

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

ALINE RUTH SCHMIDT

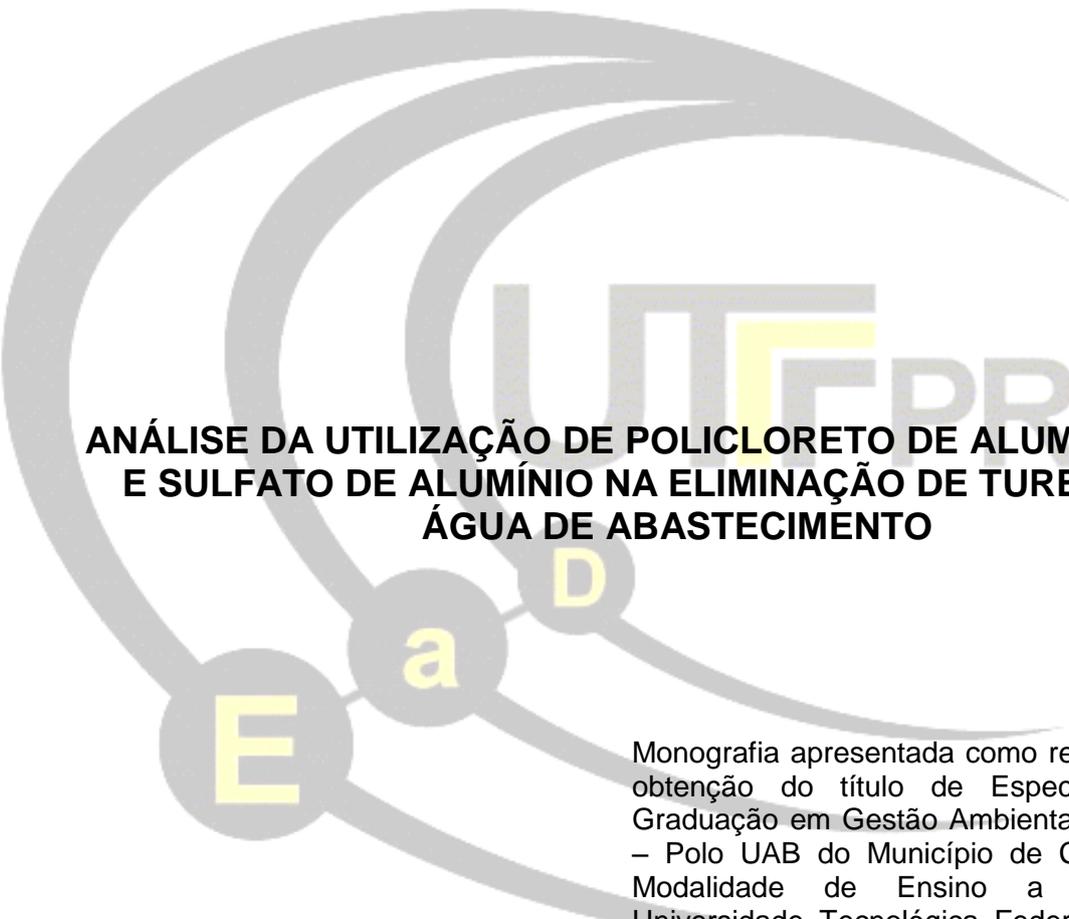
**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE POLICLORETO DE ALUMÍNIO (PAC)  
E SULFATO DE ALUMÍNIO NA ELIMINAÇÃO DE TURBIDEZ DE  
ÁGUA DE ABASTECIMENTO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2014

ALINE RUTH SCHMIDT



**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE POLICLORETO DE ALUMÍNIO (PAC)  
E SULFATO DE ALUMÍNIO NA ELIMINAÇÃO DE TURBIDEZ DE  
ÁGUA DE ABASTECIMENTO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios – Polo UAB do Município de Concórdia - SC, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. Me. Fábio Orssatto.

EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA

MEDIANEIRA

2014



## TERMO DE APROVAÇÃO

Análise da Utilização de Policloreto de Alumínio (PAC) e Sulfato de Alumínio da Eliminação de Turbidez de Água de Abastecimento.

Por

**Aline Ruth Schmidt**

Esta monografia foi apresentada às **14:00h** do dia **25 de Outubro de 2014** como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios – Polo de Concórdia, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

---

*Prof. Me. Fábio Orssatto*  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(orientador)

---

*Prof. Me. Elias Lira dos Santos Junior*  
UTFPR – Câmpus Medianeira

---

*Prof. Dr. Laercio Mantovani Frare*  
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

Dedico a meus pais, a meu noivo, a todos que me apoiaram, e especialmente a meu falecido animal de estimação, Lemmy, que por muitas vezes foi minha companhia enquanto escrevia este trabalho. Saudades...

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos que, direta ou indiretamente, me ajudaram com mais esta conquista.

Primeiramente a meus pais, amigos e, especialmente, a meu noivo, Bruno Ribeiro, que sempre esteve (ainda está, e espero que saiba que a recíproca é verdadeira) lá quando precisei.

Ao meu orientador, professor Me. Fábio Orssatto, pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa. Também um agradecimento especial a todos os professores do curso, aos tutores, enfim, a equipe é maravilhosa, eu não poderia estar melhor amparada.

À Companhia de abastecimento da cidade (CASAN), que contribuiu com tudo o que precisei para a realização desta pesquisa, esclarecendo dúvidas e tendo paciência para lidar com meus milhares de pedidos.

Obrigada, de coração, aos que me emprestaram livros, conhecimento ou apenas me ouviram falar sobre este trabalho durante o ano de 2014. E que a jornada continue!

## RESUMO

SCHMIDT, Aline Ruth. Análise da Utilização do Policloreto de Alumínio (PAC) e Sulfato de Alumínio na Eliminação de Turbidez de Água de Abastecimento. 2014. 42p. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eliminação de turbidez por meio dos coagulantes Sulfato de Alumínio e PAC em uma ETA convencional. Para tal, avaliaram-se os dados de água bruta e tratada coletados juntamente com o laboratório da Companhia de Abastecimento local, além de um acompanhamento pelo período de aproximadamente 2 (dois) meses da turbidez remanescente da mesma água. Os resultados mostraram que ambos os coagulantes são eficientes, quando utilizados de maneira correta, alcançando uma eliminação de turbidez de 96% e 99%, para o Sulfato de Alumínio e para o PAC, respectivamente. Entretanto, analisando-se a turbidez residual por um período maior, observou-se que a qualidade da água tratada varia consideravelmente, sendo que em alguns momentos extrapolou o limite estabelecido em legislação para este parâmetro ( $\leq 1,00$  UNT). Acredita-se que isso se deva a alguns problemas operacionais da ETA, principalmente no que diz respeito ao local de mistura hidráulica, coagulação, floculação e filtros, da variação de qualidade e vazão da água bruta, o que demanda uma nova dosagem do produto, além da presença de ar na ETA (vindo da captação) em alguns momentos. Por fim, conclui-se que os coagulantes funcionam de forma satisfatória, quando administrados de forma correta, contudo, alguns problemas operacionais podem estar comprometendo a qualidade da água tratada.

**Palavras-chave:** Tratamento de água. Floculação. Coagulante químico. Potabilidade.

## ABSTRACT

SCHMIDT, Aline Ruth. Analysis of the application of Poly Aluminium Chloride (PAC) and Aluminium sulfate at removing turbidity of public water supply. 2014. 42p. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

This research aims to evaluate the turbidity removal of the coagulants Aluminum Sulfate and PAC, in a conventional drinking-water treatment plant. For this proposal, were evaluated the data of raw and treated water, which was collected in the supply company's laboratory, plus a monitoring, in a period of 2 months, of the water's remaining turbidity. The results showed that both coagulants are effective, when used correctly, achieving a turbidity removal of 96% and 99% for the aluminum sulfate and PAC, respectively. However, analyzing the residual turbidity, for a longer period, it was observed that the treated water's quality ranged considerably and, occasionally, overstepped the legal limit ( $\leq 1,00\text{NT}$ ). It's believed that this is due by some drinking-water treatment operational problems, specially in the hydraulic mixing, coagulation, flocculation and filters, raw water's variation of quality and input flow, which requires a new coagulant dose, besides the presence of iron in the systems in a few moments. It's concluded that the coagulation works correctly when administered correctly. However, some operational issues may compromise the treated water's quality.

