



**Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"**

**FABIANE FRANCO**

**GOMA XANTANA COMO AGENTE COAGULANTE NO PROCESSO DE  
FLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA.**

**Assis  
2016**

**FABIANE FRANCO**

**GOMA XANTANA COMO AGENTE COAGULANTE NO PROCESSO DE FLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Química Industrial de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do certificado de Conclusão.

**Orientanda:** Fabiane Franco

**Orientadora :** Dra. Patrícia Cavani Martins de Mello

**Assis  
2016**

## FICHA CATALOGRÁFICA

FRANCO, Fabiane.

Goma xantana como agente coagulante no processo de floculação no tratamento de água / Fabiane Franco. Fundação Educacional do Município de Assis –FEMA – Assis, 2016.

p.48

Trabalho de conclusão de Curso –Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Cavani Martins de Mello

1. Tratamento de água. 2. Goma Xantana. 3. Floculação.

CDD: 660  
Biblioteca da FEMA

# GOMA XANTANA COMO AGENTE COAGULANTE NO PROCESSO DE FLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA.

FABIANE FRANCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Patrícia Cavani de Mello  
Analisadora: Ms. Gilcelene Bruzon

Assis  
2016

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Marco e Marcia, pelo exemplo de coragem, por todo amor, apoio e incentivo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter dado saúde a todos que amo e também pela força concebida para conclusão deste trabalho.

Aos meus avôs paternos Arnaldo e Rosaria e também os avôs maternos Cecília e Antônio (*in memoriam*) por todo amor e carinho.

Aos meus pais Marco e Marcia que não mediram esforços para que este sonho se realizasse, obrigada por todo incentivo. A eles além da dedicatória desta conquista dedico a minha vida.

A minha família, em especial a minha irmã Pollyane.

Ao meu namorado William por toda paciência, compreensão, carinho e amor, e por me ajudar muitas vezes a achar soluções quando elas pareciam não existir.

A minha “miga” Carol que compartilhou comigo todos os momentos de tristezas, alegrias, angústias e ansiedade, que continuemos sempre assim, uma ajudando a outra, sem você esse sonho não se concretizaria.

Ao meu “migo” Luan, que sempre me apoiou e esteve ao meu lado durante a vida toda alegrando os meus dias.

A minha amiga Luana (*in memoriam*), que infelizmente não pode estar presente neste momento tão feliz da minha vida, mas que não poderia deixar de agradecer a ela, pois meu amor será eterno. Obrigada por tudo!

Aos meus amigos da classe, em especial ao Ismar, Mayara, Paula, Israel, Jessica Munhoz, Jessica Oliveira, Thais dos Santos e a Sabrina, que fizeram as noites serem mais agradáveis e divertidas. Sentirei saudades!

A todos os professores e em especial a minha orientadora Patrícia, pelo apoio, confiança e por transmitir seus conhecimentos.

A todos do CEPECI, pela ajuda e incentivo.

Ao André por ter colaborado com a realização deste trabalho.

A todos os motoristas da prefeitura de Bandeirantes – PR, em especial ao César e o Paulinho, por toda paciência e cuidado.

Aos meus amigos do SAAE, em especial ao Clézio e a Rose Mary, por todo conhecimento transmitido e incentivo.

“...Em relação a todos os atos de iniciativa e criação, existe uma verdade elementar, cuja ignorância mata inúmeros planos e ideias esplêndidas, que no momento em que, definitivamente, nos comprometemos, a providência divina também se põe em movimento. Todos os tipos de coisas ocorrem para nos ajudar, que em outras circunstâncias nunca teriam ocorrido. Todo fluir de acontecimentos surge a nosso favor como resultado de decisão. Qualquer coisa que você possa fazer ou sonhar, você pode começar. A coragem contém em si mesmo, a força e a magia...”

Johann Wolfgang Von Goethe.

## RESUMO

Os tratamentos de água convencionais utilizam coagulantes químicos de natureza inorgânica, onde os mesmos não são capazes de entrar em decomposição biológica, dificultando sua disposição final. Como alternativa, existem a goma xantana que é um polímero natural e biodegradável que pode ser utilizada no processo de tratamento de água, fornecendo água de qualidade e tratada de forma sustentável. Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de substituição do policloreto de alumínio (PAC) pela goma xantana. Amostras de água bruta provenientes da estação de tratamento de água da cidade de Assis foram submetidas a 3 testes de jarros, onde variou-se as doses de coagulantes (T1 – goma xantana como agente de coagulação/floculação, T2 – goma xantana como auxiliar de coagulação/floculação ao PAC e T3 – goma xantana como agente de coagulação/floculação com pH inicial variável). Posteriormente foi realizada análise de pH, cor, turbidez, ferro e sulfato nas amostras provenientes de cada jarro. O teste onde o pH inicial da água foi ajustado para 8,2, promoveu as maiores reduções de cor e turbidez. Portanto a eficiência da goma xantana como agente de floculação deverá ser verificada frente a águas brutas com variações da quantidade e qualidade de substâncias dissolvidas e em suspensão, para que se amplie sua aplicação em estações de tratamento de água.

Palavra Chave: Floculação; Coagulação; Goma Xantana; Policloreto de Alumínio.

## ABSTRACT

Conventional water treatment using chemical coagulants inorganic nature, where they are not able to get in biological decomposition, making it difficult to final disposal. Alternatively, there are xanthan gum which is a natural and biodegradable polymer that can be used in water treatment process, providing quality treated water and sustainable. This study aimed to evaluate the potential for substitution of aluminum chloride (PAC) for xanthan gum. Raw water samples from the water treatment plant of the city of Assisi were subjected to 3 tests jars, which was varied doses of coagulants (T1 - xanthan gum as gelling agent / flocculation T2 - xanthan gum as auxiliary coagulation / flocculation PAC and T3 - xanthan gum as gelling agent / flocculation with variable initial pH). Subsequently pH analysis was carried out, color, turbidity, iron and sulfate in the samples from each jar. The test where the initial pH of the water was adjusted to 8.2, produced the greatest reductions color and turbidity. Therefore the efficiency of xanthan gum as a flocculating agent should be verified against variations in raw water with the amount and quality of dissolved substances in suspension and, in order to extend its application in water treatment plants.

Keywords: Flocculation; Coagulation; Xanthan Gum; Aluminium polychloride.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ação de coagulantes aglutinando as partículas em flocos maiores.....	16
Figura 2 – Estrutura química da goma xantana.....	20
Figura 3 – Representação esquemática do filtro caseiro.....	27
Figura 4 – Equipamento Jar-test de realização de testes de jarros.....	34
Figura 5 – Resultados observados no teste de cor.....	35
Figura 6 – Resultados observados no teste de turbidez.....	37
Figura 7 – Resultados observados nas análises de ferro.....	38

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>3. HIDROXICLORETO DE ALUMÍNIO OU POLICLORETO DE ALUMÍNIO.....</b>	<b>17</b>
3.1. ALUMÍNIO PRESENTE NA ÁGUA.....	17
<b>4. GOMA XANTANA.....</b>	<b>19</b>
4.1 POLÍMEROS APLICADOS EM TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	20
<b>5. QUALIDADE DA ÁGUA COMO TEMA PARA O ENSINO DE QUÍMICA .....</b>	<b>22</b>
<b>6. PROCESSO DE FILTRAÇÃO COM MATERIAIS ALTERNATIVOS.....</b>	<b>23</b>
6.1. A QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO.....	23
6.2. A ÁGUA E O ENSINO.....	24
6.3. A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA.....	25
6.4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
6.4.1. Materiais e Reagente.....	26
6.4.2. Métodos.....	26
6.4.3. Resultado e Discussão.....	27
<b>7. MATERIAIS E MÉTODO.....</b>	<b>29</b>
7.1. REAGENTES.....	29
7.2. VIDRARIAS.....	29
7.3. EQUIPAMENTOS.....	30
7.4. MÉTODOS.....	30
7.4.1. Coleta de amostras de água.....	30

<b>7.4.2. Teste de Jarros.....</b>	<b>30</b>
<b>7.4.3. Teste de jarros com goma xantana como agente de coagulação/floculação (T1).....</b>	<b>31</b>
<b>7.4.4. Teste de jarros com goma xantana como auxiliar de coagulação/floculação ao PAC (T2) .....</b>	<b>31</b>
<b>7.4.5. Teste de jarros com goma xantana como agente de coagulação/floculação com pH inicial variável (T3).....</b>	<b>32</b>
<b>7.4.6. Avaliação da cor das amostras de água.....</b>	<b>32</b>
<b>7.4.7. Avaliação da turbidez das amostras de água.....</b>	<b>32</b>
<b>7.4.8. Avaliação de pH.....</b>	<b>32</b>
<b>7.4.9. Avaliação de ferro nas amostras.....</b>	<b>33</b>
<b>7.4.10. Avaliação de sulfato nas amostras.....</b>	<b>33</b>
<b>7.4.11. Análise estatística (Teste F).....</b>	<b>33</b>
<b>8. RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>8.1. AVALIAÇÃO DE COR.....</b>	<b>34</b>
<b>8.2. AVALIAÇÃO DE TURBIDEZ.....</b>	<b>36</b>
<b>8.3. AVALIAÇÃO DO TEOR DE FERRO.....</b>	<b>38</b>
<b>8.4. AVALIAÇÃO DO TEOR DE SULFATO.....</b>	<b>40</b>
<b>8.5. AVALIAÇÃO DA GOMA XANTANA COMO AGENTE DE FLOCULAÇÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>8.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....</b>	<b>40</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

# 1. INTRODUÇÃO

A técnica de tratamento da água vem se desenvolvendo para melhorar a eficiência na economia, capacidade de produção e na qualidade da água tratada, oferecendo mais segurança à população (LEME, 1990, p. 5).

