

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
ESPECIALIZAÇÃO EM ECONOMIA AMBIENTAL**

KLEBER GOMES RAMIREZ

**COMPARATIVO OPERACIONAL, AMBIENTAL E ECONÔMICO DO
SISTEMA PRODUTIVO DE ÁGUA DE FOZ DO IGUAÇU**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2011

KLEBER GOMES RAMIREZ

COMPARATIVO OPERACIONAL, AMBIENTAL E ECONÔMICO DO
SISTEMA PRODUTIVO DE ÁGUA DE FOZ DO IGUAÇU

Monografia apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Especialista em Economia
Ambiental - Ênfase em Negócios Ambientais,
Modalidade de Ensino a Distância, da
Universidade Federal do Paraná - UFPR.

Orientadora: Prof. Charles Carneiro

CURITIBA

2011

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que sempre me guiou e concedeu sabedoria e forças para chegar até aqui.

Aos meus pais Nilson e Geneci Ramirez, pelo incentivo, e por sua paciência e dedicação para o alcance dos objetivos, enfim a minha família e amigos pelo amor, compreensão e carinho dedicados nesta fase e sempre.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

Aos meus pais, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

Ao meu orientador professor Charles Carneiro, que me orientou, pela sua disponibilidade, interesse e receptividade com que me recebeu e pela prestabilidade com que me ajudou.

Agradeço a todos os meus colegas operadores das Estações de Tratamento de Água Tamanduá e Vila C, Altair José Busnello, Cristina Maria Blanco, Edson Carlos Maier, Fernando de Paula Soares, Hélio Petronílio de Paula, José Marcelo Damasceno, Lenir Maschio Vieira, Marcos de Jesus pelo companheirismo e troca de informações.

Agradeço aos tutores que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Aos amigos, Ana Karina Marques, Ketelin Kuschel, Luana Frade, Mauricio Colombo e Silvio Schnorr que estiveram presente em cada minuto desta caminhada, sempre disposto a troca de conhecimento e a ajudar.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

"Quando o homem aprender a respeitar até o menor ser da criação, seja animal ou vegetal, ninguém precisará ensiná-lo a amar seu semelhante." (Albert Schweitzer, 1952)

RESUMO

RAMIREZ, G. Kleber. Comparativo Operacional, Ambiental e Econômico do Sistema Produtivo de Água de Foz do Iguaçu. 2011. 74 páginas. Monografia (Especialização em Economia Ambiental – Ênfase em Negócios Ambientais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

Os mananciais de águas superficiais sofrem modificações em suas características naturais devido a sua exposição ao ambiente e principalmente pela ação antrópica. O desmatamento e o lançamento de efluentes domésticos e industriais são os principais responsáveis pela degradação e contaminação dos recursos hídricos usados para o abastecimento público. Para manter a qualidade da água tratada, uma Estação de Tratamento de Água (ETA), pode passar por mudanças na sua estrutura física, como também nos produtos químicos utilizados. Um produto de grande importância é o agente coagulante. A escolha de um coagulante depende de alguns fatores como: características da água, oferta do produto no mercado, preço e eficiência no tratamento. Este trabalho teve por objetivo comparar o gasto operacional e a eficiência no tratamento de água na utilização do Policloreto de Alumínio (PAC) e do Sulfato de Alumínio no processo de tratamento de água da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) na ETA Tamanduá e ETA Vila C. Os resultados das análises laboratoriais, o consumo de produtos químicos e gasto operacional de água utilizados no período identificaram o coagulante mais eficiente suas vantagens e desvantagens no processo de tratamento de água da referida unidade.

Palavras-chave: Coagulantes; Estação de Tratamento de Água; Sulfato de Alumínio; Policloreto de Alumínio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Força de atração natural e força de repulsão eletrostática.	25
Figura 02 - Esquema da teoria da Força de Van Der Waals.	26
Figura 03 - Ação do coagulante na desestabilização das partículas em suspensão.	26
Figura 04 - Aparelho de Jar Test.	28
Figura 05 - Decantadores de fluxo horizontal.	37
Figura 06 - Decantadores de fluxo vertical ou manto de lodos.	37
Figura 07 - Cilindros de cloro gasoso.	41
Figura 08 - ETA Tamanduá.	45
Figura 09 - ETA Vila C.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Classificação de águas naturais para abastecimento público.	21
Tabela 02 - Especificações técnicas do Policloreto de Alumínio – PAC.....	30
Tabela 03 - Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média as temperaturas máximas diárias.	43
Tabela 04 - Consumo mensal de produtos químicos ETA Tamanduá.	58
Tabela 05 - Consumo mensal de produtos químicos ETA Vila C.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Tamanho do flóculo (TF) em função do pH, onde “-o-” representa o PAC e o “-x-” representa o sulfato de alumínio.....	32
Gráfico 02 - Tempo de decantação em minutos, em função do pH.	33
Gráfico 03 - pH e alcalinidade depois da adição de PAC e Sulfato de Alumínio.	34
Gráfico 04 - Turbidez Residual (TR) em função do pH.....	35
Gráfico 05: Turbidez <i>In natura</i> comparada com a Turbidez Tratada na ETA Tamanduá.	50
Gráfico 06 – Eficiência no Tratamento de Água ETA Tamanduá.	50
Gráfico 07 - Turbidez <i>In natura</i> comparada com a Turbidez Tratada na ETA Vila C.	51
Gráfico 08 - Eficiência no Tratamento de Água ETA Vila C.	51
Gráfico 09 - Comparativo pH In Natura.	53
Gráfico 10 - Comparativo de Alcalinidade.	54
Gráfico 11 – Comparativo do Ferro na água In natura com a água Tratada na ETA Tamanduá.	55
Gráfico 12 - Comparativo do Ferro na água In natura com a água Tratada na ETA Vila C.....	55
Gráfico 13 - Volume de Água Perdido na Produção de Água Tratada na ETA Tamanduá.	57
Gráfico 14 - Volume de Água Perdido na Produção de Água Tratada na ETA Vila C.	57
Gráfico 15 - Volume de água produzido na ETA Tamanduá.	60
Gráfico 16 - Volume de água produzido na ETA Vila C.....	61
Gráfico 17 - Custo mensal na produção de água tratada pela ETA Tamanduá.	62
Gráfico 18 - Custo mensal na produção de água tratada pela ETA Vila C.....	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL:.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 ÁGUA	15
3.1.1 Características Físico-químicas.....	16
3.1.2 Características Biológicas	18
3.2 PROCESSOS DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA BRUTA	20
3.2.1 Captação	20
3.3 PROCESSO CONVENCIONAL DE TRATAMENTO	23
3.3.1 Coagulação	24
3.3.1.1 Aferição da dosagem de coagulação	27
3.3.1.2 Tipos de coagulantes	28
3.3.1.3 Estudos Comparativos do PAC com Sulfato de Alumínio	31
3.3.2 Floculação	35
3.3.3 Decantação	36
3.3.4 Flotação.....	38
3.3.5 Filtração.....	38
3.3.6 Desinfecção e Fluoretação	39
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	44
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	44
4.2 PERÍODO DE ABRANGÊNCIA	46
4.3 COLETAS DE DADOS	47
4.4 ANÁLISES DOS DADOS	47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1 ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA	48
5.1.1 Análise da Água Bruta com a Água Tratada	49
5.1.2 Comparativo do Potencial Hidrogeniônico - pH.....	52
5.1.3 Alcalinidade	53
5.1.5 Perdas no Processo	56
5.2 ANÁLISE DO CONSUMO DE COAGULANTES	58

5.3 PRODUÇÃO.....	59
6 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS.....	66
ANEXOS	71

1 INTRODUÇÃO

A obtenção de um produto com qualidade com baixo custo de produção é o desafio de toda empresa, nos mais variados segmentos. Um dos fatores ligados diretamente com o preço final do produto, seja ele um bem de consumo ou uma prestação de serviço, é a escolha dos insumos envolvidos no processo de produção. Sabe-se historicamente, que as empresas emergentes são aquelas que possuem capacidade de adaptação em situações adversas, que geralmente ocorrem com as mudanças do ambiente externo.

A Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), como uma empresa produtora de água potável e consumidora de vários insumos, avalia constantemente estes insumos segundo seu desempenho técnico e econômico, visando a produção de água potável dentro de padrões de potabilidade estabelecidos pelos órgãos competentes ao menor custo possível.

Para a produção de água potável é necessário que a água bruta, captada de um corpo receptor, passe por uma série de processos físico-químicos para remoção de impurezas, tais como, compostos químicos, sólidos em suspensão e microrganismos. Os processos físico-químicos mais utilizados são coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoração.

Entre os insumos utilizados pela SANEPAR estão o Sulfato de Alumínio e o Policloreto de Alumínio (PAC), os quais podem ser usados no processo de coagulação para remoção de impurezas da água bruta. A empresa tem usado estes produtos na Estação de Tratamento de Água (ETA) Vila C e Tamanduá em Foz do Iguaçu, que são as principais estações de tratamento de água que abastecem a cidade de Foz do Iguaçu, atendendo 256.088 pessoas (IBGE, 2010).

O rio Tamanduá, em Foz do Iguaçu, pertencente à Bacia do Baixo Iguaçu, onde é executada a captação de água in-natura para tratamento da ETA Tamanduá. E o Lago de Itaipu, pertencente à Bacia do Paraná III onde é executada a captação da ETA Vila C, ambos são mananciais que apresentam características físicas e

químicas que variam constantemente, dependendo das condições climáticas, estações do ano e interferências antrópicas na bacia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

Realizar um estudo comparativo quali-quantitativo nas Estações de Tratamento de Água de Foz do Iguaçu (ETA Tamanduá e ETA Vila C), em função da eficiência de utilização dos coagulantes Policloreto de Alumínio (PAC) e Sulfato de Alumínio no tratamento de água.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analisar e comparar parâmetros quantitativos de Turbidez de água bruta e água produzida, juntamente com a dosagem de coagulantes (PAC e Sulfato de Alumínio), a fim de determinar a eficiência de cada um destes coagulantes.
- Calcular o custo do metro cúbico de água produzida através do consumo de coagulante PAC e do Sulfato de Alumínio, a fim de constatar o custo x benefício de ambos, e ainda, propor modificações do sistema de tratamento de água objetivando redução de custo e desperdício.
- Verificar a possibilidade de redução álcalis para correção de pH, frente ao uso dos diferentes agentes coagulantes em estudo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ÁGUA

A água é um elemento essencial a todas as formas de vida, impulsiona todos os ciclos e é o solvente universal. Assim como a vida depende da água, a saúde humana depende da sua qualidade, pois uma grande parte das doenças são relacionadas à ingestão de águas impróprias para o consumo humano (TUNDISI, 2003).

Segundo Barros (2000) a demanda de água doce cresce continuamente no planeta. Como o volume dessa água é quase constante desde a formação do planeta, a disponibilidade de água doce acaba sendo cada vez menor.

O uso da água para abastecimento humano envolve tratamento rigoroso para atingir os padrões de qualidade impostos pelas legislações e regulamentações vigentes. No Brasil, os primeiros princípios sobre potabilização de água surgiram em 1977, na Portaria 56 do Ministério da Saúde (LIBÂNIO, 2005). A Resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2005) dá diretrizes ambientais para enquadramento dos corpos d'água e sua classificação. E a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (2004) define, os padrões de potabilidade com valores máximos permissíveis para as águas de abastecimento público.

A água por ser um solvente universal, nunca é encontrada em seu estado natural, ou seja, de absoluta pureza. Dos 103 elementos químicos citados por Azevedo Netto (1973), a maioria é encontrado de uma forma ou de outra nas águas naturais. A natureza e a composição do solo, por onde a água escoar, determinam as impurezas adicionais que ela apresenta, fato agravado pelo aumento e expansão demográfica e atividades econômicas na indústria e agricultura, fazendo com que não se considere segura nenhuma fonte de água superficial ou subterrânea, sendo obrigatória uma ou outra forma de tratamento (AZEVEDO NETTO *et al*, 1973).

A qualidade da água é determinada pela análise dos componentes físicos, químicos e bacteriológicos, estando sujeita a diversos fatores que podem variar com o decorrer do tempo e com as diversas estações do ano. Os componentes encontrados na água que alteram o seu grau de pureza podem ser divididos por suas características físicas (sólidos e gases), químicas (orgânicos e inorgânicos) ou biológicas (matéria em decomposição e seres vivos). Os sólidos podem ser classificados por suas características físicas (sólidos em suspensão, coloidais e dissolvidos) e por suas características químicas (sólidos orgânicos e inorgânicos). Os organismos presentes na água são classificados, principalmente, pelos seus reinos: Monera e Protistas. São as algas, protozoários, fungos, archaea, bactérias e cianobactérias (SPERLING, 2005).

A qualidade da água é um aspecto que assegura determinado uso ou conjunto de usos. É representada por características, geralmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica. Essas características que são critérios ou recomendações de qualidade, mantidas dentro de certos limites, possibilitam determinado uso (DERISIO, 2000). Essas características são os chamados padrões de qualidade. Segundo Branco *et al.* (2006), os padrões de qualidade da água referem-se a um “certo número de parâmetros capazes de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microrganismos que possam comprometer a qualidade da água do ponto de vista de sua estética e de sua salubridade.” Os principais parâmetros analisados na verificação da qualidade da água, são divididos em físicos, químicos e biológicos.

3.1.1 Características Físico-químicas

De acordo com a FUNASA (2006) a cor é proveniente da matéria orgânica como substâncias húmicas e taninos, por resíduos industriais coloridos e por metais como ferro e manganês. A cor não apresenta riscos à saúde, porém é esteticamente indesejável. Já a turbidez representa o grau de interferência da passagem da luz

através da água que fica com aparência turva, pode reduzir a penetração da luz e prejudicar a fotossíntese. Os principais responsáveis pela turbidez são os sólidos em suspensão que podem ser oriundos de rochas, argila, silte, algas e microrganismos, estes por sua vez, oriundos de despejos domésticos, industriais e erosão. Os sólidos de origem natural não apresentam riscos potenciais diretos, porém podem abrigar microrganismos patogênicos, os de origem antropogênica podem estar associados a compostos tóxicos e organismos patogênicos (SPERLING, 2005).

O sabor e odor são considerados em conjunto, visto que geralmente a sensação de sabor origina-se do odor. Segundo Richter e Netto (1991), são difíceis de serem avaliadas por serem sensações subjetivas, causadas por impurezas orgânicas como fenóis e clorofenóis, resíduos industriais, gases dissolvidos, sólidos totais em concentração elevada, entre outros.

A temperatura da água é importante porque pode influenciar outras propriedades acelerando reações químicas, reduzindo a solubilidade dos gases, acentuando a sensação de sabor e odor, etc (RICHTER e NETTO, 1991). Está relacionada com o aumento do consumo de água, solubilidade e ionização de substâncias coagulantes, fluoretação, mudanças de pH, entre outros (FUNASA, 2006).

O pH, ou potencial hidrogeniônico, representa a concentração de íons de hidrogênio H^+ , dando a indicação de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. É alterado por sólidos e gases dissolvidos provenientes de dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese, despejos domésticos ou despejos industriais. Valores de pH muito alto ou baixos, podem causar irritação na pele ou nos olhos, porém não tem implicação de riscos à saúde pública (SPERLING, 2005).

Outro parâmetro a ser considerado é a acidez que de acordo com Richter e Netto (1991), pode ser devido ao CO_2 ou por ácidos minerais fortes, quase sempre provenientes de esgotos industriais. Tem pouco significado sanitário, porém pode ser necessário a adição de um alcalinizante para manter a estabilidade do carbonato de cálcio.

A oxidação do oxigênio na água é de extrema importância em uma avaliação de sua qualidade. A Demanda Química de Oxigênio (DQO) mede a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica; o aumento deste parâmetro normalmente está relacionado a despejos industriais. Já a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a “quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável”. É medida pela quantidade de oxigênio consumida num determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica, normalmente durante 5 dias a 20°C, referida como DBO5 (PHILIPPY JR. *et al.*, 2004).

Da mesma forma o Oxigênio Dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos aeróbios. Dependendo da magnitude do fenômeno da estabilização da matéria orgânica pelas bactérias, podem vir a morrer certos organismos aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, ocorre a condição anaeróbia, com a possível geração de maus odores.

O OD é encontrado na água na forma de gás dissolvido e pode ser proveniente da dissolução do oxigênio atmosférico, produção pelos organismos que fazem fotossíntese, introdução de aeração artificial e produção por organismos fotossintéticos em corpos d'água eutrofizados (SPERLING, 2005).

3.1.2 Características Biológicas

Existem três grupos de microrganismos que podem transmitir doenças pela água: vírus, bactérias e protozoários. A água para ser potável não deve conter nenhum microrganismo patogênico e principalmente estar livre de bactérias que indicam contaminação fecal. Essas bactérias são as do grupo coliforme que estão presentes nas fezes de animais e seres humanos, e indicam um tratamento inadequado ou ineficiente. As bactérias do grupo coliformes podem ser classificadas em: *Escherichia aerobacter* e a *Escherichia coli* (*E. coli*) ou coli fecal, que é a mais importante por ser de origem unicamente fecal (OLIVEIRA, 2011).

