



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

**YASMIN EMANUELLE SANTOS PEREIRA DE LIMA**

**POTENCIAL DE COAGULANTES NATURAIS COMO ALTERNATIVA NO  
PROCESSO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA(ETA)**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2014**

**YASMIN EMANUELLE SANTOS PEREIRA DE LIMA**

**POTENCIAL DE COAGULANTES NATURAIS COMO ALTERNATIVA NO  
PROCESSO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA(ETA)**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado à Universidade Estadual da  
Paraíba como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Sanitária e  
Ambiental pela Universidade Estadual da  
Paraíba.

**Orientadora: Prof. Dr. Helvia Waleska Casullo de Araújo**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2014**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

L732p Lima, Yasmin Emanuelle Santos Pereira de.  
Potencial de coagulantes naturais como alternativa no processo da estação de tratamento de água [manuscrito] / Yasmin Emanuelle Santos Pereira de Lima. - 2014.  
62 p. : il.

Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.  
"Orientação: Profa. Dra. Helvia Waleska Casullo de Araújo, Departamento de Química".  
"Co-Orientação: Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".  
1. Tratamento de água. 2. Coagulantes naturais. 3. Potabilidade. I. Título.

21. ed. CDD 628.4

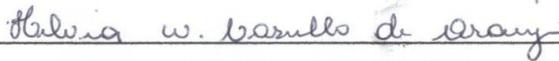
YASMIN EMANUELLE SANTOS PEREIRA DE LIMA

**POTENCIAL DE COAGULANTES NATURAIS COMO ALTERNATIVA NO  
PROCESSO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA(ETA)**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado à Universidade Estadual da  
Paraíba como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Sanitária e  
Ambiental pela Universidade Estadual da  
Paraíba.

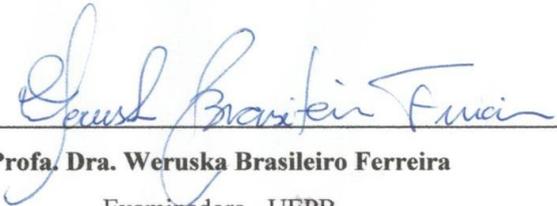
Aprovado pela banca examinadora em: 10 de 09 de 2014.

BANCA EXAMINADORA



**Prof. Dra. Helvia Waleska Casullo de Araújo**

Orientadora - UEPB



**Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira**

Examinadora - UEPB



**Prof. Dra. Geralda Gilvânia Cavalcanti de Lima**

Examinadora – UEPB

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, ao meu pai Washington Luís, minha mãe Manuela e aos meus irmãos Ysabor e Washington Filho.

## AGRADECIMENTOS

A **Deus** por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Agradeço a minha mãe, **Manuela**, heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

Ao meu pai, **Washington**, que apesar de todas as dificuldades me fortaleceu e que pra mim foi muito importante.

Obrigada meus irmãos **Washington** e **Ysabor**, que nos momentos de minha ausência dedicada ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente! Obrigada!

A toda minha família, em especial, **Tia Mana**, **Tia Cristina**, **Tia Eurídice**, **Tia Dalva**, **Tia Neninha**, meus primos em especial, **Yuri**, **Heleilton** e **Andreza** pela contribuição valiosa.

Meus agradecimentos aos amigos da universidade e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação, em especial, **Michele**, **Francisco Elias**, **George**, **Marcos**, **Tairone**, **Leandro**, **Albiery**, **Tássio** e **Salomão**. As meninas do projeto, **Tarciana**, **Iana** e **Laís** pela forte ajuda na realização deste projeto.

Obrigada à professora **Helvia** pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

À Professora **Weruska** pela grande contribuição a minha vida acadêmica, a professora **Gilvânia** pelo apoio ao longo do curso.

*“Se consegui ver mais longe é porque estava aos ombros de gigante”*

*Isaac Newton*

## RESUMO

A Organização Mundial de Saúde afirma que 25 milhões de pessoas morrem por ano devido à doenças transmitidas através da água. Com isso é indispensável uma avaliação constante da qualidade da água, que é feita pela determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Este estudo permitiu verificar a viabilidade técnica da utilização de coagulantes de origem vegetal como o Tanfloc SG, Tanfloc SL e as sementes da *Moringa Oleífera*, em substituição de coagulantes químicos no processo de coagulação/floculação nas Estação de Tratamento de Água. Estes coagulantes orgânicos de origem vegetal são biodegradáveis e uma vez que lançados nas águas serão degradados por organismos decompositores presentes no meio aquático, gerando menos impacto ao ecossistema. Do contrário, os coagulantes inorgânicos são compostos por sais metálicos que causam danos à saúde, especialmente o sulfato de alumínio. Outro ponto negativo associado aos coagulantes de bases de sais metálicos é o fato de serem produzidos por meio de uma fonte de recurso natural não renovável como é o caso do sulfato de alumínio oriundo da bauxita. Nesta pesquisa foram utilizadas as águas do Açude de Bodocongó, localizado no município de Campina Grande – PB, por um período de 8 semanas, teve como objetivo avaliar o potencial de coagulantes orgânicos naturais como também a comparação entre esses coagulantes com os coagulantes químicos utilizados nas Estações de Tratamento de Água. Assim sendo, foram analisados parâmetros físico-químicos básicos como pH, turbidez e cor, através de ensaios realizados com a utilização do Jar-Test, com 7 segundos para mistura rápida (rotação máxima), 7 minutos em rotação 100 rpm, 4 minutos em 60 rpm, 4 minutos em 30 rpm e tempo de sedimentação de 5 minutos, utilizando concentrações de coagulantes pré-estabelecidas entre 10mg/L e 100mg/L, em intervalo de 10ml, com concentrações a 2%, para obter a dosagem ótima. Os resultados obtidos, indicam que os coagulantes naturais Tanfloc SL e a Solução Tanfloc SL + Moringa, obteve maior eficiência quanto aos parâmetros estudados, obtendo resultados bastante próximos entre os dois coagulantes tratando dos parâmetros pH, cor, turbidez e microbiológicos. A utilização das sementes da *Moringa oleífera* individualmente, não é suficiente para o tratamento de águas para consumo humano. O Tanfloc SG, não é adequado para o nosso objetivo, pois não apresentou uma boa remoção na cor. Entretanto, conclui-se que coagulantes naturais de origem vegetal, mostraram-se um potencial substituto aos coagulantes químicos para o tratamento de água.

**Palavras-chave:** coagulante natural. Tanfloc. *Moringa oleífera*. coagulação/floculação. potabilidade.

## ABSTRACT

The World Health Organization states that 25 million people die each year due to diseases transmitted through water. This it is essential for ongoing evaluation of water quality, which is made by determining the physical, chemical and biological parameters. This study showed the technical feasibility of using coagulants of plant origin such as Tanfloc SG, SL Tanfloc and seeds of *Moringa oleifera* in place of chemical coagulants in coagulation / flocculation in the Water Treatment Plant process. These organic coagulants of plant origin are biodegradable and once launched waters are degraded by decomposers organisms in the aquatic environment, creating less impact on the ecosystem. Otherwise, inorganic coagulants are composed of metallic salts that cause health damage, especially aluminum sulphate. Another drawback associated with the coagulant metal salts of bases is that of being produced by a source of non-renewable natural resource such as the aluminum sulfate originating from the bauxite. In this research the waters of the weir Bodocongó located in Campina Grande-PB, for a period of eight weeks, aimed at evaluating the potential of natural organic coagulants as well as the comparison between these coagulants with chemical coagulants used in Water Treatment Plants. Accordingly, the basic physical and chemical parameters such as pH, turbidity, color and were analyzed by means of tests using the Jar-Test, with rapid mixing's to 7 (maximum speed) 7 minutes in rotation 100 rpm, 4 minutes in 60 rpm, 4 minutes at 30 rpm and sedimentation time of 5 minutes using concentrations of coagulant pre-established between 10ml and 100ml in the range of 10ml to 2% concentration to obtain an optimal dosage. The results indicate that natural coagulants Tanfloc SL and SL + Solution Tanfloc Moringa, demonstrated the highest efficiency for the studied parameters, obtaining results very close between the two coagulants in relation to others. The use of seeds of *Moringa oleifera* alone is not sufficient for treating water for human consumption. The Tanfloc SG, is not suitable for our purpose, because not presented a good removal in color. However, it is concluded that natural coagulants of plant origin, were shown to be a potential replacement for chemicals for water treatment coagulants.

**Keywords:** Natural Coagulant. Tanfloc. *Moringa oleifera*. Coagulation/Flocculation. Drinkability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Processo Convencional do Tratamento de Água

Figura 2 – *Moringa oleífera*

Figura 3 – acácia-negra

Figura 4 -Produção de mudas para cultivo de acácia- negra (A), e colheita das árvores de forma mecanizada (B) na empresa Tanac S/A, RS.

Figura 5 - Extração com água do tanino da casca da acácia negra em autoclaves na empresa brasileira Tanac S/A.

Figura 6 - Estruturas químicas de tanino hidrolisável (a), e de tanino condensado (b).

Figura 7 – Imagem do Açude de Bodocongó.

Figura 8 – Localização do município de Campina Grande/PB.

Figura 9 – Preparo da suspensão de *Moringa oleífera*

Figura 10 – Preparação da Solução Tanfloc

Figura 11 – Soluções de coagulantes utilizadas no estudo

Figura 12 – Equipamento Jar-Test

Figura 13 – Filtros de areia adaptados em laboratório para cada coagulante utilizado

Figura 14–Avaliação do pH da água bruta do açude de Bodocongó nas diferentes dosagens do coagulante moringa (mg/L)

Figura 15 – Avaliação da Turbidez da água bruta do açude de Bodocongó nas diferentes dosagens do coagulante moringa (mg/L)

Figura 16 – Avaliação da Cor da água bruta do açude de Bodocongó nas diferentes dosagens do coagulante moringa (mg/L)

Figura 17 – Avaliação do pH da água com diferentes dosagens de Tanfloc SL e Tanfloc SG

Figura 18 – Avaliação da Turbidez da água com diferentes dosagens de Tanfloc SL e Tanfloc SG

Figura 19 – Avaliação da Cor da água com diferentes dosagens de Tanfloc SL e Tanfloc SG

Figura 20 – Avaliação do pH da água com diferentes dosagens da Solução Moringa + Tanfloc SL

Figura 21 – Avaliação da Turbidez da água com diferentes dosagens da Solução Moringa + Tanfloc SL

Figura 22 – Avaliação da Cor da água com diferentes dosagens da Solução Moringa + Tanfloc SL

Figura 23 – Coagulantes (Dosagem(ml) x pH x Turbidez (NTU))

Figura 24 – Coagulantes (Dosagem (ml) x pH x Cor (UC))

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Dosagem de cada coagulante analisado

Tabela 2 – Índice de Remoção de Turbidez com Moringa

Tabela 3 – Índice de Remoção da Turbidez com Tanfloc

Tabela 4 – Dosagem de Moringa (M) + Tanfloc SL (SL)

Tabela 5 – Índice de Remoção de Turbidez com Solução Moringa + Tanfloc SL

Tabela 6 – Dosagem de Coagulantes

Tabela 7 – Análises Microbiológicas

Tabela 8 – Parâmetros da Água Bruta

## LISTA DE SIGLAS

ETA	Estação de Tratamento de Água
Kda	Quilodalton
uT	Unidade de Turbidez
uH	Unidade de Hazen
ETE	Estação Tratamento de Esgotos
L/s	Litros/segundos
°C	Unidade de Temperatura Celsius
g/L	grama/Litro
ml	Unidade de Volume Mililitros
cm	Unidade de Espaço Centímetros
uC	Unidade de Cor
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Sulfato de Alumínio
$\text{FeCl}_3$	Cloreto Férrico
OMS	Organização Mundial de Saúde
mm	Milímetros

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. OBJETIVOS .....	17
2.1. Objetivo Geral.....	17
2.2. Objetivos Específicos.....	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
3.1. Potabilidade da Água .....	18
3.1.1. Padrões de Potabilidade da Água.....	19
3.1.3. Controle de Potabilidade da Água.....	27
3.2. Estação de Tratamento de Água.....	27
3.4. Coagulantes Químicos.....	30
3.5. Coagulantes Naturais.....	31
3.5.1. Moringa ( <i>Moringa oleífera</i> ).....	31
3.5.2. Taninos.....	33
4.1. Área de Estudo .....	36
4.2. Preparo de Coagulantes.....	37
4.3. Sistema de Tratamento Utilizado .....	39
4.4. Análises Realizadas.....	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	43
6. CONCLUSÃO.....	52
7. SUGESTÃO.....	53
REFERÊNCIAS .....	55
APENDICE	
ANEXO	

## 1. INTRODUÇÃO

Além dos problemas relacionados à quantidade de água tais como: escassez, estiagens e cheias, há também aqueles relacionados à qualidade da água. A contaminação de mananciais impede, por exemplo, seu uso para abastecimento humano. A alteração da qualidade da água agrava o problema da escassez desse recurso (BRAGA *et, Al*, 2005).