O termo floculação e coagulação são utilizados constantemente como sinônimos em consequência de ambos significarem aglomeração de partículas. O processo de coagulação consiste em adicionar coagulantes a água, reduzindo as forças que tendem a manter separada as partículas em suspensão. Já o processo de floculação é o agrupamento das partículas por meio de transporte de fluido, formando partículas maiores que facilitam a decantação (CARVALHO, 2008, p.10).

De acordo com Pavanelli (2001, p.18), a coagulação/floculação química é um dos primeiros processos de tratamento da água, na entrada de água bruta em uma ETA (Estação de Tratamento de Água), se caso esta etapa não for obtida com sucesso, todas as outras estarão prejudicadas.

O policloreto de alumínio (PAC) é um ótimo coagulante, pois sua composição básica estabelece um rendimento superior aos outros coagulantes inorgânicos, isso acontece pelo fato de sua cadeia polimérica inorgânica conseguir formar flocos mais densos, aumentando assim a velocidade de decantação, melhorando a cor e a turbidez na água decantada (COSTA, 2011, p.16).

O uso prolongado de agentes coagulantes a base de alumínio tem sido debatido em consequência da presença de alumínio residual na água tratada e no lodo gerado no final do processo, muitas vezes em concentrações altas (CORAL; BERGAMASCO; BASSETTI, 2009, p.2).

Estudos verificaram desvantagens no uso contínuo de agentes coagulantes que contenham alumínio, pelo fato do mesmo ser um reagente químico não biodegradável (RITTER, 2013, p.14).

A goma xantana é um polissacarídeo produzida pela bactéria do gênero *Xanthomonas*. Esta goma é de interesse mundial, consumida pelas indústrias de alimentos, petróleo, farmacêutica e de produtos agrícolas. A mesma possui a capacidade de formar soluções

viscosas até mesmo em baixas concentrações e tem grande estabilidade em termos de variação de pH (BORGES; VENDRUSCOLO, 2008, p.171).

O fato da xantana ser um polímero natural atóxico e biodegradável, faz com que possa ser utilizada como auxiliar no processo de floculação no tratamento de água (SACARIOTTO, 2013, p.7).

A utilização da goma xantana no processo de floculação em tratamento de água, visa uma melhor eficiência não apenas pelo valor econômico, mas também em relação à saúde da população e a conservação do meio ambiente.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de substituição do policloreto de alumínio (PAC) pela goma xantana no processo de floculação.

## 2. COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO

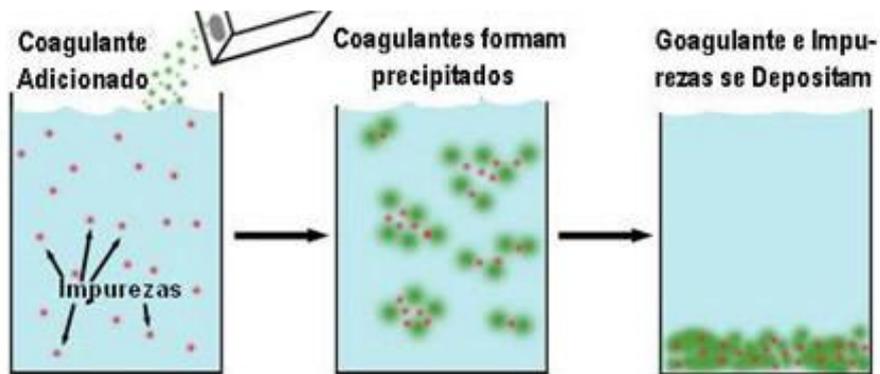
As águas brutas apresentam tipicamente entre suas impurezas frações de sólidos não sedimentáveis, tanto orgânicos como inorgânicos, microrganismos, gotículas de líquido imiscíveis como óleos e gorduras. Essas impurezas são denominadas coloides, com dimensões na faixa de 0,001  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$ . Para remoção efetiva das impurezas de natureza coloidal é preciso efetuar a desestabilização das partículas minimizando as forças eletrostáticas repulsivas entre elas. Essa desestabilização dos coloides é feita pelo processo de coagulação (GUIMARÃES, 2013, p.17). Assim as águas destinadas ao consumo humano passa por vários processos de tratamento antes de ser distribuída para a população, entre esses está a remoção das partículas da água onde são realizados processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração, os mesmos são combinados em série. A coagulação química é feita antes da filtração para desestabilizar as partículas formando flocos e sedimentando, sendo essa etapa o fator mais importante na determinação da eficiência da filtração rápida. O filtro trabalha como retentor de impurezas, não sendo uma barreira efetiva para microrganismos patogênicos (SILVA, 2012, p. 39).

O processo de coagulação/floculação tem a finalidade de agregar as partículas coloidais em partículas maiores, assim a sedimentando e propiciando a remoção da cor e turbidez do efluente a ser tratado. A escolha adequada do coagulante junto com as condições ambientais é fundamental para o sucesso do tratamento de águas (BARBIERO et al. 2010, p. 4).

A coagulação anula as forças de repulsão entre as partículas coloidais através do uso de coagulantes químicos apropriados. Para ser eficiente o processo de coagulação necessita ser realizado por meio de agitação intensa obtendo interações entre o coagulante e o efluente. A floculação consiste na agregação de partículas neutralizadas na fase da coagulação, onde é formado floco com ajuda de coagulantes químicos. Os flocos poderão ser separados da água, pois vão aumentando de peso e tamanho permitindo a sua sedimentação por gravidade, assim separados por processo de decantação e filtração (PAVANELLI, 2001, p.30).

Vários fatores podem influenciar no processo de coagulação/floculação, os principais intervenientes são o tipo de coagulantes utilizado, o pH, a alcalinidade da água bruta, o tamanho das partículas causadoras de odor de cor e de turbidez (SCARIOTTO, 2013, p.19).

Existem vários agentes químicos que podem ser utilizados como coagulantes, entre esses se encontra os sais de ferro e alumínio ou ainda os polímeros orgânicos naturais e os sintéticos (GUIMARÃES, 2013, p.3). Na figura 1 está representado como os coagulantes agem quando adicionados a água.



**Figura 1** – Ação de coagulantes aglutinando as partículas em flocos maiores (In: SORAIA, 2015).

### 3. HIDROXICLORETO DE ALUMÍNIO OU POLICLORETO DE ALUMÍNIO

O policloreto de alumínio ou hidroxicloreto de alumínio, também é conhecido como PAC (Poly Aluminium Chloride) o mesmo é um sal de alumínio pré - polimerizado e básico de fórmula bruta  $Al_n(OH)_nCl_{3n-m}$ , em função dessa basicidade durante a hidrólise libera igual dosagem de íons metálicos, uma quantidade de ácido consideravelmente menor que dos outros coagulantes tradicionais. Isso provoca uma menor variação no pH do meio tratado ou um menor consumo de neutralizante para reconduzir o pH ao seu valor original (RODRIGUES, 2013, p. 35).

Segundo Pavanelli (2001, p.37) o hidroxicloreto de alumínio possui peso molecular elevado e as características de sua estrutura molecular condensada com pontes de oxigênio entre os átomos de alumínio e também seu estado pré - polimerizado, permite ao mesmo ter uma vantagem na floculação em relação aos outros coagulantes inorgânicos não pré - polimerizados, principalmente pela maior concentração de elemento ativo ( $Al_2O_3$ ).

#### 3.1 ALUMÍNIO PRESENTE NA ÁGUA

É comum a presença de sais de alumínio em água de abastecimento, não só pela presença de origem para captação, pois o mesmo é um componente comum na litosfera, mas também pela utilização de coagulantes a base de sais de alumínio no tratamento. Altas concentrações de alumínio na água tem causados dúvidas nos efeitos que pode vir a ter na saúde e também preocupações em relação à formação de resíduo não biodegradável (ROSALINO, 2011, p. 3).

Os sais a base de alumínio quando utilizado no processo de coagulação/floculação produz uma grande quantidade de resíduo (lodo), de natureza inorgânica, assim não permitindo que o mesmo entre em decomposição biológica, dificultando sua disposição final. As características dos resíduos variam com a natureza da água bruta e a quantidade de produto químico utilizado (HOLANDA; MACHADO; OLIVEIRA, 2004, p. 324).