**Keywords:** Water treatment. Flocculation. Chemical coagulant. Potability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma típico de tratamento convencional de água/efluente. ....	14
Figura 2. Localização da Estação de Tratamento de Água da cidade de Concórdia (em vermelho). ....	29
Figura 3. Turbidímetro Digimed DM-TU. ....	31
Figura 4. Gráfico comparativo de água bruta e tratada para os coagulantes Sulfato de Alumínio e PAC. ....	33
Figura 5. Valores de Turbidez da água tratada para o coagulante Sulfato de Alumínio. ....	34
Figura 6. Floculadores hidráulicos da ETA (imagens provenientes de períodos diferentes). ....	35
Figura 7. PAC líquido puro. ....	36
Figura 8. Valores de Turbidez da água tratada para o coagulante PAC. ....	37
Figura 9. Decantadores da ETA (após reforma). ....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição Físico-química do Sulfato de Alumínio Granulado.....	22
Tabela 2. Composição Físico Química do Cloreto Férrico. ....	24
Tabela 3. Composição Físico Química do PAC.....	25
Tabela 4. Comparação das características básicas entre o sulfato de alumínio e o PACL.....	25
Tabela 5. Composição química e física do sulfato férrico granulado. ....	26

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 ASPECTOS GERAIS DA ÁGUA .....	12
2.1.1 Propriedades da Água.....	12
2.1.2 Água de Abastecimento .....	13
2.2 TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO .....	14
2.2.1 Coagulação .....	14
2.2.2 Floculação .....	15
2.2.3 Sedimentação e/ou flotação .....	15
2.2.4 Filtração.....	16
2.2.5 Desinfecção.....	16
2.2.6 Fluoretação .....	17
2.3 CARACTERÍSTICAS A SEREM CONSIDERADAS NA ÁGUA DE ABASTECIMENTO.....	17
2.3.1 Características biológicas.....	17
2.3.2 Características físicas e organolépticas .....	18
2.3.3 Características químicas .....	19
2.4 PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS COMO COAGULANTES NO TRATAMENTO DE ÁGUA.....	21
2.4.1 Sulfato de alumínio.....	22
2.4.2 Cloreto férrico .....	23
2.4.3 Policloreto de alumínio (Hidroxicloreto de Alumínio/PAC).....	24
2.4.4 Sulfato férrico .....	26
2.5 LEGISLAÇÃO PERTINENTE .....	26
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	29
3.1 LOCAL DA PESQUISA .....	29
3.2 TIPO DE PESQUISA.....	30
3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	30
3.4 ANÁLISES DOS DADOS .....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	39
REFERÊNCIAS.....	40

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a água é uma das substâncias mais importantes existentes no planeta, indispensável à manutenção da vida e com os mais diversos usos. Contudo, sua disponibilidade é extremamente limitada, principalmente no que diz respeito à água doce, que constitui uma pequena parcela da porção total existente.

Antes de chegar à população, a água deve passar por uma série de etapas nas Estações de Tratamento de Água (ETA), a fim de garantir sua potabilidade. Uma destas etapas, e talvez a mais importante, é a coagulação, onde, por meio da adição de um agente químico, tem-se a aglomeração de partículas e posterior decantação das mesmas, diminuindo a turbidez da água e garantindo o atendimento ao padrão exigido pela legislação.

Existem vários tipos de coagulantes disponíveis no mercado, dentre eles destacam-se: o sulfato de alumínio (amplamente mais utilizado), o cloreto férrico, o Policloreto de alumínio (em plena popularização) e o sulfato férrico. Na escolha do coagulante, deve-se levar em consideração o tipo de sistema com que se está trabalhando, além das características da água bruta e ambientais.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a remoção de turbidez de dois destes coagulantes: o sulfato de alumínio e o Policloreto de alumínio, sendo que, o último foi adotado como substituinte ao primeiro da ETA da Companhia de abastecimento da cidade de Concórdia. Além disso, paralelamente, pretende-se analisar como as condições físicas da ETA afetam a remoção de turbidez, bem como os pontos positivos e negativos de cada coagulante utilizado no tratamento.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Seguem alguns conceitos importantes com relação a águas de abastecimento, bem como aspectos relevantes ao processo de tratamento da mesma.

### **2.1 ASPECTOS GERAIS DA ÁGUA**

A água é o elemento fundamental para a manutenção da vida, seja para consumo, irrigação agrícola, produção de bens de consumo, alimentos, energia elétrica e, até mesmo, para o lazer.

Para tal, a mesma deve obedecer a determinados padrões, a fim de garantir uma água de qualidade para a população, uma vez que a crescente expansão demográfica e industrial observada nas últimas décadas trouxe como consequência o comprometimento das águas dos rios, lagos e reservatórios (DA SILVA, LAURIA, 2006).

Apesar de estar distribuída por todo o planeta, sua grande maioria é salgada. Segundo dados publicados pelo Jornal Folha de São Paulo em 1999, cerca de 97,5% é salgada, 2,49% encontra-se em geleiras ou é de difícil acesso e apenas 0,007% é doce e de fácil acesso. O estoque de água potável disponível no planeta é de 12,5 mil km<sup>3</sup>, sendo que 12% da água doce se encontra no Brasil. A cada dia são mais frequentes reclamações por falta de água e casos de doenças de veiculação hídrica, pelo simples erro no manejo deste recurso.

#### **2.1.1 Propriedades da Água**

A água é formada por um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio. Os hidrogênios estão unidos ao oxigênio por meio de ligação covalente, formando estrutura com forma angular. Trata-se de uma molécula extremamente polar, o que lhe confere a característica de ser um ótimo solvente. Em seu estado natural mais

comum é um líquido transparente, sem sabor e odor, mas que assume a cor azul-esverdeada em lugares profundos. As temperaturas de fusão e ebulição à pressão de 1 atm são, respectivamente, de 0°C e 100°C, muito superiores às de fusão e de ebulição de outros compostos. É estável, e não se decompõe em seus elementos até uma temperatura de 1.300°C. Reage com os metais alcalinos (Li, Na, K, Rb e Cs) formando base e despreendendo hidrogênio; com alguns óxidos metálicos para formar hidróxidos e com os não-metálicos para formar ácidos (DI BERNARDO, et al, 2002 *apud* DA SILVA E LAURIA, 2006).

Trata-se, segundo Richter e Netto (1991), de uma substância muito complexa, pois, sendo solvente universal, até hoje não se sabe ao certo seu estado de absoluta pureza. Quimicamente sabe-se que, mesmo livre de impurezas, a água é a mistura de pelo menos 33 substâncias.

### **2.1.2 Água de Abastecimento**

Entende-se por água de abastecimento, toda água potável destinada ao abastecimento de uma cidade. Esta água, como já dito anteriormente, deve obedecer a certos padrões de qualidade e potabilidade estabelecidos em legislação.

Segundo d'Aguila et. al (2000):

O propósito primário para a exigência de qualidade da água é a proteção à saúde pública. Os critérios adotados para assegurar essa qualidade têm por objetivo fornecer uma base para o desenvolvimento de ações que, se propriamente implementadas junto à população, garantirão a segurança do fornecimento de água através da eliminação ou redução à concentração mínima de constituintes na água conhecidos por serem perigosos à saúde.

A eliminação de turbidez da água constitui uma das principais medidas que, juntamente com a desinfecção garantirão uma água de qualidade para a população. A Portaria Nº 2914/11, do Ministério da Saúde, estabelece uma turbidez máxima de 2,0 uT para águas filtradas por filtração lenta, e 1,0 uT para aquelas de filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta), sendo que é obrigatória a manutenção de no mínimo 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro

residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

## 2.2 TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO

O processo convencional de água emprega a sedimentação com uso de coagulantes e é compreendido pelas seguintes etapas: Coagulação, Floculação, Decantação/Flotação, e Filtração para a Clarificação da água, seguida da Correção do pH (se necessário), Desinfecção e Fluoretação (BOTERO, 2009 *apud* FRANCISCO et. al, 2011).

A figura a seguir mostra um fluxograma com as etapas básicas de um tratamento convencional de água e efluentes, segundo Da Silva, et. al. (2011).