A Portaria nº 518 de 2004 do Ministério da Saúde estabelece que sejam determinadas para a aferição da potabilidade da água, a presença de coliformes totais e termotolerantes, principalmente a *E.coli* e bactérias heterotróficas.

As características biológicas estão ligadas diretamente com a saúde da população, tendo uma grande importância para a qualidade da água servida à população. Os organismos nela presentes, como certas bactérias, vírus e protozoários são patogênicos, podendo provocar doenças e epidemias. Outros organismos, como algumas algas, são responsáveis por conferir sabor e odor desagradáveis e podem prejudicar os filtros e outras partes do sistema de abastecimento (MACEDO, 2001).

Vários gêneros e espécies de cianobactérias que formam florações produzem toxinas. As toxinas de cianobactérias, que são conhecidas como Cianotoxinas, constituem uma grande fonte de produtos naturais tóxicos produzidos por esses microorganismos e, embora ainda não estejam devidamente esclarecidas as causas da produção dessas toxinas, têm-se assumido que esses compostos tenham função protetora contra herbivoria, como acontece com alguns metabólitos de plantas vasculares (CARMICHAEL, 1992).

As características biológicas das águas são determinadas por meio de exames bacteriológicos e hidrobiológicos, como por exemplo, contagem do número total de bactérias (APHA, 1995).

Mais importante que a contagem total de bactérias, os coliformes constituem um grupo de bactérias presentes no intestino dos animais de sangue quente. Em termos de contaminação bacteriológica a sua verificação é feita através da determinação de microrganismo indicadora de poluição fecal, considerando que a grande maioria dos agentes de doenças infecciosas transmitidas pela água é eliminada pelas fezes (AZEVEDO NETTO, 1973).

Sendo assim, as bactérias do grupo coliforme, totais e termotolerantes, são utilizadas como parâmetro para determinação de potabilidade bacteriológica da água, em razão da eliminação em grande quantidade nas fezes humanas e de animais. A presença de coliformes na água indica uma poluição fecal e possível presença de microrganismos patogênicos (RIEDEL, 1992).

O número de coliformes é expresso pelo número mais provável (NMP), que representa a quantidade mais provável de coliformes existentes em 100 mL de água da amostra, o resultado serve de informação para o controle de sistemas de abastecimento, determinando a eficiência do tratamento (BABBITT, 1973).

3.2 PROCESSOS DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA BRUTA

3.2.1 Captação

Geralmente as estações de tratamento de água são abastecidas por águas superficiais, que podem atender uma maior demanda. Uma escolha criteriosa de um manancial para a captação é fundamental para o sucesso de um projeto de abastecimento de água. Vários fatores devem ser levados em consideração, entre eles estão a localização, a qualidade da água, as tendências futuras, tanto do manancial quanto da população a ser atendida por ele. Os resultados dos processos de tratamento de uma ETA depende principalmente da qualidade da água captada (RICHTER & AZEVEDO NETTO, 2003).

Em uma bacia hidrográfica, o uso do solo está ligado diretamente com a mudança das características naturais da água, podendo afetar a vazão, o regime de escoamento a qualidade etc. A remoção da cobertura vegetal somada com a movimentação do solo, principalmente em regiões agrícolas, acarretam conseqüências desastrosas com relação às águas da bacia hidrográfica (AZEVEDO NETTO, 1987).

A escolha do manancial constitui a decisão de maior importância e responsabilidade em um projeto de abastecimento de água. Para assegurar-se do acerto da escolha, o projetista deve levantar as alternativas possíveis, estudando-as e comparando-as técnica e economicamente (AZEVEDO NETTO, 1973).

De acordo com a NBR 12214 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que dispõe sobre Projeto do Sistema de bombeamento de água para o abastecimento público, determinada que as águas naturais estão divididas em 4 grupos:

Tipo A - águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias sanitariamente protegidas, com características básicas definidas na tabela de classificação de águas naturais (abaixo), e as demais satisfazendo aos padrões de potabilidade;

Tipo B - águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias não protegidas, com características básicas definidas na Tabela 01, e que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade, mediante processo de tratamento que não exija coagulação;

Tipo C - águas superficiais provenientes de bacias não protegidas, com características básicas definidas na Tabela 1, e que exijam coagulação para enquadrar-se nos padrões de potabilidade;

Tipo D - águas superficiais provenientes de bacias não protegidas, sujeitas a fontes de poluição, com características básicas definidas na Tabela 1, e que exijam processos especiais de tratamento para que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade.

Tabela 01 - Classificação de águas naturais para abastecimento público.

Tipos	A	B	C	D
DBO 5 dias mL.L⁻¹				
- média	Até 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 4,0	> 4,0
-máxima em qualquer amostra	1 - 3	3 - 4	4 - 6	> 6
Coliformes (NPM.100 mL⁻¹)				
- média mensal em qualquer mês	50 - 100	100 - 5000	5000 - 20000	> 20000
- máximo	>100 em menos de 5% das amostras	>5000 em menos de 20% das amostras	de >20000 em menos de 5% das amostras	
Ph	5 - 9	5 - 9	5 - 9	3,8 - 10,3
Cloretos	< 50	50 - 250	250 - 600	> 600
Fluoretos	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0	-

Fonte: ABNT - NBR 12214 - Projeto do Sistema de bombeamento de água para o abastecimento público.

Segundo Tomiate *et al.* (2004) o tratamento mínimo necessário a cada tipo de água é para os dois tipos A e B é desinfecção e correção do pH. Além disso a decantação simples, é adequada para águas contendo sólidos sedimentáveis, quando, por meio desse processo, suas características se enquadrem nos padrões

de potabilidade. A filtração deve ser precedida ou não de decantação, para águas de turbidez natural, medida na entrada do filtro, sempre inferior a 40 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) e cor sempre inferior a 20 unidades, referidas no padrão de Platina. E coagulação, seguida ou não de decantação, filtração em filtros rápidos, desinfecção e correção do pH. Tratamento mínimo do tipo C e tratamento complementar apropriado a cada caso.

A resolução do CONAMA nº 357 de 2005, em seu artigo 4º, dispõe sobre a classificação dos corpos de águas doces, onde estão assim classificadas:

I – classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II – classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III – classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

IV – classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V – classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística.

Geralmente as ETAs são projetadas para o tratamento de águas superficiais do tipo C e D na classificação NBR 12214 da ABNT e águas de classe 3 e 4 de acordo com a resolução nº 357/2005 do CONAMA. Nesses casos, consegue-se com o tratamento convencional, atingir o padrão de potabilidade da água para o abastecimento público exigidos pela portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde dentro dos parâmetros nela estabelecidos.

3.3 PROCESSO CONVENCIONAL DE TRATAMENTO

O processo convencional de tratamento de água utilizado na maioria das ETAs é composto de cinco fases:

- a) Coagulação: etapa onde é realizada a desestabilização de colóides com a adição de um coagulante. Os principais coagulantes utilizados podem ser orgânicos ou inorgânicos, os mais utilizados são o sulfato de alumínio, cloreto de alumínio, aluminato de sódio, clorosulfato de alumínio, policloreto básico de alumínio, cloreto férrico e sulfato férrico (CARVALHO, 2005). Nesta etapa o agente químico altera a carga negativa das partículas possibilitando sua aproximação;
- b) Floculação: formação de flocos com a introdução de energia na água capaz de favorecer o contato entre os colóides permitindo sua aglutinação. É resultado de um processo de agitação contínua e leve para facilitar as etapas posteriores de tratamento;
- c) Sedimentação: separação dos sólidos da água pela ação da gravidade. Quanto maior a velocidade de sedimentação, menor é o tempo necessário para a clarificação, mas muitas vezes só os coagulantes não formam flocos

suficientemente densos, necessitando então da adição de auxiliares de floculação como os polieletrólitos (RAMOS, 2005);

d) Filtração: é a passagem da água por um filtro através do qual ocorre a separação das partículas presentes na água (OLIVEIRA, 2009).

e) Desinfecção: A desinfecção é usualmente realizada com a adição de cloro, nas formas de gás e hipoclorito. O cloro pode ser usado como desinfetante para eliminar ou inativar microrganismos patogênicos e como oxidantes de compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água. Porém estudos têm demonstrado que o agente pode trazer alguns inconvenientes como, por exemplo, a formação de trihalometanos, que são substâncias cancerígenas (SANCHES et al., 2003).

3.3.1 Coagulação

A coagulação tem por objetivo aglomerar as impurezas que se encontram em suspensões (ou em estado coloidal) e algumas que se encontram dissolvidas, em partículas maiores que possam ser removidas por decantação ou filtração. Os colóides, são partículas eletricamente estáveis, onde as forças de atração excedem ou se igualam às forças de repulsão, de modo que não permitem colisões entre as partículas, permanecendo dispersas e não sedimentando (SOTTOMAIOR, 2011)

É a primeira etapa do tratamento, onde substâncias coagulantes são adicionadas à água desestabilizando as partículas coloidais suspensas. Segundo Amirtharajah e O'Mélia (1990), uma partícula coloidal em suspensão fica carregada eletricamente pelo contato com a água e assim possuirá uma carga de superfície chamada de carga primária. De maneira resumida, existem dois tipos de colóides:

Hidrófilos: atraem moléculas do meio dispersante (a água), que forma uma película protetora, tornando-o muito estável e de difícil coagulação. Graxas, óleos e

sabões dispersos em água pertencem a este grupo (AMIRTHARAJAH E O´MÉLIA, 1990).

Hidrófobos: não possuem afinidade com a água, e dependem de sua carga elétrica para se manterem estáveis na dispersão. Geralmente, ocorrem em maior quantidade que os hidrófilos nas águas destinadas ao abastecimento (AMIRTHARAJAH E O´MÉLIA, 1990).

A maior parte da turbidez a ser removida pelo tratamento convencional de águas, são colóides do tipo hidrófobos, ou seja, os que são desestabilizados mais facilmente. Entre duas partículas de colóides existe uma força de repulsão eletrostática que os mantêm separados, como mostrado na Figura 01. Esta força é desenvolvida por íons positivos absorvidos em sua superfície provenientes da solução (TOMIATE *et al.*, 2004).

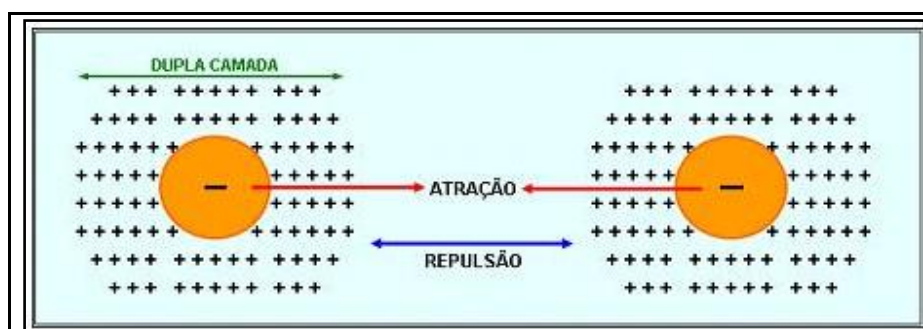


Figura 01 - Força de atração natural e força de repulsão eletrostática.
Fonte: Tomiate *et al.* (2004).

Por outro lado, há uma força de atração natural entre duas massas chamada de força de Van Der Waals (Figura 02). O movimento Browniano (movimento aleatório e desordenado de partículas) causado pelos choques com as moléculas de água tende a aumentar esta força de atração. Quando as forças de atração não excedem ou se igualam às forças de repulsão, não permitindo o contato entre as partículas, essas partículas ou colóides continuam dispersos na água (AMIRTHARAJAH, 1989).

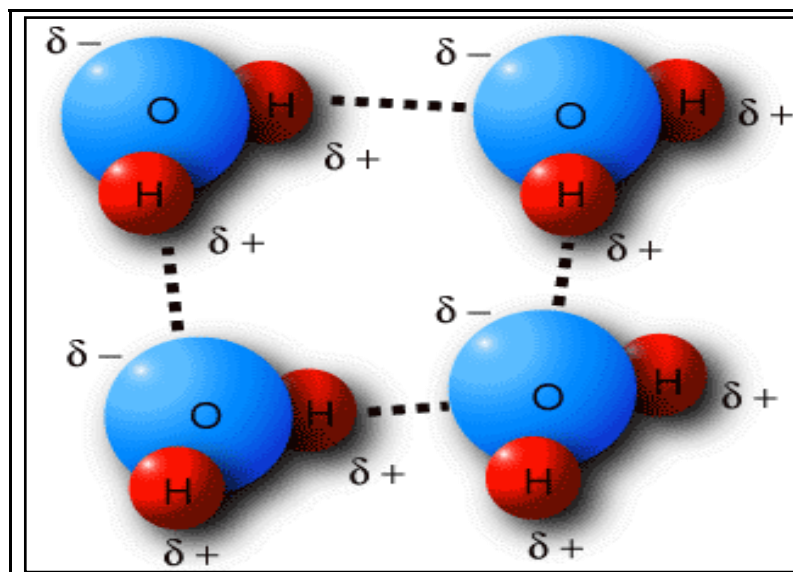


Figura 02 - Esquema da teoria da Força de Van Der Waals.

Fonte: Tomiate *et al.* (2004).

Segundo Gomes (2002), o objetivo do processo de coagulação é desestabilizar este equilíbrio de forças, fazendo com que as partículas se aglomerem entre si formando flocos maiores e possivelmente mais pesados e que geralmente sedimentam. Embora haja possibilidade de flotarem, dependendo da densidade. Esta desestabilização é possível com o uso de coagulantes, geralmente sais de alumínio (sulfato de alumínio) e ferro trivalente (cloreto férrico). Os íons metálicos hidrolisados, altamente carregados eletricamente, liberados por estes sais em solução, reduzem as forças repulsivas entre colóides através da compressão, possibilitando que as forças de atração causem a aglomeração progressiva das partículas, conforme a Figura 03.

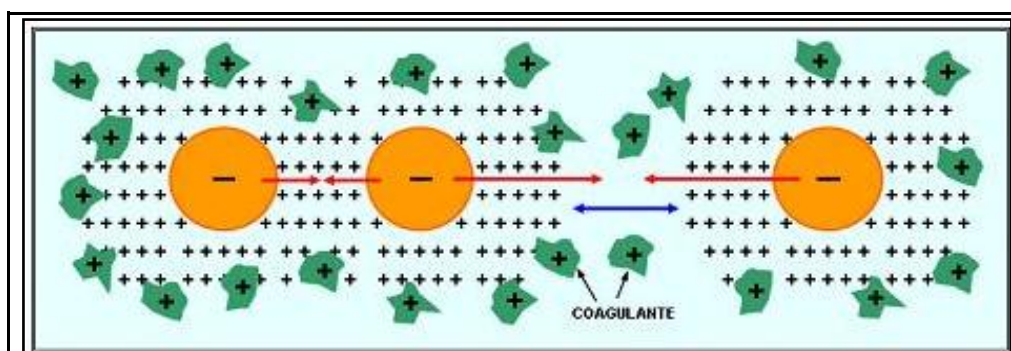


Figura 03 - Ação do coagulante na desestabilização das partículas em suspensão.

Fonte: Tomiate *et al.* (2004).

3.3.1.1 Aferição da dosagem de coagulação

Dosagens corretas de coagulantes reduzem o teor bacteriológico, conseguindo-se assim, uma economia com desinfetantes. A dosagem exata para os diferentes níveis de turbidez somente pode ser determinada por tentativas com ensaios de coagulação (AMIRTHARAJAH, 1989).

A informação de aumento de turbidez nem sempre chega imediatamente ao operador. As análises de turbidez de água bruta são feitas em turbidímetros de bancada com amostras pontuais de pequenas porções, normalmente a cada hora. Logo após o operador ter a informação de variação da qualidade, é necessário tomar a decisão de ajuste de dosagem (TOMIATE *et al.*, 2004).

A quantidade exata de coagulante junto com a manutenção do pH de coagulação tem que ser rapidamente ajustados. Quando a água possui alcalinidade natural suficiente, o operador ajusta somente o coagulante. Caso contrário, serão necessários ajustar não só o coagulante, mas também o alcalinizante. Essas ações devem ser definidas baseadas em estudos prévios das características da água do manancial de abastecimento da ETA (AMIRTHARAJAH E O´MÉLIA, 1990).

Segundo Macedo (2001), normalmente utiliza-se algumas ferramentas para o ajuste de dosagem, entre elas as mais usadas são:

i) Jar Test ou Teste de Jarro: é o método mais tradicional de ajuste, está representado na Figura 04. Porém esse teste tem como limitações a demora do resultado, geralmente por 30 minutos, podendo comprometer toda a água dos decantadores e conseqüentemente o processo.

ii) Tabela com os dados históricos de tratamento: os dados diários das ETAs podem ser úteis fornecendo informações sobre dosagens nas mais diversas situações em diferentes períodos. Essas informações podem ajudar no ajuste da dosagem do coagulante quando houver em uma mudança repentina de turbidez.



Figura 04 - Aparelho de Jar Test.