Existem associações de diversas doenças neurológicas, principalmente o mal de Alzheimer com a presença de sais de alumínio na água, no entanto não é possível referir o mesmo como causador da doença, pois ainda existem vários aspectos a ser analisados, pelo fato de ser difícil de prever a concentração de alumínio presente no corpo humano somente pelo cálculo de quantidade de alumínio contidos na água potável (ROSALINO, 2011, p. 4).

## 4. GOMA XANTANA

A goma xantana é um polissacarídeo sintetizado pela bactérias do gênero *Xanthomonas*, através do processo fermentativo aeróbico que utiliza a glicose ou sacarose como principal substrato (ALMEIDA, 2010, p.19).

Em 1950 pesquisadores do Northern Regional Research Laboratory (NRRL), do Departamento de Agricultura do Estados Unidos descobriram a goma xantana. Os mesmos tinham como objetivo encontrar microrganismos que produzissem gomas solúveis em água (BORGES; VENDRUSCOLO, 2008, p.172).

A produção deste polímeros é extremamente importante devido à grande utilização nos setores industriais, tais como: preparo de alimentos, medicamentos, extração de petróleo, entre outros. Os polissacarídeos convencionais estão sendo substituídos por produtos de origem microbiana, devido à sua capacidade de produzir géis ao combinar-se com o solvente apropriado, por se dispersar em água fria ou quente produzindo soluções viscosas e por possuir estabilidade em ampla faixa de pH (RAMOS, 2011, p 14-21).

Atualmente quase toda a goma xantana consumida no Brasil, principalmente pelas indústrias de petróleo e alimentos são importadas dos Estados Unidos, França e China. Esse fato faz com que o custo da xantana seja elevado (DRUZIAN; MENEZES; PADILHA; SOUZA, 2012, p 1761-1776).

Segundo Pigatto (2008, p.15), o Brasil é um país propenso para produção do polímero, já que dispõe de matéria-prima básica para a produção: açúcar, extrato de levedura e álcool do setor sucroalcooleiro. Onde o álcool é utilizado para a separação da xantana durante a fermentação e o açúcar é aplicado como substrato, tanto para o crescimento celular quanto para a produção da goma. Assim não há necessidade da goma ser totalmente importada, demonstrando a relevância de se investir em uma produção nacional e inverter essa situação para aumentar o crescimento econômico do setor.

A goma xantana tem um alto peso molecular, normalmente composta de repetidas unidades de glicose, manose e ácido glucurônico, na relação de 2:2:1 apresentada na Figura 2.

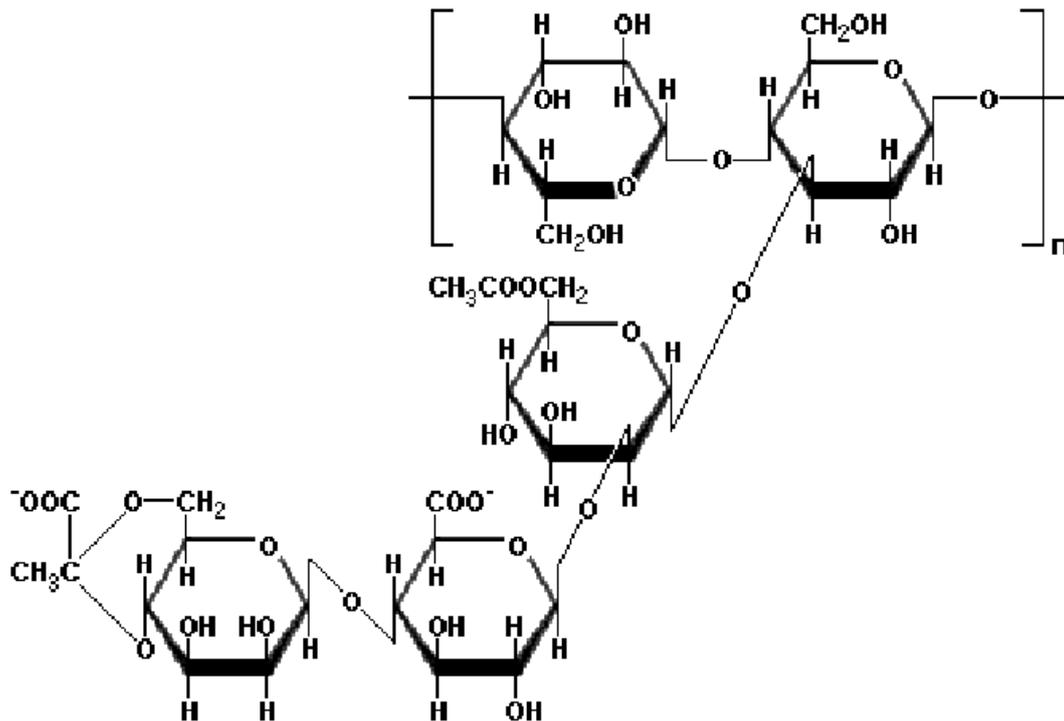


Figura 2 - Estrutura química da goma xantana (In: PAIVA, 2014)

#### 4.1 POLIMEROS APLICADOS EM TRATAMENTO DE EFLUENTES

Nos últimos anos vem se desenvolvendo novas maneiras de realizar um melhor tratamento de água potável, entre esses estudos está a utilização de coagulantes poliméricos alternativos aos coagulantes químicos, afim de melhorar o processo reduzindo o lodo gerado e a presença de metais no mesmo (CORAL; BERGAMASCO; BASSETTI, 2009, p. 2).

Existem vários tipos de polímeros naturais que foram testados como auxiliares nos processos de coagulação, floculação e filtração, os mesmo apresentaram melhorias na qualidade da água tratada, benefícios para o meio ambiente e para a saúde da população através da redução do uso dos coagulantes metálicos que estarão presentes em menores concentrações na água tratada que será ingerida e no lodo das estações de tratamento, possivelmente facilitando sua decomposição final (RITTER, 2013, p.11).

Os diferentes polímeros naturais vem sendo testados em tratamentos de água. Os estudos realizados por Coral, Bergamasco e Bassetti (2009, p. 8), mostraram que o

polímero natural Tanfloc tem potencial substituto ao sulfato de alumínio no tratamento de água potável.

De acordo com Ritter (2013, p. 48), o uso do quiabo como auxiliar de floculação e de moringa como auxiliar de coagulação, apresentou-se como uma boa alternativa aos coagulantes químicos.

A quitosana mostrou ser um eficiente coagulante no processo de tratamento de água, a mesma possui varias vantagens sobre o sulfato de alumínio pois além de ser eficiente, a dose empregada foi menor que a dose de sulfato de alumínio (FÁVERE; SENS; SPINELLI, 2001, p. 15).

A goma xantana foi testada como auxiliar de floculação nos estudos de Scariotto (2013, p. 55), onde mostrou melhoria na qualidade da água decantada e teve influência no aumento do tamanho do floco formado e no tempo de sedimentação, a qual foi bastante rápida.

Os polímeros em solução são os mais utilizados para coagulação/floculação em tratamento de água. A goma xantana por ser um polímero natural, pode ser utilizada como auxiliar de coagulação/floculação no tratamento de água (NOVAIS, 2012, p.26-28).

Segundo Scariotto (2013, p.28), estudos sobre goma xantana no tratamento de água ainda são recentes, mas os ensaios já realizados para avaliar a sua eficiência indicaram que esta goma aumentou a floculação das suspensões de oxido de zinco e argilas. Esta goma também se torna vantajosa por ter origem microbiana, onde não depende de variações climáticas, sendo possível modificar suas características reológicas.

## 5. QUALIDADE DA ÁGUA COMO TEMA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

A água é fundamental a todos os organismos vivos, sendo de extrema importância para a manutenção do clima, a mesma pode apresentar qualidades variáveis dependendo do local e das condições de sua origem. A água doce e de boa qualidade é essencial para a vida, para o desenvolvimento econômico e para a sustentabilidade dos ciclos dos nutrientes no planeta (APRILE; MIGUÉIS; SIQUEIRA, 2012, p. 414).

Embora a água seja um elemento abundante a maior parte não está disponível para o consumo humano, pois 95% constituem de água salgada, 5% água doce, e apenas 0,3% diretamente aproveitável com predominância da água subterrânea (NETTO; RICHTER, 2000, p. 1).

A avaliação da potabilidade da água e as condições de higiene-sanitárias são primordiais a saúde da população. Para verificar a potabilidade da água existem padrões de controle da sua qualidade, atualmente regido pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano (SCORSARAVA; SOUZA; STOFER; NUNES; MILANEZ, 2010, p. 2).

A água é um excelente solvente, sendo capaz de vincular grandes quantidades de contaminantes, químicos e biológicos (vírus, bactérias e parasitas). O consumo de água contaminada está associado a vários problemas de saúde, como por exemplo doenças gastrointestinais que tem a água contaminada como principal via de transmissão. Dentre as doenças de transmissão hídrica as mais comuns são: febres tifoide e paratifoide, dissenterias bacilar e amebiana, cólera, diarreia, poliomielite, hepatite e giardíase. Devido as doenças que as águas não tratadas podem causar, sejam estas de origem microbiológicas, química, física ou radioativa, a qualidade deve ser alcançada mediante as varias formas de tratamento até que as mesmas em hipótese alguma ofereça riscos a saúde humana (SCURACCHIO, 2010, p. 14).