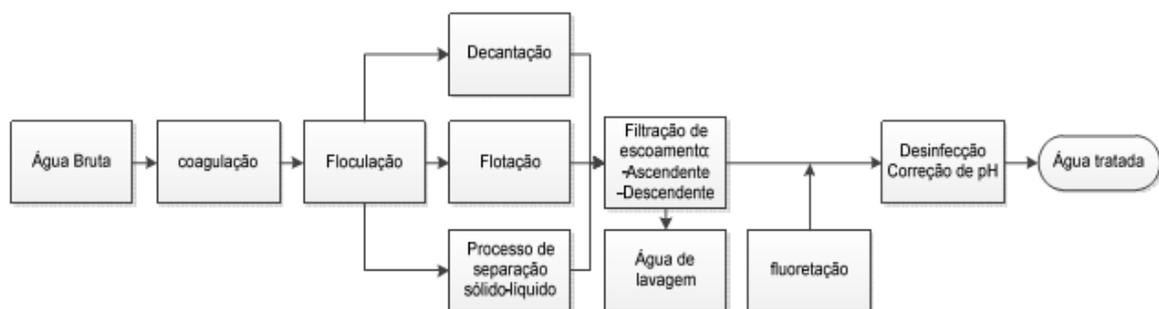


Figura 1. Fluxograma típico de tratamento convencional de água/efluente.

### 2.2.1 Coagulação

Consiste nas reações das impurezas presentes na água com os compostos hidrolisados formados pela adição de agentes coagulantes. Segundo Baumann (1971) a coagulação é o efeito produzido pela adição de um produto químico sobre uma dispersão coloidal, resultando na desestabilização das partículas através da redução das forças que tendem a manter as mesmas afastadas.

A coagulação depende fundamentalmente das características da água e das impurezas presentes conhecidas através de parâmetros como pH, alcalinidade, cor verdadeira, turbidez, temperatura, mobilidade eletroforética, força iônica, sólidos

totais dissolvidos, tamanho e distribuição de tamanhos das partículas em estado coloidal e em suspensão, etc (DI BERNARDO, 1993 *apud* DOS SANTOS, 2011)

Heller e Padua (2006) citados por Francisco et al (2011), afirmam que o pH e a dosagem do agente coagulante são extremamente importantes na eficiência da coagulação, já que cada produto químico empregado com a finalidade de promover a coagulação apresenta uma faixa ótima de pH e a simples elevação da dosagem não garante uma eficiência maior. Portanto, o devido controle dos processos envolvidos nessa etapa do tratamento, permite obter maiores eficiências com menor volume de produtos químicos.

### **2.2.2 Floculação**

A floculação depende essencialmente do pH, da temperatura, da quantidade de impureza (FRANCISCO et al; 2011)

Segundo Furlan (2008) *apud* Da Silva et. al. (2011), é um processo no qual as partículas coloidais são colocadas em contato umas com as outras, permitindo o aumento do seu tamanho físico e alterando, desta forma, a sua distribuição granulométrica.

Nas ETAs a floculação pode ocorrer de forma hidráulica ou mecânica. Embora a floculação hidráulica apresente menor custo de construção e manutenção e maior simplicidade de operação, ela não possui a flexibilidade quanto à alteração dos valores de gradientes de velocidade média, o que pode tornar inadequada a sua aplicação em ETAs em que a água bruta apresenta, sazonalmente, grande variação de qualidade (HELLER, PÁDUA, 2006 *apud* FRANCISCO ET AL, 2011).

### **2.2.3 Sedimentação e/ou flotação**

Sedimentação é o fenômeno físico em que as partículas em suspensão apresentam movimento descendente em meio líquido de menor massa específica, devido à ação da gravidade, enquanto a flotação caracteriza-se pela ascensão das

partículas suspensas e pela aderência de microbolhas de ar às mesmas, tomando as de menor massa específica que o meio onde se encontram (DI BERNARDO, et al, 2002, *apud* DA SILVA E LAURIA, 2006).

#### **2.2.4 Filtração**

A filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais presentes na água que escoam através de um meio poroso. Nas ETA's, a filtração é um processo final de remoção de impurezas, principal responsável pela produção de água de qualidade (OMS, 2004).

Na filtração rápida descendente, com ação de profundidade, as impurezas são retidas ao longo do meio filtrante, diferentemente à de ação superficial, em que a retenção é significativa apenas no topo do meio filtrante. Após certo tempo de funcionamento, há a necessidade da lavagem do filtro, geralmente realizada por meio da introdução de água no sentido ascensional, com velocidade relativamente alta, para promover a fluidificação parcial do meio granular, com liberação das impurezas (DI BERNARDO, et al, 2002 *apud* DA SILVA, LAURIA, 2006).

#### **2.2.5 Desinfecção**

A desinfecção é realizada por meio de dois tipos de agentes: o físico e o químico. Dentre os agentes físicos estão: a luz solar, o calor e a radiação ultravioleta; já os agentes químicos englobam: o ozônio e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), permanganato de potássio ( $KMnO_4$ ), ácido peracético ( $C_2H_4O_3$ ), iodo, íons metálicos, ferratos, processos oxidativos avançados, dióxido de cloro, derivados clorados (orgânicos e inorgânicos) e bromo (MACEDO, 2007 *apud* FRANCISCO et. al, 2011).

O cloro e seus derivados ainda são os mais usualmente utilizados, principalmente devido ao seu baixo custo, quando comparado com os demais métodos. Segundo Di Bernando (2002) *apud* Dos Santos (2011), para obter uma maior eficiência de desinfecção usando o cloro, deve-se aplicá-lo na água com valores de pH menores que 7,0.

Francisco et al (2011), apoiado na literatura de Di Bernardo & Dantas (2005), afirma que para serem usados nas ETA's, os desinfetantes devem apresentar as seguintes características:

- Destruir microrganismos patológicos;
- Oferecer condições seguras de transporte, armazenamento, manuseio e aplicação na água;
- Determinar sua concentração na água, por meio de experimentos laboratoriais;
- Produzir residual persistente na água, assegurando sua qualidade contra eventuais contaminações nas diferentes partes do abastecimento;
- Não ser tóxico ao ser humano ou aos animais;

### **2.2.6 Fluoretação**

A fluoretação, que não é considerada uma forma de tratamento, corresponde à adição de flúor, em geral na forma de ácido fluossilícico, fluorsilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio, com a finalidade de prevenir a decomposição dos esmaltes dos dentes (HELLER, PADUA, 2007 *apud* FRANCISCO et al, 2011).

Esta etapa do tratamento, apesar de ser obrigatória nas ETA's brasileiras desde 1974, gera várias divergências entre especialistas, uma vez que a falta de controle e fiscalização pode ocasionar problemas de saúde relacionados a grande quantidade de flúor presente na água.

## **2.3 CARACTERÍSTICAS A SEREM CONSIDERADAS NA ÁGUA DE ABASTECIMENTO**

### **2.3.1 Características biológicas**

São determinadas por meio de exames bacteriológicos e hidrobiológicos. Quando coliformes totais ou fecais são detectados nas águas destinadas ao

consumo humano, devem ser tomados cuidados especiais com a escolha da tecnologia de tratamento, por haver relação íntima entre turbidez e número de coliformes nos efluentes. Resumidamente, quanto menor a turbidez da água filtrada, menor o número de coliformes, o que contribui para melhorar a eficiência da desinfecção. As algas também podem causar sérios problemas operacionais nas ETA's, flotando nos decantadores e sendo carregadas para os filtros, obstruindo-os depois de poucas horas de funcionamento (DI BERNARDO, et al, 2002 *apud* DA SILVA e LAURIA, 2006).

### **2.3.2 Características físicas e organolépticas**

Tais características são determinantes na escolha do tipo de tratamento mais adequado a água, apesar de não serem tão significativas sob o ponto de vista sanitário. Sendo assim, destacam-se: turbidez, sabor e odor, temperatura e cor (aparente e verdadeira).

Turbidez: A American Public Health Association (1995) define turbidez como a expressão da propriedade óptica que faz a luz ser dispersa ou adsorvida em vez de ser transmitida em linha reta através de uma amostra. A turbidez das águas se deve à presença de partículas em suspensão e em estado coloidal, as quais podem representar muitos tamanhos, e pode ser causada por uma grande variedade de materiais, incluindo partículas de areia fina, silte, argila e microrganismos. As partículas de menor tamanho e com baixa massa específica são mais difíceis de ser removidas nas ETA's, por apresentarem menor velocidade de sedimentação (DI BERNARDO, 1993 *apud* DA SILVA, LAURIA, 2006).

Sabe-se que, quanto menor a turbidez da água produzida pela ETA, mais eficiente será sua posterior desinfecção. Para tal, a Portaria 2914/11, estabelece um valor máximo de 1,0 uT, sendo que o recomendado é que seja menor do que 0,5 uT.