Paralelamente é importante que o operador freqüentemente confira a regulagem das dosagens, pois uma redução pode acarretar na ocorrência dos mesmos problemas no processo de clarificação adiante. Para estes casos além do turbidímetro on-line de água bruta o pHmetro medindo a água coagulada pode ser muito útil (MACEDO, 2001).

3.3.1.2 Tipos de coagulantes

Os coagulantes são produtos naturais ou químicos usados no tratamento de águas e efluentes industriais de vários segmentos. Segundo Richter & Azevedo Neto (2003), sua função é neutralizar as cargas negativas das partículas em suspensão, possibilitando assim uma aglomeração dessas partículas, formando os chamados flóculos. Os coagulantes mais comuns são o Sulfato de Alumínio, Sulfato Ferroso, Sulfato Férrico, Cloreto Férrico, Sulfato Ferroso Clorado, Aluminato de Sódio e o Policloreto de Alumínio (PAC). Os sais de alumínio são os coagulantes mais

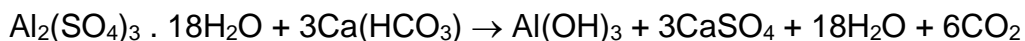
utilizados nas ETAs, entre eles estão o Sulfato de Alumínio e o PAC, objetos deste estudo (AMIRTHARAJAH, 1989).

Sulfato de Alumínio: também denominado Alumen, é um produto químico muito importante devido aos seus múltiplos e intensivos usos industriais. Das inúmeras aplicações atuais do sulfato de alumínio, considerado um produto industrial de base, a maior parte do sulfato produzido está sendo empregado na produção de celulose na indústria de papel, na clarificação de águas industriais e no abastecimento público, no tratamento de águas residuárias, e até mesmo, em tratamento terciário de esgotos

para remoção de fósforo (RICHTER & AZEVEDO NETO, 2003).

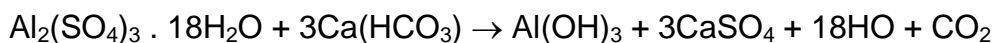
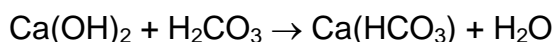
Segundo Sottomaior (2011), o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) é uma das substâncias químicas mais usadas para promover a coagulação nos processos de tratamento de água. Abaixo as reações com o sulfato de alumínio:

- Alcalinidade Natural



1 mg/L de sulfato de alumínio reagirão com 0,73 mg/L de alcalinidade em bicarbonato de cálcio.

- Reações Adicionando Cal



1 mg/L de sulfato de alumínio requer 0,33 mg/L de cal.

1 mg/L de sulfato de alumínio requer 0,73 mg/L de bicarbonato de cálcio.

Ainda Sottomaior (2011) afirma que as dificuldades no uso do sulfato de alumínio incluem leve aumento na dureza da água, aumento no dióxido de carbono e a formação de colóides, principalmente na presença de compostos de sódio e potássio. Raramente a reação se completa totalmente, resultando em residual de Sulfato de Alumínio e colóides, que passam pelos filtros convencionais.

Policloreto de Alumínio (PAC): é um complexo poli-nuclear de íons de alumínio polimerizados, um tipo de polímero inorgânico de peso molecular medido em várias centenas de unidades. Ele é geralmente formulado como: $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$, combinado com pequenas quantidades de outros compostos (CICHY, 2001).

Segundo Sottomaior (2011) o “PAC” - Policloreto de Alumínio é um coagulante inorgânico catiônico pré-polimerizado, cujo grau de polimerização em “n”, no número de OH pode chegar a 1000. Tem boa atuação num amplo intervalo de pH, e como não altera o pH da água tratada, irá eliminar ou diminuir o uso do alcalinizante na pré e/ou na pós. Não significa, entretanto que não possua um pH ótimo de coagulação. A proporção de 10,0 ppm de PAC requer de 1,5 a 2,0 ppm de Alcalinidade. Não se recomendam diluições inferiores a 6% em alumina, equivalente em 50,0% em produto tal qual. Abaixo dessa concentração existe a tendência à hidrólise. Os compostos pré-polimerizados exibem alta concentração de carga Catiônica e isto faz com que o poder coagulante e a velocidade de formação de flocos sejam grandes, com poder de aglutinação sedimentação, muito superiores à dos coagulantes tradicionais. A formação de lodo é muito inferior aos coagulantes convencionais.

Segundo Macedo (2001), a vantagem do PAC em relação aos demais coagulantes inorgânicos, é a característica de pré - polimerização de sua estrutura molecular condensada em pontes de oxigênio entre os átomos de alumínio. As principais especificações do coagulante Policloreto de Alumínio Líquido são mostradas na Tabela 02.

Tabela 02 - Especificações técnicas do Policloreto de Alumínio – PAC

Nome	PAC – “Poli Aluminium Chloride”
Aparência	Líquido vermelho fluorescente
Al_2O_3 (%)	$10,3 \pm 0,3$
Fe (%)	Max. 0,006
As (ppm)	Max. 0,5
Mn (ppm)	Max. 10
Cd (ppm)	Max. 0,3
Pb (ppm)	Max. 1,0
Hg (ppm)	Max. 0,1
Cr (ppm)	1,0
Basicidade (%)	$51,0 \pm 4,0$

Peso específico (25°C)	1,204 ± 0,004
pH (25°C)	2,6 ± 0,3
Viscosidade (cp, 25°C)	4,0 ± 0,5

Fonte: Hidroall (2010).

Segundo Amirtharajah e Mills (1982) o PAC pode ser encontrado em pó ou dissolvido em uma solução de aproximadamente 35% de sólidos ativos, sendo necessário apenas adicioná-lo na forma de solução previamente preparada à água a ser tratada, seguindo-se então a agitação. O PAC tem uma velocidade de formação de flocos maior que o sulfato de alumínio, permitindo a redução de tempo de agitação ou retenção (MACEDO, 2001).

A dosagem do PAC varia de acordo com a qualidade da água a ser tratada, sendo necessário determinar a quantidade ótima utilizando o aparelho de Jar-test.

3.3.1.3 Estudos Comparativos do PAC com Sulfato de Alumínio

Um dos principais diferenciais que deve ser levado são suas características particulares e atuação de cada coagulante. Isso pode ser verificado no Gráfico 01, que apresenta a comparação dos diâmetros de flocos formados em função do pH com o uso da PAC frente ao uso do Sulfato de Alumínio.

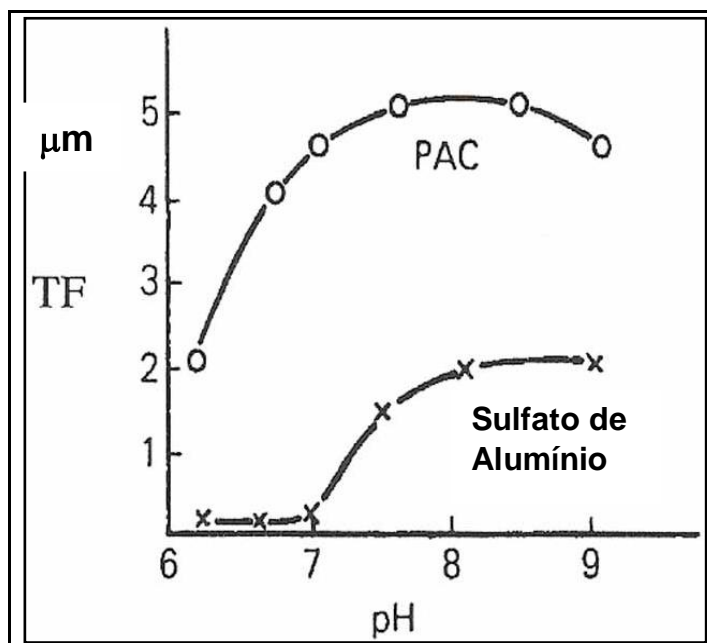


Gráfico 01 - Tamanho do flóculo (TF) em função do pH, onde “-o-” representa o PAC e o “-x-” representa o sulfato de alumínio.

Fonte: Hidroall (2010).

Em consequência do maior tamanho de floco formado tem-se uma maior velocidade de decantação com o uso do PAC. É o que podemos observar no Gráfico 02, por meio do tempo de sedimentação. Além disso, podemos observar também a faixa de aplicação do PAC e do Sulfato de Alumínio em relação ao pH. Nota-se que o PAC apresenta, comparativamente ao Sulfato de Alumínio, uma maior faixa de pH (AMIRTHARAJAH E O´MÉLIA1990).

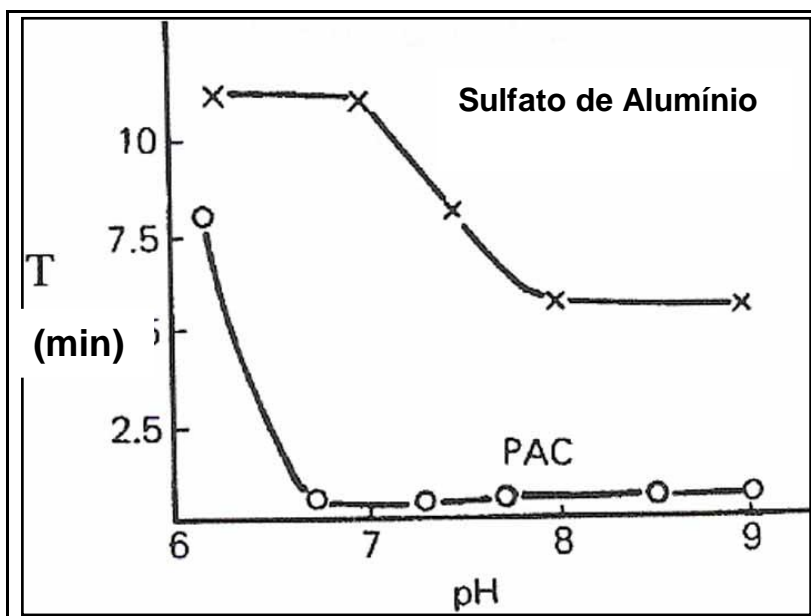


Gráfico 02 - Tempo de decantação em minutos, em função do pH.

Fonte: Hidroall (2010).

O PAC é facilmente manuseado, estocado e dosado. A solução pode ser diluída em água na concentração desejada, e esta operação pode também ser automatizada. Menores reservatórios de estocagem são usados com o PAC, se comparado com o Sulfato de Alumínio, porque o PAC tem mais Al_2O_3 do que o Sulfato de Alumínio (0,3% vs 8,2%) (MACEDO, 2001).

Conforme o Gráfico 03, com a utilização do PAC como coagulante a quantidade é menor comparada com outros coagulantes, isso porque o pH da água permanece praticamente sem alteração, mesmo na possível situação de super dosagem de PAC (CAMPOS & POVINELLI, 1976).

Vários são os produtos químicos orgânicos e inorgânicos comumente usados como aditivos de floculação, mas geralmente quando se usa o PAC não há necessidade de nenhum outro composto (AMIRTHARAJAH E O'MÉLIA 1990).

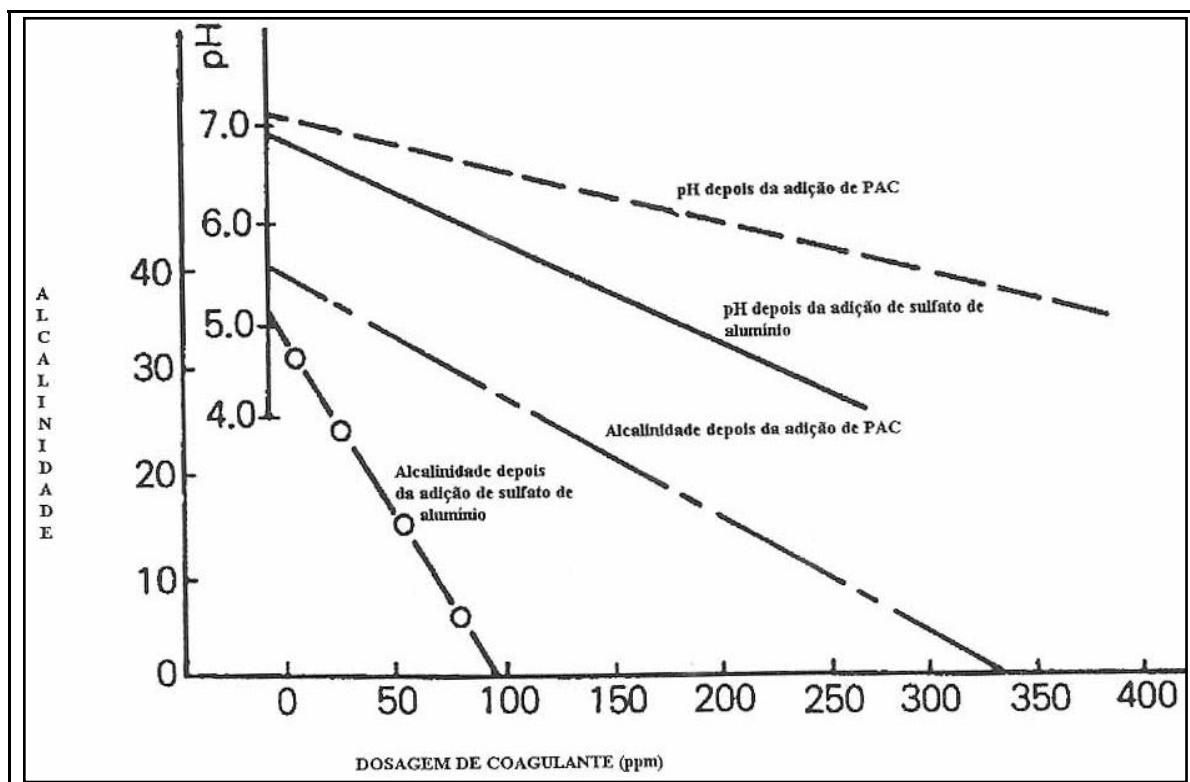


Gráfico 03 - pH e alcalinidade depois da adição de PAC e Sulfato de Alumínio.

Fonte: Hidroall (2010).

O PAC trabalha em uma faixa mais ampla de pH, se comparado com o Sulfato de Alumínio ou outros floculantes. É geralmente eficaz em uma faixa de pH compreendida entre 6 e 9, mas em alguns casos ele funciona bem em faixas que vão de pH 5 até pH 10. É o que mostra o Gráfico 04. Observa-se também nesta figura, que na faixa de pH entre 7 e 8, a eficiência do PAC é similar a do Sulfato de Alumínio, ou seja, a turbidez residual é mantida baixa (CICHY, 2001).

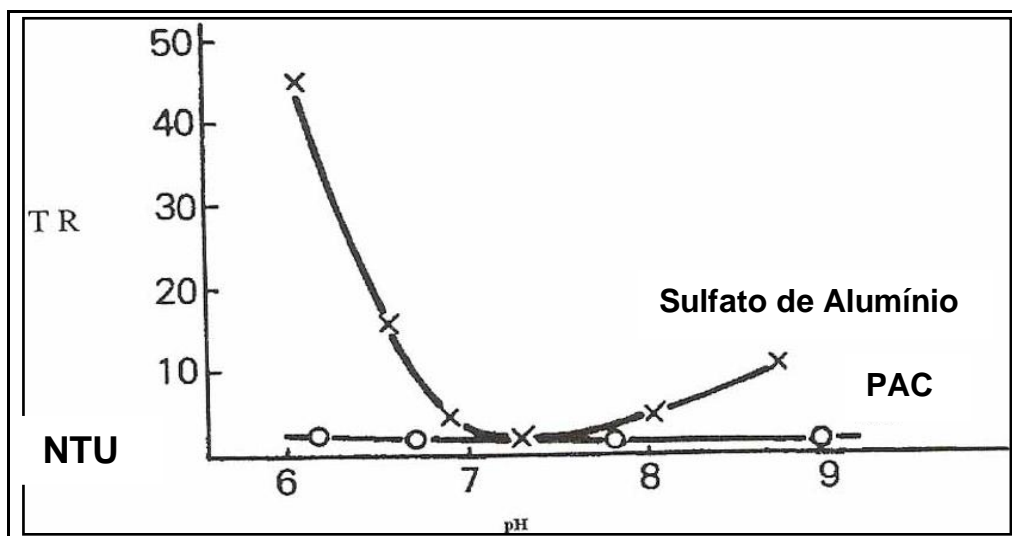


Gráfico 04 - Turbidez Residual (TR) em função do pH.

Fonte: Hidroall (2010).

3.3.2 Floculação

É o processo físico e unitário que se segue após a coagulação, e consiste na aglutinação das partículas eletricamente desestabilizadas (coágulos), de modo a formar outras maiores, chamadas flocos, suscetíveis de serem removidos por decantação e filtração (MACEDO, 2001). A floculação pode ocorrer por sistemas hidráulicos, utilizando o próprio movimento da água, e movimentos mecânicos quando são usados motores que movimentam pás para se obter a agitação necessária no tanque floculador, provocando a aglutinação das partículas.