## 6. PROCESSO DE FILTRAÇÃO COM MATERIAIS ALTERNATIVOS

No ensino médio, é onde os alunos terão uma formação geral de modo com que eles desenvolvam competências para buscar informações, analisa-las, seleciona-las e que tenha capacidade de aprender ao invés de simples exercícios de memorização. As estratégias de ensino e de aprendizagem devem permitir que os alunos participem ativamente das aulas, por meio de atividades que os desafiem a pensar (CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO).

### 6.1 A QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

A química é a ciências que estuda a natureza da matéria, suas transformações e a energia envolvida nesses processos. Ao entrar no ensino médio os alunos poderão desenvolver capacidades de racionar logicamente e buscar explicações sobre o que se vê o que se lê, assim podemos dizer que tudo a nossa volta é química, pois todos os materiais que nos cercam passaram ou passam por algum tipo de transformações (CLEMENTINA, 2011, p. 24).

Realizar atividades teóricas juntas com atividades de campo e laboratório faz com que o aluno tenha mais interesse nas aulas, participando ativamente das mesmas. Assim aumentará sua percepção sobre o mundo a sua volta apresentando resultados positivos em relação ao processo ensino/aprendizagem (LAGE; NOGUEIRA; FORESTI, 2003, p.3).

Quando o conhecimento químico é promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade o mesmo se torna um instrumento da formação humana, que amplia os horizontes culturais (CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO).

## 6.2 ÁGUA E O ENSINO

A água é uma substância química simples e abundante na Terra, sendo um recurso de extrema importância para a existência da vida, é composta por dois átomos de hidrogênio (H) e um de oxigênio (O) formando a molécula de H<sub>2</sub>O (ANGELIS; MACHADO; SILVA, 2007, p. 2).

A água está em contínua circulação na natureza, sempre mantendo o equilíbrio sem ganhos ou perdas de massa no sistema, esse fenômeno é conhecido como ciclo da água ou ciclo hidrológico. Os processos que permitem essa circulação da água são: evaporação, transpiração, precipitação, escoamento superficial, infiltração e escoamento subterrâneo. A água dos lagos, rios e oceanos evapora por ação dos raios solares, esse vapor vai constituir as nuvens que em condições adequadas condensam-se e precipitam-se em forma de chuva, granizo ou neve, parte da água das chuvas penetram-se no solo, outra parte escorre pela superfície até as margens ou volta para a atmosfera através da evaporação formando outras nuvens, a parte que se infiltra no solo vai abastecer os aquíferos, reservatórios de água subterrâneo que vão alimentar os rios e lagos (SANTOS, 2003, p. 240).

Abordar o tema água no ensino da química tem como intuito aproximar os conceitos químicos e situações do cotidiano do aluno, onde o professor pode mostrar várias situações importantes e utilizar os conceitos químicos como auxiliar no entendimento e resolução de problemas, propiciando assim, a formação de um estudante crítico e responsável. Este tema pode ser abordado no primeiro ano do ensino médio, fazendo com que os alunos tenha compreensão dos processos químicos em estreita relação com contextos ambientais (TORRALBO, 2009, p. 11).

Elaborar trabalhos sobre a água é fundamental no ensino, pois a mesma é uma substância vital a sobrevivência das espécies abrangendo inúmeros assuntos. Através da água pode gerar uma aproximação entre o que é trabalho na escola ao cotidiano do estudante (NICOLETTI, 2013, p. 11).

As escolas não pode ensinar apenas os usos que fazemos da água, mas sim mostrar que a mesma pertence a um ciclo dinâmico sujeito a interferências humanas. Compreender a origem da água, o ciclo hidrológico, a dinâmica fluvial, o fenômeno das cheias, os aquíferos, e os processos naturais. Através do ensino pode-se desenvolver cidadãos

éticos e responsáveis que saibam usar a água de modo consciente (BACCI; PATACA, 2008, p. 10).

### 6.3 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A água é fonte de vida e todos os seres vivos dependem dela para sobreviver, porém, por mais importante que ela seja as pessoas continuam poluindo rios e suas nascentes, não se importando com quanto ela é essencial para a existência de vida. O homem necessita de qualidade de água adequada e quantidade suficiente tanto para proteção da saúde quanto para o desenvolvimento econômico (GOMES, 2011, p. 1).

Devido a degradação do meio ambiente a escassez da água vem aumentando. O desperdício de água, o crescimento da demanda e a urbanização descontrolada são as causas dos problemas de abastecimento, esse fato exige de todos a conscientização de mudanças de atitudes em relação as águas (CARDOSO et al. 2012, p. 2).

A conscientização das pessoas em relação ao desperdício e a poluição das águas devem começar cedo com os alunos nas escolas, pois a educação escolar tem como principal objetivo preparar o educando a aprender, a aprender não apenas o conteúdo programático, mas também a respeitar o próximo, a natureza, enfim a vida, através da educação o mesmo aprende a ser ético, humano, a lutar pelo seu bem e dos demais. A educação hoje pode ser o principal passo para conduzir o rumo que os futuros habitantes da terra terá (CASTRO et al. 2012, p. 2).

### 6.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Entre tantos experimentos existentes para abordar o tema água podemos ressaltar o processo de filtração que ocorrem em estação de tratamento de água, onde o mesmo pode ser realizado com materiais alternativos e ser aplicado para o primeiro ano do ensino médio.

### 6.4.1 Materiais e Reagentes

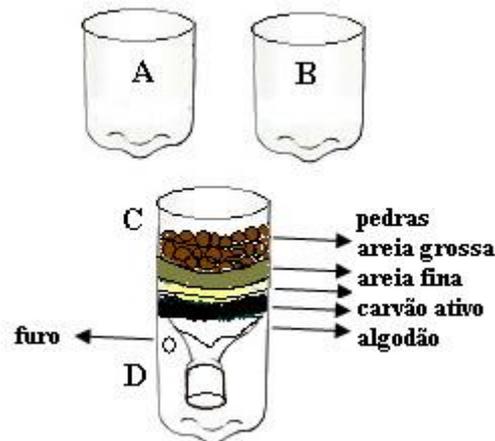
- 3 garrafas de refrigerante de 2 L;
- Areia fina;
- Areia grossa;
- Pequenas pedras bem lavadas (se estiverem sujas, o resultado do experimento será comprometido);
- Carvão ativo;
- Algodão;
- Terra;
- Água;
- Solução de policloreto de alumínio;
- Solução de hidróxido de cálcio saturada (a cal hidratada, ou hidróxido de cálcio, pode ser encontrada em lojas de materiais de construção e deve ser manuseada com cuidado. Para obter a sua solução, basta adicionar pequenas quantidade de cal hidratada à água);
- Colheres plásticas.

### 6.4.2 Métodos

1. Corte as garrafas pela metade, de modo a formar os recipientes da ilustração abaixo. A garrafa D deve ter um orifício lateral próximo à parte superior. Tenha cuidado ao cortar as garrafas. As extremidades que podem ser cortantes devem ser envolvidas com uma fita adesiva, de preferência.

2. Arrume o filtro na parte C conforme o esquema abaixo (de baixo para cima: 10 cm de algodão seco, 1 camada fina de carvão ativo, camada de 2 cm de espessura de areia fina, 2 cm de espessura de areia grossa e 4 cm de pedras). Lembre-se que o filtro deve estar úmido antes de iniciar o experimento;

A figura 3 exemplifica o modo de preparo do filtro.



**Figura 3** - Representação Esquemática do Filtro Caseiro (In: FOGAÇA, 2008).

3. Misture uma colher de terra com 100 mL de água no recipiente A;
4. Aguarde 5 minutos e despeje o líquido da fase superior no recipiente B;
5. Adicione 1 colher cheia de solução policloreto de alumínio e uma de hidróxido de cálcio sob agitação ao recipiente B;
6. Deixe o recipiente em repouso e observe o que ocorre após alguns minutos;
7. Transfira o líquido da fase superior para o recipiente C (filtro em camadas);
8. Recolha o filtrado no recipiente D.

### 6.4.3 Resultado e Discussão

Através do experimento de filtração da água os alunos irão desenvolver a capacidade de associar os conhecimentos recebidos em sala de aula ao seu cotidiano. O professor poderá relacionar as etapas do tratamento de água com os métodos de separação, por exemplo: no procedimento a mistura deverá permanecer em repouso por alguns minutos e depois transferir apenas a fase superior para outro recipiente, esse processo é denominado decantação. Ao adicionar policloreto de alumínio e o hidróxido de cálcio as substâncias irão se aglutinarem essa etapa também acontece nas estações de tratamento e é chamada de floculação, o processo de filtração também será realizado retendo as

partículas que não foram separadas na decantação. É importante resaltar que essa água não passou pelo processo de desinfecção, ou seja ela não foi clorada, portanto não está apta para o consumo e também poderá ser discutidos as atitudes a serem tomadas para evitar o desperdício de água doméstica e de que formas ela pode ser reutilizadas.