Sabor e Odor: Normalmente, decorrem de matéria excretada por algumas espécies de algas e de substâncias dissolvidas, como gases, fenóis, clorofenóis e, em alguns casos, do lançamento de despejos nos cursos de água. A remoção dessas substâncias geralmente requer aeração, além da aplicação de um oxidante e de carvão ativado para a adsorção dos compostos causadores de odor e sabor (Di

Bernardo, et al, 2002 *apud* Da Silva, Lauria, 2006). Quantidades excedentes de cloro também podem conferir sabor e/ou odor característico a água, após sua desinfecção.

Temperatura: Juntamente com o pH, é muito importante no que diz respeito as reações químicas que rotineiramente acontecem nas ETA's.

A temperatura influi nas reações de hidrólise do coagulante, na eficiência da desinfecção, na solubilidade dos gases, na sensação de odor e sabor e, em especial, no desempenho das unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração. (Di Bernardo, et al, 2002 *apud* Da Silva, Lauria, 2006). Temperaturas mais amenas costumam ser ótimas para a ocorrência destes fenômenos, logo, no verão tem-se maior dificuldade no controle destes fenômenos, devido à alta das temperaturas.

Cor: Quando a medida de cor é feita com o sobrenadante de amostra de água centrifugada por 30 min, com rotação de 3000 rpm, ou de água filtrada em membrana de 0,45 micrômetro, obtém-se a cor verdadeira. Com a amostra de água em seu estado natural, tem-se a cor aparente, pois há interferência de partículas coloidais e suspensas, além de microrganismos (DI BERNARDO, 1993 *apud* DA SILVA, LAURIA, 2006). Geralmente, apenas esta ultima é feita rotineiramente nas ETA's.

Segundo Richter e Netto (1991), normalmente, a cor da água é devida a ácidos húmicos e fenólicos, que são originados da decomposição de vegetais, o que não representa risco a saúde. Em combinação com o ferro, a matéria orgânica presente pode produzir cor de uma intensidade ainda maior.

A cor é extremamente sensível ao pH da água, onde nota-se que, quanto menor o pH, maior o valor da cor verdadeira. Nas ETAs, em geral, são usados métodos de comparação visual ou espectrofotometria para determinar este parâmetro. A cor verdadeira é mais facilmente removida em valores de pH inferiores a 6 (DI BERNARDO, 1993 *apud* DA SILVA, LAURIA, 2006).

### **2.3.3 Características químicas**

As características químicas são de grande importância no ponto de vista sanitário, uma vez que a presença de alguns elementos ou compostos químicos pode inviabilizar o uso de certas tecnologias de tratamento e exigir outros mais específicos. Alguns parâmetros, como cloretos, oxigênio dissolvido ou consumido, nitritos e nitratos permitem avaliar o grau de poluição de uma fonte de água (Di Bernardo, et al, 2002 apud Da Silva, Lauria, 2006). Dentre os mais relevantes, seguem os mais usualmente testados.

pH (potencial hidrogeniônico): é utilizado para expressar a acidez de uma substância. Sua medição é muito importante numa ETA, uma vez que sua medida influi diretamente nas etapas de coagulação, filtração, desinfecção e controle de corrosão (pH ácido) ou incrustação (pH alcalino) no sistema.

Di Bernardo (1993), citado por Da Silva, Lauria (2006), afirma que a alcalinidade influi de forma direta na coagulação química, uma vez que os principais coagulantes primários comumente utilizados no Brasil (compostos por sais de alumínio e ferro) atuam como ácidos dipróticos (com dois H<sup>+</sup> disponíveis) em solução. Se a alcalinidade da água for baixa, poderá ser requerida a adição de um agente alcalinizante para ajuste do pH de coagulação, contudo, se a alcalinidade e pH forem relativamente altos, é provável que o sulfato de alumínio não seja o coagulante.

A Portaria 2914/11 estabelece um valor ótimo de pH entre 6,0 e 9,5 no sistema de distribuição (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

Dureza: A dureza está associada a incrustações em sistemas de água quente, podendo causar problemas sérios nos aquecedores em geral. Há também alguns estudos que relacionam a dureza da água com a incidência de doenças cardiovasculares e com o aumento do teor de colesterol. Na maioria dos casos, a dureza é decorrente do cálcio associado ao bicarbonato, o qual se transforma em carbonato (pouco solúvel) por aquecimento ou elevação do pH, tendo-se neste caso a denominada dureza temporária que pode ser eliminada nas estações de abrandamento por meio da adição de resinas específicas (DI BERNARDO, et al, 2002 apud DA SILVA, LAURIA, 2006).

Nitratos e Nitritos: Di Bernardo, et al (2002) citado por Da Silva, Lauria (2006), diz que os nitratos são uma das maiores fontes de íons naturais das águas, por outro lado, os nitritos não ocorrem nas águas em concentrações significativas.

Quando de origem orgânica, podem indicar contaminação recente (nitrogênio orgânico e amoniacal) ou remota (quando nitritos e principalmente nitratos são as formas de nitrogênio presentes). A presença de compostos amoniacais em águas que são desinfetadas pela ação do cloro pode dar origem a cloraminas, o que diminui o poder de desinfecção do composto clorado.

Oxigênio dissolvido e compostos orgânicos: Devido à baixa solubilidade do oxigênio, ele encontra-se em pequena quantidade na água ( $9,1 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $20^\circ\text{C}$ ) e é consumido em função da poluição presente na mesma. Esta poluição pode ser proveniente de compostos orgânicos dissolvidos.

Os constituintes orgânicos nas águas têm três origens principais: substâncias orgânicas naturais, atividades antrópicas e reações que ocorrem nas ETA's. No primeiro caso, têm-se as substâncias húmicas, microrganismos e seus metabólitos e hidrocarbonetos aromáticos, que, embora não sejam tóxicas aos seres humanos, algumas podem agir como precursores de formação de trihalometanos e outros compostos organo-halogenados, durante a desinfecção, se o cloro livre for utilizado na ETA. Substâncias orgânicas decorrentes de atividades antrópicas resultam do lançamento de águas residuárias sanitárias e industriais, tratadas ou não, do escoamento superficial urbano ou rural e do escoamento subsuperficial em solos contaminados. Indústrias dos mais diversos ramos fazem uso de alguns compostos que, dependendo da concentração, podem ser extremamente maléficos ao ser humano (DI BERNARDO, et al, 2002 *apud* DA SILVA, LAURIA, 2006).

## **2.4 PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS COMO COAGULANTES NO TRATAMENTO DE ÁGUA**

Os produtos químicos mais utilizados como coagulantes no tratamento de água são: sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ), Policloreto de alumínio (PAC) ( $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$ ) e sulfato férrico ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ). Os mesmos podem ser classificados em polieletrólitos (auxiliares de coagulação) e coagulantes metálicos (LEME, 1990 *apud* MAGNAN, 2010).

Ainda Segundo o autor, a diferença entre os coagulantes metálicos e os polímeros catiônicos está na sua reação hidrolítica com a água. Nos polieletrólitos,

as cadeias polimerizadas já estão formadas quando eles são adicionados no meio líquido, já nos coagulantes metálicos, a polimerização se inicia no contato com o meio líquido, vindo a seguir a etapa de adsorção dos coloides existentes no meio.

#### 2.4.1 Sulfato de alumínio

Segundo Pavanelli (2001), o Sulfato de Alumínio tem por fórmula química  $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$ , em que “n” representa aproximadamente 14 a 18 moléculas de água de cristalização. Quando anidro tem peso molecular aproximadamente igual a  $PM=342,16$ , e decompõe-se a temperatura de  $600^\circ C$  com desprendimento de anidrido sulfúrico.

Ainda segundo o autor, o Sulfato de Alumínio Líquido é fabricado a partir de hidrato de alumínio, onde se mantém um teor de água suficiente para impedir sua cristalização. É comercializado com 7 a 8% de alumina ( $Al_2O_3$ ), pois com teores acima de 8,26%, pode cristalizar. Atinge 48,4% de concentração quando em forma sólida, devido à água de constituição presente nas moléculas do produto. Se for de boa qualidade, não apresenta resíduos insolúveis, e é incolor.

A Tabela 1 apresenta a composição química do sulfato de alumínio.