É muito importante a disponibilidade de abastecimento adequado de água potável. A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2011) afirma que 25 milhões de pessoas morrem por ano devido à doenças transmitidas através da água. Com isso é indispensável uma avaliação constante da qualidade da água, que é feita pela determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Neste trabalho, foram analisados os parâmetros de cor, turbidez, análises microbiológicas e pH, escolhidos por serem considerados fundamentais na avaliação da qualidade da água.

No Brasil, através da Portaria n. 2.914/11 do Ministério da Saúde, estão disponíveis os procedimentos e as responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A Estação de Tratamento de Água (ETA) é responsável por tornar a água própria para consumo humano e industrial, ao qual é composta pelos seguintes processos: coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção.

Este trabalho terá como foco as unidades de coagulação, floculação e sedimentação, processos químicos e físicos da ETA que garantem que os padrões de potabilidade exigidos pela legislação sejam atendidos. Porém, é necessário ter uma consciência ambiental quanto aos seus rejeitos, gerados nos processos de tratamentos. Uma vez que, geralmente em seu processo de coagulação são utilizados produtos inorgânicos compostos por sais de alumínio ou sais de ferro que são descartados no meio ambiente e não se degradam, ocasionando rebatimentos danosos.

Com isso, como alternativa para esta problemática, vem sendo estudado uma forma de substituição de produtos químicos por coagulantes naturais. Estes coagulantes orgânicos de origem vegetal são biodegradáveis e uma vez que lançados na água serão degradados por organismos decompositores presentes no meio aquático, gerando menos impacto ao ecossistema. Além do mais, os coagulantes inorgânicos são compostos por sais metálicos que causam danos a saúde, especialmente o sulfato de alumínio, pois, já

se sabe que o alumínio está associado a doenças neurológicas como o mal de Alzheimer. Outro ponto negativo associado aos coagulantes de bases de sais metálicos é o fato de serem produzidos por meio de uma fonte de recurso natural não renovável como é o caso do sulfato de alumínio oriundo da bauxita.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Este trabalho propõe à análise do potencial da acácia-branca (*Moringa oleífera*) e do tanino proveniente da acácia-negra (*Acácia mearnsii*) como opção para agirem na forma de coagulantes orgânicos em ETA's. Uma alternativa sustentável de coagulante natural que não produza tantos impactos ambientais, quanto os coagulantes químicos.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Estudar os coagulantes naturais Tanfloc SL, Tanfloc SG e *Moringa oleífera* por meio de ensaios de floculação a fim de determinar as dosagens ideais de coagulação;
- Avaliar a eficiência do processo de remoção de impurezas com o emprego de coagulantes orgânicos naturais de origem vegetal de acordo com a legislação vigente;
- Comparar a eficiência dos coagulantes naturais com a dos coagulantes químicos, analisando os parâmetros físicos, químicos e biológicos.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

O Brasil é um país privilegiado com relação à disponibilidade de água, detém 53% do manancial de água doce disponível na América do Sul e possui o maior rio do planeta (Rio Amazonas). Os climas equatorial, tropical e subtropical que atuam sobre o território, proporcionam elevados índices pluviométricos. No entanto, mesmo com grande disponibilidade de recursos hídricos, o país sofre com a escassez de água potável em alguns lugares. A água doce disponível em território brasileiro está irregularmente distribuída: aproximadamente, 72% dos mananciais estão presentes na região Amazônica, restando 27% na região Centro-Sul e apenas 1% na região Nordeste do país. (ARAÚJO, 2010).

As águas superficiais podem conter diversos organismos, substâncias, compostos e elementos prejudiciais à saúde, devendo ter sua concentração reduzida ou eliminada para o abastecimento público. Mesmo que visualmente não apresente indicações de contaminação, não se pode assegurar sua qualidade física, química e microbiológica (COLDEBELLA *et, Al*; 2013).

As impurezas presentes na água apresentam grande variação de tamanho que muitas vezes não são removidas por sedimentação comum. Normalmente, isto é obtido pela adição de coagulantes, dentro de uma sequência de tratamento controlado. Pode-se afirmar que a utilização de coagulantes para a remoção de turbidez, cor, matéria orgânica e demais impurezas presentes na água, têm sido utilizadas com sucesso no tratamento para a produção de água potável (COLDEBELLA *et, Al*, 2013).

Muitos coagulantes químicos são amplamente utilizados nos processos de tratamento de água, com base nas suas características de coagulação e floculação, porém geram lodos não biodegradáveis e podem ter ligação com algumas doenças, tal como o mal de Alzheimer (OKUDA *et, Al*, 2001), o qual está relacionado ao alumínio presente nas águas (COLDEBELLA *et, Al*, 2013). O interesse por coagulantes naturais deve-se ao fato destes serem biodegradáveis e seguros para a saúde humana (OKUDA *et, Al*, 2001).

#### 3.1. Potabilidade da Água

A água destinada ao consumo humano deve preencher condições mínimas para que possa ser ingerida ou utilizada para fins higiênicos, tais como estar isenta de

microrganismos patogênicos e, com relação às substâncias orgânicas, os teores das mesmas não deverão ser prejudiciais ao ser humano. Com o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas para o exame e análise das águas e o conhecimento do prejuízo potencial que novas substâncias poderiam causar à saúde pública foram propostos, principalmente nos países desenvolvidos, padrões e normas cada vez mais restritivas à qualidade da água a ser distribuída ao ser humano, principalmente no final da década de oitenta (DI BERNARDO, 1993).

### **3.1.1. Padrões de Potabilidade da Água**

Como princípios ligados ao problema da pesquisa, pode-se estabelecer a seguinte premissa: A Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914/11 é definida como água para consumo humano cujo parâmetros físicos, químicos e biológicos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.

A seguir serão descritos os principais parâmetros, apresentando o conceito do mesmo. Esclarecendo que, todos esses parâmetros são de determinação rotineira em laboratórios de análises de água.

#### ***3.1.1.1. Cor***

A aparência da água pode ser um fator significativa na satisfação de seu consumo. A água pura é virtualmente ausente de cor. A presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão altera a cor da água, dependendo da quantidade e da natureza do material presente. Sendo de origem natural não representa risco direto à saúde, mas o consumidor pode questionar a sua confiabilidade, e buscar águas de com qualidade duvidosa. Além disso, a cloração da água contendo matéria orgânica dissolvida, responsável pela cor, pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos – ex: clorofórmio) (CETESB, 1987).

#### ***3.1.1.2. Turbidez***

A turbidez é uma característica da água devida à presença de partículas suspensas com tamanho variando desde suspensões grosseiras aos colóides, dependendo do grau de turbidez. A presença dessas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, dando a água uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa. A turbidez pode ser causada por uma variedade de materiais: partículas de argila ou lodo, descarga de

esgoto doméstico ou a presença acentuada de microrganismos. Os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos, diminuindo com isso a eficiência da desinfecção (CETESB, 1987).

### **3.1.1.3. Sabor e Odor**

As características de sabor e odor são consideradas em conjunto, pois geralmente a sensação de sabor origina-se do odor. São de difícil avaliação, por serem sensações subjetivas, causadas por impurezas dissolvidas, frequentemente de natureza orgânica, como fenóis e clorofenóis, resíduos industriais, gases dissolvidos entre outros (CETESB, 1987).

### **3.1.1.4. Temperatura**

A temperatura da água tem importância por sua influência sobre outras propriedades: acelera reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor entre vários outros fatores (CETESB, 1987).

### **3.1.1.5. pH**

Potencial hidrogeniônico. Representa a concentração de íons hidrogênio  $H^+$  (em escala anti-logarítmica), fornecendo uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Muito importante nas etapas de tratamento de água. O pH é um parâmetro fundamental de controle da desinfecção, pois, em pH elevado à cloração perde eficiência (VONSPERLING, 1995).

### **3.1.1.6. Alcalinidade**

Quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. É uma medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos (capacidade de resistir às mudanças de pH: capacidade tampão). Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos ( $HCO_3^-$ ), carbonatos ( $CO_3^{2-}$ ) e hidróxidos ( $OH^-$ ) (VONSPERLING, 1995).

A distribuição entre as três formas na água é função do pH:

pH 11,0-9,4 Alcalinidade de hidróxidos e carbonatos

pH 9,4-8,3 Carbonatos e bicarbonatos

pH 8,3-4,6 Somente bicarbonatos

pH 4,6-3,0 Ácidos minerais.

### **3.1.1.7. Acidez**

Capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. É devido principalmente à presença de gás carbônico livre (pH entre 4,5 e 8,2). Águas com acidez mineral são desagradáveis ao paladar, sendo recusadas (VONSPERLING, 1995).

### **3.1.1.8. Dureza**

Concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os cátions divalentes  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com ânions na água, formando precipitados. A dureza pode ser classificada como dureza carbonato e dureza não carbonato, dependendo do ânion com a qual ela está associada. A dureza correspondente à alcalinidade é denominada dureza carbonato, enquanto as demais formas são caracterizadas como dureza não carbonato. A dureza é conhecida por sua propriedade de impedir a formação de espumas como o sabão. Em determinadas concentrações, causa sabor desagradável e pode ter efeitos laxativos (VONSPERLING, 1995).

### **3.1.1.9. Ferro e Manganês**

O ferro (Fe) e o manganês (Mn) estão presentes nas formas insolúveis ( $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ ) numa grande quantidade de tipos de solos. Na ausência de oxigênio dissolvido (ex: água subterrânea), eles se apresentam na forma solúvel ( $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ ). Caso a água contendo as formas reduzidas seja exposta ao ar atmosférico (ex: na torneira do consumidor), o ferro e o manganês voltam às suas formas insolúveis ( $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ ), o que pode causar cor na água, além de manchar roupas durante a lavagem. Em certas concentrações, podem causar sabor e odor (mas, nessas concentrações, ocorre a rejeição do consumidor, devido à cor). Na água subterrânea são mais propensas a apresentar teores mais elevados (VONSPERLING, 1995; CETESB, 1987).

### **3.1.1.10. Alumínio**

Embora o metabolismo do alumínio pelo organismo humano não seja bem conhecido e alguns trabalhos sugerem sua associação com o mal de Alzheimer, até então seus efeitos tóxicos não são comprovados. Ademais, o alumínio é um elemento abundante na natureza e a exposição humana pelo consumo de água é relativamente reduzida. Portanto, apesar de sua

larga utilização no tratamento de água, as evidências disponíveis sugerem a manutenção de valores máximos permissíveis referentes apenas a aceitação para consumo: concentrações acima 0,20 mg/L podem provocar depósitos de flocos de alumínio em sistemas de distribuição e acentuar a contaminação por ferro proveniente das tubulações (BRASIL, 2007).

#### **3.1.1.11. Cloretos**

Todas as águas naturais, em maior ou menor escala, contêm íons resultantes da dissolução de minerais. Os cloretos (Cl) são advindo da dissolução de sais. Em determinadas concentrações pode conferir a água sabor salino e uma propriedade laxativa. Os cloretos presentes na água que alteram sabor são, principalmente, os de sódio, potássio e cálcio, em concentrações superiores a 200-300mg/L. No padrão de potabilidade brasileiro, a valor máximo permitido é o de 250mg/L. Cloretos são removidos por processos especiais, tais como osmose inversa ou eletrodialise (BRASIL, 2007).

#### **3.1.1.12. Sulfatos**

O íon sulfato quando presente na água, dependendo da concentração além de outras propriedades laxativas mais acentuadas que outros sais, associados a íons de cálcio e magnésio, promove dureza permanente e pode ser um indicador de poluição de uma das fases de decomposição da matéria orgânica, no ciclo do enxofre (VONSPERLING, 1995; CETESB, 1987).

#### **3.1.1.13. Salinidade**

O conjunto de sais normalmente dissolvidos na água, formado pelos bicarbonatos, cloretos, sulfatos e, em menor quantidade, pelos demais sais. De modo geral a salinidade excessiva é mais própria das águas profundas que das superficiais, sendo, porém sempre influenciada pelas condições geológicas dos terrenos banhados ou lixiviados (CETESB, 1987).