Para que os flóculos formados cheguem a tamanhos adequados aos decantadores, um dos fatores importantes no processo de floculação é o “gradiente de velocidade” (CAMPOS & POVINELLI, 1976). De acordo com cada ETA, deve-se encontrar uma velocidade ideal da água, para que as partículas se aglomerem continuamente durante o processo. Geralmente essa velocidade é decrescente. Isso evita que esses flóculos se rompam depois de formados, ou decantem antes de chegar aos decantadores. O gradiente de velocidade é dado pela equação 1 (NUNES, 2001).

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \dots\dots\dots \text{(Eq. 1)}$$

onde:

- G = gradiente de velocidade (RPM);
- P = potência introduzida na água (W);
- μ = viscosidade absoluta da água à Temperatura Ambiente;
- V = volume do tanque (m³);

Em floculadores hidráulicos normalmente o gradiente é fixado pelo projetista, e sua alteração, depende de modificação nem sempre fácil de ser efetuada. Ao contrário, nos sistemas mecânico, o projeto permite uma maior possibilidade de alteração das velocidades de rotação dos agitadores. Além da rotação, a potência introduzida na água depende da forma e tamanho das pás dos agitadores, ou seja, em agitadores consecutivos, nem sempre aquele que tiver menor rotação terá menor gradiente (TOMIATE *et al.*, 2004).

3.3.3 Decantação

É o processo pelo qual as partículas de densidade maior que a da água decantam para a zona de armazenamento dos decantadores ou sedimentadores. Dentro deles a velocidade do líquido é baixa, para que os flóculos não se desfaçam e fiquem suspensos novamente. Os decantadores são classificados em dois tipos, os de baixa e os de alta velocidade de separação (AMIRTHARAJAH, 1989). A seguir são apresentados os decantadores de baixa velocidade de separação de fluxo horizontal Figura 05, e de fluxo vertical Figura 06:

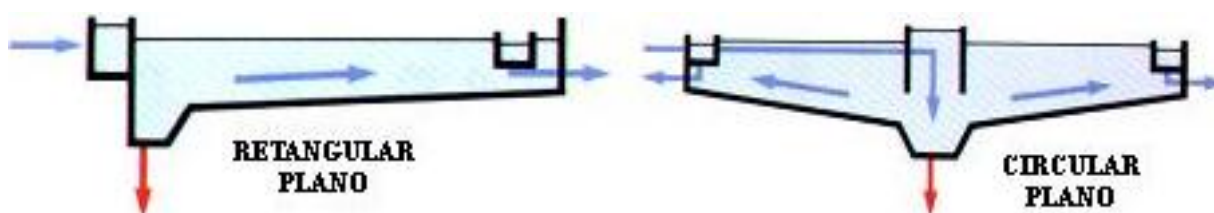


Figura 05 - Decantadores de fluxo horizontal.
Fonte: Tomiate *et al.* (2004, p. 80).

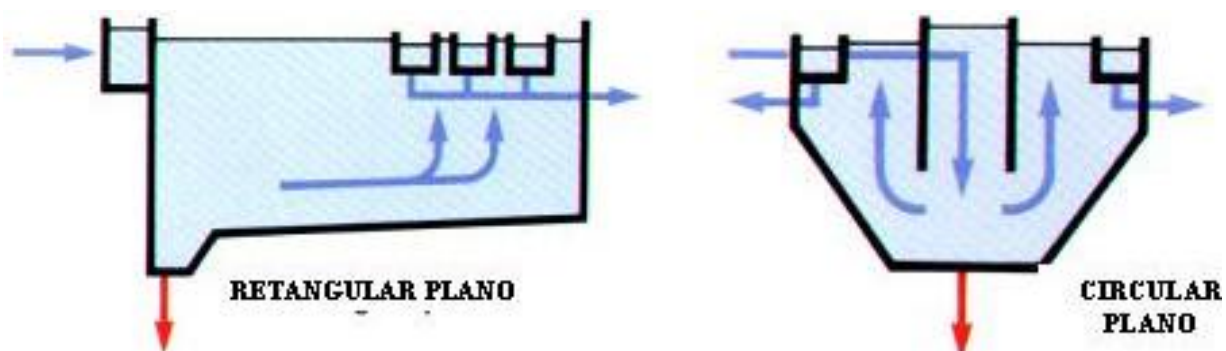


Figura 06 - Decantadores de fluxo vertical ou manto de lodos.
Fonte: Tomiate *et al.* (2004, p. 80).

Nos decantadores as partículas se acumulam na zona de armazenamento ou zona de repouso, formando o chamado “lodo”. Segundo Jordão e Pessoa (1995) os decantadores que não possuem mecanismos de descarga de lodo, quando ele começa a atingir outras zonas, o mesmo deve ser lavado, pois caso contrário, a corrente de água ascendente arrasta os flocos comprometendo assim o processo. Os operadores devem então observar a concentração de lodo adaptando a frequência necessária de descarga.

Para esse monitoramento, são coletadas várias amostras em função do tempo, e se procede individualmente para cada uma delas a análise de sólidos sedimentáveis, através de Cones Imhoff. Com os resultados, se traça uma curva com o teor de sólidos removidos em função do tempo, verificando-se o tempo de descarga mais econômico (AMIRTHARAJAH, 1989).

Paralelamente, se determina a quantidade de lodo que está sendo depositado nos sedimentadores, coletando uma amostra da água decantada. Concluindo o ensaio de sólidos sedimentáveis de ambas, a diferença entre os dois

valores é a quantidade de sólidos que efetivamente esta sendo depositado no sedimentador. É necessário cruzar os dados dos dois procedimentos para se ter eficiência na descarga de lodo (TOMIATE *et al.*, 2004).

3.3.4 Flotação

O processo de flotação é o inverso da sedimentação, no qual as partículas são capturadas pelas bolhas de ar, induzidas pelo borbulhamento de gás. Essas bolhas têm densidade menor que a da fase líquida e migram para superfície arrastando as partículas seletivamente aderidas. Devido à grande quantidade de bolhas geradas há um aumento de contato entre bolhas e partículas, proporcionando uma separação eficiente. Trata-se de um processo complexo do ponto de vista químico, mas cuja simplicidade operacional permite sua utilização em diversos setores para separar uma grande variedade de sólidos (SAAE, 2006).

3.3.5 Filtração

A filtração é o processo que consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais e de microorganismos presentes em suspensão na água, através de meio poroso composto de materiais de diferentes granulometrias dispostos em camadas, geralmente num fluxo descendente (RICHTER & AZEVEDO NETO, 2003). É em geral, o processo final de remoção de impurezas realizado em uma estação de tratamento de água e, portanto, o principal responsável pela produção de água com qualidade requerida nos padrões de potabilidade.

Paralelamente às exigências de qualidade, outro fator muito importante na operação, manutenção e controle, consiste em produzir um maior volume de água

tratada com o menor volume gasto com água de lavagem e outras perdas no processo (TOMIATE *et al.*, 2004).

O objetivo da filtração é separar as partículas e microrganismos, que não ficaram retidos nos processos de coagulação e decantação. Em consequência, o trabalho que os filtros desempenham depende diretamente da maior ou menor eficiência dos processos que antecedem a filtração. Os filtros mais usados nas ETAs são os que têm uma maior capacidade de filtração, chamados de filtros rápidos, com taxas acima de $100 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dia (BRAILE E CAVALCANTI, 1993). A taxa de filtração é a quantidade de água em m^3 que passa em cada 1 m^2 de área filtrante por um tempo correspondente a um dia. Possuem meio filtrante simples, ou seja, somente areia ou antracito, ou misto, composto de antracito, areia e outros. Também pode ser de fluxo descendente ou de fluxo ascendente, chamados de “Filtro Russo” (CAMPOS & POVINELLI, 1976).

A lavagem dos filtros é realizada quando o interior deste atinge o nível máximo operacional, ou seja, a perda de carga chegou ao seu limite, podendo ocorrer o transbordamento do filtro ou o afogamento das calhas de coleta dos sedimentadores (AMIRTHARAJAH E O’MÉLIA, 1982).

O melhor procedimento é distribuir uniformemente as lavagens das unidades ao longo do dia, mantendo a perda de carga média nas unidades. São usados na lavagem de um filtro de 850 a $1050 \text{ m}^3/\text{m}^2$.dia. A taxa de filtração usual média é $300 \text{ m}^3/\text{m}^2$.dia Isso significa que é necessário, no mínimo, a vazão de 3 filtros para se lavar um (TOMIATE *et al.*, 2004)

3.3.6 Desinfecção e Fluoretação

Em um sistema convencional esse é o último processo do tratamento, onde a água filtrada recebe uma dosagem de produtos químicos para a desinfecção e fluoretação (FILHO, 1976):

A desinfecção tem por finalidade a destruição de microrganismos patogênicos presentes na água (bactérias, protozoários, vírus e vermes). A água não tratada pode ser um veículo de transmissão de doenças.

No Brasil e em outros países do mundo, um grande número de leitos hospitalares é ocupado por pessoas com doenças do trato intestinal e outras que, primordialmente tem origem hídrica, motivo pelo qual o controle dessas doenças passa obrigatoriamente pelo tratamento de água e de esgoto (ZAPERLON & RATTMANN, 2004).

A portaria 518/MS de 25 de março de 2004 define água potável como a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos a saúde. Os contaminantes mais comuns presentes em águas de abastecimento nos países em desenvolvimento, são de origem biológica chamados de patogênicos (FILHO, 1976).

A característica da água a ser tratada tem influência marcante no processo de desinfecção. Organismos circundados por material em suspensão, e que, por alguma falha no processo de filtração são retidos pelo meio filtrante, podem tornar-se inatingíveis pelo agente desinfetante (CICHY, 2001).

Se o agente desinfetante for um oxidante, a presença de material orgânico e outros materiais oxidáveis irão consumir parte da quantidade de desinfetante necessária para destruir os organismos (AZEVEDO NETTO, 1979).

Além do caráter químico da água, a temperatura influi no processo de desinfecção, em geral temperaturas altas favorecem a ação desinfetante. Segundo Macedo (2001), a escolha de um agente químico desinfetante depende de algumas características necessárias que irão viabilizar a sua aplicação, entre elas:

- devem destruir, em tempo razoável, os organismos patogênicos;
- devem ser dosados de forma a não serem tóxicos aos seres humanos e animais domésticos, nem causarem cheiro ou gosto à água;
- devem estar disponíveis a custo razoável e oferecer condições seguras de transporte, armazenamento, operação e aplicação;
- devem produzir residuais persistentes na água.

Entre os agentes químicos desinfectantes, o cloro gasoso (Figura 07) é o mais utilizado nas estações de tratamento de água da Sanepar. O cloro é um dos elementos químicos da família dos halogênicos, de número atômico 17 e peso atômico 35,457 (AZEVEDO NETTO, 1973).

Na sua forma elementar, é um gás esverdeado que pode ser facilmente comprimido em um líquido claro, cor de âmbar, que solidifica à pressão atmosférica e a temperatura de -102°C . O cloro encontra-se na natureza, combinado a vários elementos, principalmente ao sódio e potássio. Além do cloro gasoso, pode ser empregado na desinfecção da água, na forma de hipoclorito de cálcio ou dióxido de cloro (ZAPERLON & RATTMANN, 2004).



Figura 07 - Cilindros de cloro gasoso.

Fonte: Zaperlon & Rattmann (2004).

A fluoretação é o processo pelo qual se adicionam compostos de flúor às águas de abastecimento público, a fim de que tenham teor adequado de íon fluoreto. Esse teor varia de um local para o outro, de acordo com a média das temperaturas máximas anuais (AZEVEDO NETTO, 1973).

O objetivo da fluoretação é proporcionar aos dentes, principalmente enquanto se processa seu desenvolvimento, um esmalte mais resistente e de qualidade superior, reduzindo na proporção de cerca de 70% a incidência de cárie

dentária. Estudos realizados pela OMS revelam que para cada dólar investido em fluoretação, são economizados 50 dólares que seriam gastos nos processos de tratamento dentário e de despesas indiretas (KULCHESKI, *et al.*, 2004).

O fluor é um elemento que ocorre naturalmente e em pequenas quantidades nas águas naturais, devido ao intemperismo de minerais nos quais é elemento principal ou secundário: fluorita, Apatita, Fluor-apatita, Turmalina, Topázio e Mica. O fluor liberado pelo intemperismo desses minerais passa para as soluções aquosas supergênicas na forma de íon fluoreto, de alta mobilidade (DI BERNARDO, 1993).

Diversamente de outros halogênicos ele pode formar complexos estáveis com elementos como Al, Fe, B e Ca. Desta forma, no ciclo geoquímico o fluor pode ser removido das águas pela co-precipitação com óxidos secundários de Fe, podendo também ser complexado tanto com Fe como Al na forma de fosfatos (KULCHESKI, *at al.*, 2004).

Para a fluoretação, isto é, a elevação do teor de fluor até a concentração ótima recomendável utiliza-se dosadores e o teor residual de fluoretos é controlado através de análises. Segundo Azevedo Netto (1987) os compostos químicos mais utilizados na fluoretação são:

- Fluoreto de cálcio - CaF_2 ;
- Fluossilicato de Sódio - Na_2SiF_6 ;
- Fluoreto de Sódio – NaF ;
- Ácido fluossilícico - H_2SiF_6 .

No Brasil a aplicação de fluor às águas de abastecimento público foi regulamentada em 24 de maio de 1974, através da promulgação da lei nº. 6.050, que dispõe sobre a obrigatoriedade da fluoretação da água em sistemas de abastecimento quando existir estação de tratamento:

Art.10. Os projetos destinados à construção ou aplicação de sistemas públicos de abastecimento de água, onde haja estação de tratamento, devem incluir previsões e planos relativos à fluoretação da água, de acordo com os requisitos e para os fins estabelecidos no regulamento desta Lei.

Em complemento à Lei 6.050 foram implementadas as seguintes Leis:

- Decreto nº 76.872 de 22 de dezembro de 1975, que regulamenta a Lei nº 6.050, de 24 de maio de 1974, que dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas públicos de abastecimento;
- Portaria nº 635/BSB de 26 de dezembro de 1975, que regulamenta normas e padrões sobre a fluoretação das águas de sistemas públicos de abastecimento, destinada ao consumo humano.

Apesar de ser reconhecidamente eficiente como agente de prevenção contra cárie dentária, o uso do flúor requer cuidados especiais quanto à sua aplicação e controle do teor nas águas de abastecimento público, pois sua presença em teores muito baixos pode não ter efeito algum, e em altas dosagens pode comprometer a saúde de toda a população (KULCHESKI et al., 2004).

A Tabela 03, mostra os limites de aplicação recomendados, de acordo com a Portaria nº 635/75/BSB de 26 de dezembro de 1975.

Tabela 03 - Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média as temperaturas máximas diárias.

Média das temperaturas Máximas diárias do Ar (°C)	Limites recomendados para a Concentração do íon fluoreto em		
	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0 – 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 – 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 – 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 – 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 – 26,3	0,7	1	0,8
26,8 – 32,5	0,6	0,8	0,6

Fonte: Portaria nº 635/75/BSB de 26 de dezembro de 1975.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para abastecer a cidade de Foz do Iguaçu, o sistema produtor de água é composto por 02 Estações de Tratamento de Água - ETA (ETA Tamanduá com 30%, e ETA Vila "C" responsável por 70% da produção), resultando em uma capacidade real de produção de 1.000 litros por segundo e 02 Estações Elevatórias de Água Bruta.

O estudo de caso foi realizado nestas 2 estações de Tratamento de água: Tamanduá e Vila C, ambas de propriedade da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

A ETA Tamanduá (coordenadas geográficas: 25° 34' 54.57" S e 54° 31' 34.80" O) fica localizada na Avenida das Cataratas, BR-469 no Km 12 da cidade de Foz do Iguaçu (Figura 08). A estação foi inaugurada em agosto de 1978 pelo Governador do Paraná Jayme Canet Junior e pelo Prefeito de Foz do Iguaçu Clovis Cunha Viena. A ETA Tamanduá produz diariamente aproximadamente 21.600 m³, com uma produção de 200 L/s, pois o manancial de abastecimento, o Rio Tamanduá tem sua vazão atual de exploração de 900 m³/h, vazão esta considerada limite segundo a outorga concedida.

A ETA Vila C (coordenadas geográficas: 25° 27' 03.30" S e 54° 33' 21.37" O) localizada na Rua Terezina s/nº Vila C Nova, foi inaugurada pela Itaipu Binacional logo após as obras da usina iniciarem em 1979, com uma ETA pequena. Em 2001 foi inaugurado a ampliação da ETA Vila C pelo Governador Jaime Lerner. A ETA Vila C (Figura 09) produz diariamente aproximadamente 50.000m³, com uma produção de 800 L/s de capacidade máxima de produção. A captação é feita no Lago de Itaipu sem limite de exploração.

Segunda a Companhia de Saneamento o sistema distribuidor conta com 17 estações elevatórias de água tratada, e para o armazenamento há 14 reservatórios,

com uma capacidade total de cerca de 25.660 m³. Com 1.076.709 metros de extensão, a rede distribui água tratada para 68.435 ligações, fornecendo água para 100% da população urbana.