**Tabela 1. Composição Físico-química do Sulfato de Alumínio Granulado.**

<b>TABELA DE COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA</b>	
Composição	Sulfato de Alumínio Granulado Ferroso
Fórmula Química	$Al_2(SO_4)_3$
Peso Molecular	342
Aparência	Grãos Brancos
Odor	Inodoro
Insolúveis (%)	Máx. 8
Óxido de Alumínio (%)	Min. 15
Óxido de Ferro (%)	Máx. 0,4
Ácido Livre (%)	Máx. 0.5

**FONTE: ARCSul Produtos Químicos.**

O sulfato de alumínio pode ser efetivo em águas com valores de pH entre 5,5 e 8,5, entretanto, o intervalo ótimo de pH está entre 6,8 e 7,5. Abaixo de um pH de

5,5 a alcalinidade da água é insuficiente para potencializar o sulfato de alumínio como agente coagulante, pois os íons alumínio tornam-se solúveis e não precipitam. Quando o pH está acima de 8,5 após a adição do sulfato de alumínio, os íons de alumínio tornam-se também solúveis e a eficiência da coagulação baixa. A fim de regular a alcalinidade presente no meio, utilizam-se substâncias alcalinizantes, como cal e carbonato de sódio (ROSALINO, 2011)

Os flocos resultantes da coagulação com sulfato de alumínio são essencialmente de natureza inorgânica, portanto, o lodo não é biodegradável, dificultando sua disposição final. Além disso, o mesmo é gelatinoso e volumoso (SANTOS FILHO & SANTA RITA, 2002 *apud* DA SILVA et. al, 2011).

#### **2.4.2 Cloreto férrico**

Segundo Pavanelli (2001):

A reação a quente do ácido clorídrico, concentrado com o minério de ferro (hematita- $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), seguido de resfriamento e filtração, proporciona a produção de cloreto férrico com elevado índice de pureza. A concentração final do produto resulta da combinação entre variáveis do processo produtivo e a temperatura ambiente mínima das regiões de aplicação. Determinou-se uma concentração de ordem de 40% em peso de  $\text{FeCl}_3$ , garantindo-se assim que o produto manterá suas características físicas em qualquer região do país.

O autor ainda destaca que a utilização do cloreto férrico diminui drasticamente a turbidez e a DBO da água que se deseja tratar, além de fosfatos e uma boa parte de metais pesados, como mercúrio e chumbo, ou venenosos (arsênio, selênio, bário), quando a coagulação é realizada em valores elevados de pH.

Na Tabela 2 estão descritas algumas propriedades do cloreto férrico.

**Tabela 2. Composição Físico-Química do Cloreto Férrico.**

<b>TABELA DE COMPOSIÇÃO FÍSICO QUÍMICA</b>	
Fórmula Química	FeCl <sub>3</sub>
Massa Molecular (g)	270,35
Massa Específica (20°C) Kg/L	1,428
Concentração (peso)	39,30%

**FONTE: PAVANELLI (2001).**

### 2.4.3 Policloreto de alumínio (Hidroxiclreto de Alumínio/PAC)

O PAC, na maioria dos casos, tem se mostrado um coagulante superior ao Sulfato de Alumínio. No que diz respeito à eliminação das substâncias coloidais, sua eficácia é 1,5 e 2,5 vezes superior em igualdade de dosagem em íon Al<sup>3+</sup> à dos outros sais de alumínio mais utilizados (PAVANELLI, 2001).

A principal vantagem deste tipo de coagulantes é funcionarem eficientemente numa ampla gama de pH e temperaturas da água. Apesar de serem mais custosos e menos sensíveis em águas com baixas temperaturas, são necessárias menores quantidades para alcançar os objetivos pretendidos, além de serem produzidas menores quantidades de residuais químicos, incluindo de cloretos ou sulfatos e metálicos (ROSALINO, 2011).

Pavanelli (2001) também ressalta o fato do Hidróxicloreto de Alumínio ser um sal de Alumínio pré-polimerizado, de fórmula bruta Al<sub>n</sub>(OH)<sub>m</sub>Cl<sub>3-n-m</sub>, na qual a relação  $m/3n \times 100$  representa a basicidade do produto. Em função desta basicidade, durante a hidrólise, o produto libera, em igualdade de dosagem de íons metálicos, uma quantidade de ácido consideravelmente menor do cloreto de alumínio e dos coagulantes tradicionais (sulfato de alumínio e cloreto férrico). Isso provoca uma menor variação do pH do meio tratado ou um menor consumo de neutralizante para reconduzir o pH ao seu valor original, sendo que as vezes torna esta etapa desnecessária. O PAC também apresenta vantagens relacionadas a floculação da água bruta, devido ao seu estado pré-polimerizado.

A Tabela 3 apresenta algumas características do PAC.

**Tabela 3. Composição Físico-Química do PAC.**

TABELA DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA	
Densidade Relativa	1,254 g/cm <sup>3</sup>
Alumina	10,39%
Basicidade	64,29%
pH a 100%	2,5
Ferro	36,20mg/kg
Aspecto	Líquido/Límpido/Viscoso
Cor	Âmbar claro a amarelado

**FONTE: Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).**

Segue uma comparação dos parâmetros mais relevantes entre o sulfato de alumínio e o PAC.

**Tabela 4. Comparação das características básicas entre o sulfato de alumínio e o PACL.**

Parâmetro	Sulfato de Alumínio	PACL
<b>Temperatura</b>	Afeta a hidrólise do sulfato de alumínio e consequente produção de complexos hidroxilos de carga positiva, que são essenciais para a desestabilização das impurezas coloidais presentes na água bruta.	Tem menor impacto, uma vez que este coagulante apresenta formas pré-polimerizadas de alumínio.
<b>pH</b>	O intervalo de pH controla que espécie da hidrólise do alumínio irá ser formada.	É esperado menor impacto, uma vez que este coagulante apresenta formas pré-polimerizadas de alumínio.
<b>Espécies de Al</b>	Complexos de monômeros hidroxilos com carga catiônica variando entre +1 e +3.	Formas de monômeros e polímeros de Al. Al <sub>13</sub> (+7) polinuclear estão presentes em grandes concentrações.
<b>Cinética</b>	Mais lenta.	Mais rápida.

**FONTE: ZOUBOULIS et al., 2008 apud ROSALINO, 2011.**

Neste estudo, Zouboulis et al. (2008), concluem que o PAC é um coagulante ligeiramente superior ao sulfato de alumínio quando utilizado em ETAs convencionais (com todas as etapas de tratamento). Mostraram-se necessárias

doses menores de PAC para alcançar resultados de turbidez residual semelhantes, além de o PAC produzir menos lodo e atuar numa faixa de pH mais ampla.

#### 2.4.4 Sulfato férrico

Suas reações envolvem neutralização de cargas, e formação de hidróxidos insolúveis de ferro. Devido à baixa solubilidade dos hidróxidos férricos, eles podem agir sobre uma ampla faixa de pH, assim como o Policloreto de Alumínio. Durante a coagulação, a formação de flocos é mais rápida, devido ao alto peso molecular comparado ao alumínio, logo, os flocos são mais densos, e o tempo de sedimentação é menor. Comparado com sulfatos, os cloretos férricos têm baixo consumo de alcalinidade, o que ocasiona uma menor redução de pH. O sulfato férrico é disponibilizado no mercado de forma granular ou líquida (PAVANELLI, 2001).

A Tabela 4 apresenta a composição físico-química do sulfato férrico granulado.

**Tabela 5. Composição química e física do sulfato férrico granulado.**

PROPRIEDADES FISICO-QUIMICAS	
Fe (total) [Fe III]	21 ± 1%
Ferro Ferroso [Fe II]	Máximo 1%
Aparência	Grânulos amarelo acinzentados
Acidez Livre	≤ 1,5%
Tamanho das partículas	D <sub>50</sub> 2 a 3mm
Angulo de repouso	37°
Fórmula do sulfato férrico sólido	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . nH <sub>2</sub> O com 7 ≤ n ≤ 9

**FONTE: PAVANELLI (2001).**

## 2.5 LEGISLAÇÃO PERTINENTE

Segue, resumidamente, a legislação pertinente no que diz respeito ao tratamento de águas no Brasil.

- MINISTÉRIO DA SAÚDE PORTARIA N. 2914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011: Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.



### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada analisando dados coletados na Estação de Tratamento de Água da Companhia de abastecimento da cidade (CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento), localizada no Bairro Floresta, na cidade de Concórdia, estado de Santa Catarina (Figura 2). O local fica próximo do Centro da cidade, e abastece a maioria da população.



Figura 2. Localização da Estação de Tratamento de Água da cidade de Concórdia (em vermelho).

FONTE: Google Maps (2014).