#### **3.1.1.14. Nitrogênio**

Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se alterna entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: 1- nitrogênio molecular (N<sub>2</sub>), 2 - nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), 3 - nitrito(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Águas com concentrações de nitratos predominantes indicam

uma poluição remota, porque os nitratos são produtos finais da oxidação do nitrogênio. O nitrato está associado a doenças que afetam o sistema respiratório como a metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul) (VONSPERLING, 1995).

#### **3.1.1.15. Fósforo**

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a forma mais simples. Os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo. O fósforo orgânico é normalmente de menor importância. O fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento. O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (VONSPERLING, 1995).

#### **3.1.1.16. Oxigênio Dissolvido**

É um forte parâmetro de caracterização de corpos de água, pois representa os efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. O oxigênio dissolvido (OD) é importante para o desenvolvimento dos organismos aeróbicos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso nos seus processos respiratórios, podendo causar uma redução da sua concentração no meio e dependendo da magnitude deste fenômeno ocasionar a morte de diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. A concentração de OD igual ou inferior a 2,0 mg/L é letal aos peixes (VONSPERLING, 1995).

#### **3.1.1.17. Matéria Orgânica**

A matéria orgânica presente nos corpos d'água é uma característica de primordial importância, sendo causadora do principal problema de poluição das águas. Os principais componentes orgânicos são proteínas, carboidratos, gorduras e óleos, além da uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas e outros em menor quantidade. Em termos práticos, usualmente não há necessidade de caracterizar a matéria orgânica em termos de proteínas, gorduras, carboidratos etc. Ademais, há uma grande dificuldade para determinarmos componentes da matéria orgânica nas águas residuárias, face à multiplicidade de formas e compostos fase que a mesma pode apresentar. Assim, utilizam-se normalmente métodos indiretos de quantificação, ou do seu potencial poluidor. Nesta linha, existem duas principais categorias: 1- Determinação do consumo de oxigênio (demanda bioquímica de oxigênio –

DBO) e da demanda química de oxigênio – DQO e 2 - medição de carbono orgânico (carbono orgânico total – COT). A DBO é o parâmetro mais utilizado, é preciso na informação do grau de poluição de um corpo d'água (VONSPERLING, 1995).

### ***3.1.1.18. Micropoluentes inorgânicos***

Uma grande parte dos micropoluentes inorgânicos são tóxicos. Entre estes, têm especial destaque os metais pesados destes os que se dissolvem na água são arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata. Felizmente, as concentrações dos metais tóxicos nos ambientes aquáticos naturais são bem pequenas. Além dos metais pesados há outros micropoluentes inorgânicos de importância em termos de saúde pública, como os cianetos, o flúor e outros. Cabe destacar os danos que os metais pesados causam à saúde:

Arsênio: intoxicação ao sistema nervoso. Possivelmente cancerígeno.

Cádmio: efeito cumulativo no sistema nervoso. Cãibras, vômitos e diarreias.

Bário: prejudicial ao sistema circulatório. Aumento da pressão sanguínea.

Chumbo: danos ao sistema renal e sistema nervoso.

Cromo: distúrbio ao sistema circulatório e renal.

Prata: em concentrações elevadas causam danos à pele.

Mercúrio: elevada toxicidade e efeito acumulativo. Danos ao sistema nervoso e renal.

### ***3.1.1.19. Micropoluentes orgânicos***

Alguns materiais orgânicos são resistentes à degradação biológica, não integrando os ciclos biogeoquímicos. Entre eles, destacam-se os defensivos agrícolas, alguns tipos de detergentes, como o alquil benzeno sulfonados (ABS). Também merece destaque os fenóis, principalmente nas águas submetidas a tratamento com cloro, pois combina com o mesmo, formando clorofórmio que é tóxico (VONSPERLING, 1995).

## **3.1.2. Qualidade Microbiológica da Água**

Na visão da OMS, os riscos à saúde impostos pelas substâncias químicas (de efeito crônico e longo prazo, por vezes não muito bem fundamentados do ponto de vista toxicológico e epidemiológico) não devem ser comparados aos riscos microbiológicos de transmissão de doenças (de efeito agudo e curto prazo, inquestionáveis e de grande impacto).

Em termos gerais, guardada a importância relativa e específica de cada um, a garantia da qualidade microbiológica da água deve receber prioridade (BRASIL, 2007).

### **3.1.2.1. Organismos indicadores de contaminação**

A detecção e quantificação de todos os microrganismos patogênicos potencialmente presente na água é laboriosa, demanda tempo, os custos são elevados e nem sempre se obtêm resultados positivos ou que confirmem a presença do microrganismo. Este fato leva a questionar qual microrganismo é ideal para servir como indicador de qualidade da água, uma vez que a realização de análises que abrangem todos os possíveis microrganismos é técnica e economicamente inviável (DANIEL, 2001).

O resultado das análises deve demorar o mínimo possível, pois é preciso tomar medidas corretivas ou preventivas com base nele. A confirmação de contaminação após o uso da água de nada adiantará pois a população já terá consumido a água e estará exposta aos efeitos prejudiciais. Por esse motivo é necessário a utilização de um microrganismo que garanta com segurança a qualidade da água.

Dadas as dificuldades de isolamento rotineiro de organismos patogênicos em amostras ambientais, desde os primórdios da Microbiologia Sanitária sugere-se que a indicação de contaminação seja determinada, prioritária e rotineiramente, através de indicadores microbiológicos da presença de material fecal no meio ambiente. Há décadas, na verdade há mais de um século, os organismos que melhor têm cumprido este papel são as bactérias do grupo coliforme (BASTOS *et, Al*, 2000).

As bactérias do grupo coliforme estão presentes no intestino humano e de animais de sangue quente, sendo eliminadas nas fezes em número elevado ( $10^6$ - $10^8$  UFC/g). Entretanto, o grupo coliforme inclui bactérias não exclusivamente de origem fecal podendo ocorrer naturalmente no solo, água e plantas. Além disso, principalmente em climas tropicais, os coliformes apresentam a capacidade de multiplicarem-se na água (BRASIL, 2007).

Por isso, na avaliação da qualidade de águas naturais, os coliformes totais têm valor sanitário limitado. Sua aplicação restringe-se praticamente à avaliação da qualidade da água tratada (BASTOS *et, Al*, 2000).

De forma análoga, o grupo dos coliformes fecais inclui diversas espécies de vida livre dos gêneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Proteus* (Cerqueira *et, Al.*,1999). Portanto, a utilização dos coliformes fecais na avaliação da qualidade de águas naturais, principalmente em países de clima tropical, também tem sido questionada e a

tendência atual e de se referir ao grupo como coliformes termotolerantes (DHSS, 1982; OMS, 1995). Apesar disso, e com base no fato de que dentre os cerca  $10^6$  -  $10^8$  coliformes fecais/100ml, usualmente presentes nos esgotos sanitários predomina *Escherichia coli* (esta sim, uma bactéria de origem exclusivamente fecal), estes organismos ainda têm sido largamente utilizados como indicadores de poluição de águas naturais (Bastos *et Al*, 2000).

Reafirmando o já exposto, os coliformes totais (CT) carecem de maior significado sanitário na avaliação da qualidade de águas naturais. O indicador mais preciso de contaminação exclusivamente fecal é *E. coli*. Mesmo em mananciais bem protegidos não se pode desconsiderar a importância sanitária da detecção de *E. coli* (LIMA *et, Al*, 2000), pois, no mínimo, indicaria a contaminação de origem animal silvestre, os quais podem ser vetores de agentes patogênicos ao ser humano. Não obstante, pelo fato de que a presença de coliformes termotolerantes, na maioria das vezes, guarda melhor relação com a presença de *E. coli*, aliado a simplicidade das técnicas laboratoriais de detecção, seu emprego ainda é aceitável (OMS, 1995).

RAMETEKE *et, Al*, (1992), na Índia, constataram que a quase totalidade dos coliformes termotolerantes isolados de águas superficiais eram *E.coli*, mas apenas aproximadamente a metade em águas subterrâneas.

Assim sendo, rigorosamente, os coliformes só se prestam como indicadores da remoção de bactérias patogênicas. Portanto, na aferição da qualidade bacteriológica da água tratada, a ausência dos coliformes totais é um indicador adequado e suficiente da eficiência do tratamento, uma vez que apresentam uma taxa de decaimento (inativação) similar ou superior à dos coliformes termotolerantes e de *E.coli* (OMS, 1995). No que toca à avaliação da qualidade virológica e parasitológica da água tratada, torna-se necessário o emprego de indicadores complementares não – biológicos, a exemplo do cloro residual e turbidez (BASTOS *et, Al*, 2000).

Embora de grande praticidade, o teste de coliformes não garante a ausência de outros patogênicos nas águas, mais resistentes que as bactérias. Preocupações mais recentes com o potencial patogênico das águas de consumo vêm se dirigindo às outras bactérias, como *Campylobacter* e *Aeromonas*, e aos protozoários, como *Giárdia* e *Cryptosporidium*, além de diversos tipos de vírus entéricos. Doenças do aparelho respiratório também têm sido associadas à água, como a pneumonia transmitida pela bactéria *Legionella pneumophila* (ROSE, 1990).

### 3.1.3. Controle de Potabilidade da Água

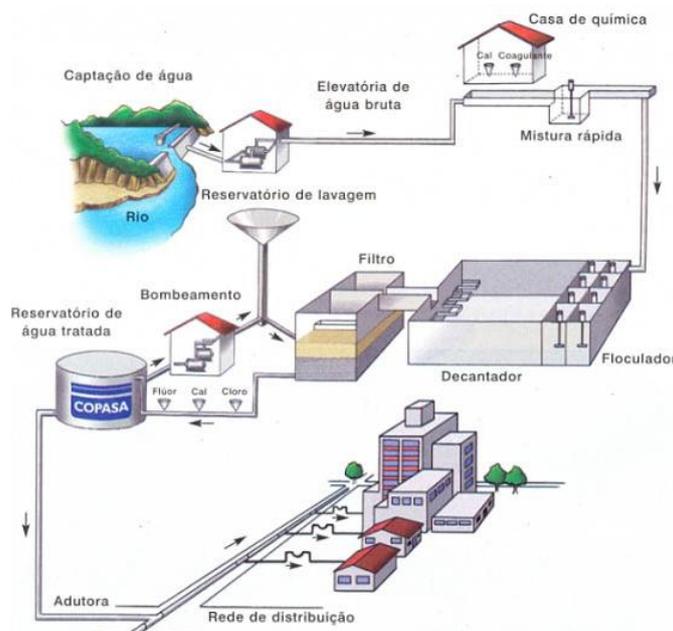
Considerando a importância que a qualidade e a quantidade de água têm para melhorar a vida e saúde dos seres humanos, foram elencados os meios e os compromissos relacionados ao controle e a vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Os padrões de potabilidade da água em uma ETA são determinados pela Portaria do Ministério da Saúde N° 2914 de 12/12/2011 (BRASIL, 2011). Atualmente, é a legislação nacional específica sobre a qualidade da água potável. Em seus artigos e capítulos estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

### 3.2. Estação de Tratamento de Água

Uma ETA consiste em um conjunto de processos químicos e físicos que são aplicados na água para obter condições adequadas para que a água se torne potável. Esse processo é constituído pelas fases de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. A Figura 1, representa o processo convencional de tratamento de água.

Figura 1– Processo Convencional do Tratamento de Água



Fonte: COPASA, 2007.

### **3.2.1. Coagulação**

O processo de coagulação, usado na maioria das estações de tratamento, envolve a aplicação de produtos químicos para precipitação de compostos em solução e desestabilização de suspensões coloidais de partículas sólidas, que, de outra maneira, não poderiam ser removidas por sedimentação, flotação ou filtração (RICHTER, 2009).

A coagulação e a floculação desempenham um papel dominante na cadeia de processos de tratamento de água, principalmente na preparação da decantação ou da flotação e, assim, na filtração que se segue. O sucesso dos outros processos depende, portanto, de uma coagulação bem sucedida. Por esse motivo, a coagulação tem sido objeto de extensivos estudos e pesquisas no decorrer do século. A aplicação desses novos conceitos, juntamente com o surgimento de novos agentes coagulantes, constitui-se em uma das mais importantes contribuições à tecnologia de tratamento de água, e o seu conhecimento vai ajudar o engenheiro na identificação das possibilidades e deficiências dos diversos dispositivos de processo, permitindo a otimização global da cadeia de processos de uma estação de tratamento de água da coagulação-floculação (RICHTER, 2009).