## 7. MATERIAS E MÉTODOS

### 7.1 REAGENTES

- Ácido clorídrico 50%
- Água destilada
- Cal hidratada
- Cloreto de bário 10%
- Cloridrato hidroxilamina 10%
- Goma xantana 0,01%
- Orto-fenantrolina 0,1%
- Policloreto de Alumínio 440g/L
- Sal ácido P.A
- Tampão buffer acetato P.A

### 7.2 VIDRARIAS

- Balão volumétrico 100 mL
- Balão volumétrico 50 mL
- Bastão de vidro
- Erlenmeyer 250 mL
- Funil de plástico
- Pêra de Segurança
- Pipeta 2 mL
- Pipeta 5 mL
- Pipeta 10 mL
- Proveta 500 mL
- Proveta 50 mL

- Tubo de ensaio grande

### 7.3 EQUIPAMENTOS

- Chapa de aquecimento com agitador TECNAL TE-085
- Color test KIT HACH MODEL CO-1
- Espectrofotômetro FEMTO 600S
- Jar test QUIMIS Q305F
- pHmetro PROLAB MPA 210
- Turbidímetro HACH 2100N

### 7.4 MÉTODOS

#### 7.4.1 Coleta de amostras de água

A água bruta foi coletada na entrada da estação de tratamento de água (ETA) do saneamento básico do estado de São Paulo (SABESP) de Assis, nos dias 04/06/2016 e 23/06/16. Foram realizadas 2 coletas a fim de se obter uma variabilidade das amostras para os testes de coagulação/floculação. A água utilizada não entrou em contato com qualquer produto químico utilizado na ETA.

Coletou-se 20L de água bruta, em galão de polietileno, que foi imediatamente levada ao laboratório para realização dos testes de jarros.

#### 7.4.2 Teste de jarros

Realizaram-se três testes de jarros, com equipamento Jar Test. No teste 1 (T1) a goma xantana foi utilizada como agente de coagulação/floculação, no teste 2 (T2) a goma foi usada como auxiliar de coagulação/floculação ao PAC e no teste 3 (T3) a mesma foi utilizada como agente de coagulação/floculação com pH inicial variável.

Para todos os testes o equipamento foi configurado para rotação de 120 rpm por 1 minuto, em seguida para rotação de 60 rpm por 15 minutos – fase de floculação (SCARIOTTO, 2013, p. 34). Depois da fase de floculação o aparelho foi desligado e aguardou o tempo de decantação, amostras de cada um dos jarros foram coletadas para realização das análises químicas.

#### **7.4.3 Teste de jarros com goma xantana como agente de coagulação/ floculação (T1)**

A solução de goma xantana foi preparada pesando-se 0,01g/L de goma em balança analítica de precisão, em seguida dissolvendo-a em 100 mL de água destilada aquecida a 65°C, para homogeneização. Transferiu-se 1L de água bruta a cada jarro e fixou-se seu pH em 7,8, em seguida foram adicionados, respectivamente: 0,2ppm de goma no jarro 1, 0,4ppm de goma no jarro 2, 0,6ppm de goma no jarro 3, 0,8ppm de goma no jarro 4, 1,0ppm de goma no jarro 5 e 1,2ppm de goma no jarro 6. Iniciou-se a agitação, conforme descrito em 7.4.2. Depois da fase de floculação o aparelho foi desligado e aguardou o tempo de decantação. Foi retirada amostra de água de cada jarro e feitas análises de ferro, sulfato, pH, cor e turbidez.

#### **7.4.4 Teste de jarros com goma xantana como auxiliar de coagulação floculação ao PAC (T2)**

A solução de goma xantana foi preparada da mesma maneira que foi mencionado no item 7.4.3. Transferiu-se 1L de água bruta a cada jarro, fixou-se o pH em 7,8 e adicionou-se 0,5mL de PAC, em seguida foram adicionadas solução de goma respectivamente: 0,2ppm no jarro 2, 0,4ppm no jarro 3, 0,6ppm no jarro 4, 0,8ppm no jarro 5 e 1,0ppm no jarro 6, apenas o jarro 1 não houve adição de goma. Iniciou-se a agitação, conforme descrito em 7.4.2. Depois da fase de floculação o aparelho foi desligado e aguardou o tempo de decantação. Foi retirada amostra de água de cada jarro e feitas análises de ferro, sulfato, pH, cor e turbidez.

#### **7.4.5 Teste de jarros com goma xantana como agente de coagulação/floculação com pH inicial variável (T3)**

A solução de goma foi preparada da mesma maneira que foi mencionado no item 7.4.3. Transferiu-se 1L de água bruta a cada jarro, ajustou-se o pH da água respectivamente: jarro 1 pH 6,86, jarro 2 pH 7,11, jarro 3 pH 8,20, jarro 4 pH 8,84, jarro 5 pH 9,50, jarro 6 pH 9,94, em seguida foi adicionado 0,6ppm de goma xantana em cada jarro. Iniciou-se a agitação, conforme descrito em 7.4.2. Depois da fase de floculação o aparelho foi desligado e aguardou o tempo de decantação. Foi retirada amostra de água de todos os jarros e feitas análises de ferro, sulfato, pH, cor e turbidez.

#### **7.4.6 Avaliação da cor das amostras de água**

Inseriu-se o tubo de amostra no colorímetro e comparou-se com o disco de cores, usando como padrão água destilada. O resultado foi obtido diretamente pela leitura do valor de unidades Hansen (uH) indicado no disco.

#### **7.4.7 Avaliação da turbidez das amostras de água**

Para determinação da turbidez das amostras de água o turbidímetro foi devidamente calibrado, conforme as instruções do fabricante. As amostras foram homogeneizadas e submetidas a leitura. O resultado foi obtido diretamente em unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

#### **7.4.8 Avaliação de pH**

O pH foi medido através do pHmetro, devidamente calibrado com os tampões de pH 4,0 e pH 7,0. O eletrodo foi lavado com água destilada e inserido na amostra contida em um béquer, proporcionando assim os devidos resultados.

#### 7.4.9 Avaliação de ferro nas amostras

Foi colocado em um erlenmeyer 50mL de amostra, 2mL de cloridrato hidroxilamina e 2mL de ácido clorídrico 50%. Levou-se à chapa até formar filete, em seguida deixou esfriar. Transferiu-se os resíduos para um balão volumétrico de 50mL e avolumou-se, deste balão, retirou-se uma alíquota de 10mL para um tubo de ensaio com 5mL de tampão acetato e 2mL de orto-fenantrolina. Aguardou-se 15 minutos e a o teor de ferro das amostras de água foi determinado espectrometricamente através da correlação com soluções padrão de ferro no comprimento de onda de 510nm.

#### 7.4.10 Avaliação de sulfato nas amostras

Foi colocado 50mL da amostra de água em tubo de ensaio, com 10mL de solução de sal ácido e 2mL de cloreto de bário e aguardou-se 15 minutos. O teor de sulfato das amostras de água foi determinado espectrometricamente através da correlação com soluções padrão de sulfato no comprimento de onda de 420nm.

#### 7.4.11 Análise estatística (Teste F)

Quando há mais de dois tratamentos não podemos visualizar qual é o melhor apenas pela média, sendo então necessário aplicar o teste F de Fridman, para comparação das variâncias (DOWNING; CLARK, 2010). O teste F é construído aplicando-se a fórmula:

$$F = \left[ \frac{12}{bk(k+1)} \right] \left( \sum_{j=1}^k R_j^2 \right) - 3b(k+1)$$

Em que b é o tamanho da amostra,

K é o número de opções,

R<sub>j</sub> é a soma dos postos do j (isto é a soma dos graus, ou notas atribuídas)..

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados três testes, a fim de avaliar qual a melhor condição de aplicação da goma no tratamento de água. No T1 a goma xantana foi utilizada como agente de coagulação/floculação. O T2 a goma foi usada como auxiliar de coagulação/floculação ao PAC. Já o T3 a mesma foi utilizada como agente de coagulação/floculação com pH inicial variável.

A figura 4 ilustra os testes de jarros realizados.