O Tratamento é convencional, ou seja, na ETA, a água bruta (provinda dos Rios Jacutinga e Suruví) passa por etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção (cloro gás) e fluoretação (ácido fluossilícico), não havendo necessidade de correção de pH.

O controle operacional dos parâmetros relevantes (Sabor/Odor, pH, Cor aparente, Turbidez, Cloro e Flúor residual) é realizado a cada duas horas pelo Operador da Estação de Tratamento de Água. O tratamento é feito 24 horas por dia, 7 (sete) dias por semana, sem interrupções.

### **3.2 TIPO DE PESQUISA**

Para a realização do presente trabalho, utilizou-se a modalidade de pesquisa denominada “estudo de caso”.

Para Goode e Hatt (1979), citados por Ventura (2007):

“O estudo de caso é um meio de organizar os dados, preservando do objeto estudado o seu caráter unitário. Considera a unidade como um todo, incluindo o seu desenvolvimento (pessoa, família, conjunto de relações ou processos etc.). Vale, no entanto, lembrar que a totalidade de qualquer objeto é uma construção mental, pois concretamente não há limites, se não forem relacionados com o objeto de estudo da pesquisa no contexto em que será investigada. Portanto, por meio do estudo do caso o que se pretende é investigar, como uma unidade, as características importantes para o objeto de estudo da pesquisa.”

Os números referentes aos parâmetros foram apenas analisados e comparados com a bibliografia e legislação pertinente, sem a manipulação de condições ambientais que poderiam interferir nos resultados.

### **3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS**

Os dados foram coletados diretamente no banco de dados da empresa, sendo que a obtenção dos mesmos foi feita pela equipe técnica do Laboratório Regional de Chapecó, responsável pela análise da água bruta e tratada do município.

As amostras foram coletadas segundo a Norma ABNT NBR 9898:1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, que fixa as condições exigíveis para a coleta e a preservação de amostra e de efluentes líquidos domésticos e industriais e de amostra de água, sedimentos e organismo aquático dos corpos receptores interiores superficiais.

A coleta foi feita uma vez por mês para a água bruta (proveniente dos Rios Suruví e Jacutinga, misturadas na entrada do tratamento) e, para a tratada, duas vezes por semana, através de uma torneira acoplada á caixa que aparece na Figura 3, na ETA da cidade de Concórdia – SC.

Chegando ao laboratório, as amostras foram imediatamente analisadas, através de método denominado “Nefelométrico”, que se baseia na diminuição da intensidade pela difração da luz (DA SILVA, 2010).

Primeiramente, a amostra foi homogeneizada. Em seguida, lavou-se a cubeta a ser utilizada para a leitura por duas vezes com a amostra. Posteriormente, preencheu-se a cubeta com a amostra, até a marcação indicada na mesma (cerca de 10mL), e procedeu-se com a leitura no aparelho (Turbidímetro Digimed DM-TU - 0 a 1000 UNT) (Figura 3).



**Figura 3. Turbidímetro Digimed DM-TU.  
FONTE: Site da empresa Digimed (2014).**

### 3.4 ANÁLISES DOS DADOS

Os dados foram analisados fazendo uma comparação entre a turbidez da água bruta e tratada coletadas num mesmo dia para análise.

Também analisou-se a turbidez da água tratada pelo período de um mês para cada coagulante.

Para tal, gráficos e tabelas comparativas foram utilizadas a fim de verificar se a remoção de turbidez foi satisfatória (como “satisfatória” entende-se “obedecer à legislação específica vigente”), bem como a comparação entre os dados provindos dos dois coagulantes (sulfato de alumínio e PAC).

Levou-se em consideração o quanto de turbidez conseguiu ser removida durante o tratamento, bem como outros fatores que poderiam influenciar este parâmetro (características físicas, químicas e biológicas da água, bem como condições ambientais).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segue o gráfico comparativo dos dois períodos de tempo analisados para cada coagulante (Figura 4).

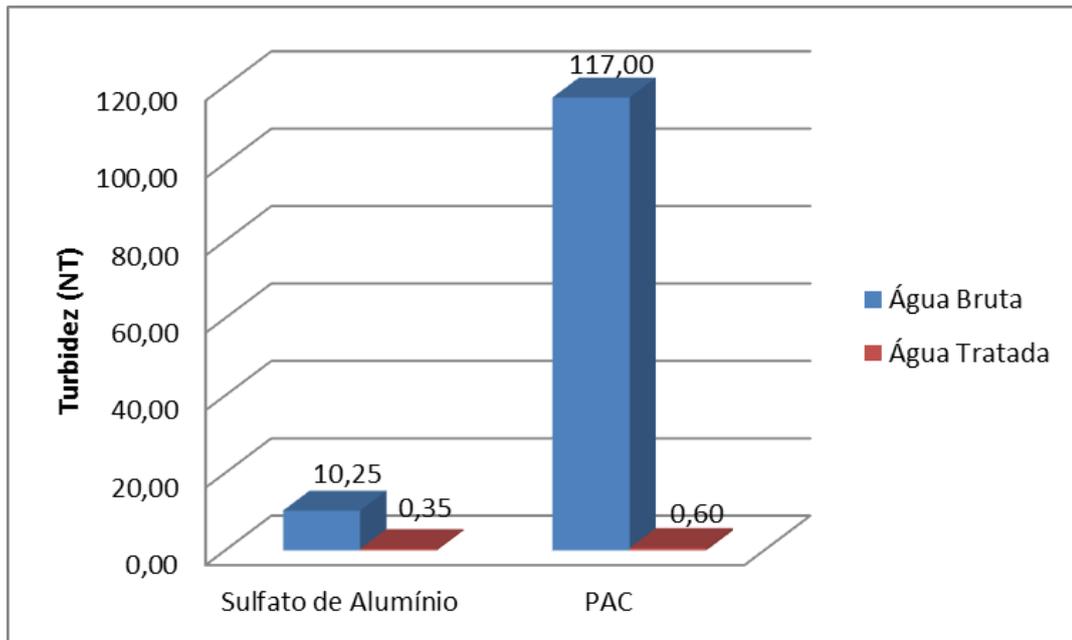


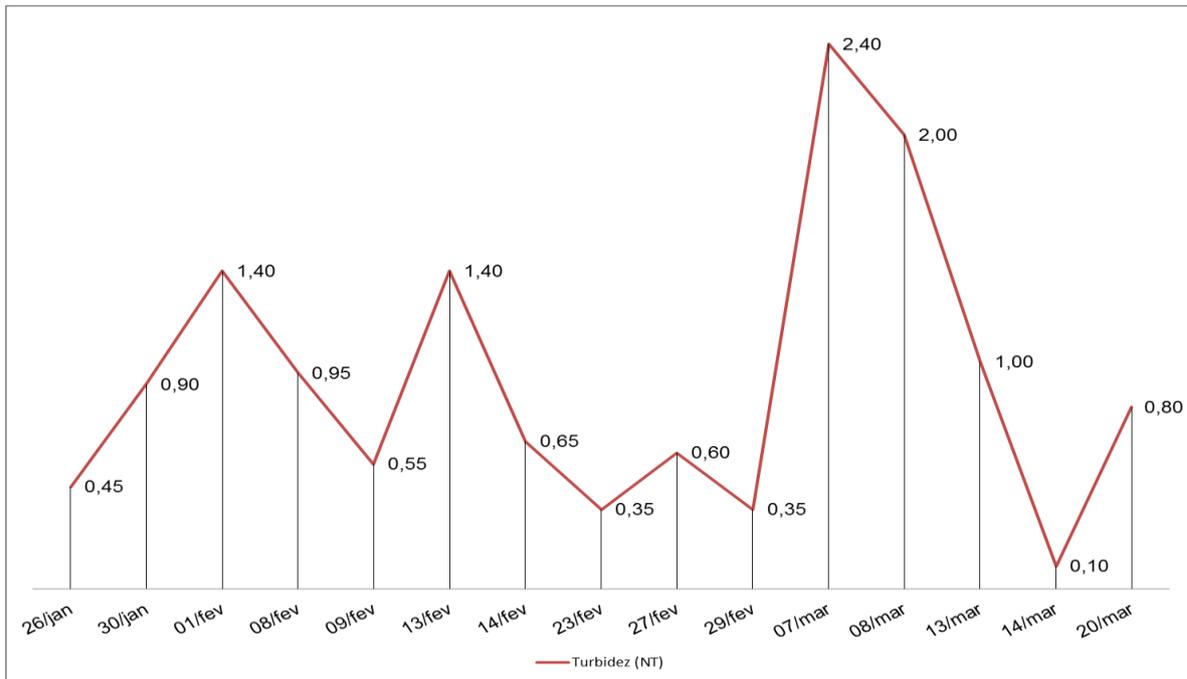
Figura 4. Gráfico comparativo de água bruta e tratada para os coagulantes Sulfato de Alumínio e PAC.