Em uma acepção abrangente, coagulação é a alteração físico-química de partículas coloidais de uma água, caracterizada principalmente por cor e turbidez, produzindo partículas que possam ser removidas em seguida por um processo físico de separação, usualmente a sedimentação. A coagulação pode ser considerada como um processo constituído de duas subseqüentes: a primeira – a coagulação, propriamente dita – envolve a adição de coagulantes químicos com a finalidade de reduzir as forças que mantêm separadas as partículas em suspensão. A segunda fase da coagulação – a floculação – promove colisões entre as partículas previamente desestabilizadas na coagulação, por efeito de transporte de fluido, formando partículas de maior tamanho, visíveis a olho nu: os flocos (RICHTER, 2009).

A coagulação envolve inicialmente a mistura rápida de coagulante com a água e, em seguida, a agitação lenta do material coagulado para a formação dos flocos. A mistura rápida e a floculação (ou mistura lenta) são, portanto, basicamente processos de transporte de fluido, associados à precipitação e união de partículas primárias. Como fenômenos de transporte de fluido, a diferença entre as duas reside no tempo e intensidade de mistura, está definida pelo gradiente de velocidade. O conhecimento da taxa da união entre as partículas previamente desestabilizadas, isto é, da cinética da

floculação, é, portanto, uma condição fundamental no dimensionamento dos floculadores (RICHTER, 2009).

### **3.2.2. Floculação**

Na cadeia de processos de uma, estação de tratamento, a coagulação é geralmente seguida pela floculação, que pode ser definida como o processo de juntar partículas coaguladas ou desestabilizadas para formar maiores massas ou flocos, de modo a possibilitar sua separação por sedimentação flotação e/ou filtração da água (RICHTER, 2009).

Nos tanques de floculação, os pequenos microflocos aglutinam-se formando flocos, que, ao saírem dos tanques, devem ter tamanho e densidade adequados ao processo de remoção que segue: clarificação por sedimentação ou por flotação e/ou filtração. Ao contrário da sedimentação, nos processos de flotação e filtração direta não é desejável a formação de um floco volumoso. O processo de agregação é dependente da duração e da quantidade de energia aplicada (gradiente de velocidade). A energia aplicada para a floculação pode ser comunicada, como na mistura rápida, por meios hidráulicos, mecânicos e/ou pneumáticos, a diferença caracterizando-se pela intensidade, que, na floculação, é muito menor (RICHTER, 2009).

### **3.2.3. Sedimentação**

A sedimentação é um processo físico que separa partículas sólidas em suspensão da água, e é um dos mais comuns no tratamento da água. Consiste na utilização das forças gravitacionais para separar partículas de densidade superior à da água, depositando-as em uma superfície ou zona de armazenamento. Normalmente, a água contém materiais finamente divididos, no estado coloidal ou em solução, que não podem ser removidos por sedimentação simples, sendo necessária a adição de coagulantes para formar aglomerados ou flocos que sedimentam com maior facilidade (RICHTER, 2009).

### **3.2.4. Filtração**

A filtração é um processo físico-químico, em alguns casos, biológicos (filtros lentos) para a separação de impurezas em suspensão na água, mediante sua passagem

por um meio poroso. A areia é o mais comum, seguido do antracito, areia de granada, carvão ativado granular etc. O tamanho dos grãos e do vazio entre os grãos (poros) tem grande influência na remoção de matéria em suspensão pelo filtro e no seu desempenho hidráulico (RICHTER, 2009).

### **3.2.5. Desinfecção**

A desinfecção tem por finalidade a destruição de micro-organismos patogênicos presentes na água – bactérias, protozoários, vírus e vermes. Deve-se notar a diferença entre desinfecção e esterilização. Esterilizar significa a destruição de todos os micro-organismos, patogênicos ou não, enquanto a desinfecção é a destruição de parte ou todo um grupo de organismos patogênicos.

### **3.3. Lodos**

Os processos de coagulação, floculação, decantação e filtração, adicionados de diversos componentes formam resíduos que serão removidos por sedimentação e filtração principalmente nos decantadores, sendo estes resíduos chamados de lodo.

Deste processo de potabilização da água, o lodo é produzido em grande quantidade, o mesmo é constituído de resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos (argilas e areias) provenientes da água bruta e principalmente grandes concentrações de metais, decorrentes da adição de produtos químicos e polímeros condicionantes do processo (Reali, 1999). Estudos mostram que uma estação de tratamento de água convencional com capacidade de tratar 2.400 L/s produz cerca de 1,8 toneladas de lodo por dia (Hoppen *et, Al*, 2005). A maioria dos lodos gerados nas estações de tratamento de água (ETA) são lançados nos recursos hídricos próximos às estações sem receber um tratamento adequado (Parsekian, 1998). Ressalta-se que esta situação de geração de resíduo em ETA com destino inadequado é encontrada em muitos municípios brasileiros. No entanto com a evolução da legislação ambiental as ETA vêm sendo obrigadas a destinar adequadamente estes resíduos.

### **3.4. Coagulantes Químicos**

De acordo com Santos (2011), o coagulante químico tem como objetivo estabilizar as partículas coloidais para que estas possam se encontrar, aglutinar e formar flocos que posteriormente venham a decantar e assim serem eliminados da água.

Os sais de alumínio são agentes inorgânicos não biodegradáveis que acrescentam elementos químicos à água ou ao lodo. Como principal dificuldade do processo destaca-se o lodo inorgânico gerado, de difícil manuseio por parte das empresas em função de seu volume e do elevado teor de umidade (CRUZ, 2005).

Os sais de ferro são, também, muito utilizados como agentes coagulantes para tratamento de água. Reagem de forma a neutralizar cargas negativas dos colóides e proporcionam a formação de hidróxidos insolúveis de ferro. Devido à baixa solubilidade dos hidróxidos férricos formados, eles podem agir sobre ampla faixa de pH (PAVANELLI, G., 2001).

Sais de alumínio e ferro são ambientalmente indesejáveis, pois os lodos produzidos podem disponibilizar íons solúveis que comprometem a saúde humana. É necessário, portanto, buscar coagulantes ambientalmente mais compatíveis (SILVA, 2003).

### **3.5. Coagulantes Naturais**

Para minimizar problemas nas ETA's e ETE's, e nos grandes projetos de despoluição de rios e lagoas nas áreas urbanas, está sendo proposto o uso, substituindo polímeros inorgânicos ou orgânicos sintéticos, ou sais de alumínio ou ferro, o uso de polímeros catiônicos orgânicos preparados a partir de produtos naturais (MANGRICH *et, Al*, 2013).

Os produtos orgânicos se sobressaem por serem biodegradáveis fazendo com que o material sedimentado a ser descartado seja degradado pelos organismos decompositores no meio aquático. Existem duas maneiras desses compostos constituídos principalmente por proteínas e carboidratos serem degradados: se houver o oxigênio dissolvido no meio, a decomposição será feita por bactérias aeróbias, que consomem o oxigênio dissolvidos existente na água; e se não houver oxigênio dissolvido no meio, ocorrerá a decomposição anaeróbia.

#### **3.5.1. Moringa (*Moringa oleífera*)**

A *Moringa oleífera* é uma espécie perene, da família *Moringaceae*, originária do nordeste indiano, amplamente distribuída na Índia, Egito, Filipinas, Ceilão, Tailândia, Malásia, Burma, Paquistão, Singapura, Jamaica e Nigéria (PIO CÔRREA, 1984; DUKE, 1987 apud GALLÃO *et, Al*, 2006). Tal planta foi introduzida no Brasil no início

do século passado como planta ornamental, porém seu uso como coagulante só teve início em 1996 (BORBA, 2001).

Seu desenvolvimento ocorre em clima quente e semiárido tropicais em temperaturas na faixa de 25-35 °C, podendo suportar até 48 °C por períodos limitados. É tolerante a seca, preferindo solos arenosos bem drenados ou solos com terra vegetal. Pode se desenvolver em solos argilosos, mas não com excesso de água. Seu crescimento é extremamente rápido, podendo alcançar 4 metros em um ano, atingindo alturas de 6-15 metros (PRICE E DAVIS, 2000), conforme está ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – *Moringa oleífera*.



Fonte: Fórum Carnívoras.com, 2013.

A propriedade coagulante/floculante das sementes está relacionada à presença de proteínas catiônicas hidrossolúveis (NDABIGENGESERE *et al*, 1995) por meio de diálise demonstrou que a proteína responsável pela purificação da água apresenta peso molecular entre 12 e 14 kDa. (Okuda *et al*, 1999) isolou e purificou por diálise a proteína presente nas sementes e após este processo a atividade coagulante da solução foi a igual à obtida antes da purificação, sugerindo que o componente responsável pelo processo de purificação da água são estas proteínas cujo peso molecular encontrado pelo referido autor foi superior a 12 kDa. Utilizando diversos tipos de solventes (água, éter, acetona clorofórmio, hexano e metanol) na extração do coagulante (Ndabigengesere *et al*, 1995) comprovaram que somente solução extraída a partir de água apresentou atividade coagulante.

Através de extração em solução salina (Okuda *et al*.;1999) conclui que nestas condições a solução à base de sementes de *Moringa oleífera* apresenta atividade

coagulante com dosagens 7,4 vezes menor do que a solução preparada somente com água destilada. A elevação da atividade coagulante na presença de sal se deve ao aumento da força iônica no meio que eleva a solubilidade dos compostos ativos responsáveis pelo processo de purificação (WHITE *et, Al*, 1968; VOET & VOET, 1990 apud OKUDA *et, Al*, 2001).

### **3.5.2. Taninos**

A acácia-negra (*Acácia mearnsii* de Wildemann) apresentada na Figura 3, é da família das leguminosas, de origem da Oceania, Austrália. Podendo chegar até o porte de 15 metros de altura, seu cultivo se espalhou por vários países do mundo, o estado brasileiro que mais cultiva a Acácia é o Rio Grande do Sul/RS. Através do tanino, produto extraído da acácia, podem ser preparados coagulantes naturais como uma alternativa sustentável para o tratamento de águas.

Figura 3 – acácia-negra



Fonte: Blog Terras de Sítio Paisagismo, 2013.

A empresa Tanac S. A., por exemplo, possui plantações em área própria de mais de 30 mil hectares. As plantas são desenvolvidas e cultivadas com a utilização de tecnologia de ponta com alto grau de inovação (Figura 4 A). A colheita das árvores é toda mecanizada (Figura 4 B). Além disso, pequenos sítios e fazendas têm produção própria vendida para empresas como a Tanac. A extração do tanino (20 a 30% da casca) para a produção do coagulante para tratamento de águas, por exemplo, é feita com água em grandes autoclaves (Figura 5). A casca esgotada é em parte destinada à compostagem para a produção de fertilizante orgânico. O restante é usado na própria

fábrica para queima, produção de vapor e geração de energia elétrica, às vezes suficientes para atender a todo o funcionamento da indústria (MANGRICH, 2013).

Figura 4 -Produção de mudas para cultivo de acácia- negra (A), e colheita das árvores de forma mecanizada (B) na empresa Tanac S/A, RS.



Fonte: Mangrich, 2013.

Figura 5 - Extração com água do tanino da casca da acácia negra em autoclaves na empresa brasileira Tanac S/A.

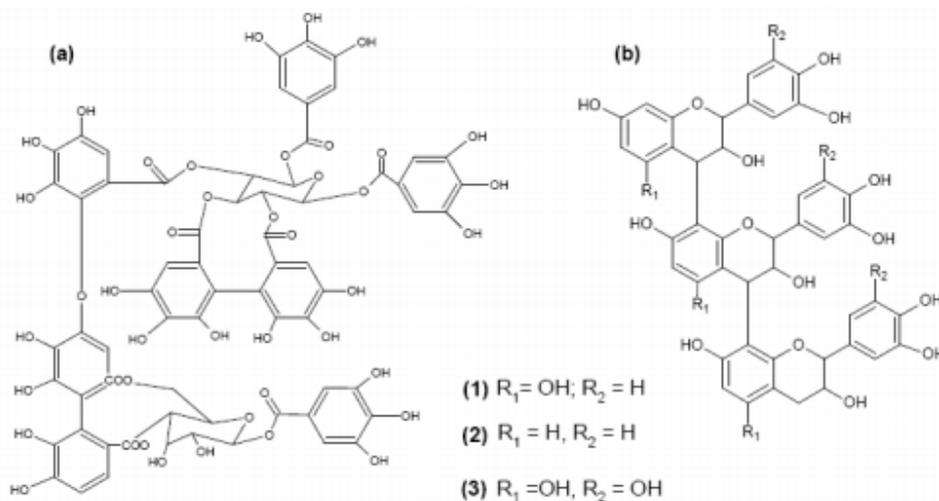


Fonte: Mangrich, 2013.