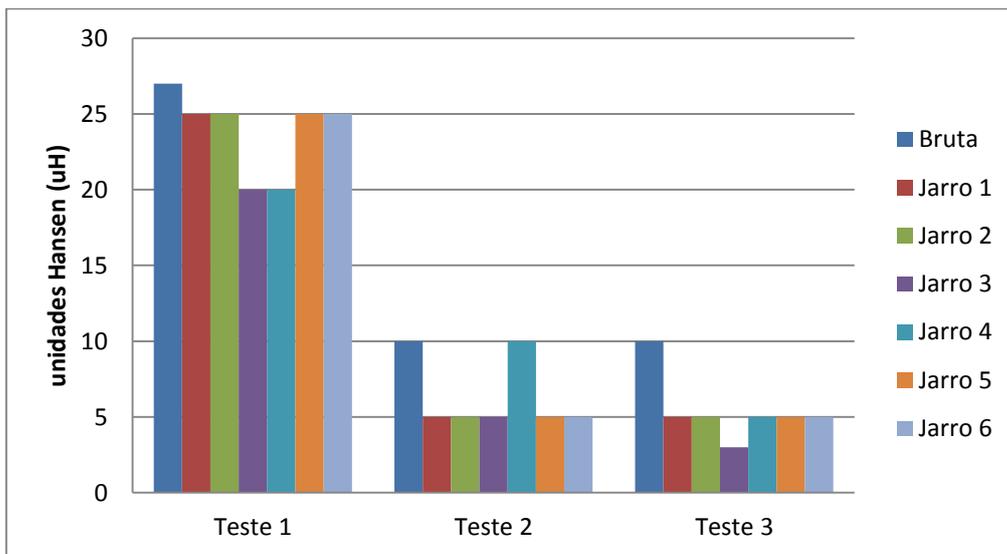


**Figura 4:** Equipamento Jar-test de realização de testes de jarros.

### 8.1 AVALIAÇÃO DA COR

A cor é uma medida que indica a presença de substâncias dissolvidas, ou finamente divididas (material em estado coloidal), como presença de metais e matéria orgânica.

As substâncias dissolvidas provocam o que chamamos de cor verdadeira, isto é, aquela onde a turbidez foi removida. Mas quando em conjunto com coloides denominam-se cor aparente na qual é determinada na amostra original sem filtração ou seja, com a presença de turbidez (PIVELI, 2011, p. 1). A figura 5 ilustra os resultados observados nos testes de cor dos T1, T2 e T3.



**Figura 5:** Resultados observados no teste de cor

Os resultados do T1 ultrapassaram o valor máximo permitido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, que é 15 uH. Já os resultados obtidos nos T2 e T3 se encontram dentro das normas estabelecidas. No teste 1 obteve-se uma redução da cor de 2 uH nos jarros 1, 2, 5 e 6, em relação à água bruta, nos jarros 3 e 4 a redução foi de 7 uH. No teste 2 houve uma redução de 5 uH nos jarros 1, 2, 3, 5 e 6, já o jarro 4 não apresentou redução de cor. No teste 3 observou-se uma redução de 5 uH em relação à água bruta, já o jarro 3 apresentou redução de 8 uH. O melhor resultado encontrado foi no teste 3 jarro 3, onde o pH da água estava em 8,2 e a concentração da goma em 6 mL. Não houve uma variação da cor significativa quando foram utilizadas diferentes concentrações de goma xantana.

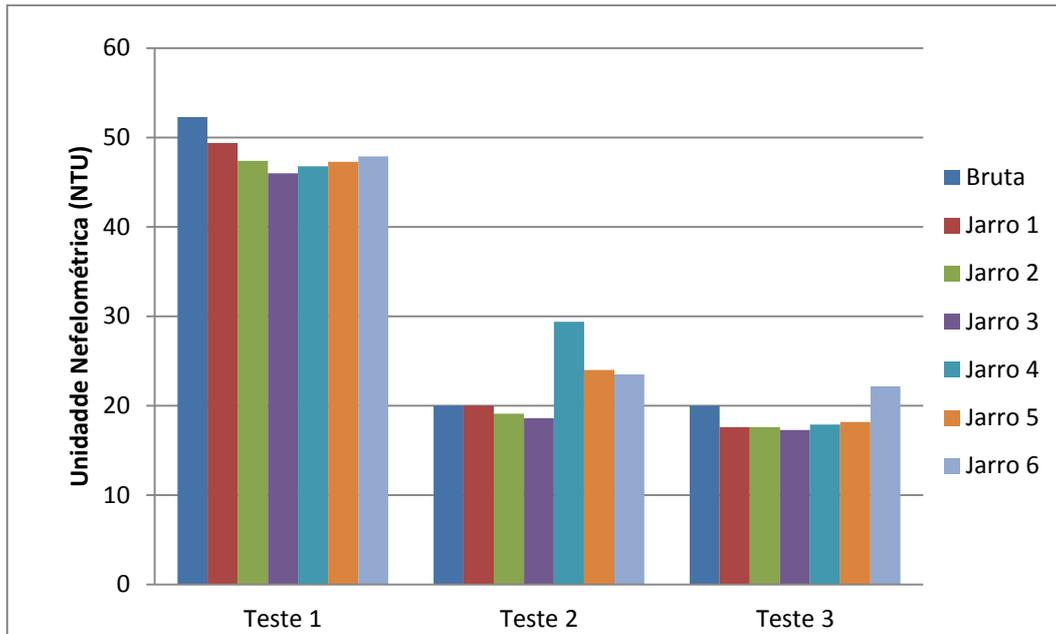
Segundo Barbiero (et al. 2010, p. 16), isso ocorre com maior parte dos coagulantes pois, quando é adicionado uma quantidade pequena o mesmo não é capaz de realizar uma

remoção satisfatória, já quando é adicionado em excesso parte não participa da reação de coagulação/floculação, ficando este em solução há o aumento dos valores de cor, sendo assim para que haja uma melhor eficiência na remoção é necessário encontrar a concentração ideal do coagulante utilizado, por isso a goma foi testada em diferentes concentrações ocasionando essas variações.

Nos ensaios realizados é possível observar que a concentração ideal da goma xantana foi de 0,6ppm. Segundo a pesquisa de Lacerda (et al. 2006, p. 1567), o pH é muito importante no processo de coagulação/floculação, uma vez que cada coagulante tem uma faixa ótima de operação, em seus resultados o mesmo pode afirmar que, para cada valor de pH testado, as remoções foram maiores quando o sulfato de alumínio foi utilizado com pH 7,5 do que quando o mesmo foi utilizado com pH 5. O resultado do teste 3, jarro 3, demonstrou que após o ajuste do pH para 8,2 houve uma maior redução da cor, isso se deve a influencia do pH no processo de coagulação/floculação.

## 8.2 AVALIAÇÃO DA TURBIDEZ

A turbidez é a medição da resistência da água à passagem da luz e é provocada pela presença de material fino (partículas) em suspensão na água, tais como argila, partículas orgânicas e inorgânicas finamente divididas, compostos orgânicos solúveis coloridos e outros micro-organismos (KOWATA; RIBEIRO; TELLES, 2012, p. 15). Os resultados dos testes de turbidez são apresentados na figura 6.



**Figura 6:** Resultados observados no teste de turbidez.

Os resultados encontrados nas análises de turbidez estão fora dos valores permitidos pela Portaria 2914/2011 do MS que é de 0,5 NTU. Observa-se que os valores estabelecidos por esta portaria são após o processo de filtração e as devidas análises passaram apenas pelo processo de coagulação/floculação, sendo assim não é possível afirmar que as mesmas estão de acordo ou não.

No teste 1 o jarro obteve menor turbidez foi o jarro 3 com 46,0 NTU onde a concentração de goma utilizada foi de e 0,6ppm. No teste 2 o menor valor de turbidez também foi no jarro 3 com 18,6 NTU onde a concentração de goma era de 6mL. O teste em que houve maior diminuição da turbidez foi o teste 3, jarro 3 com 17,5 NTU onde a concentração de goma xantana era de 6mL e o pH 8,2. Assim como a cor os resultados obtidos nos testes de turbidez variaram conforme as diferentes dosagens de goma e a mudança de pH, isso se deve ao fato dos dois aspectos estar em relacionados com as partículas presentes na água.

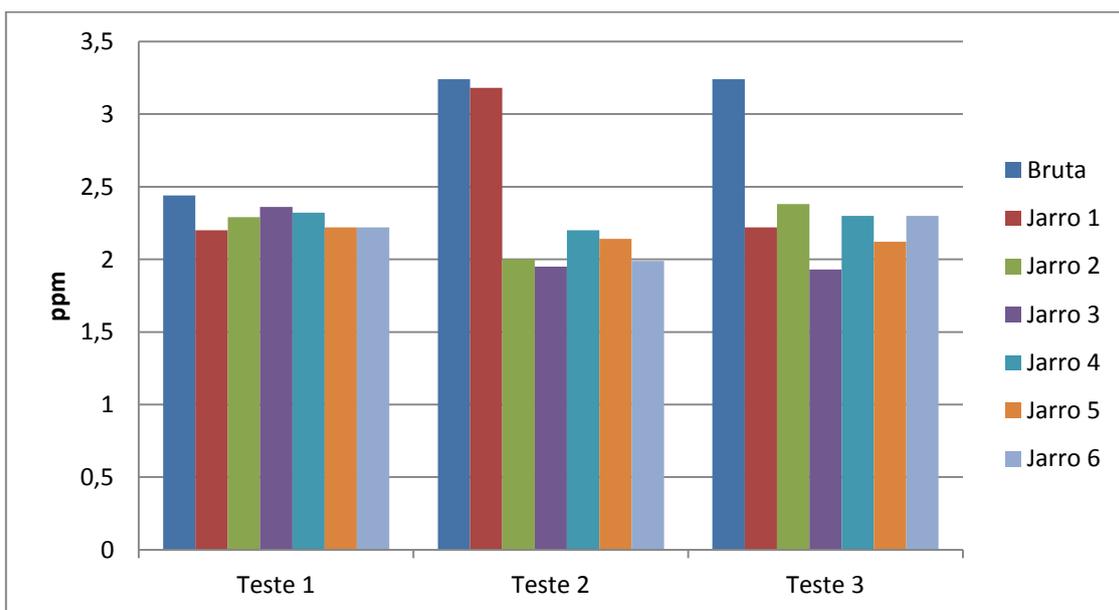
Segundo a pesquisa de Constantino et al. (2009, p. 2), a dosagem exata de coagulante utilizado para reduzir ao máximo o nível de turbidez somente pode ser determinadas por tentativas com ensaios de coagulação/floculação, por isso a goma xantana foi testada com diferentes concentrações e diferentes pHs.