Como a Estação de Tratamento de Água da Casan de Concórdia/SC não tinha dados de anos anteriores documentado, ficou impossibilitada uma comparação com outras dosagens ótimas encontradas em literatura.

A dosagem ótima de qualquer coagulante depende diretamente da qualidade da água bruta a ser tratada. Parâmetros como pH, temperatura e turbidez inicial são de essencial controle e tendem a variar constantemente, o que requer um quadro operacional capacitado.

Em termos de eficiência, houve uma remoção de turbidez de aproximadamente 96% para o sulfato de alumínio e de pouco mais de 99% para o PAC. Magnan (2010), também conseguiu números superiores a 99% analisando a eliminação de turbidez e nutrientes de águas residuárias de frigoríficos pelo PAC.

Na Figura 5 podem-se observar os valores de turbidez encontrados para a água tratada com o coagulante sulfato de alumínio durante o período analisado.



**Figura 5. Valores de Turbidez da água tratada para o coagulante Sulfato de Alumínio.**

Nota-se que, durante tal período, houve grande variação nos valores de turbidez encontrados. A maioria deles permaneceu na faixa aceitável pela Portaria 2914/2011, contudo, houveram alguns que extrapolaram o valor máximo de turbidez permitido pela legislação ( $\leq 1,00\text{UNT}$ ).

Estas flutuações de turbidez remanescente podem ser resultado de uma má dosagem do coagulante em questão, principalmente, uma vez que relatou-se certa dificuldade operacional ao se lidar com o sulfato de alumínio, que vinha em forma de granulada e tinha de ser dissolvido antes de ser aplicado a água bruta. Algumas tinas (recipientes de concreto onde sulfato de alumínio granulada era dissolvido) possuíam certos problemas, o que dificultava a dosagem ótima de coagulante, bem como a dissolução do sulfato de alumínio granulada na água.

As possíveis flutuações de vazão de entrada também podem ser um fator determinante na qualidade da água final, bem como as flutuações de turbidez de água bruta, pois demandam uma nova dosagem de coagulante.

Alguns problemas também foram relatados neste período na ETA em questão. Aumento de velocidade da água após a floculação (o que ocasiona a quebra dos flocos formados, influenciando diretamente na eliminação de turbidez) (área mostrada na Figura 6) e problemas nos decantadores e filtros podem ter

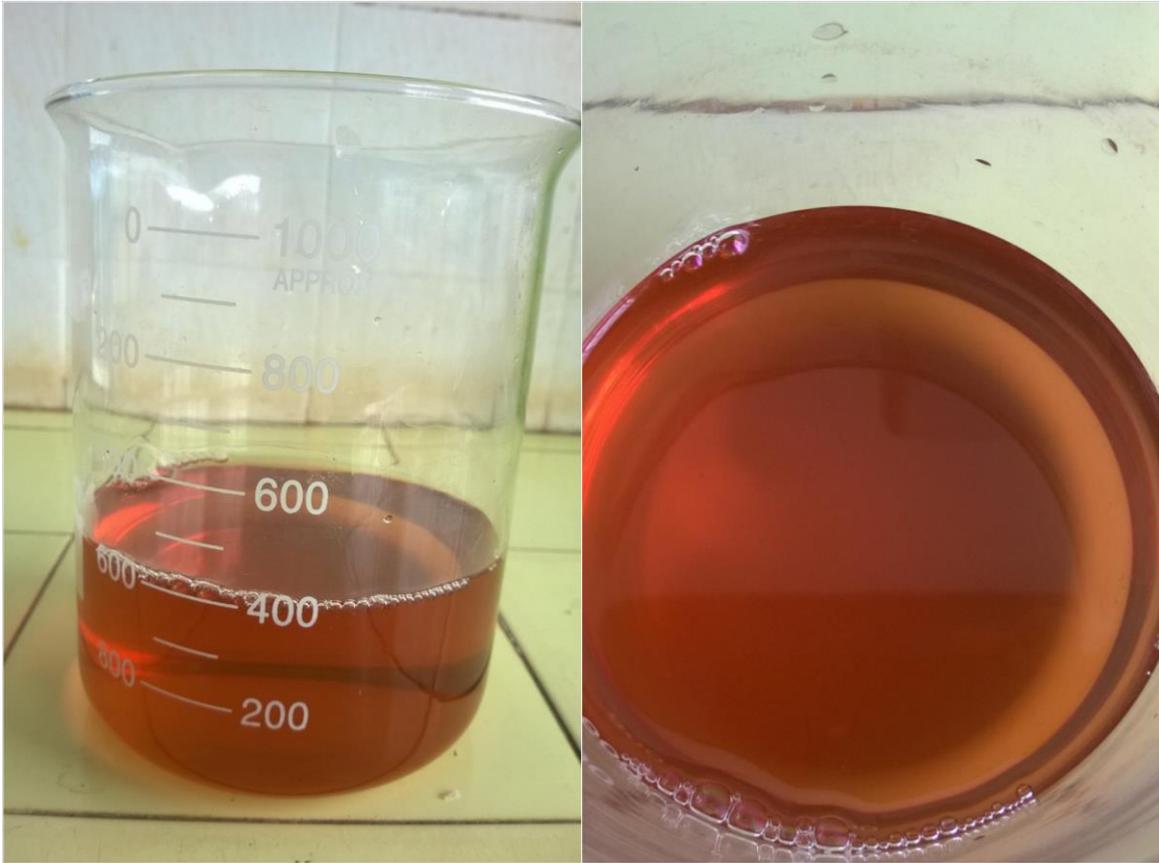
influencia no aumento repentino da turbidez final. Acredita-se que esses problemas se devam ao fato de que a Estação, durante os últimos anos, vem trabalhando com uma vazão superior a recomendada para o sistema, causando sobrecarga. Ressalta-se que a floculação é hidráulica na ETA em questão, o que, para Heller e Pádua (2006), citados por Francisco, et. al. (2011), não é ideal em Estações que possuem variações na qualidade da água bruta.



**Figura 6. Floculadores hidráulicos da ETA (imagens provenientes de períodos diferentes).**

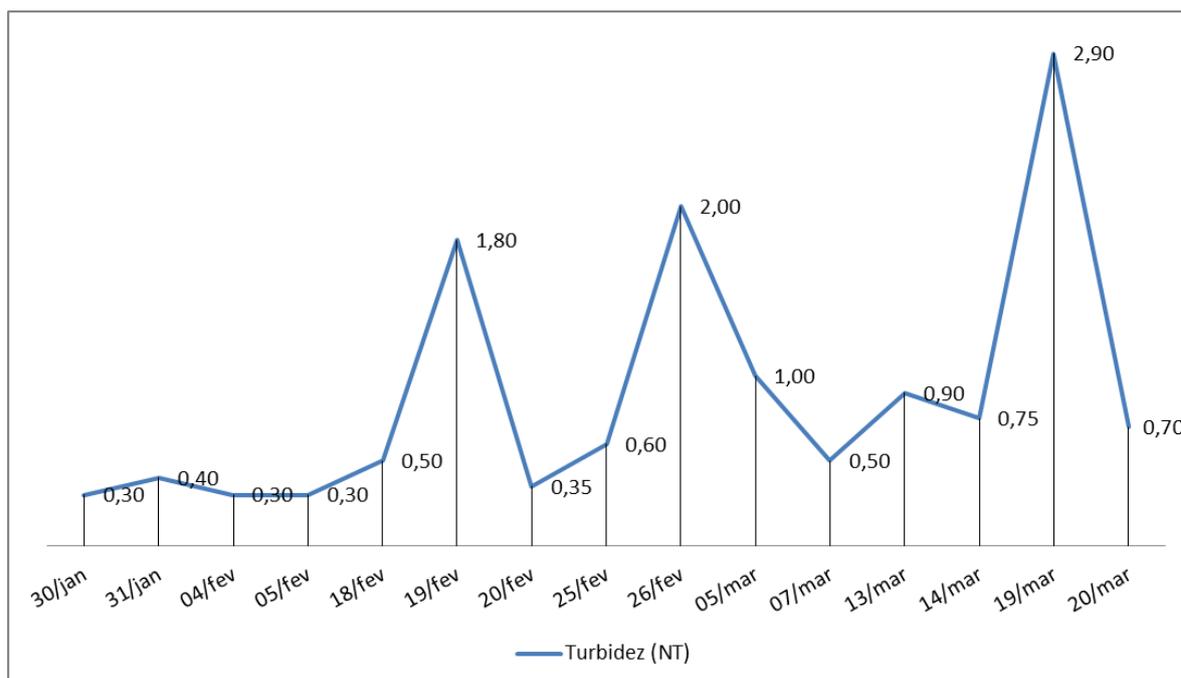
Ao longo do tempo constatou-se que o sulfato de alumínio ocasionava muitos transtornos operacionais. Optou-se, então, por adotar o Policloreto de Alumínio (PAC) como coagulante, na forma líquida, e que seria utilizado puro (Figura

7). Pavanelli (2001) ressalta que o coagulante adquirido em forma líquida fornece melhores condições de operação, simplifica o armazenamento, a diluição, e elimina alguns problemas de insalubridade para as pessoas que manuseiam o produto.