Os taninos são classificados em hidrolisáveis e condensados. Os taninos hidrolisáveis (Figura 6 a) possuem como unidade básica o ácido gálico que pode estar

ligado a estruturas glicosídicas. Os taninos condensados (Figura 6 b) baseiam-se em unidades monoméricas do tipo flavan-3-ol, como é o caso do tanino da *Acácia mearnsii* (MANGRICH, 2013).

Figura 6 - Estruturas químicas de tanino hidrolisável (a), e de tanino condensado (b).



Fonte: Mangrich, 2013.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Área de Estudo

Para a realização deste trabalho foi selecionado as águas do Açude de Bodocongó (Figura 7) que situa-se na cidade de Campina Grande/PB no semiárido nordestino; na mesorregião do Agreste Paraibano; zona oriental do Planalto da Borborema; na Bacia do Médio Paraíba (Figura 8).

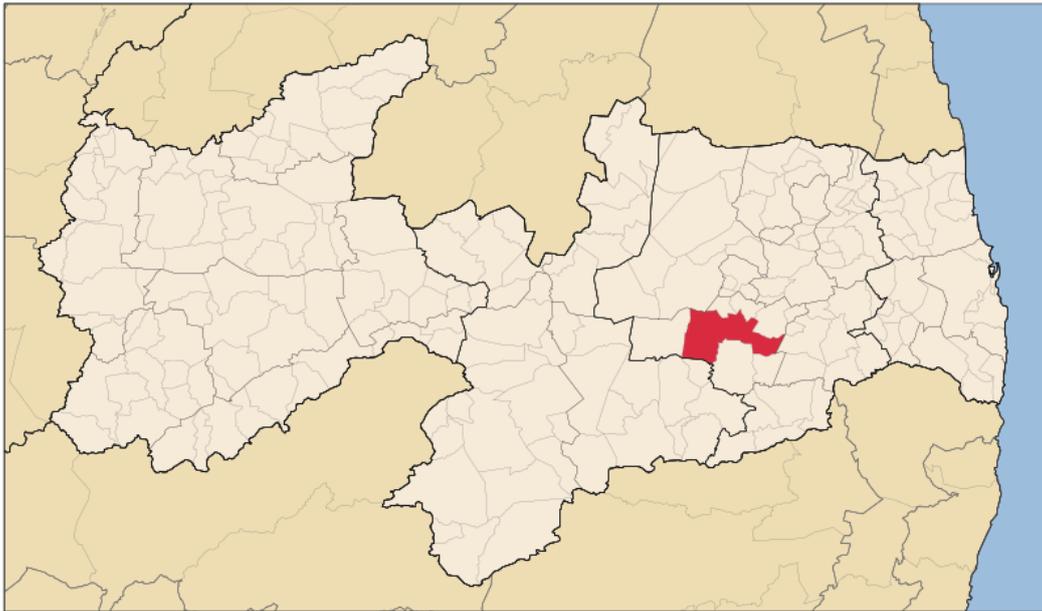
O mesmo vem sofrendo intensas transformações impulsionadas pela urbanização e desenvolvimento industrial; através da instalação de indústrias e construção de moradias; desta forma vem sofrendo inúmeras agressões; o que é comum em centros urbanos; como por exemplo: invasões de áreas de proteções permanentes; poluição de recursos hídricos; crescimento desordenado de bairros e ocupação de áreas sem planejamento; uso descomedido de água; lançamento de esgotos; alteração da drenagem; erosão; dentre outros (CARVALHO, 2007).

Figura 7 – Imagem do Açude de Bodocongó.



Fonte: Blog Retalhos de Campina, 2012.

Figura 8 – Localização do município de Campina Grande/PB.



Fonte: Wikipedia, 2014.

## 4.2. Preparo de Coagulantes

### 4.2.1. Suspensão de *Moringa Oleífera*

Para o preparo da suspensão de *Moringa oleífera* foi utilizado a metodologia Segundo Folkard *et, Al*, (1993), é adicionada uma quantidade de 20 gramas do pó produzido pela moagem da semente conforme a Figura 9, em 1 litro de água destilada e homogeneizada. Essa suspensão tem uma concentração de 2%.

Figura 9 – Preparo da suspensão de *Moringa oleífera*

Fonte: Juscelino Henrique, 2012.

As sementes utilizadas para a produção dessa suspensão foram colhidas na zona rural do município de Ingá-PB, município inserido na Mesorregião Agreste da Paraíba. Este local foi escolhido devido ao fato da facilidade e do acesso ao vegetal.

#### 4.2.2. Tanino

De acordo com a empresa TANAC (2012) foi adotado 20g/L.

A preparação da solução teve a concentração de 20g/l do Tanfloc SG e Tanfloc SL, como mostra a Figura 10, é pesada uma quantidade de 10 gramas do produto e diluído em um béquer (500 ml) com aproximadamente 300 ml de água destilada, depois transfere em um balão volumétrico de 500 ml e completa com água destilada até o traço de aferição.

Figura 10 – Preparação da Solução Tanfloc



Fonte: Dados da Pesquisa, 2014.

O tempo de uso da solução é de uma semana. Importante armazenar o Tanfloc em local seco, protegido da luz solar e em embalagem fechada.

A Figura 11 apresenta todas as soluções necessárias para este trabalho: moringa, Tanfloc SL, Tanfloc SG, Sulfato de Alumínio e Cloreto Férrico, respectivamente.

Figura 11 – Soluções de coagulantes utilizadas no estudo



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

### 4.3. Sistema de Tratamento Utilizado

A coleta foi realizada, diariamente, durante 8 semanas, no período de Abril a Maio de 2014, com o auxílio de um recipiente de polietileno de 20 litros;

Para a simulação do tratamento foi utilizado o equipamento Jar-Test (MILAN JAR TEST-JT 102), para o ensaio de coagulação-floculação-sedimentação, para amostra de água bruta. O equipamento tem como função determinar a melhor dosagem de coagulante para a análise, chamada de dosagem ótima.

Os ensaios foram adaptados a partir do recomendado por Richter (2009), com 7 segundos para mistura rápida (rotação máxima, aproximadamente 300 rpm), logo após, deu-se início ao processo de floculação durante 7 minutos, em rotação de 100 rpm, houve uma redução da rotação para 60 rpm em um tempo de 4 minutos e para o término da mesma em 4 minutos, a rotação foi diminuída para 30 rpm; posteriormente foi iniciado o processo de sedimentação analisada por 5 minutos. Todo o experimento foi realizado no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Foram realizadas as seguintes etapas:

No laboratório, as amostras foram vertidas para 5 jarros do Jar-Test (Figura 12), onde foi realizado o experimento com o coagulante à base de semente de Moringa, Tanfloc, com soluções de 10 a 100 mg/L para descobrir suas dosagens ótimas, foi feito

também estudos com os coagulantes inorgânicos (cloreto férrico e sulfato de alumínio) para título de comparação (Tabela 1).

Figura 12 – Equipamento Jar-Test

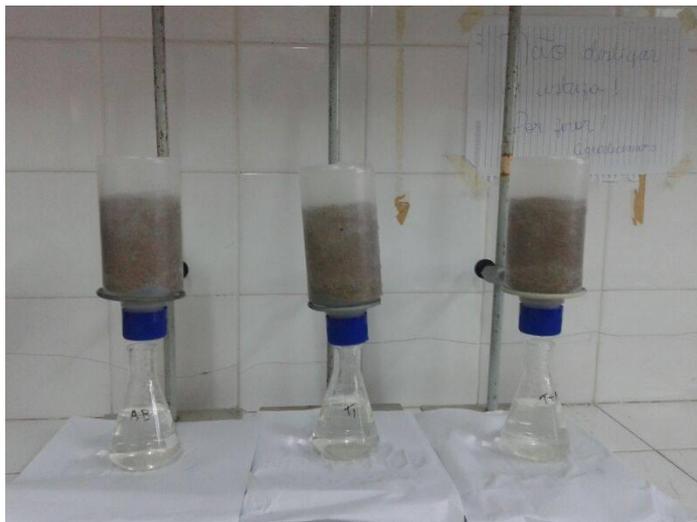


Fonte: Dados da pesquisa, 2014

As coletas das amostras de água do Jar-Test foram realizadas através de um sifão, coletando o líquido a partir de 7 cm da superfície. Para que pudesse definir a velocidade de sedimentação semelhante as que ocorrem na estação de tratamento de água.

Após a obtenção da dose ideal dos coagulantes orgânicos deu-se início ao uso dos filtros. Foram utilizados filtros adaptados em laboratório um para cada tipo de coagulante analisado. Os filtros eram de plástico composto por 2 centímetros de areia grossa de granulometria entre 0,6 e 2,0 mm, e em seguida 7 centímetros de areia mais fina de granulométrica entre 0,06 e 0,2 mm, como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Filtros de areia adaptados em laboratório para cada coagulante utilizado



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

#### 4.4. Análises Realizadas

Com vista analisar a eficiência dos coagulantes em estudos, foram analisados os seguintes indicadores de qualidade de água para consumo humano: Turbidez, Cor Aparente, Potencial Hidrogeniônico (pH), Coliformes Totais e *Escherichia coli*. A escolha desses indicadores se deu pelo fato dos mesmos serem de análise simples e de custo relativamente baixo, além de indicar características de relevante importância na avaliação da qualidade da água destinada ao uso nobre. Neste trabalho a turbidez foi determinada pelo método nefelométrico com a utilização de turbidímetro portátil (POLICONTROL modelo AP-2000) provido de fonte de luz de filamento de tungstênio, sendo a distância atravessada pela luz incidente não maior que 10 cm.

A cor aparente foi determinada através do método da absorvância com a utilização do colorímetro portátil (POLICONTROL- Aqua Color Cor).

O pH foi determinado pelo método potenciométrico com medidor de pH portátil (MS TECNOPAN – Modelo MPA 210), calibrado com soluções tampões de pH 4 e 7.

Para a análise de Coliformes Totais e *Escherichia coli* foram determinados pelo Método Enzimático de substrato definido – Colilert. Cada amostra de água com 100 ml recebeu o meio Colilert e foram posteriormente seladas e incubadas a uma temperatura de 35°C por 24 horas fornecendo desse modo os resultados por coloração e fluorescência.

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e no laboratório da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Diversas são as informações que se podem obter com o uso adequado do aparelho de Jar-Test, entre elas: dosagem ótima de coagulante e outros reagentes, concentração (diluição) ótima, intensidade e tempo de floculação, sequência de aplicação de reagentes etc (RICHTER, 2009).

### **5.1. Parâmetros físico-químicos**

Para análise desses parâmetros utilizamos o processo de floculação/ coagulação e sedimentação (5 minutos). As figuras a seguir apresentam o comportamento do pH, da turbidez e da cor de acordo com as dosagens de Solução de Moringa, Tanfloc SG e Tanfloc SL, afim da obtenção da dosagem ideal.

#### **5.1.1. Moringa**

A Figura 14 mostra que independente da sua dosagem a solução de moringa não promove alterações significativas no valor do pH da água, deixando seus valores bastante semelhantes com o valor da água bruta, que estão adequadas ao padrão de potabilidade da água, dessa forma evita-se o uso de alcalinizantes para correção de pH para distribuição da água. Conforme a Figura 15, foi verificado que não houve redução da turbidez, podemos observar que não houve índice de remoção da turbidez, muito provavelmente, por ser partículas coloidais de difícil desestabilização.

Posteriormente, na Figura 16 observa-se que há uma eficiência nesse coagulante em relação a cor, devido a sua redução significativa em relação à água bruta, em algumas dosagens podendo baixar mais que a metade do seu valor inicial. Foi analisado que os melhores valores foram obtidos nas dosagens de 30 mg/L, 40 mg/L e 50 mg/L. No entanto, com estes valores obtidos na etapa de clarificação, muito dificilmente será atendido os padrões organolépticos, por isso o tratamento apenas com as sementes de Moringa oleífera não é suficiente.