Toda distribuição de água e o nível de água dos reservatórios são controlados por um sistema remoto de elevado nível de automação chamado de centro de controle operacional, sendo que o monitoramento e a medição do nível da água são realizados à distância de forma centralizada, permitindo ao operador uma visão ampla e segura que garante rapidez na realização de manobras operacionais no processo de distribuição de água.



Figura 08 - ETA Tamanduá

Fonte: Google Earth, 2011.



Figura 09 - ETA Vila C

Fonte: Google Earth, 2011.

4.2 PERÍODO DE ABRANGÊNCIA

Os dados analisados no estudo compreenderam o período de janeiro à dezembro de 2010, portanto correspondendo ao tempo de 01 ano.

O período analisado para ambas as estações foi o mesmo foi a fim de que as variações das influências externas (precipitação, ventos e temperatura) fossem reduzidas.

4.3 COLETAS DE DADOS

Os dados utilizados pertencem à Companhia de Saneamento do Paraná e foram provenientes do preenchimento dos boletins diário de tratamento – BDT (Anexo A), realizados pelos técnicos de produção - operadores da estação de tratamento de água - ETA, durante o período supracitado.

4.4 ANÁLISES DOS DADOS

O estudo foi realizado através da comparação dos parâmetros relacionados ao tratamento da água nas estações de tratamento, como segue: turbidez de água tratada consumo de produtos químicos, quantidade de água gasto na lavagem de filtros no processo do tratamento e comparativo dos preços dos coagulantes.

Buscou-se fazer um comparativo da eficiência e do custo do processo quanto à utilização do coagulante sulfato de alumínio e policloreto de alumínio, visando identificar, dentre estes coagulantes, qual seria a melhor opção.

Para tal, foram comparados os dados das duas Estações de Tratamento de Água, sendo a ETA Vila C com o uso do Sulfato de Alumínio e a ETA Tamanduá usando o Policloreto de Alumínio.

No que se refere à análise do gasto com coagulantes por m³ de água produzido, utilizou-se conforme apresenta a equação 2,

$$T_c = \frac{(Q_c \times C_c) + V_{cal}}{V_T} \dots\dots\dots(Eq. 2)$$

Onde:

T_c = Total gasto com coagulante por m³ de água tratada (R\$/m³);

Q_c = Quantidade de coagulante gasto no período (Kg);

C_c = Custo do coagulante (R\$);

V_{cal} = Valor gasto com Cal Hidratada no período (R\$);

V_T = Volume de água tratada no período (m³).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA

É visível a necessidade de buscar novas alternativas, visando diminuir as perdas operacionais e o consumo de coagulante no processo de tratamento de água da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). Os resultados das análises laboratoriais, o consumo de produtos químicos e gasto operacional de água utilizados no período poderão identificar o coagulante mais eficiente, suas vantagens e desvantagens no processo de tratamento de água na referida unidade.

A ETA Tamanduá utilizou durante muitos anos o sulfato de alumínio como coagulante em seu sistema de tratamento. Em agosto de 2007, esta unidade de tratamento substituiu este coagulante pelo policloreto de alumínio (PAC), na forma líquida. O motivo principal desta mudança foi buscar atingir as metas de qualidade de água produzida, proposta pela própria empresa, principalmente no que se refere ao parâmetro turbidez, tendo em vista que esta estação de tratamento tem como fonte de água o rio Tamanduá, cujo parâmetro acima citado tem a tendência de se elevar bruscamente em épocas de chuvas. Fato este que exige uma etapa de coagulação com um reagente mais eficiente que o sulfato de alumínio, e ao mesmo tempo, economicamente viável.

Já a ETA Vila C, utiliza há anos o coagulante sulfato de alumínio, que é o coagulante mais utilizado pela Sanepar em todo o Estado do Paraná. No final de 2009 a turbidez do Lago de Itaipu subiu bruscamente, fazendo que novos testes fossem realizados, pois como a ETA Vila C é de filtração direta, não se viu durante os anos de funcionamento uma turbidez tão elevada deste manancial, chegando à faixa de 29 NTU. Sendo feito alguns testes com o policloreto de alumínio, mas não foram tabulados para comparações.

Como proposto neste trabalho, foi realizada uma comparação dos resultados obtidos entre esses produtos no aspecto técnico e econômico. Para isso, foram analisados parâmetros de qualidade e eficiência, assim como, a variação do consumo de produtos químicos e de água utilizada no processo de produção.

O sistema produtivo de água mantém um registro mensal das análises, seguindo o Plano de Controle Analítico, realizadas diariamente, formalizado no boletim diário de tratamento de água - BDT. Baseado nos gráficos mensais produzidos a partir desses dados, é possível comparar a variação nas diferentes faixas de turbidez, pH, alcalinidade e a utilização de álcalis no ano de 2010.

Para cada mês existe uma determinada quantidade de análises realizadas, e de acordo com o número de amostras obtidas nas diferentes faixas de turbidez, obteve-se o percentual de conformidades.

A análise de turbidez da água produzida é feita a cada hora, chegando a uma média aproximada de 720 análises mensais. A portaria 518/04 do Ministério da Saúde no seu Artigo 12 estabelece que, o valor máximo da turbidez das águas de abastecimento público com tratamento completo ou filtração direta, não deve ultrapassar 1,0 UNT. No inciso 2º do mesmo artigo, com o objetivo de assegurar a eficiência de remoção de Enterovírus, Cistos de *Giardia spp* e Ocistos de *Cryptosporidium sp*, o Ministério da Saúde recomenda que, para a filtração rápida se estabeleça uma meta no efluente filtrado de valores de turbidez inferiores a 0,5 UNT em 95% dos dados mensais e nunca superiores a 1,0 UNT.

5.1.1 Análise da Água Bruta com a Água Tratada

A qualidade da água *In natura* deve ser levada em consideração, já que na ETA Vila C é proveniente do Lago de Itaipu e na ETA Tamanduá é do Rio Tamanduá, cada um com suas características. Comparando-se o período de estudo, nota-se que, que a variação de turbidez da água *in natura* na ETA Tamanduá

(Gráfico 05) variou de 8 UNT a 45 UNT, com uma média de turbidez durante o ano de 22,28 UNT.

A ETA Tamanduá que utiliza o coagulante policloreto de alumínio, a turbidez da água tratada é muito inferior comparado com a da ETA Vila C, ficando na faixa de 0,2 UNT à 0,4 UNT (Gráfico 05) durante o ano todo de 2010.

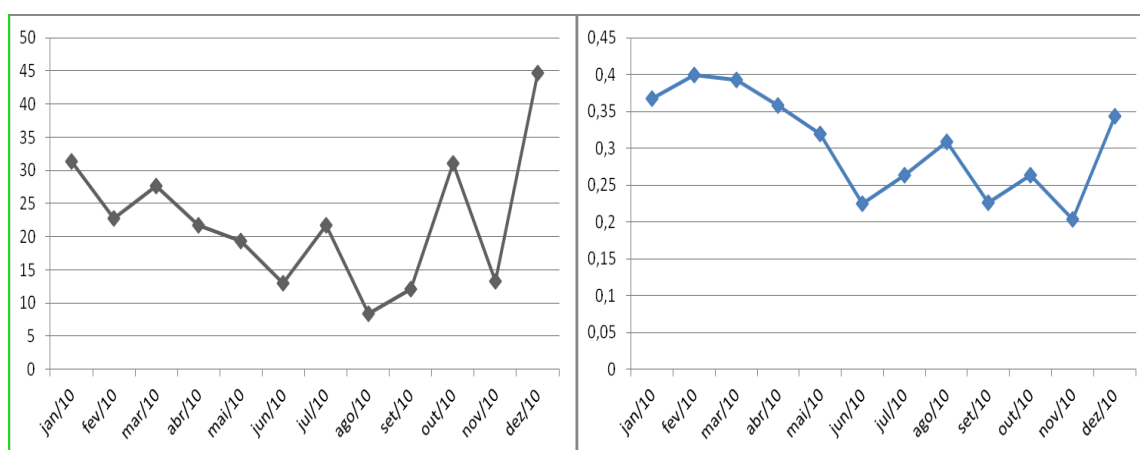


Gráfico 05: Turbidez *In natura* comparada com a Turbidez Tratada na ETA Tamanduá.

No que diz respeito à Eficiência no tratamento de água, mostra-se pelo Gráfico 06 que a ETA Tamanduá obteve médias acima de 96% na eficiência, obtendo então uma ótima ação do agente coagulante em seu tratamento que no caso da ETA Tamanduá é o PAC.

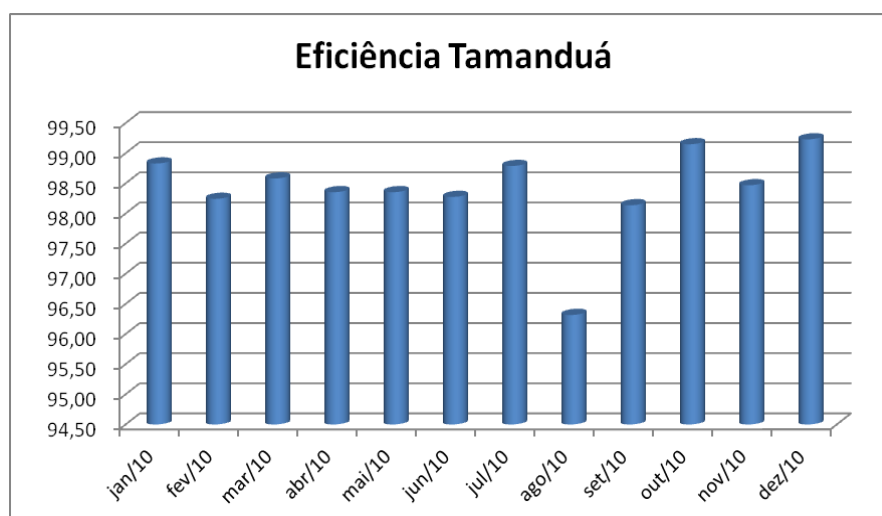


Gráfico 06 – Eficiência no Tratamento de Água ETA Tamanduá.

Já na ETA Vila C (Gráfico 07), a turbidez variou de 2 UNT a 13 UNT, muito abaixo da ETA Tamanduá, gerando uma média de 7,37 UNT. Ou seja, mesmo tendo a turbidez da água *in natura* se elevado no ano de 2010 na ETA Tamanduá, o coagulante PAC conseguiu produzir uma água tratada com turbidez inferior à água produzida com sulfato de alumínio na ETA Vila C.

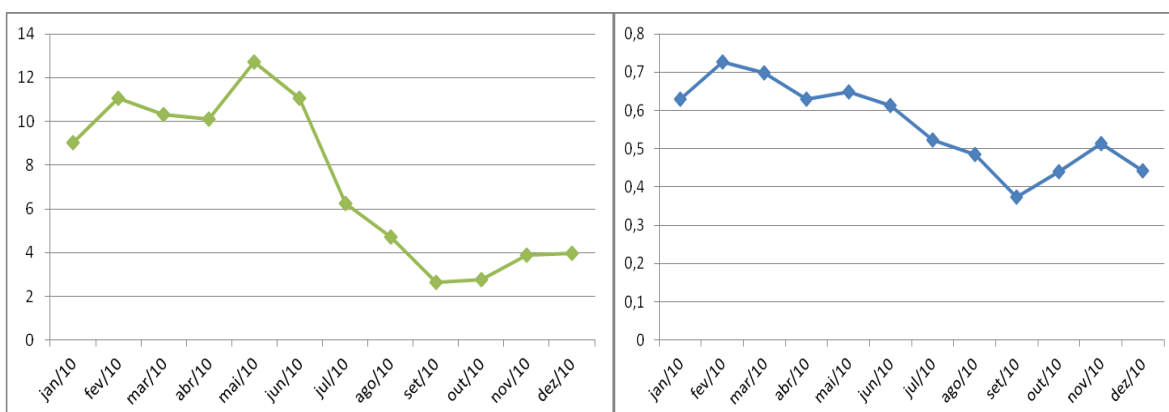


Gráfico 07 - Turbidez *In natura* comparada com a Turbidez Tratada na ETA Vila C.

A alta turbidez na água tratada na ETA Vila C, visualizada no primeiro semestre de 2010 que utiliza o coagulante sulfato de alumínio, no primeiro semestre chegou ao limite superior da qualidade imposta pela ISO14001 de 0,80 UNT, em algumas análises, mas abaixo do limite imposto pela portaria nº 518 do Ministério da Saúde.

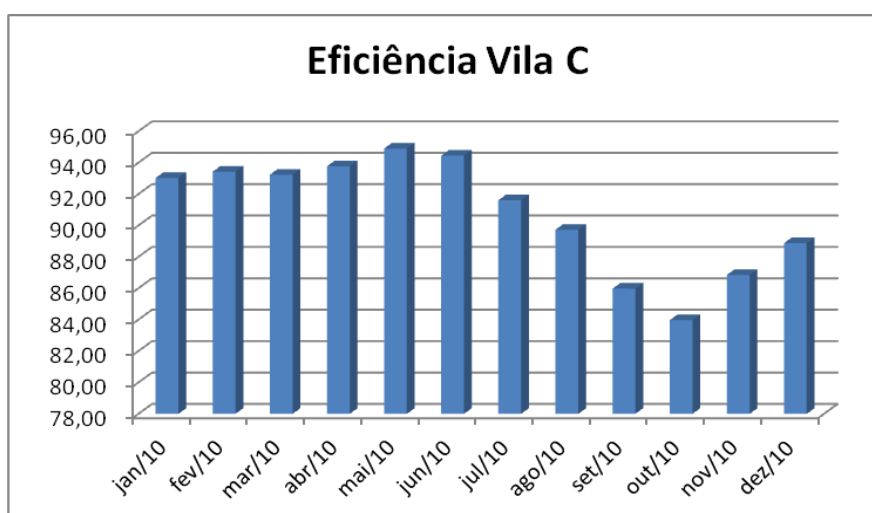


Gráfico 08 - Eficiência no Tratamento de Água ETA Vila C

Podendo ainda visualizar a Eficiência no Tratamento (Gráfico 08) utilizando o sulfato de alumínio na ETA Vila C, ficando em torno de 83,97% à 94,90%, com uma média de eficiência de 90% bem inferior a ação do coagulante PAC na ETA Tamanduá.

Além disso, os operadores da ETA Vila C trabalhavam sobre pressão constante para atingir os parâmetros de qualidade, sendo necessário realizar diversas lavagens de filtros por dia, gerando um maior desgaste dos equipamentos.

5.1.2 Comparativo do Potencial Hidrogeniônico - pH

Ainda vale ressaltar a importância que o pH da água in natura (Gráfico 07) exerce no tratamento, pela quantidade de coagulante e a necessidade de adição de álcalis para correção de pH na água. Como pode-se perceber, o pH da ETA Vila C, fica numa faixa bem superior, variando de 7,4 à 8,0. Já na ETA Tamanduá a faixa de pH varia de 7,5 à 7,8 (com faixa de pH do PAC variando entre 5 e 8), numa pequena faixa de variação, sendo o PAC um bom coagulante nessa faixa de pH, não podendo dizer o mesmo na ETA Vila C, pois a faixa de pH ótimo para coagulação do sulfato de alumínio é em torno de 5,7 à 6,5.

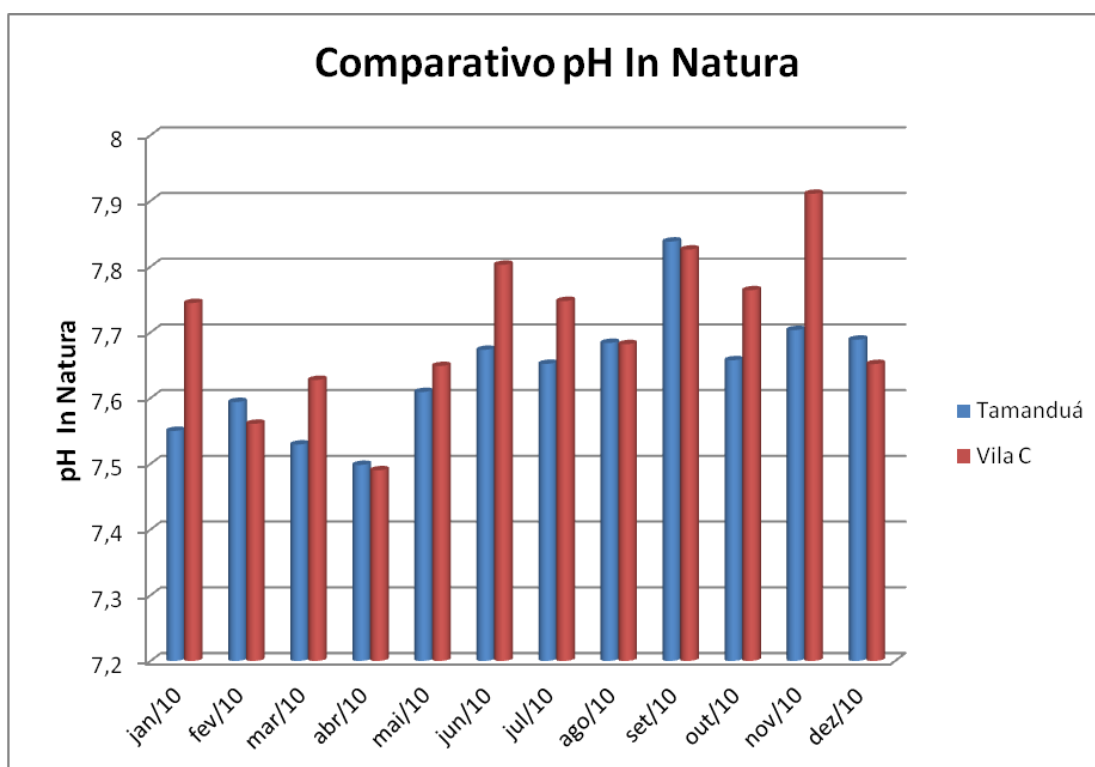


Gráfico 09 - Comparativo pH In Natura.

