug.3 Sept.1992. Loughborough University Press, p. 51-54, 1993.

FREIBERGER, C. E.; VANDERJAGT, D. J.; PASTUSZYN, A.; GLEW, R.S.; MOUNKAILA, G.; MILLSON, M.; GLEW, R.H.. *Nutrient content of the edible leaves of seven wild plants from Niger*. *Plant Foods Human Nutri*, p. 57-69, 1998.

GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. de. *Avaliação química e estrutural da semente de moringa*. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, CE, v.37, n.1, p.106-109, 2006.

HÖNER, R. *et al.*. *Suscetibilidade antimicrobiana entre amostras de Enterococcus isoladas no Hospital Universitário de Santa Maria*. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, Rio de Janeiro, v. 41, n. 6, p. 391-5, dez – 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 22 mar 2012.

JAHN, S. A. A.. *Proper use of African natural coagulants for rural water supplies – Research in the Sudan and a guide for new projects*. Rossdorf: - Verlagsgesellschaft, 1986.

LIBÂNIO, M.. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 2 ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2008.

MATOS, F. J. A. *Farmácias vivas: sistema de utilização de plantas medicinais projetados para pequenas comunidades*. 3 ed. Fortaleza: EUFC, 1998. 220 p.

MOTA, G. M.; PATERNIANI, J. E. S.. *EFICIÊNCIA DA SEMENTE DE MORINGA OLEÍFERA COMO COAGULANTE EM TRATAMENTO DE ÁGUA*. RESUMO (XII Congresso Interno de Iniciação Científica da UNICAMP. Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2004.

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

OLSEN, A.. *Low technology water purification by bentonite clay and Moringa oleifera seeds flocculation as performed in Sudanese villages: effect on Schistosoma mansoni cercarie*. Water Research, vol. 21, p.517-522, 1987.

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

PINTO, N. O.; HERMES, L. C.. *Sistema Simplificado para Melhoria da Qualidade da Água Consumida nas Comunidades Rurais do Semi-Árido do Brasil*. Documento 55. Jaguariúna: Embrapa, 2006.

RAMACHANDRAN, C.; PETER, K. V.; GOPALAKRISHNAN, P. K.. *Drumstick (Moringa oleifera) a multipurpose Indian vegetable*. Economy Botany, v.34, p.276-283, 1980.

RANGEL, M. S. A.. *Moringa oleifera. Uma Planta de Uso Múltiplo*. Circular Técnica nº9. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999.

RICHTER, C. A.. *ÁGUA: MÉTODOS E TECNOLOGIA DE TRATAMENTO*. São Paulo: Editora Blucher, 2009. p 310-311.

SANTANA, C. R. *et al.*. *CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MORINGA (Moringa oleifera Lam)*. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.12, n.1, p.55-60, 2010.

SANTOS, T. M.; PEREIRA, D. F.; SANTANA, C. R.; SILVA, G. F. da. *Estudo do tratamento físico químico da água produzida utilizando Moringa oleifera Lam em comparação ao sulfato de alumínio*. Exacta, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 317-321, 2011.

SILVA, F. J. A. de; MATOS, J. E. X. de. *Sobre dispersões de moringa oleifera para tratamento de água*. Revista Tecnologia. Fortaleza, CE, v. 29, n. 2, p.157-163, dez. 2008.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. de. *MANUAL DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E RESIDUÁRIAS*. Campina Grande: O Autor, 2001.

SILVA, M. J. M.; PATERNIANI, J. E. S.; FRANCISCO, A. R.; SILVA, G. K.. *APLICAÇÃO DE SEMENTES DE Moringa oleifera COMO AUXILIAR DE PRÉ-FILTRAÇÃO EM SISTEMAS DE FILTRAÇÃO EM MULTIPLAS ETAPAS*. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 4, p. 146-154, out./dez. 2011.