Figura 14–Avaliação do pH da água bruta do açude de Bodocongó nas diferentes dosagens do coagulante moringa (mg/L)

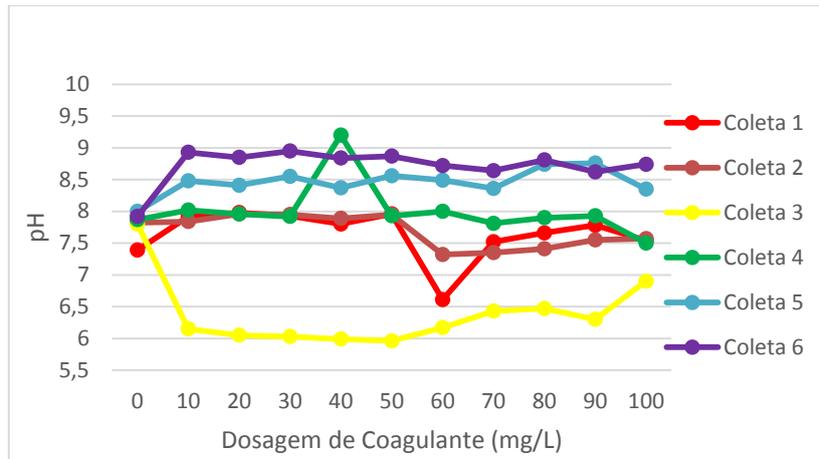


Figura 15 – Avaliação da Turbidez da água bruta do açude de Bodocongó nas diferentes dosagens do coagulante moringa (mg/L)

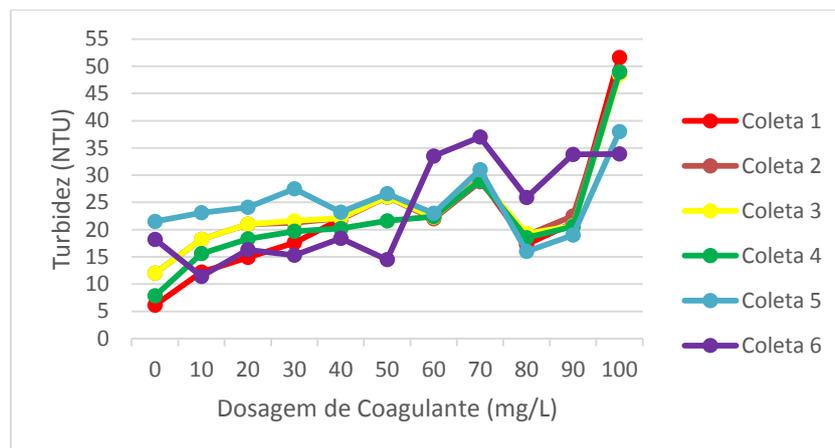
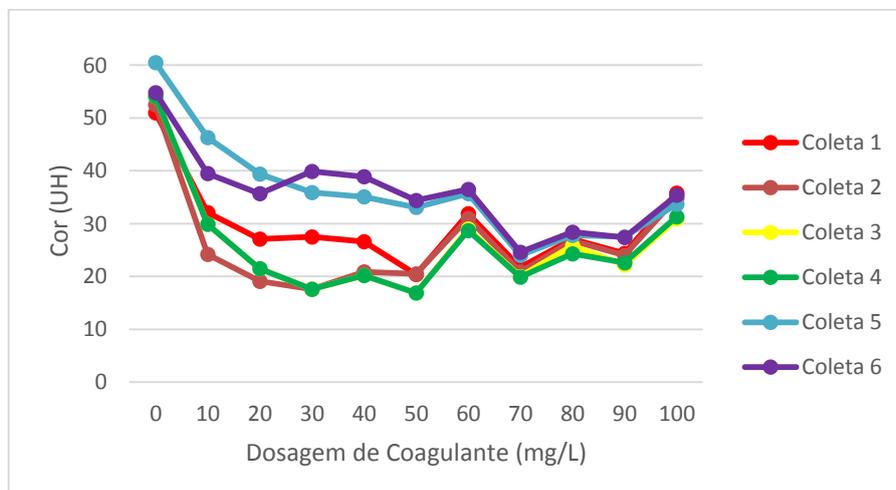


Figura 16 – Avaliação da Cor da água bruta do açude de Bodocongó nas diferentes dosagens do coagulante moringa (mg/L)



Ao avaliar a presença de matéria orgânica na água tratada com *Moringa oleífera* Ndabigengesere&Narasiah (1998) verificaram que quando se utiliza este coagulante a presença de matéria orgânica na água aumenta à medida que a dose de coagulante é elevada, o mesmo não ocorrendo para o sulfato de alumínio. Isto indica que após processo de tratamento com *Moringa oleífera* a água pode conter matéria orgânica remanescente, podendo causar problemas de cor, sabor e odor se armazenada por longos períodos (NDABIGENGESERE & NARASIAH, 1998). Desta forma o autor Ndabigengesere&Narasiah considera que o uso das sementes de *Moringa oleífera* para tratamento de água em áreas rurais não representa riscos para o consumidor, pois normalmente a água é clarificada e já utilizada. Já em estações de tratamento, onde ocorre armazenamento da água por período superior a 24 horas, pode ocorrer deterioração da mesma.

Apesar das diversas vantagens relacionadas à sua utilização, o uso de solução à base de *Moringa oleífera* não purificada pode conferir presença de matéria orgânica e nutrientes a água tratada (NDABIGENGESERE & NARASIAH, 1998; OKUDA et al., 2001) devido a presença de outras substâncias além de proteínas como carboidratos, lipídeos e outras substâncias orgânicas e inorgânicas (GHEBREMICHAEL et al., 2005) que podem permanecer na água após o tratamento.

### **5.1.2. Tanfloc**

A Figura 17 mostra que o tanfloc SL e Tanfloc SG não influenciam no valor do pH da água, deixando seus valores similares ao valor da água bruta, que está de acordo com a legislação vigente que estabelece o valor de 6,5 a 9,5. Os dois tipos de Tanfloc's apresentados na Figura 18 são capazes de reduzir o valor da turbidez, podemos observar o índice de remoção de turbidez na Tabela 2, em que o Tanfloc SL nas dosagens de 20mg/L, 30mg/L e 40mg/L teve remoção de 98% e o Tanfloc SG obteve o máximo de remoção na dosagem de 20ml, que removeu 82% da turbidez comparada a água bruta, em outras dosagens não houve a remoção. Percebeu que a adição de menores quantidades do produto proporcionou melhores resultados. Na Figura 19 podemos concluir que o Tanfloc SG não é um produto apropriado para ser utilizado em tratamento de águas, de forma que, ele aumenta significativamente o valor da cor, enquanto que o Tanfloc SL, reduziu até 50% da cor.

Figura 17 – Avaliação do pH da água com diferentes dosagens de Tanfloc SL e Tanfloc SG

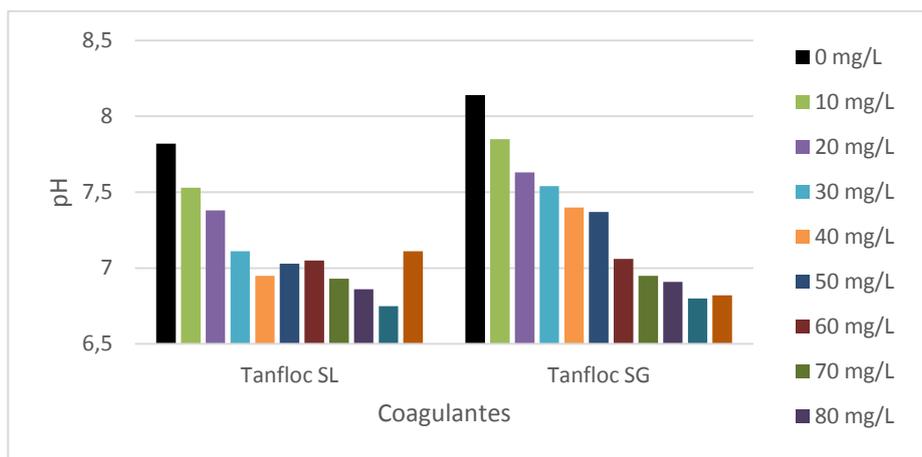


Figura 18 – Avaliação da Turbidez da água com diferentes dosagens de Tanfloc SL e Tanfloc SG

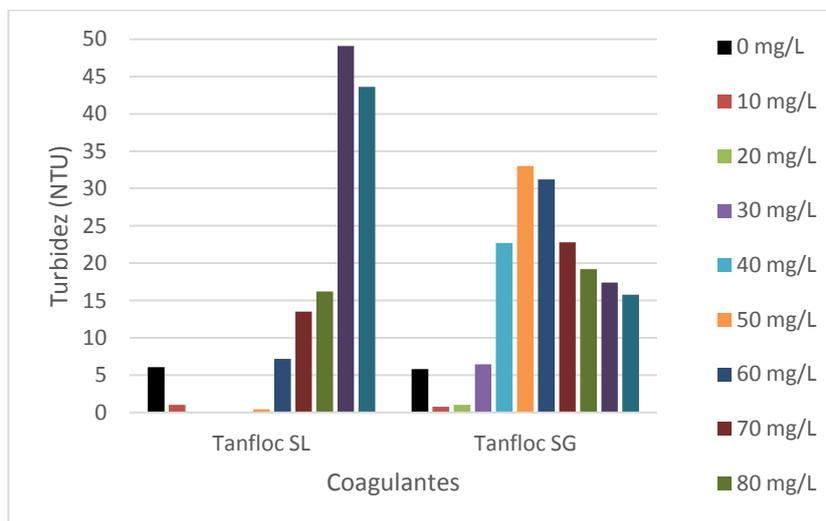
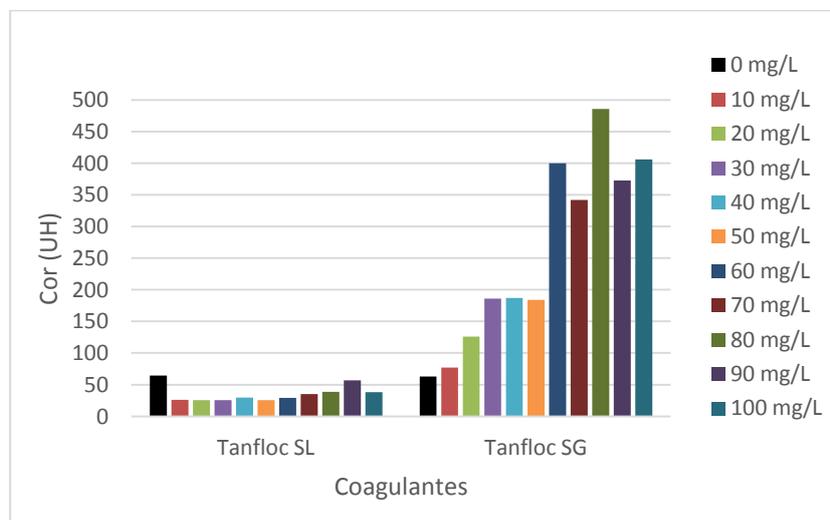


Figura 19 – Avaliação da Cor da água com diferentes dosagens de Tanfloc SL e Tanfloc SG



### **5.1.3. Solução Moringa + Tanfloc SL**

Como foi visto nas figuras anteriores, os coagulantes naturais são eficientes em determinados parâmetros, porém, sozinhos não são capazes de potabilizar a água. Devido a este fato houve a junção de dois coagulantes naturais. O Tanfloc SL foi escolhido para se unir a Moringa, devido a sua eficiência na remoção dos sólidos suspensos presentes na água, porém, quando se trata do parâmetro cor, sua ação é insatisfatória. Enquanto que a moringa atua de maneira oposta, de forma que os valores de turbidez são altos, e sua cor não é tão elevada comparada à água bruta. Outro fator que interviu na escolha, foi a grande facilidade de obtenção da moringa, pois ela adapta-se a uma ampla faixa de solo e é tolerante à seca. A Tabela 3 apresenta os coagulantes e suas respectivas dosagens que foram estudadas.

É possível observar na Figura 20, que houve uma redução do pH mas continua favorável a legislação vigente. Em relação a turbidez apresentada na Figura 21 e a cor apresentada na Figura 22, as dosagens aplicadas foram boas, reduziram consideravelmente, com exceção da dosagem (20 + 30 mg/L) que é justificado pelo fato de ter sido uma grande dosagem de coagulantes.

Ao comparar esses valores com relação ao uso individual da moringa nota-se que os índices de remoção de turbidez da moringa conjunta ao Tanfloc SL foram consideravelmente melhores (Tabela 4). Ao comparar, os resultados da remoção da cor, notou que os coagulantes juntos reduziram até 80,88%, apresentando ser mais eficiente que seu uso individual.