5.1.3 Alcalinidade

A alcalinidade da água In Natura também exerce função chave para a escolha de um bom coagulante, como se pode ver no Gráfico 08, a alcalinidade da ETA Tamanduá gira em torno de 10 à 15 mg/L de bicarbonato de cálcio, sendo que 10 ppm de PAC requer de 1,5 a 2,0 ppm de alcalinidade. Na ETA Vila C, a alcalinidade é mais alta ficando em torno de 20 à 25 mg/L de bicarbonato de cálcio, sendo que 1mg/L de sulfato de alumínio reagirão com 0,73 mg/L de alcalinidade em bicarbonato de cálcio.

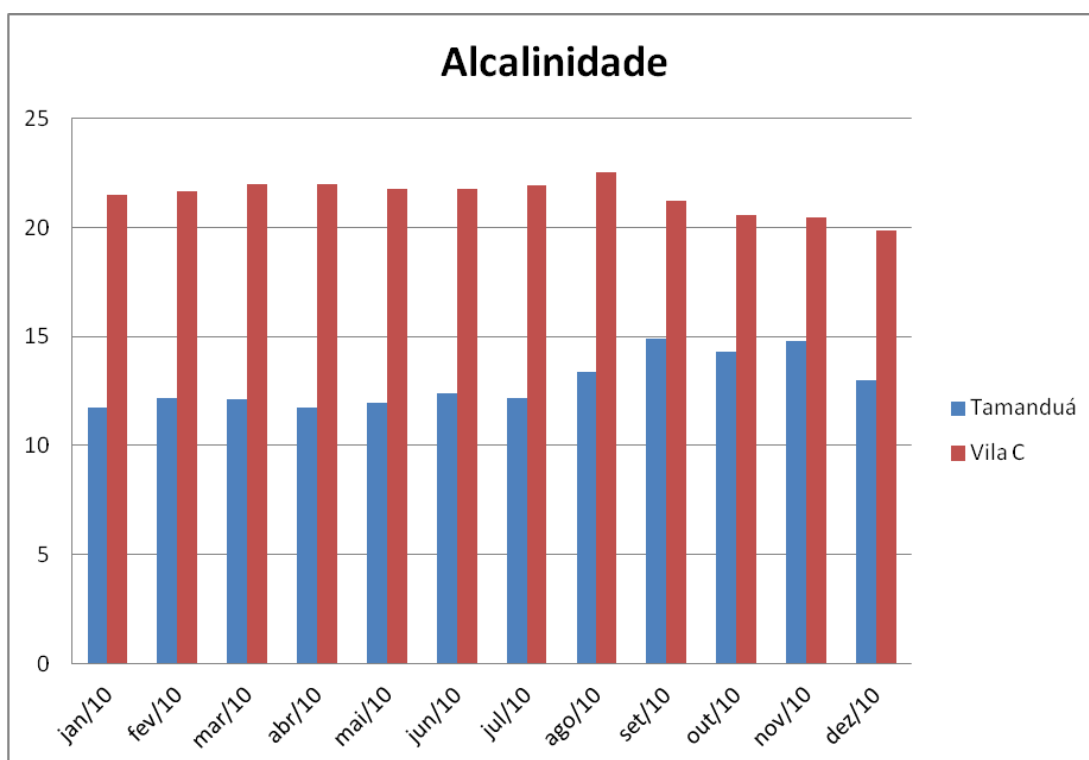


Gráfico 10 - Comparativo de Alcalinidade.

5.1.4 Análise Comparativa do Ferro

Nos próximos gráficos podemos visualizar a redução do teor de ferro na água in natura e na água tratada, sabendo que o teor de Ferro é natural da água, e sua presença em grande quantidade causa manchas em roupas e porcelanas, a redução no tratamento deste parâmetro é essencial, visto que quanto mais alta a turbidez maior será a relação com a presença de ferro.

O Gráfico 11 mostra que o teor de ferro na ETA Tamanduá varia entre 0,66 à 1,15 mg/L na água in natura, sendo que níveis acima de 1 mg/L causam um sabor adstringente agri-doce. A eficiência no tratamento de água mostra que ocorre a redução de ferro na água tratada chegando no máximo a 0,11 mg/L atendendo aos padrões da portaria nº 518 do MS.

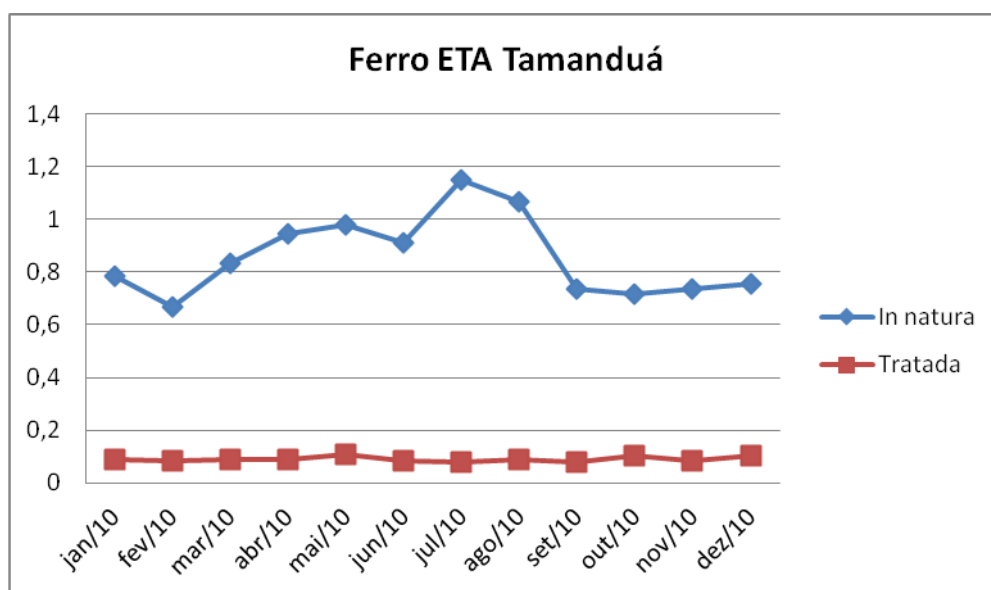


Gráfico 11 – Comparativo do Ferro na água In natura com a água Tratada na ETA Tamanduá.

Na ETA Vila C, o teor de Ferro se apresenta muito abaixo da ETA Tamanduá, variando entre 0,16 mg/L à 0,70 mg/L na água in natura, pois a captação da água in natura é realizada do Lago de Itaipu, protegido pela Itaipu Binacional que realiza diversos programas de preservação, e conseqüentemente melhorando a qualidade deste manancial. A faixa de teor de Ferro (Gráfico 12) mostra que é satisfatório na água tratada tendo no máximo 0,16 mg/L.

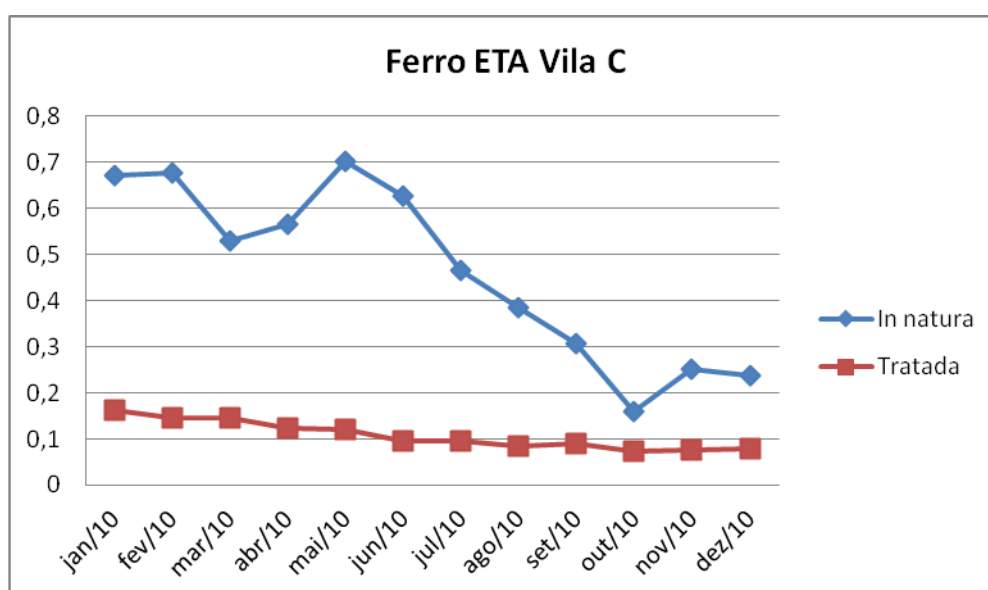


Gráfico 12 - Comparativo do Ferro na água In natura com a água Tratada na ETA Vila C.

5.1.5 Perdas no Processo

Através do Gráfico 13, nota-se que na ETA Tamanduá, o mês de menor desperdício de água na produção foi setembro, com 1.376 m³ e o maior foi em outubro com 4.549 m³ de água, obtendo uma média mensal de perda de 2.694,42 m³. Já na ETA Vila C (Gráfico 14), o mês com menor desperdício foi dezembro com 27.849 m³ e o maior foi em março com 189.093 m³, chegando a uma média de 110.146,42 m³.

Comparando-se as duas ETA's podemos observar que a ETA Tamanduá tem um desperdício de água muito abaixo da ETA Vila C, que se justifica pela presença da recirculação, ao qual a ETA Vila C não tem, sendo descartada toda a água de lavagem, sem o seu aproveitamento como ocorre na ETA Tamanduá. Com a utilização de diferentes coagulantes pode ser evidenciado que com a aplicação do PAC na ETA Tamanduá e a característica desta, com decantadores e uma água propícia para a utilização do PAC, a perda no sistema é muito baixa. Outro fator é a questão da produção de água, onde a ETA Vila C produz 70% da água tratada de Foz do Iguaçu, e a ETA Tamanduá produz os outros 30%, que explica o alto desperdício na lavagem de filtros.

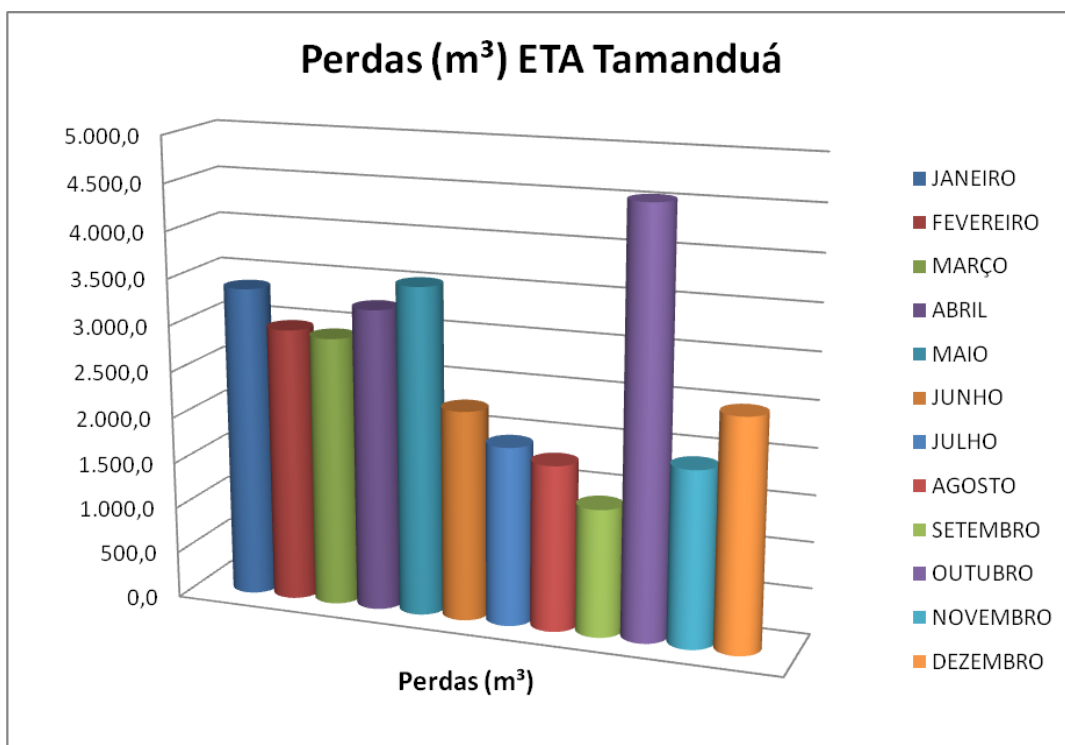


Gráfico 13 - Volume de Água Perdido na Produção de Água Tratada na ETA Tamanduá.

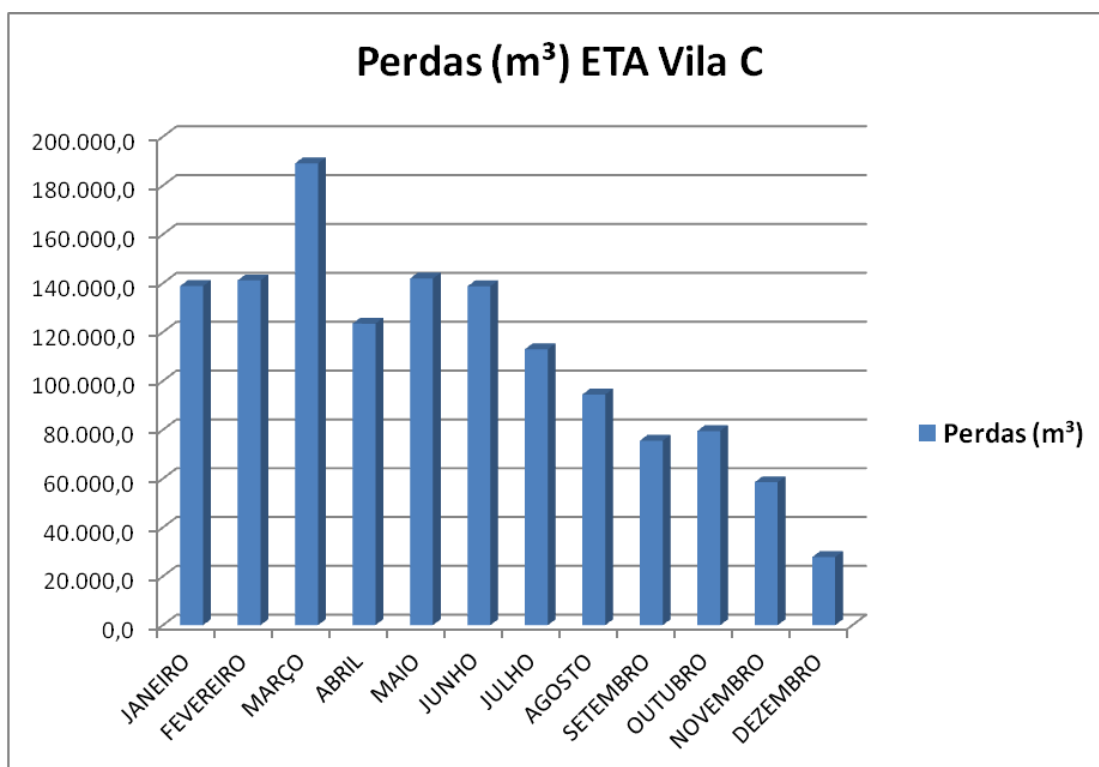


Gráfico 14 - Volume de Água Perdido na Produção de Água Tratada na ETA Vila C.

5.2 ANÁLISE DO CONSUMO DE COAGULANTES

Comparando-se o consumo de coagulantes no período estudado, constata-se na Tabela 04 que o uso de PAC fica muito abaixo se comparado ao Sulfato de Alumínio, com uma ótima eficiência e um consumo médio de 8.205,3 Kg, precisando de uma média mensal de alcalinizante (Cal Hidratada) no valor de 1.150,8 Kg, pois o Rio Tamanduá necessita de uma correção de pH para aplicação do PAC. E na ETA Tamanduá é utilizado o polímero, pois compostos pré-polimerizados exibem alta concentração de carga catiônica e isto faz com que o poder coagulante e a velocidade de formação de flocos sejam grandes, com poder de aglutinação sedimentação, muito superiores. Abaixo segue a título de informação o consumo de todos os produtos químicos utilizados na ETA Tamanduá.