No trabalho realizado por Matos, et al (2007, p. 549), resultados distintos de turbidez foram obtidos quando utilizado o coagulante de extrato de moringa em diferentes concentrações e pHs, o melhor resultado encontrado por estes pesquisadores foi quando utilizado 10mL de extrato de moringa no pH de 4 a 5.

Portanto, o pH da água e a concentração do coagulante utilizado tem grande influencia na redução da turbidez do efluente. Através dos testes realizados pode-se observar que o pH ideal da goma para maior redução da turbidez é de 8,2 e a concentração é de 0,6ppm.

### 8.3 AVALIAÇÃO DO TEOR DE FERRO

O ferro pode estar presentes em águas naturais, quase sempre em conjunto com o manganês, o mesmo é oriundo da dissolução de compostos ferrosos de solos arenosos, terrenos de aluvião (depósito de sedimentos clásticos como: areia, cascalho ou lama), ou em pântanos. Nestes tipos de solos, quando a matéria orgânica decompõe-se produz gás carbônico que solubiliza compostos de ferro, sendo assim o ferro é encontrado com frequência em poços, galerias de captação e represas, na forma solúvel, coloidal, complexado com substancias orgânicas e inorgânicas ou em suspensão (OLIVEIRA; FREITAS; SCHMIDT, 2008, p. 26). A figura 7 apresenta os valores encontrados nas análises de ferro, nos testes realizados.



**Figura 7:** Resultados observados nas análises de ferro.

Os valores encontrados nas análises de ferro ultrapassaram o limite estabelecido na Portaria 2914/2011 do MS, que é de 0,3ppm.

No teste 1 os jarros que obtiveram menor valor de ferro foram os jarros 1, 5 e 6 com resultado de 2,2ppm. Já no teste 2 o menor valor de ferro foi encontrado no jarro 3 com 1,95ppm. No teste 3 o menor valor de ferro também foi no jarro 3 com 1,93ppm.

No teste, houve uma redução máxima de ferro de 0,22ppm em relação a água bruta, não sendo considerável. Já no teste 2 jarro 3, houve uma redução de ferro de 1,29ppm em relação a água bruta, sendo uma redução significativa. No teste 3, houve uma redução de ferro de 1,31ppm em relação a água bruta, onde o pH da água era de 8,2, sendo esta a maior redução de ferro obtida nos três testes realizados.

Segundo Filho; Pereira (2005, p. 3), a coagulação depende das características das águas (pH, temperatura, quantidade de impurezas, etc.), e do tipo de coagulante utilizado. É possível observar que no teste 1 não houve redução significativa de ferro através do processo de coagulação, isso se deve ao fato das características da água não estarem de acordo com o tipo de coagulante utilizado, ou seja, com a goma xantana. Já no teste 3 onde o pH da água foi ajustado para 8,2 é notório a redução de ferro, pois o meio se tornou ideal para ação da goma. O teste 2 onde houve adição de PAC junto a goma xantana houve uma redução maior que no teste 1 estando no mesmo pH, isso se acontece, pois o pH 7,8 é o ideal para que ocorra a coagulação quando utilizado o PAC. Segundo Lopes (2014, p. 37), todos os tipos de coagulantes, quando aplicados corretamente são capazes de decantar o ferro presente na água.

Segundo Madeira (2003, p.15), O processo mais efetivo para remoção de ferro solúvel é a oxidação e posterior filtração. A oxidação pode ser realizada por processo de aeração ou de cloração. A filtração pode ser realizada por um filtro de areia e/ou carvão. Os três testes realizados não passaram pelos processos de oxidação e filtração, sendo assim, a redução de ferro não pode ser considerada eficiente para se enquadrar dentro dos valores máximos permitidos pelo ministério da saúde.

## 8.4 AVALIAÇÃO DO TEOR DE SULFATO

Para todos os testes realizados, não se determinou a presença de sulfatos nas amostras, pela metodologia empregada no trabalho.

## 8.5 AVALIAÇÃO DA GOMA XANTANA COMO AGENTE DE FLOCULAÇÃO

Através dos resultados obtidos nas análises químicas, pôde-se observar que o teste que apresentou maior diminuição da cor, turbidez e ferro foi o teste 3, jarro 3 onde a goma xantana foi utilizada como coagulante, com concentração de 0,6ppm e pH inicial em 8,2.

Na pesquisa realizada por Scariontto (2013, p. 51), a goma xantana foi eficiente com a concentração de 0,4ppm agindo como auxiliar de floculação ao policloreto de alumínio com uma concentração de 5ppm, de acordo com seus resultados foi possível obter uma redução da concentração do PAC utilizado na ETA no dia da coleta de 6ppm.

Estudos sobre a goma xantana no tratamento de água são recentes, e ainda não existem dados comparativos e recomendações suficientes para a melhoria dos ensaios. Portanto é de grande importância outros estudos sobre sua capacidade de coagulação/floculação.

## 8.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos a análise estatística (Teste F) onde se verificou diferença significativa ( $P < 0,05$ ). P significa a probabilidade e como toda probabilidade, o valor de p varia entre 0 e 1, admite-se então um valor crítico de p menor ou igual a 0,05, ou seja, assume-se como margem de segurança 5% de chances de erro, ou olhando por outro ângulo, 95% de chances de estar certo. Sendo assim, como houve uma diferença de  $P < 0,05$  estatisticamente obteve uma variação entre os testes realizados para os parâmetros pesquisados.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos 3 testes realizados para verificação do potencial de substituição do PAC pela goma xantana e da mesma como auxiliar de floculação, apenas o teste onde o pH inicial da água foi ajustado para 8,2, com concentração de 0,6ppm promoveu as maiores reduções de cor, turbidez e ferro.

Neste estudo, foi possível verificar a: eficiência dos polímeros naturais para o tratamento de água, propiciando uma redução do uso de policloreto de alumínio.

A utilização correta da dosagem do coagulante promoveu redução significativa da cor, turbidez e ferro após o tratamento.

A eficiência da goma xantana como agente de floculação deverá ser verificada frente a águas brutas com variações da quantidade e qualidade de substâncias dissolvidas e em suspensão, para que se amplie sua aplicação em estações de tratamento de água.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Mayara Santos. **Avaliação e caracterização de goma xantana sintetizada a partir de resíduos aquícolas e de glicerol como fonte de carbono**. 2010. 71p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Saúde Ambiental - Universidade Tiradentes, Aracaju, 2010.

ANGELIS, Carlos Frederico; MACHADO, Luiz Augusto Toledo; SILVA, Ana Elisa Pereira. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007. Florianópolis. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, abril, 2007. p.3577-3584.

APRILE, Fabio; MIGUÉIS, Antonio Miguel; SIQUIEIRA, Gilmar. Diagnostico da qualidade da água do rio Parauapebas. **Revista Acta Amazônica**, v.42, n.3, 2012. p. 413-422.

BACCI, Denise De La Corte; PATACA, Ermelinda Moutinho. **Educação para água**. Scielo. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/ea/v22n63a14pdf](http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63a14pdf)>. Acesso em: 08 set. 2015.

BARBIERO, Tatiany Aparecida; BERGAMASCO, Rosangela; KLEIN, Marcia Regina Fagundes; SILVA, Edson Antonio; VAZ, Luiz Gustavo de Lima; VEIT, Marcia Teresinha. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. In: ECLÉTICA QUÍMICA, 4, 2010. São Paulo. **Eclet. Quím**, v.35, 2010.

BORGES, Caroline Dellinghausen; VENDRUSCOLO, Clarice Tondo. Goma Xantana: Características e condições operacionais de produção. In: SEMINA: CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE, 2, 2008. Londrina. Brasil. **Anais da Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v.29, julho/dezembro, 2008. P.171-187

CARDOSO, Laiza; CASTRO, Heloisa Vitória; OLIVEIRA, Ítalo Carlos; PAULA, Heber Martins. Educação ambiental escolar com foco no uso racional da água: Diagnóstico e intervenção. 3, 2012. Goiás. In: **Seminário de Extensão Universitária da Região Centro-Oeste**, v.5, junho, 2012. 5p.