Devido aos resultados obtidos, foi escolhido como dosagem ótima, a solução com 10 mg/L de Moringa e 15 mg/L de Tanfloc, devido a ser as menores dosagens de ambos que são mais eficientes.

Figura 20 – Avaliação do pH da água com diferentes dosagens da Solução Moringa + Tanfloc SL

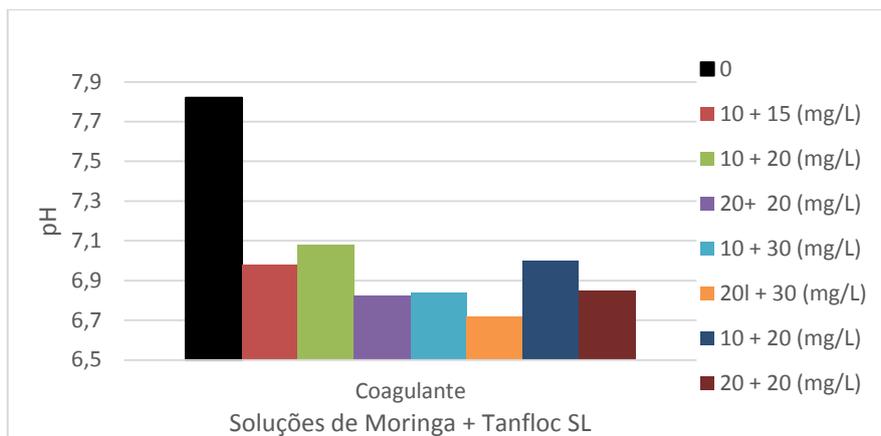


Figura 21 – Avaliação da Turbidez da água com diferentes dosagens da Solução Moringa + Tanfloc SL

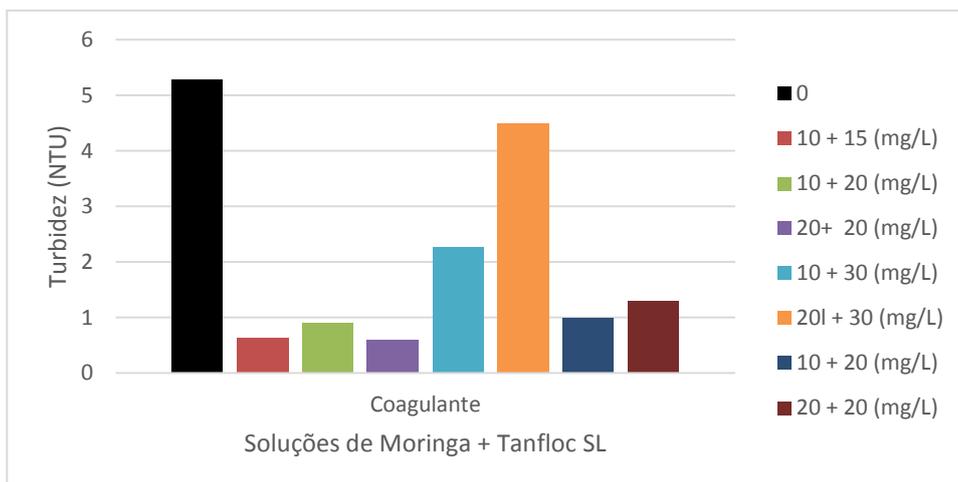
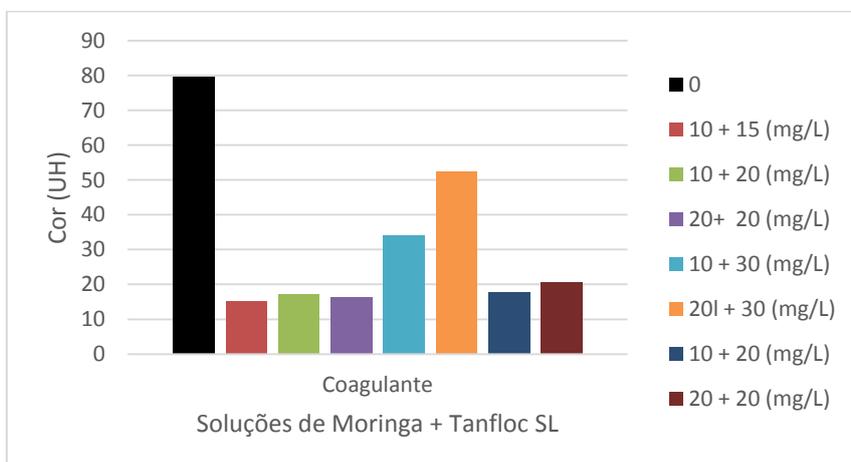


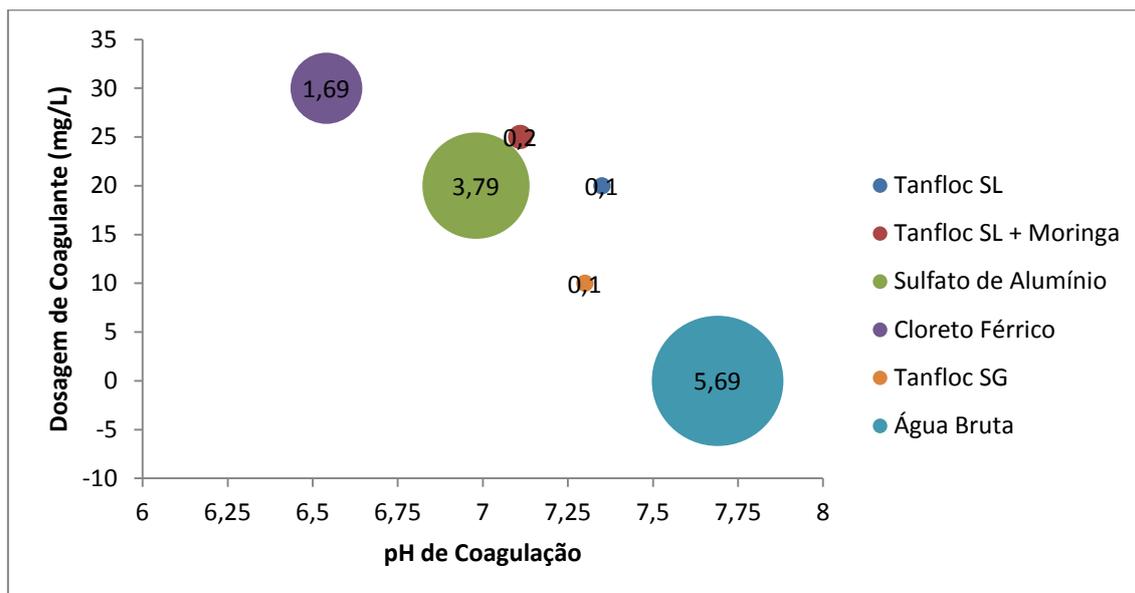
Figura 22 – Avaliação da Cor da água com diferentes dosagens da Solução Moringa + Tanfloc SL



### 5.1.4. Comparação dos Coagulantes Naturais e Químicos

Serão apresentados nas Figuras 23 e 24 a comparação dos coagulantes químicos e naturais, sua eficiência foi avaliada nos parâmetros físico-químicos. Na Tabela 5 são apresentadas a melhor condição de trabalho para cada coagulante estudado.

Figura 23 – Coagulantes (Dosagem(ml) x pH x Turbidez (NTU))

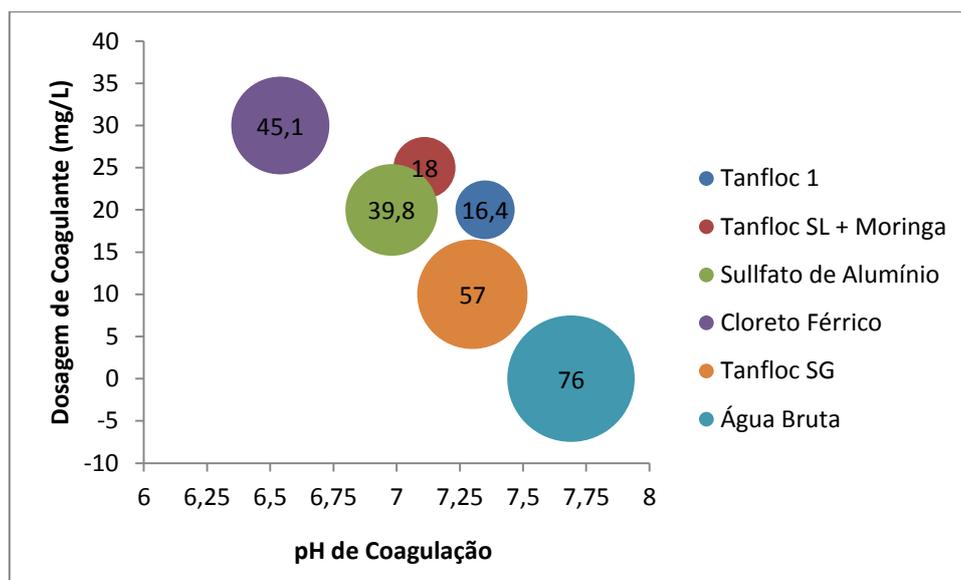


A Figura 23 faz um comparativo em relação ao pH e turbidez (que está representada através do tamanho de sua bolha) com as melhores dosagens dos coagulantes estudados. Os coagulantes químicos obtiveram bons resultados, com 1,69 NTU e 3,79 NTU referentes ao Cloreto Férrico e Sulfato de Alumínio, respectivamente. Estes valores de turbidez são correspondentes às amostras de águas decantadas, entretanto, quando se compara estes coagulantes químicos aos naturais, pode-se observar que seus valores são mais elevados. O Tanfloc SG e o Tanfloc SL apresentaram 0,1 NTU e a junção do Tanfloc SG com a Moringa apresentou uma turbidez de 0,2 NTU. Consequentemente, quanto menor o valor da turbidez na água clarificada, menor será o gasto com água de lavagem dos filtros e menor desperdício de água na ETA. A turbidez abaixo de 0,3 NTU há uma garantia maior na remoção de protozoários, os quais são extremamente resistentes ao cloro, assim, fica evidente que estes coagulantes apresentam uma maior performance na remoção de micro-organismos.

Assim, estes coagulantes contribuem para um melhor desempenho da ETA e menor impacto ambiental, já que ocorre uma diminuição de uso de água para lavagem

dos filtros. Estes dados colaboram com o aumento da eficiência da estação de tratamento e com o rigor das legislações de potabilidade nacionais e internacionais com relação ao parâmetro turbidez. Durante a formação dos flocos nas amostras tratadas, foi possível observar que os flocos formados pelos sedimentos no tratamento com Tanfloc eram maiores do que os formados com o Sulfato de Alumínio, o que representa um ponto positivo para o coagulante vegetal em relação ao químico.

Figura 24 – Coagulantes (Dosagem (ml) x pH x Cor (UC))



A Figura 24 apresenta os parâmetros de cor (apresentada através do tamanho da bolha) e pH, pôde-se observar que nos ensaios realizados os coagulantes químicos e o Tanfloc SG apresentaram um elevado índice na sua cor. Apenas o Tanfloc SL e o Tanfloc SL + Moringa obtiverem um resultado satisfatório, reduziu a cor de 76 UH para 16,4 UH e 18 UH respectivamente. Assim, pode-se notar que a viabilidade do uso dos coagulantes naturais é maior do que os coagulantes químicos no tratamento de água, pois não há a necessidade de usar outros produtos para adequar este parâmetro aos padrões de potabilidade.

Comparando solução à base de sementes de *Moringa oleífera* com sulfato de alumínio (Ndabigengesere&Narasiah, 1998) verificaram que o uso de *Moringa oleífera* não promove alterações significativas nos valores de pH da água, sendo que este permaneceu na faixa de 7,6 para as diversas dosagens testadas. No caso do sulfato de alumínio houve uma redução no valor do pH de 7,6 para 4,2. No que se refere à redução de turbidez a *Moringa oleífera* apresentou eficiência similar ao sulfato de alumínio

(NDABIGENGESERE et al. 1995; NDABIGENGESERE & NARASIAH, 1998; AMAGLOH & BENANG, 2009).