Tabela 04 - Consumo mensal de produtos químicos ETA Tamanduá.

MESES	PRODUTOS (Kg)				
	PAC (Kg)	CAL (Kg)	CLORO (Kg)	FLUOR (Kg)	Polímero (Kg)
Janeiro	8.799,0	2.090,0	913,0	736,0	10,0
Fevereiro	6.599,0	1.940,0	858,0	660,0	9,0
Março	8.159,0	1.200,0	904,0	694,0	9,0
Abril	8.232,0	1.760,0	857,0	628,0	11,0
Maiο	7.609,0	1.830,0	885,0	635,0	8,0
Junho	5.713,0	985,0	866,0	612,0	10,0
Julho	6.961,0	645,0	888,0	628,0	8,0
Agosto	9.621,0	990,0	873,0	607,0	8,0
Setembro	8.502,0	560,0	860,0	599,0	7,0
Outubro	8.185,0	610,0	902,0	623,0	10,0
Novembro	9.543,0	590,0	1.099,0	612,0	9,0
Dezembro	10.541,0	610,0	1.163,0	675,0	9,0
TOTAL	98.464,0	13.810,0	11.068,0	7.709,0	108,0

Já o consumo de coagulante na ETA Vila C (Tabela 05), mostra uma quantidade superior no consumo de seu coagulante, sendo o consumo de sulfato de alumínio mensal de 33.985,8 Kg. A ETA Vila C utilizou o alcalinizante (Cal

Hidratada) até o mês de março, pois o pH da In Natura (Gráfico 09) se manteve muito alto, sem a necessidade de correção do pH na água tratada.

Tabela 05 - Consumo mensal de produtos químicos ETA Vila C.

MESES	PRODUTOS (Kg)				
	SULFATO (Kg)	CAL (Kg)	CLORO (Kg)	FLUOR (Kg)	CARVÃO (Kg)
Janeiro	42.019,0	970,0	3.609,0	4.975,0	350,0
Fevereiro	42.597,0	1.020,0	2.556,0	4.737,0	325,0
Março	39.223,0	645,0	3.235,0	5.118,0	354,0
Abril	38.717,0	0,0	2.553,0	4.945,0	362,0
Maio	37.120,0	0,0	2.903,0	4.873,0	327,0
Junho	33.107,0	0,0	2.734,0	4.781,0	315,0
Julho	31.206,0	0,0	3.357,0	4.949,0	328,0
Agosto	31.988,0	0,0	2.847,0	4.978,0	267,0
Setembro	23.629,0	0,0	2.831,0	5.006,0	44,0
Outubro	23.138,0	0,0	3.044,0	5.013,0	46,0
Novembro	30.992,0	0,0	3.120,0	5.291,0	96,0
Dezembro	34.094,0	0,0	3.614,0	5.725,0	70,0
TOTAL	407.830,0	2.635,0	36.403,0	60.391,0	2.884,0

5.3 PRODUÇÃO

Ainda é necessário verificar que a produção nas duas ETA's, já que o volume de água produzida, tem relação direta no tipo de coagulante utilizado e o valor de mercado. No que se refere ao volume de água produzido, o Gráfico 15 mostra que a produção média na ETA Tamanduá é de 484.433,5 m³, tendo seu ápice nos meses de janeiro à março, devido ao alto consumo no verão, chegando a 556.333 m³ produzidos em janeiro. E a menor produção foi referente ao mês de agosto, com 457.269 m³ de água produzida.

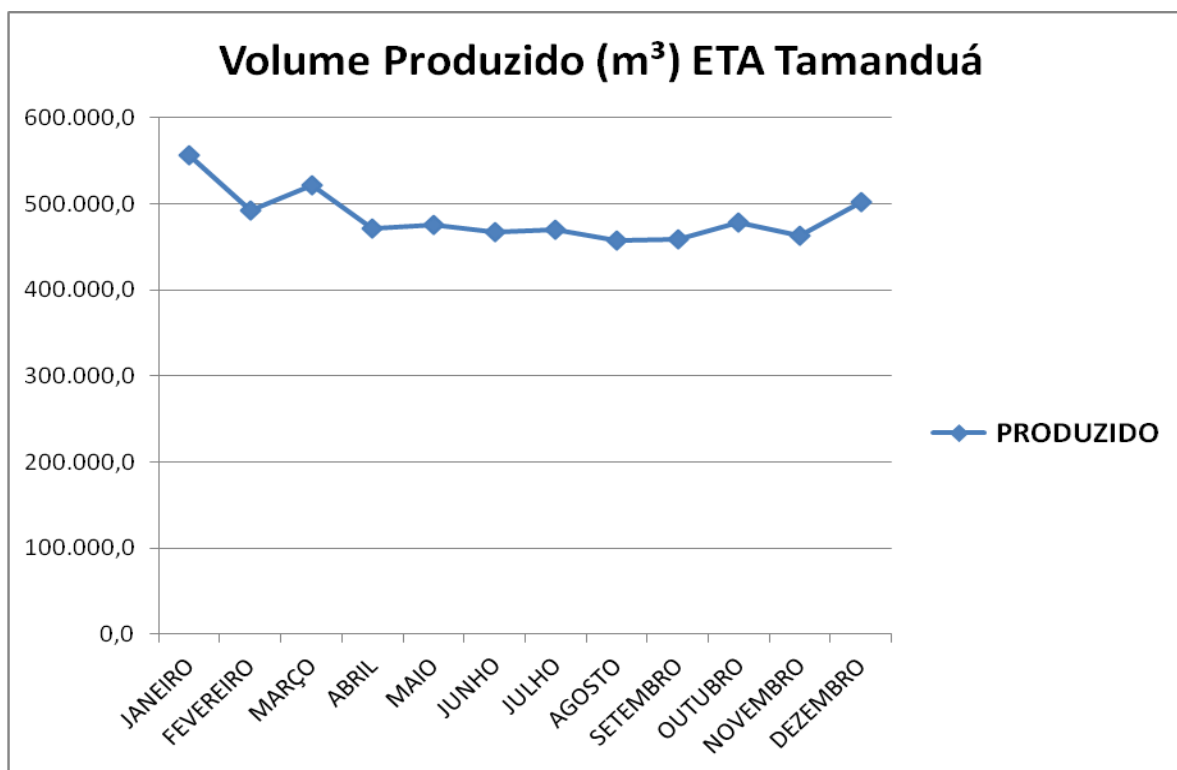


Gráfico 15 - Volume de água produzido na ETA Tamanduá.

Já no Gráfico 16 que mostra o volume produzido de água na ETA Vila C, encontramos uma produção muito superior ao da ETA Tamanduá, com o ápice de produção no mês de dezembro com 1.504.230 m³. Sendo que a menor produção ficou para o mês de junho (período frio e baixo consumo) com 1.247.089 m³. A produção média na ETA Vila C fica em torno de 1.331.794,5 m³.

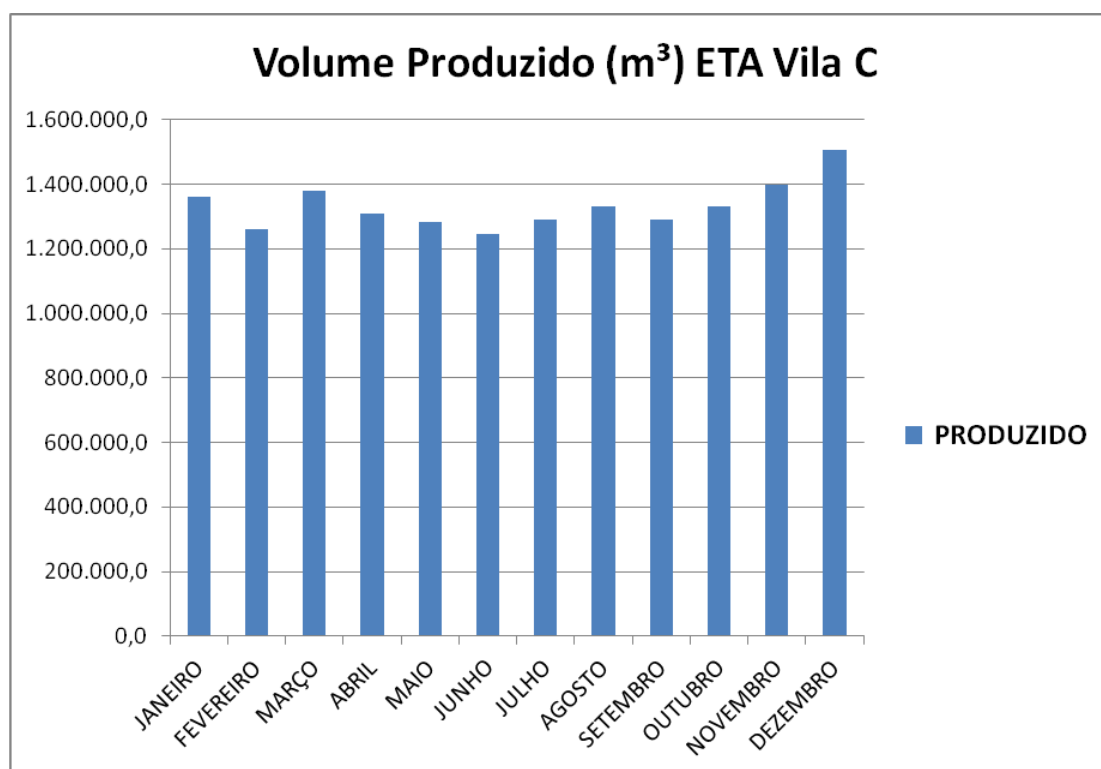


Gráfico 16 - Volume de água produzido na ETA Vila C.

De acordo com os próximos gráficos, evidencia-se um aumento expressivo no custo mensal do coagulante por água tratada da ETA Vila C para ETA Tamanduá, considerando-se o volume produzido, o consumo do coagulante e seu custo e o valor gasto com alcalinizante, lembrando que a turbidez da água *in natura* é diferente em cada uma delas, e levado em conta para a escolha dos atuais coagulantes utilizados em cada uma das ETA's.

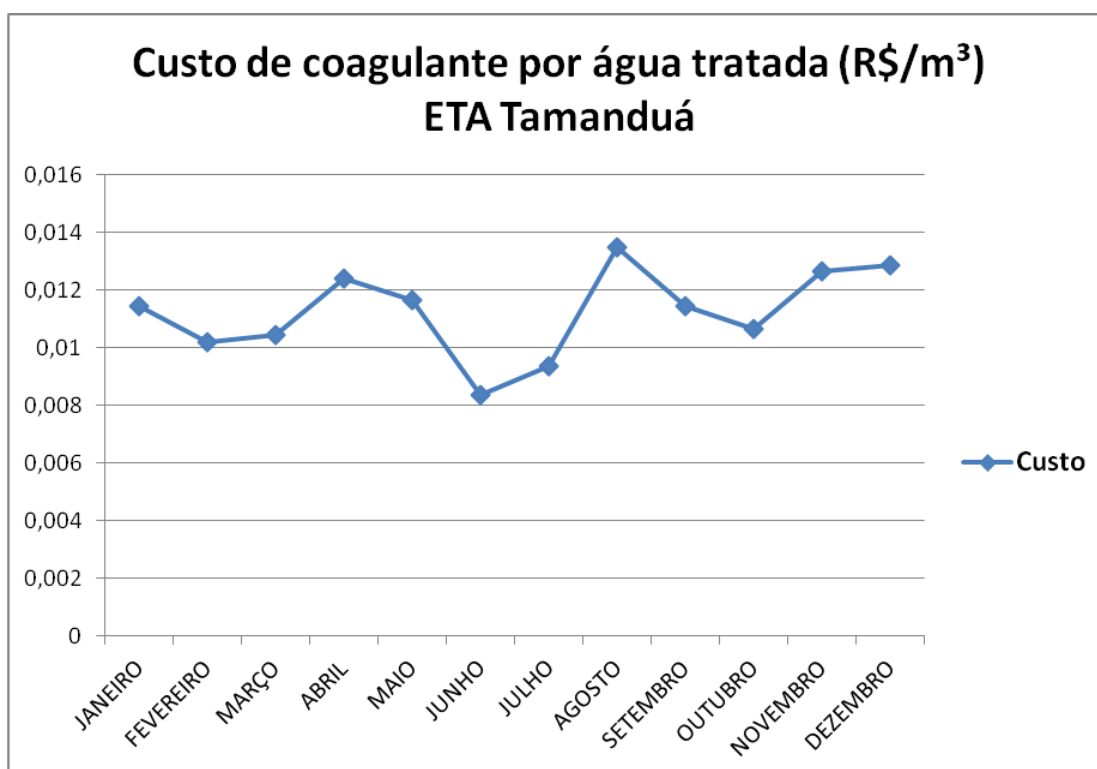


Gráfico 17 - Custo mensal na produção de água tratada pela ETA Tamanduá.

A média de custo na ETA Tamanduá (Gráfico 17) em 2010 foi de R\$0,01124/m³ e na ETA Vila C (Gráfico 18) no mesmo período ficou em R\$0,00833/m³. Este aumento do custo está diretamente relacionado ao valor pago pelos coagulantes, sendo que o sulfato de alumínio custou, em 2010, R\$ 0,32173 por quilo e o PAC custou, em 2010, R\$ 0,57540 por quilo, conforme contrato entre a Sanepar e seu fornecedor.

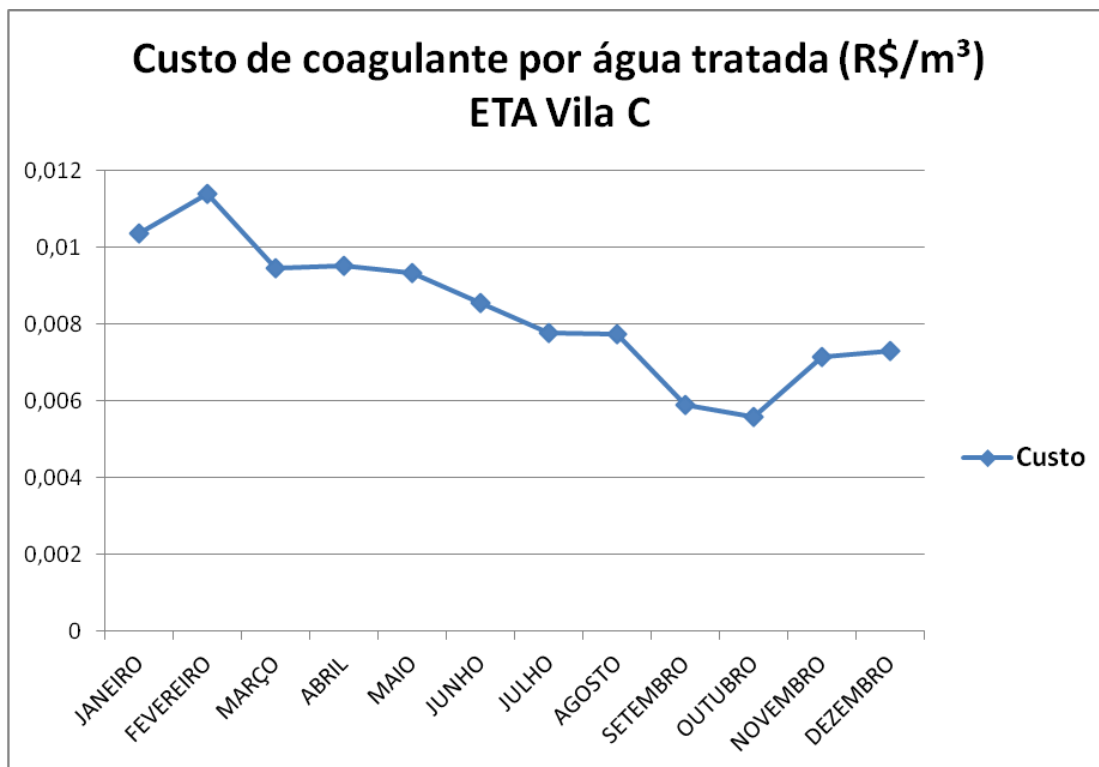


Gráfico 18 - Custo mensal na produção de água tratada pela ETA Vila C

A relação de custo também deve ser analisada pela quantidade de água produzida já que na ETA Vila C a quantidade de água produzida corresponde a 70% da demanda de Foz do Iguaçu, e ainda não foram feitas as melhorias na ETA Vila C para aplicar outro coagulante como o PAC. Existem projetos para implantar o processo de flotação e decantação, assim seria possível realizar outros estudos para viabilizar outro coagulante na ETA Vila C. A ETA Tamanduá está restringida com a uma produção, por isso o custo ainda é elevado já que se produz menos água tratada nesta Estação de Tratamento de Água.

6 CONCLUSÃO

O tratamento de água abrange um conjunto de procedimentos físicos e químicos que são aplicados na água para que esta fique em condições adequadas para o consumo, ou seja, para que a água se torne potável. O processo de tratamento de água a livra de qualquer tipo de contaminação, evitando a transmissão de doenças.