**Figura 7. PAC líquido puro.**

Na Figura 8 pode-se observar os valores de turbidez encontrados para água tratada com o uso de PAC como coagulante.



**Figura 8. Valores de Turbidez da água tratada para o coagulante PAC.**

Assim como no gráfico referente ao sulfato, nota-se uma acentuada flutuação nos valores de turbidez remanescente utilizando-se PAC como coagulante.

Comparando-se os dois períodos, nota-se que o sulfato apresentou mais valores desobedientes à legislação vigente (Portaria nº 2914/2011), totalizando 4 (quatro), enquanto o PAC apresentou 3 (três). Com relação a valores máximos e mínimos de turbidez remanescente, contudo, o PAC foi o que apresentou o maior valor, 2,90NT, sendo que o sulfato teve o menor, 0,10NT.

Entretanto, o que pode ser considerado o dado mais relevante, é o número de amostras com turbidez  $\leq 0,50$ NT, uma vez que estes são recomendados pela Portaria citada anteriormente. Neste sentido, destaca-se o PAC, que dentre 15 (quinze) amostras, obteve 7 (sete) obedecendo esta recomendação, enquanto o sulfato alcançou um número de apenas 4 (quatro).

Este fator, aliado a maior facilidade de operação e dosagem, mostrou o PAC como o coagulante que mais atende aos interesses da Companhia na cidade de Concórdia, resultado em uma troca acertada.

Apesar disso, alguns problemas continuam a afetar a qualidade final da água distribuída. O aumento repentino de velocidade da água logo após a formação dos flocos certamente é o principal deles, pois, como já dito anteriormente, faz com que os flocos formados se quebrem, contribuindo para que os valores de turbidez

remanescente não sejam tão bons quanto o desejado. Reformas foram feitas recentemente nos decantadores (Figura 9) e em alguns filtros. Mais uma vez, é importante ressaltar que esses problemas se devem ao fato de que a ETA vem trabalhando com uma vazão superior àquela para qual foi projetada, o que causa sobrecarga na mesma.



**Figura 9. Decantadores da ETA (após reforma).**

Além disso, em alguns períodos relatou-se a presença de ar na ETA (provindo da captação de água bruta), o que acarreta repetidas descargas nos filtros, além da flotação dos flocos nos decantadores. Ou seja, o principal problema ainda é operacional, pois o coagulante vem funcionando adequadamente, como mostraram os resultados.

Foi desenvolvido um formulário para controle da dosagem do PAC para utilizar durante esse processo de pesquisa já que o que tinha na ETA era para dosagens de sulfato de alumínio. Formulário similar a está em processo de normatização dentro da empresa e que deverá passar por diversas etapas a até aprovação da Diretoria. Esse controle operacional otimizará o trabalho dos operadores responsáveis pelo tratamento da água para o abastecimento público e aumentando a confiabilidade dos serviços prestados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do trabalho notou-se que os dois coagulantes mostraram resultados satisfatórios, ou seja, ambos foram eficientes na remoção de turbidez durante o período estudado. Contudo, o PAC mostra-se melhor sob o ponto de vista operacional, por ser de mais fácil manejo e por haver menos contato do produto com os operadores. O sulfato, por sua vez, tem um custo inferior, mas pode apresentar problemas de operação. Diante de tais fatos, acredito que o PAC seja a melhor alternativa para a empresa, pois, além de ser melhor sob o ponto de vista operacional, é menos insalubre do que o Sulfato, até mesmo por não haver contato direto dos operadores com o produto.

Mais importante do que isso, notou-se que a questão operacional da Estação de Tratamento de Água influi diretamente na qualidade final da água tratada. Por mais que o coagulante funcione de forma eficiente, os problemas de origem operacional observados impedem para que se obtenha um produto de qualidade.

A Casan esta realizando melhorias para resolver os problemas verificados. Nesta primeira etapa já está instalando uma ETA Compacta de 30 L/s junto ao reservatório pulmão, o que vai diminuir a sobrecarga da estação atual, e tomando outras medidas operacionais para resolver os problemas pontuais.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AWWA; WPCF (1995). **Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater**. 19.ed. Washington DC, USA.

BAUMANN, E. R. **Water quality and treatment: a handbook of public water supplies**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 1971.

D'ÁGUILA, P. S.; et al. **Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 16(3):791-798, jul-set, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/csp/v16n3/2964.pdf>> Acesso em: 21/07/2014.

DA SILVA, C. N. F.; LAURIA, R. G. **Estudo da Viabilidade Técnica e Econômica da Substituição do Sulfato de Alumínio pelo Cloreto Férrico ou Sulfato Férrico no Tratamento de Água de Abastecimento**. 2006. Disponível em: <[http://www.feb.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=364&Itemid=168](http://www.feb.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=364&Itemid=168)>. Acesso em: 15/02/2014.

DA SILVA, L. C.; ZANETTI, M. M. D.; THEODORO, J. D. P. **Estudo da remoção de cor e Turbidez de efluente através do processo de coagulação/floculação**. 2011. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/toledo/estrutura-universitaria/diretorias/dirppg/anais-do-endict-encontro-de-divulgacao-cientifica-e-tecnologica/anais-do-iii-endict/ESTUDO%20DA%20REMOCAO%20DE%20COR%20E%20TURBIDEZ%20DE%20EFLUENTES%20ATRAVEZ%20DO%20PROCESSO%20DE%20COAGULACAO-FLOCULACAO.pdf>> Acesso em 23/08/2014.

DOS SANTOS, G. R. **Estudo de Clarificação de Água de Abastecimento Público e Otimização da Estação de Tratamento de Água**. 2011. Disponível em: <http://tpqb.eq.ufrj.br/download/clarificacao-de-agua-de-abastecimento-publico.pdf>. Acesso em: 20/02/2014.

FRANCISCO, A. A.; et. al. **Tratamento Convencional de Águas para Abastecimento Humano: Uma Abordagem Teórica dos Processos Envolvidos e dos Indicadores de Referência**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/IX-005.pdf>>. Acesso em: 27/02/2014.

MAGNAN, R. B. **Análise da viabilidade técnica e financeira da substituição do coagulante cloreto férrico por policloreto de alumínio durante o processo físico-químico no tratamento de efluente de abatedouro avícola.** 2010. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2010-2/RAFAEL%20MAGNAN.pdf>> Acesso em 15/07/2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2914 DE 12/12/2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília. Disponível em: <[www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria\\_MS\\_2914-11.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf)>. Acesso em: 31/01/2014.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS (2004). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. Volume 1, Geneva, SW. 494p.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-21012003-084719/publico/Pavanelli+G.pdf>>. Acesso em: 27/02/2014.

RICHTER C. A., NETTO José M. de A. **Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada.** Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo – SP. 1991.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano.** Dissertação de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa. 2011. Disponível em: <[http://run.unl.pt/bitstream/10362/6323/1/Rosalino\\_2011.pdf](http://run.unl.pt/bitstream/10362/6323/1/Rosalino_2011.pdf)> Acesso em 01/09/2014.

VENTURA, M. M. O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa. **Pedagogia Médica.** Rev.. SOCERJ. 2007;20(5):383-386 setembro/outubro. Disponível em: <[http://unisc.br/portal/upload/com\\_arquivo/o\\_estudo\\_de\\_caso\\_como\\_modalidade\\_de\\_pesquisa.pdf](http://unisc.br/portal/upload/com_arquivo/o_estudo_de_caso_como_modalidade_de_pesquisa.pdf)>