Vários estudos utilizando a solução da semente de *Moringa oleífera* têm mostrado que suas sementes possuem propriedades coagulantes efetivas e que elas não são tóxicas a humanos e animais (MORAES, 2005), sendo bastante eficientes no condicionamento do lodo (NDABIGENGESERE, 1995). Quando comparada com coagulantes químicos, a *Moringa oleífera* apresenta uma série de vantagens, dentre elas: não requer ajustes de pH e alcalinidade, não causa problemas de corrosão, de baixo custo, não altera o pH da água e produz baixo volume de lodo (MORAES, 2005).

## 5.2. Análises Microbiológicas

Os coagulantes obtiveram o parâmetro biológico analisado nos processos de sedimentação e filtração. Como mostra a Tabela 6, nenhuma das amostras analisadas apresentaram contaminação por Coliformes Totais e *Escherichia coli*. A legislação 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. Observa-se em termos de redução de *E. coli* existe um melhor desempenho do Tanfloc, isso favorece uma melhor segurança na água tratada e melhor performance da filtração. Bem como uma redução da demanda de cloro no processo de desinfecção presente em todas as estações de tratamento de água.

## 5.6. Água Bruta

Deve-se ressaltar que o manancial escolhido não favoreceu a eficiência dos coagulantes, pois, segundo estudos de Carvalho (2008) as águas do açude de Bodocongó não atendem aos padrões de qualidade determinados pela Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para águas salobras classe um, dois e três. O lançamento de esgoto doméstico e industrial sem tratamento é a principal fonte de poluição das águas do açude, aliados à contribuição de águas de lavagem de carros, de matadouro clandestino e da disposição inadequada de resíduos sólidos.

A Tabela 7, confirma os elevados valores da água bruta, porém, no dia 08/05/2014 teve um ápice devido ao dia anterior ter chovido, segundo Richter (2009) as chuvas influenciam diretamente nos valores de material em suspensão em um corpo hídrico, devido ao carreamento de material particulado, sendo a turbidez considerada

uma medida indireta dos sólidos em suspensão. No dia 08/05 teve um valor de Turbidez = 12,9 NTU e Cor = 102 UH.

## 6. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos neste trabalho podemos concluir que:

Dentre os quatro coagulantes naturais propostos para uma ETA: Moringa, Tanfloc SL, Tanfloc SG, Moringa +Tanfloc SL. Os coagulantes Tanfloc SL e a Solução Moringa + Tanfloc SL, apresentaram eficiência na etapa de clarificação com boa remoção de Cor e Turbidez.

Apesar da boa remoção de sólidos suspensos, o coagulante Tanfloc SG, não é adequado para o nosso objetivo, pois não apresentou uma boa remoção na cor, e em alguns casos até aumentou. Bem como, a solução de Moringa também não é adequada pois seu uso individual não tem grande eficácia na remoção da turbidez.

Os coagulantes naturais quando utilizado de forma combinada comparado com os químicos, observa-se que os vegetais foram mais eficazes, pois, utilizando dosagens similares a dos coagulantes orgânicos a remoção da turbidez foi pequena, já no Sulfato de Alumínio e Cloreto Férrico seus valores foram mais altos. Quanto aos resultados obtidos na cor, com exceção do Tanfloc SG, os coagulantes naturais foram mais eficazes do que os químicos. Todos as amostras coletadas após a filtração obtiveram resultados positivos no parâmetro biológico, apresentando ausência de coliformes totais.

Portanto, o tratamento sustentável da água nas ETA's deve partir da utilização dos coagulantes naturais Moringa e Tanfloc SL, uma vez que, estes apresentaram resultados positivos em seus parâmetros físicos, químicos e biológicos.

## 7. SUGESTÃO

- Analisar o lodo (resíduo pós-tratamento) com os coagulantes vegetais naturais estudados nesta pesquisa, para assim, obtermos uma melhor avaliação desses resíduos;
- Para assim obtermos uma melhor avaliação desses resíduos e com a composição obtida do lodo poderá ser reutilizado como adubo ou em outras atividades a se pesquisar, mais uma alternativa positiva na utilização dos coagulantes naturais vegetais, uma vez que os mesmos não possui metais pesados no seu lodo remanescente. Assim sendo, diminuirá os resíduos sólidos proveniente dos processos de tratamento de água, responsáveis pelo impacto ambiental.

## REFERÊNCIAS

AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification. African Journal of Agricultural Research, 2009.

ARAÚJO, L. C., Desperdício de Água no Município de Itapororoca-PB (uma proposta de conscientização ambiental). Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2010.

BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V.G., MEDEIROS FILHO, S..Geminção 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.

Blog Terras de Sítio paisagismo. Disponível em:

<[http://www.terrasdesitiopaisagismo.blogspot.com.br/2013\\_09\\_01\\_archive.html](http://www.terrasdesitiopaisagismo.blogspot.com.br/2013_09_01_archive.html)>

Acessado em: 21/08/2014

BORBA, L. R.. Viabilidade do uso da *Moringa oleifera lam* no Tratamento Simplificado de Água para Pequenas Comunidades. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2001.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L., MIERZWA, J. C., BARROS, M. T. L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S., Introdução a Engenharia Ambiental. 2º Edição. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

CARVALHO, A. P. Diagnóstico da Degradação Ambiental do Açude Bodocongó em Campina Grande – PB. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

CARVALHO, A. P. Moraes Neto, J. M.; LIMA, V. L. A. et, Al; Aspectos Qualitativos da água do Açude de Bodocongó em Campina Grande - PB, Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 2, p. 094-109, maio/ago 2008.

COLDEBELLA, P. F.; VALVERDE, K. C.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; VIEIRA, A. M. S.; NISHI, L.; BONGIOVANI, M. C.; BAPTISTA, A. T. A.; CAMACHO, F. P.; SILVEIRA, C.; REZENDE, D.; APARECIDA, O.; SANTOS, A.; BERGAMASCO, R.; Avaliação da semente de *moringa oleifera lam* em pó e em soluções aquosa e salina no tratamento de água superficial, Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves - RS, 2013.

COPASA. Disponível em:

<<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=98>>

Acessado em: Agosto de 2014

CYRO A. V. P., Emprego de Coagulantes Orgânicos Naturais como Alternativa ao uso do Sulfato de Alumínio no Tratamento de Água, 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26026/000754989.pdf>>. Acessado em: Junho de 2014.

Forúm Carnívoras.com.br. Disponível em: <<http://www.carnivoras.com.br/moringa-oleifera-areia-agua-pura-t3578.html>> Acessado em: Agosto de 2014.

F. J. A. Da Silva, L. M. M. Souza, S. L. Magalhães, XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville – SC, 2003.

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.

HOPPEN, C., PORTELLA, K. F.; JOUKOSKI, A.; BARON, O.; FRANCK, R. SALES; ANDREOLI, C. V.; PAULON, V. A. Co-disposição de lodo centrifugado de estação de tratamento de água (ETA) em matriz de concreto: método alternativo de preservação ambiental. Cerâmica, 2005.

J. G. H. Cruz, J. C. S. S. Menezes, J. Rubio, I. A. H. Schneider, XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande – MS, 2005.

MANGRICH, A. S.; DOURMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R.; Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de Coagulante Derivado de Tanino de *Acácia mearnsii*. Revista Virtual de Química. Disponível em: <<http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/viewFile/425/338>> Acessado em: Junho, 2014.

Ministério da Saúde. Portaria 2.914, 12 de Dezembro de 2011. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)> . Acessado em: Março de 2014.

MORAES, L. C. J.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C. R. G.; RIBEIRO, R. M. XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia e Sanitária Ambiental, Campo Grande – MS, 2005.

MUYIBI, S. A; EVISON, L. M; Water Resources, 29, 1995.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. ACTIVE AGENTS AND MECHANISM OF COAGULATION OF TURBID WATERS USING MORINGA OLEIFERA. WATER RESEARCH, v.29, p.703-710, 1995.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. ACTIVE AGENTS AND MECHANISM OF COAGULATION OF TURBID WATERS USING MORINGA OLEIFERA. WATER RESEARCH, v.29, p.703-710, 1995

PARSEKIAN, M. P. S. Análise e proposta de formas de gerenciamento de estações de tratamento de águas de abastecimento completo em cidades de porte médio do estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos -SP, 1998.

PAVANELLI, G., Tese de Mestrado, Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na floculação, coagulação e sedimentação de água com cor e turbidez elevada, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos – SP, 2001.

PIO CORRÉA, M. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro: IBDF, v.5, p.276-283, 1984.

Qualidade da Água para Consumo Humano. 4º Edição. Editora OMS, 2011. 564 p.

REALI, M. A. P. Principais Características Quantitativas e Qualitativas do Lodo de ETAs. In: REALI, M. A. P. (coord.) Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de ETA. Rio de Janeiro: ABES / PROSAB, 1999. p. 21-39.

RICHTER, C. A., Água: Métodos e tecnologia de tratamento. 1º Edição. São Paulo: Editora Blucher, 2009. 340 p.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água. 4º edição. Livraria Varela, 2010. 625p.

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005.

TANAC. Disponível em:

[http://www.tanac.com.br/sites/default/files/CT\\_TANFLOC\\_SG\\_PT\\_0.pdf](http://www.tanac.com.br/sites/default/files/CT_TANFLOC_SG_PT_0.pdf)

Acessado em: Agosto de 2014.

TANAC. Disponível em:

<http://www.tanac.com.br/pt-br/produtos/aguas>

Acessado em: Agosto de 2014.

VON SPERLING, M.; Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, v1, 1º Edição, Belo Horizonte DESA-UFGM, 240 p, 1995.

## APÊNDICES



**ANEXOS**

Tabela 1 - Dosagem de cada coagulante analisado

Coagulante	Dosagens adicionadas (mg/L)									
Moringa (2%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tan SG (2%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tan SL (2%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
FeCl <sub>3</sub> (2%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (2%)	10	20	30	40	50					

Tabela 2 – Índice de Remoção da Turbidez com Tanfloc

Índice de Remoção de Turbidez			
Tanfloc SL		Tanfloc SG	
Dosagem (ml)	Remoção (%)	Dosagem (ml)	Remoção (%)
10	82,79	10	86,62
20	98,36	20	82,16
30	98,36	30	Não Removeu
40	98,20	40	Não Removeu
50	92,62	50	Não Removeu
60	Não Removeu	60	Não Removeu
70	Não Removeu	70	Não Removeu
80	Não Removeu	80	Não Removeu
90	Não Removeu	90	Não Removeu
100	Não Removeu	100	Não Removeu

Tabela 3 – Dosagens de Moringa (M) + Tanfloc SL (SL)

Coagulantes	Dosagens						
Moringa	10 ml	10 ml	20 ml	10 ml	20 ml	10 ml	20 ml
Tanfloc SL	15 ml	20 ml	20 ml	30 ml	30 ml	20 ml	20 ml

Tabela 4 – Índice de Remoção da Turbidez com Solução Moringa + Tanfloc SL

Índice de Remoção de Turbidez	
Dosagem (ml)	Remoção (%)
10 + 15	88,07
10 + 20	82,95
20 + 20	88,64
10 + 30	57,20
20 + 30	14,96
10 + 20	81,25
20 + 20	75,38

Tabela 5 – Dosagem de Coagulantes

Coagulantes (2%)	Dosagens
Tanfloc SL	20 ml
Tanfloc SL + Moringa	15 ml + 10 ml
$Al_2(SO_4)_3$	20 ml
$FeCl_3$	30 ml
Tanfloc SG	10 ml

Tabela 6 – Análises Microbiológicas

	C. Totais	E.Coli	C.Totais	E.coli
Água Bruta	$4,316 \times 10^3$	$0,718 \times 10^3$		
Coagulantes	Sedimentado		Filtrado	
Tanfloc SL (20 ml)	$1,233 \times 10^3$	$0,247 \times 10^3$	0	0
Tan SL (15ml) + Moringa (10ml)	$1,659 \times 10^3$	$0,360 \times 10^3$	0	0
Sulfato de Alumínio (20ml)	$2,202 \times 10^3$	$0,498 \times 10^3$	0	0
Cloreto Férrico (30ml)	$0,136 \times 10^3$	$0,122 \times 10^3$	0	0
Tanfloc SG (10ml)	$2,202 \times 10^3$	$0,070 \times 10^3$	0	0

Tabela 7 – Parâmetros da Água Bruta

Água Bruta			
Coleta	pH	Turbidez	Cor
1	7,39	6,13	51,2
2	7,82	12	52,5
3	7,8	12	54,1
4	7,86	8,08	87
5	8,24	12,9	102
6	7,92	8,02	85,4
7	7,53	5,16	75,6
8	8,14	5,83	87,3
9	7,82	6,1	91,2
10	7,82	5,28	79,5
11	7,69	5,69	76