Os resultados mostraram a maior eficiência do PAC frente ao sulfato de alumínio, principalmente no que se refere à redução da turbidez, que está intimamente relacionada à redução da frequência da lavagem dos filtros e conseqüentemente, menor gasto operacional (redução de consumo de água e de desgaste mecânico dos filtros).

O aumento da eficiência na redução da turbidez aumenta a capacidade de tratamento de água das estações estudadas, aumentando a autonomia dos reservatórios e prolongando a capacidade de abastecimento e armazenagem. Além de produzir uma água tratada de grande qualidade e dentro dos parâmetros exigidos pela legislação vigente.

A questão da lavagem de filtros também deve ser considerado, visto que com a aplicação do PAC na ETA Tamanduá reduziu o tempo de lavagem e conseqüentemente a perda no processo, problema este evidenciado na ETA Vila C, por ser de filtração direta e utilizar o sulfato de alumínio, não ter a recirculação, perdendo toda a água de lavagem na ETA, e aumentando o problema no destino da água de lavagem que vai para a galeria pluvial, sem tratamento deste efluente.

Também se deve avaliar, a operação das estações de tratamento, pois são diversos operadores (funcionários) que executam a ETA, mesmo com treinamentos para normatizar a produção, existindo assim um padrão de funcionamento, muitas vezes existem discussões e aplicações distorcidas da normatização, que podem sim, modificar os parâmetros de tratamento da água tratada.

No que se refere aos aspectos econômicos, verificou-se um aumento no custo da produção com o PAC, ocasionado principalmente pelo seu alto valor de mercado.

Porém, este aumento é contrabalanceado com as vantagens referentes ao seu uso, notadamente ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

AMIRTHARAJAH, A. **The mechanisms of coagulation**. In: Seminário Nacional sobre Coagulação e Filtração Direta, São Carlos. Anais, 1989.

AMIRTHARAJAH, A., O'MÉLIA, C. R.. **Coagulation processes: destabilization, mixing and flocculation**. Water quality and treatment, 1 ed.. Toronto. Ed. McGraw-Hill, 220p. Canadá, 1990.

AMIRTHARAJAH, A., MILLS, K. M. **Rapid-mix design for mechanisms of alum coagulation**. Journal AWWA, v. 74, n. 4, 210-216, 1982.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination for water and wastewater**. 19th ed., Washington, D.C. ,1995

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214**: Projeto do Sistema de bombeamento de água para o abastecimento público.

AZEVEDO NETTO, J. M. *et al.* **Planejamento de sistemas de abastecimento de águas**. Curitiba:UFPR, 1973.

AZEVEDO NETTO, J.M. *et al.* **Técnicas de abastecimento de água**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1979.

AZEVEDO NETTO, J.M. *et al.* **Técnicas de abastecimento e tratamento de água**. 3. ed. v. 1. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987.

BABBITT, H. E. **Abastecimento de água**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1973.

BRANCO, Samuel M., AZEVEDO, Sandra M. F. O., TUNDISI, José Galizia. **Água e Saúde Humana**. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

BRAILE, P.M.;CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de Tratamento e Águas Residuárias Industriais**. São Paulo: CETESB, 1993.

CAMPOS, J. R., POVINELLI, J. “Coagulação e Floculação”. In: NETTO *et al.*, **Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água**. 2ª ed., v. 2., cap. 19, São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. 1976

CARMICHAEL, WW. **Cyanobacteria secondary metabolites** – The Cyanotoxins. Journal of Applied Bacteriology 1992; 72:445-59.

CARVALHO, Renalda Monteiro. **Clarificação de Águas Pluviais Ricas em Óxidos de Ferro Acumuladas em Cava de Mineração Através da Utilização de um Coagulante Natural, a *Moringa oleifera***. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Ouro Preto, 2005.

CICHY, Kelsey Alexandro Montanari. **Policloreto de alumínio: uma opção para o tratamento de águas**. 2001. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)-Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n° 274**, de 29 de novembro de 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n° 357**, de 17 de março de 2005.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Signus Editora, 2000.

DEWOLF, J., et al. Guidance Manual for Coagulant Changeover. Denver: AWWA Research Foundation and American Waterworks Association, 185 p. 2003.

DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, V. I e II, 1993.

FILHO, Davino F. dos Santos. **Tecnologia de Tratamento de água**. Almeida Neves, Rio de Janeiro-RJ: 1976.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE – FUNASA. **Manual Prático de Análise de Água**. 2. Ed. rev. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2006.

GOMES, H.P. **Sistemas de abastecimento de água**. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2002.

HELLER, Léo. **Saneamento e saúde**. Brasília : OPAS, 1997.

HIDROALL. **Policloreto de alumínio: informações gerais**. Valinhos .Disponível em:<http://74.125.47.132/search?q=cache:Z0h1APrj9SMJ:www.hidroall.com.br/br/download/library/policloreto_de_aluminio_em_po+POLICLORETO+de+alum%C3%ADnio:+informa%C3%A7%C3%B5es+gerais&hl=pt-BR&ct=clnk&cd=1&gl=br>. Acesso em: 05 de julho de 2011.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=410830>. Acesso em: 25 de outubro de 2011.

JORDÃO, E. P. & PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3 ed. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES, 720pp. 1995.

KOTTEK, S.S. **Gems from the Talmud: public health I - water supply**. Israel Journal of Medical Sciences, v. 31, n.4, p.255-256, April 1995.

KULCHESKI, Edvaldo; RUFINE, Rubens; Tomiate, Vladimir. **Qualidade da água: excelência humana**. [Curitiba?]: Sanepar, 2004. Capacitação de instrutores de tratamento de água. Fluoretação, 7. (Apostila interna Sanepar)

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas: Átomo, 2005.

MACEDO, Jorge Antonio Barros. **Águas & águas**. São Paulo: Livraria Varela, 2001.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. Boston: McGraw – Hill, 2003.

MILLER, Arthur P. **Água e saúde**. Rio de Janeiro : USAID, 1966.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **PORTARIA MS 518/2004**. Padrão de Qualidade da Água para Consumo Humano. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral da Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2004

NUNES, José Alves. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 3. ed. Aracaju: Gráfica e Editora Trinfo Ltda, 2001.

OLIVEIRA, Eduardo L. **Abastecimento e Tratamento de Água**. Disponível em: <<http://wwwp.feb.unesp.br/eduoliv/ProtAmb/TratAgua.pdf> > Acesso em: 12 de nov. 2011.

PHILIPPY JR., Arlindo; ROMÉRO, Marcelo A.; BRUNA, Gilda C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

RAMALHO R. S. **Tratamento de Aguas Residuales**. Barcelona, Editora Reverte, 1996.

RAMOS, Renata Ottina. **Clarificação de Água com Turbidez Baixa e Cor Moderada Utilizando Sementes de *Moringa oleifera***. 2005. 276 f. Tese de Doutorado (Água e Solo) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. São Paulo: HUCITEC, 1994.

RICHTER, Carlos A; NETTO, José M. de A. **Tratamento de Água: Tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. A. **Tratamento de água - tecnologia atualizada**. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2003.

RIEDEL, G. **Controle sanitário dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1992.

SAAE, Serviço Autônomo de Água e Esgoto. Sistema de Tratamento de Água. Disponível em http://saaeara.com.br/arquivos/outros/Tratamento_de_Agua.pdf. Acesso em: 10 de novembro de 2011.

SANCHES, Sérgio M.; SILVA, Carlos Henrique Tomich de Paula; VIEIRA, Eny Maria. Agentes Desinfetantes Alternativos para o Tratamento de Água. **Química Nova na Escola**. 17. p.8-12, mai., 2003.

SANEPAR. **Companhia de Saneamento do Paraná**. Unidade Regional de Foz do Iguaçu, 2010.

SOTTOMAIOR, Ana Paula. **Coagulantes Primários Utilizados no Estado do Paraná**. 5º **Simpósio Brasil-Alemanha de Desenvolvimento sustentável**. Universität Stuttgart - Baden-Württemberg, 2011

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3ª edição. Belo Horizonte: Editora DESA, 2005.

TOMIATE, Vlademir; SCHUCHARDT, WAGNER; RATTMANN, Carlos. **Qualidade da água: excelência humana**. [Curitiba]: Sanepar, 2004. Capacitação de instrutores de tratamento de água. Filtração em meios granulares, 5. (Apostila interna Sanepar).

TOMIATE, Vlademir; SCHUCHARDT, WAGNER; RATTMANN, Carlos. **Qualidade da água: excelência humana**. [Curitiba]: Sanepar, 2004. Capacitação de instrutores de tratamento de água. Coagulação, floculação, Decantação, 3, 4 (Apostila interna Sanepar).

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos – princípios de tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.

ZAPERLON, Agenor; RATTMANN, Carlos Antonio. **Qualidade da água: excelência humana**. Curitiba: Sanepar, 2004. Capacitação de instrutores de tratamento de água. Desinfecção, 6. (Apostila interna Sanepar).

ANEXOS

ANEXO A - Boletim diário de tratamento da ETA Tamanduá



BOLETIM DIÁRIO DE TRATAMENTO DA ETA TAMANDUÁ

BOLETIM DIÁRIO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - BDT													ETA TAMANDUÁ								Data:						
HORAS	Temperatura		IN-Natura - (Aduzido)					Coagulada		Decantada		Filtrada		ÁGUA TRATADA - PRODUZIDA											01/01/2007		
	Ar	Água	pH	Turb.	Cor	Alcal.	Ferro	pH	Cloro	Turb.	Cloro	Turb.	Cloro	Ferro	pH	Turb.	Cor	Cloro	Al ³⁺	Flúor	Odor	Sabor	APROVAÇÃO				
MIN.	-	10º	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	Objetável	Objetável	APROVAÇÃO				
MÁX.	-	35º	8,6	100,0	3000,0	90,0	0,3	7,5	1,5	15,0	1,5	1,0	1,5	0,3	9,0	1,00	5,0	1,6	0,20	1,1	SIM	NÃO	SIM	NÃO			
01:00				15,2						3,74		0,77				0,81		1,44		0,7			SIM				
02:00	25º	25º	6,8	14,8	70,0	14,0		6,5	0,7	3,85	0,3	0,79	0,1		7,1	0,83	2,5	1,48	0,00	0,8		NÃO	NÃO	SIM			
03:00				14,5						3,81		0,81				0,86		1,55		0,7			SIM				
04:00	26º	25º	6,8	14,7	70,0			6,5	0,8	3,79	0,2	0,78	0,2		7,1	0,82	2,5	1,56		0,6		NÃO	NÃO	SIM			
05:00				14,3						3,77		0,76				0,80		1,52		0,6			SIM				
06:00	26º	25º	6,8	17,1	70,0	14,0		6,5	0,7	3,36	0,2	0,78	0,1		6,9	0,81	2,5	1,60		0,6		NÃO	NÃO	SIM			
07:00				16,4						3,29		0,79				0,82		1,54		0,7			SIM				
08:00	27º	25º	6,8	16,9	70,0			6,5	0,7	3,31	0,2	0,80	0,1		6,7	0,80	2,5	1,51		0,7		NÃO	NÃO	SIM			
09:00				17,6						3,38		0,82				0,86		1,58		0,7			SIM				
10:00	30º	25º	6,8	18,1	70,0	14,0	0,1	6,5	0,8	3,49	0,2	0,78	0,1	0,0	6,8	0,82	2,5	1,56	0,00	0,7		NÃO	NÃO	SIM			
11:00				16,7						3,08		0,76				0,80		1,28		1,1			SIM				
12:00	30º	25º	6,8	16,4	70,0			6,6	0,8	3,21	0,2	0,77	0,1		6,8	0,81	2,5	1,32		1,0		NÃO	NÃO	SIM			
13:00				16,2						3,45		0,78				0,82		1,35		0,9			SIM				
14:00	32º	25º	6,8	15,9	70,0	14,0		6,6	0,8	3,64	0,3	0,79	0,1		6,8	0,82	2,5	1,36		0,7		NÃO	NÃO	SIM			
15:00				15,7						3,52		0,80				0,83		1,32		0,7			SIM				
16:00	34º	25º	6,8	15,9	70,0			6,6	0,8	3,69	0,3	0,82	0,1		6,9	0,84	2,5	1,36		0,9		NÃO	NÃO	SIM			
17:00				15,7						3,52		0,83				0,85		1,33		0,8			SIM				
18:00	34º	26º	6,8	15,8	70,0	14,0		6,6	0,8	3,41	0,3	0,70	0,1		6,9	0,73	2,5	1,32	0,10	0,8		NÃO	NÃO	SIM			
19:00				15,6						3,35		0,71				0,74		1,35		1,0			SIM				
20:00	30º	25º	6,8	15,7	70,0			6,6	0,8	3,25	0,3	0,72	0,1		6,8	0,75	2,5	1,31		0,8		NÃO	NÃO	SIM			
21:00				15,5						3,21		0,74				0,78		1,32		0,8			SIM				
22:00	28º	25º	6,8	15,6	70,0	15,0		6,6	0,8	3,26	0,3	0,78	0,1		6,8	0,83	2,5	1,35		0,7		NÃO	NÃO	SIM			
23:00				15,9						3,68		0,75				0,77		1,33		0,7			SIM				
24:00	28º	25º	6,8	15,8	70,0			6,6	0,8	3,59	0,3	0,74	0,2		6,8	0,76	2,5	1,26		0,8		NÃO	NÃO	SIM			
Méd.	29,17	25,08	6,80	15,92	70,00	14,17	0,13	6,56	0,77	3,49	0,25	0,77	0,11	0,05	6,87	0,81	2,50	1,41	0,03	0,78							
Máx.	34,00	26,00	6,80	18,10	70,00	15,00	0,13	6,60	0,80	3,85	0,30	0,83	0,16	0,05	7,10	0,86	2,50	1,60	0,10	1,10							
Min.	25,00	25,00	6,80	14,30	70,00	14,00	0,13	6,50	0,70	3,08	0,20	0,70	0,10	0,05	6,70	0,73	2,50	1,26	0,00	0,61							
DAS	Turno A Agente Técnico de Produção						DAS	Turno B Agente Técnico de Produção						DAS	Turno C Agente Técnico de Produção						DAS	Turno D Agente Técnico de Produção					
00:00	CARLOS DOBROVLSKI						06:00	FRANCISCO ALVES PORTO						12:00	JOSE MARCELO DAMACENO						18:00	DARCI POLTRONIERI					
AS							AS							AS							AS						
06:15							12:15							18:15							00:15						

ANEXO B - Boletim diário de tratamento da ETA Vila C



BOLETIM DIÁRIO DE TRATAMENTO DA ETA VILA C

BOLETIM DIÁRIO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - BDT											ETA VILA C											
MÓDULO	Temperatura		IN-Natura - (Aduzido)					*Floculada 1 e 2		Filtrada	Filtrada	ÁGUA TRATADA - PRODUZIDA										
	Ar	Água IN	pH	Turb.	Cor	Alcal.	Ferro	pH Mod	bH Mod	Turb.	Turb.	Ferro	pH	Turb.	Cor	Cloro	Al	Flúor	Odor	Sabor		
MIN.	-	10°	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	6,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	Objetável	Objetável		
MÁX.		35°	9,0	100,0	75,0	90,0	5,0	8,0	8,0	100	100	0,3	9,5	100	5,0	*2,0	0,20	1,1	SIM	NÃO	SIM	NÃO
01	22°	29°	6,98	6,86	10,0	21,0		6,65	6,68	0,54	0,68		6,56	0,73	2,5	1,41	0,006	0,71	NÃO	NÃO		
02				6,74			0,412	6,61	6,63	0,63	0,51		0,179		0,76	1,37	0,73					
03	22°	29°	7,15	6,87	10,0			6,59	6,57	0,55	0,49		6,49	0,74	2,5	1,31	0,71	NÃO	NÃO			
04				6,79				6,55	6,62	0,47	0,45			0,71		1,34	0,75					
05	22°	29°	7,11	6,87	10,0	20,0		6,58	6,59	0,62	0,51		6,51	0,67	2,5	1,32	0,74	NÃO	NÃO			
06				6,68				6,70	6,72	0,80	0,73			0,59		1,21	0,76					
07	21°	29°	7,05	6,54	10,0			6,75	6,79	0,70	0,78		6,47	0,69	2,5	1,15	0,78	NÃO	NÃO			
08																						
09	23°	29°	7,01	6,93	10,0	19,0		6,48	6,57	0,70	0,72		6,36	0,73	2,5	1,34	0,001	0,79	NÃO	NÃO		
10				6,31				6,45	6,49	0,68	0,80			0,72		1,38	0,70					
11	24°	29°	7,03	6,36	10,0			6,50	6,54	0,62	0,76		6,39	0,74	2,5	1,37	0,78	NÃO	NÃO			
12				6,02				6,43	6,69	0,53	0,47			0,68		1,43	0,77					
13	27°	30°	6,87	5,72	10,0	20,0		6,43	6,55	0,53	0,55		6,33	0,78	2,5	1,28	0,76	NÃO	NÃO			
14				5,78				6,58	6,63	0,58	0,53			0,67		1,26	0,75					
15	28°	30°	7,19	6,04	10,0			6,67	6,64	0,59	0,55		6,46	0,65	2,5	1,42	0,73	NÃO	NÃO			