CASTRO, Tânica Aparecida Almeida; OLIVEIRA, Braz da Silva; OLIVEIRA, Malvina da Silva; VILELA, Maria Cristina da Silva. A importância da educação ambiental na escola e a reciclagem do lixo orgânico. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Sociais Aplicadas da EDUVALE**, v.5, n.7, novembro 2012. 20p.

CARVALHO, Maria José Herkenhoff. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável**. 2008. 177p. Trabalho de Pós-Graduação – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

CLEMENTINA, Carla Marli. **A importância da química no cotidiano dos alunos do colégio Estadual São Carlos do Ivaí**. 2011. 49p. Monografia – Faculdade Integrada da Grande Fortaleza, São Carlos do Ivaí, 2011.

CONSTANTINO, Arcioni Ferrari; YAMAMURA, Victor Docê. Redução do gasto operacional em estado de tratamento de águas utilizando o PAC. In: SIMPÓSIO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 2009. Maringá. Brasil. **Resumos**. Maringá-PR, 2009.

CORAL, Lucila. A; BERGAMASCO, Rosangela; BASSETTI, F. J. Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. In: KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE, 2, 2009. São Paulo, Brasil. **Anais do International Workshop Advances in Cleaner Production**. Maio, 2009. 9p.

COSTA, Erick Gustavo Correa, **Estudo comparativo de clarificação de água bruta submetida a tratamento com cloreto de polialumínio e sulfato de alumínio**. 2011. 44p. Trabalho de conclusão de curso – Fundação Educacional do Município de Assis, Assis – SP, 2011.

DOWNING, Douglas; CLARK, Jeffrey. **Estatística Aplicada**. 3 ed. Tradução de Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.

DRUZIAN, Isabel; MENEZES, Jeane Denise de Souza; PADILHA, Francine Ferreira; SOUZA, Roberto Rodrigues. Produção Biotecnológica de goma xantana em alguns

resíduos agroindustriais caracterização e aplicação. **Revista Elet. Em Gestão, Educação e Tecnologia**, v.8, n. 8, set/dez, 2012. p. 1761-1776.

FÁVERE, Valfredo Tadeu; SENS, Mauricio Luis; SPINELLI, Viviane Aparecida. Quitosana, polieletrólito natural para o tratamento de água potável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2012. Florianópolis. **ABES – Trabalhos Técnicos**, Santa Catarina, 2012. p. 1-16.

FILHO, D'artagnam Gomes Nascimento; PEREIRA, Adelmo Gomes. Remoção de Ferro em águas de abastecimento, maximização da eficiência dos processos oxidativos, seguidos de filtração direta-condicionantes e resultados práticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande - MS. **Sanitária e Ambiental**. Setembro, 2005. p. 1-7.

FOGAÇA, Jennifer. **Separação de misturas e simulação de tratamento de água**. Disponível em: <<http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/separacao-misturas-simulacao-tratamento-Agua.htm>>. Acesso em: 05 set. 2016.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã**. Disponível em: [http://webmail.cnpma.embrapa.br/down\\_hp/464.pdf](http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf). Acesso em: 08 nov. 2015.

GUIMARÃES, Patrícia Sales. **Tratamento de águas residuárias oriundas da purificação do biodiesel por coagulação empregando sulfato de alumínio e quitosana: Avaliação preliminar**. 2013. 78p. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Civil e Ambiental – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

HOLANDA, J. N. F; MACHADO, S. Q, OLIVEIRA, E. M. S. Caracterização de resíduos (lodo) proveniente de estação de tratamento de águas visando sua utilização em cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v.50, 2004. p. 324-330.

KOWATA, Akemi; RIBEIRO, José Tarcísio; TELLES, Dirceu D' Alkimin. Estudo da influência da turbidez e cor declinantes sobre a coagulação de água de abastecimento no

mecanismo de adsorção de cargas. In: FATEC ARTICLES, São Paulo, Brasil. **RESUMOS**. São Paulo, 2010.

LACERDA, Mauro Roberto de Souza; MARQUES, Silvia Fernandes de Sales; BRANDÃO, Cristina Celia Silveira. A influência do pH de coagulação e do tempo de floculação por ar dissolvido de águas de baixa turbidez e com presença de algas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2, 2006. Brasília, Brasil. **Resumos**. Brasília, 2006.

LAGE, Fernanda; NOGUEIRA, Marcos Gomes; FORESTI, Miriam Celi Porto. **A importância do tema água doce no ensino fundamental: Uma proposta de aulas teórico-práticas**. Disponível em: [www.unesp.br/prograd/aimportanciadotemaaguadoce.pdf](http://www.unesp.br/prograd/aimportanciadotemaaguadoce.pdf). Acesso em: 09 set. 2015.

LEME, Francilio Paes. **Teoria e Técnicas de Tratamento de Água**, 2 ed. Rio de Janeiro: Editora ABES (Associação Brasileira de engenharia Sanitária e Ambiental, 1990).

LOPES, Bruno Vanconcellos. **Eficiência de Coagulantes na Remoção de Diferentes Concentrações de Ferro e Manganês para ETA Terras Baixas**. 2014. 52p. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Engenharias – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

MADEIRA, Vivian Stumpf. **Desenvolvimento de um carvão adsorvente para remoção de íons ferro em águas naturais**. 2003. 89p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2003.

MATOS, Antonio. T; CABANELLAS, Cláudia. F. G; CECON, Paulo. R; BRASIL, Mozart. S; MUDADO, Cláudio. S. Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. In: ENGENHARIA AGRICOLA, 2, 2007, Jaboticabal, **SciELO**, v.27, maio/ago. p. 544-551.

NETTO, José de Azevedo; RICHTER, Carlos. **Tratamento de Água**. 2000.

NICOLETTI, Elenizi Rangel. **Explorando o tema água através de diferentes abordagens metodológicas no ensino fundamental**. 2013. 94p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

NOVAIS, Elisângela da Silva. **Utilização de polímeros catiônicos e aniônicos no tratamento de efluentes**. 2012. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Polímeros – Faculdade De Tecnologia de Sorocaba, Sorocaba, 2012.

OLIVEIRA, Daniela Alves; FREITAS, Diogo Macedo; SCHMIDT, Gilda. **Avaliação do teor de ferro em águas subterrâneas de alguns poços tubulares, no plano diretor de Palmas-TO**. Tocantins, 2008. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org>>. Acesso em: 18 out. 2016.

PAIVA, Vanessa Moreira Nunes. **Resíduos Agroindustriais para Produção de Goma Xantana**. 2014. 48p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

PAVANELLI, Gerson. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. 233p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PIGATTO, Gisele. **Irradiação UV em xanthomonas campestris PV. Campestris visando a produção de goma xantana**. 2008. 78p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Julio de Mesquita Filho – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2008.

PIVELI, Roque Passos. **Características físicas das águas: cor, turbidez, sólidos, temperatura, sabor e odor**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br>>. Acesso em: 18 out. 2017.

RAMOS, Bethania Felix Miranda. **Produção de goma xantana em água produzida da indústria de petróleo**. 2011. 51p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação

em Engenharia Industrial – Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica. Salvador, 2011.

RITTER, Cintia Maria. **Estudo da utilização de polímeros naturais *Abelmoschus esculentus* (L.) moench (malvaceae) e *Moringa oleifera* lam (moringaceae) no tratamento de água de abastecimento.** 2013. 52p. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

RODRIGUES, Elisângela Garcia Santos. **Caracterização e tratamento do efluente de lavagem em empresas de reciclagem de plásticos para fins de recursos.** 2013. 88p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

ROSALINO, Melanie Roselyne Rodrigue. **Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano.** 2011. 85p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2011.

São Paulo Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes.** – São Paulo : SEE, 2010.

SANTOS, Alexandre Rosa. **A água na natureza e o ciclo hidrológico.** Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: <[WWW.mundogeomatica/ufes/dptdegeografia/climatologia.com](http://WWW.mundogeomatica/ufes/dptdegeografia/climatologia.com)>. Acesso em: 09 set. 2015.

SCARIOTTO, Mônica Carminate. **Estudo da goma xantana como auxiliar no processo de floculação em tratamento de água para abastecimento.** 2013. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

SCORSAFAVA, Maria Anita; SOUZA, Arlete; STOFER, Monica; NUNES, Claudete Azevedo; MILANEZ, Thais Valeria. Avaliação físico química da qualidade de água de poços e minas destinadas ao consumo humano. **Revista Instituto Adolfo Luiz**, v.69, n.2, abr/jun, 2010. p. 1-10.

SCURACCHIO, Paola Andressa. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos –SP**. 2010. 57p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2010.

SILVA, Juliane da Silva. **Estudo da utilização de polímeros naturais como auxiliares de floculação no tratamento de águas para fins industriais**. 2012. 112p. Dissertação (Pós-Graduação) - Engenharia Química – Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

SORAIA, Sora. **Tratamento de água**. Disponível em:<  
<http://sorasoraia.pot.com.br/2015/10/tratamento-de-agua.html>>. Acesso em 05 set. 2016.

TORRALBO, Daniele. **A água no ensino: A visão de pesquisadores e de professores de química**. 2009. 141p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.