

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

ETA – Estação de Tratamento de Água

TC – Tratamento Convencional

UV – Ultra Violeta

L/S – Litros por segundo

uT – Unidade de Turbidez

uH – Unidade de Hazen

mg/L – Miligramas por litro

THM – Trihalo-metanos

Kwh/m<sup>3</sup> – Quilowatt hora por metro cúbico

Res. Alumínio – Residual de Alumínio

Res. Flúor – Residual de Flúor

Res. Cloro – Residual de Cloro

Méd. arit. – Média Aritmética

Min. – Mínimo

Max. – Máximo

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Foto da Estação

Figura 2 – Fluxograma

Figura 3 – Turbidez da Água Bruta

Figura 4 – Turbidez da Água Filtrada

Figura 5 – pH da Água Bruta e Filtrada

Figura 6 – Turbidez da Água Bruta e Filtrada

Figura 7 – Residual de Cloro da Água Bruta e Filtrada

Figura 8 – Residual de Alumínio da Água Bruta e Filtrada

Figura 9 – Residual de Flúor da Água Bruta e Filtrada

Figura 10 – Colimetria da Água Bruta e Filtrada

## 1. INTRODUÇÃO

Formas de tratar a água de consumo são tão antigas quanto a civilização. O aumento da população e o conseqüente aumento da demanda de água potável, somados a dificuldade em encontrar mananciais preservados que aumenta a cada dia, explicam genericamente, os atuais investimentos e pesquisas e na área.

A água *in natura* contém partículas suspensas e dissolvidas, as primeiras podem abrigar microorganismos patogênicos. O tratamento da água pretende, nas etapas da clarificação e filtração, remover as partículas em suspensão; ao final, a desinfecção feita geralmente pelo cloro, promove a inativação ou extermínio dos microorganismos patogênicos que não foram removidos nos processos anteriores.

A escolha do manancial mais preservado reduz os custos do tratamento que será definido a partir de seis premissas: (i) Características da água bruta, (ii) custos de implantação, manutenção e operação, (iii) Manuseio e confiabilidade dos equipamentos, (iv) Flexibilidade operacional, (v) localização geográfica e (vi) Disposição final do lodo (LIBÂNIO, 2010).

Para águas subterrâneas, geralmente de melhor qualidade, apenas a desinfecção é o suficiente pra alcançar o padrão de potabilidade. Em mananciais bem preservados em que há baixo aporte de turbidez, cor verdadeira ou algas, apresenta-se como alternativa mais prosaica a filtração lenta, que mesmo demandando uma área consideravelmente maior é de operação bastante simples dispensando qualquer tipo de mecanização. Esta tecnologia é compreendida por um pré-filtro, para possíveis picos de turbidez e o filtro lento. Embora existam grandes centros urbanos na Europa e Estados Unidos tratando a água desta forma, a filtração lenta é indicada para pequenas comunidades. Inicialmente por depender de mananciais mais preservados, em segundo lugar, por depender de uma área extremamente maior que as demais tecnologias de tratamento em função de sua baixa taxa de filtração.

Nos casos em que a filtração lenta não é aplicada devido a baixa qualidade do manancial, desponta-se a filtração direta como alternativa de tratamento. Através do uso de coagulantes químicos associados à filtração rápida é possível tratar um volume muito grande de água em pouca área, por isso os filtros rápidos são largamente utilizados mundo afora. O coagulante

químico desestabiliza a carga das partículas suspensas, agregando-as e formando flocos, estes, mais densos sedimentam-se mais facilmente, ou no caso da filtração direta, são mais facilmente retidos nos interstícios do meio filtrante. Embora não seja via de regra, algumas estações deste tipo apresentam ainda uma unidade de floculação que objetiva otimizar a formação dos flocos.

Em situações nas quais há um grande aporte de partículas suspensas e dissolvidas, algas ou turbidez, às estações, acrescenta-se à filtração direta uma unidade de decantação ou flotação, para a retenção dos flocos agregados pelo coagulante. Esta unidade deve, necessariamente, ser precedida de unidade de floculação, que através do controle do gradiente de velocidade consegue agregar as partículas favorecendo a sedimentação ou flotação. O tratamento convencional (TC) como é denominado, por lançar mão de todas as operações e processos unitários do tratamento de água, é, sem sombra de dúvidas o sistema empregado na maioria das estações de tratamento por todo o planeta (Libânio 2010).

A estação de tratamento em questão trata a água a uma taxa de 32 L/s para aproximadamente 15 mil habitantes em uma cidade do distrito federal, através do tratamento convencional. Serão analisados seus parâmetros hidráulicos e dados operacionais diários com recorrência de até três anos, a fim de verificar a acurácia da produção de água potável segundo a última portaria 2914/2011.

## **2. OBJETIVOS**

### ***2.1. Objetivo Geral***

Avaliar o desempenho de uma estação de tratamento a partir das análises dos dados em um período de dez anos. Comparar e avaliar o cumprimento da legislação vigente a fim de verificar a qualidade do tratamento.

### ***2.2. Objetivos Específicos***

Comparar o valor dos principais parâmetros recomendados pela literatura e os resultados de monitoramento da água afluente e efluente da ETA, verificando o atendimento a legislação.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### ***3.1. Tratamento Convencional***

Segundo o IBGE, na geografia dos principais serviços de saneamento, em 2008, apenas 33 municípios ainda não tinham atendimento de serviço de abastecimento de água no País.

É definido como tratamento convencional, toda estação que apresenta aplicação de coagulante na mistura rápida, floculação, sedimentação e filtração. É a tecnologia indicada para mananciais menos preservados em que há um grande aporte de sólidos a estação, segundo Libânio (2010).

A grande vantagem deste tipo de tratamento é sua abrangência ao tratar todo tipo de água, sobretudo, dos mananciais mais degradados, além da alta resistência a variação da qualidade da água bruta. Não é indicado para mananciais mais preservados, por haver outras tecnologias também compatíveis e de custo e operação mais baratos. Demanda operação especializada, seu custo de implantação é entre 10 e 60 US\$/hab.

Por se desenvolverem em série o desempenho insatisfatório de uma das etapas comprometerá o desempenho das demais, afetando a produção de água que atenda aos padrões de potabilidade. Se a velocidade de sedimentação dos flocos é baixa, por exemplo, espera-se que o processo de decantação será ineficiente, diminuindo as carreiras de filtração e comprometendo o processo (HELLER & PÁDUA, 2006).

A coagulação é um processo do tratamento de água que “consiste essencialmente na desestabilização das partículas coloidais e suspensas, realizada pela conjunção de ações físicas e reações químicas” (LIBÂNIO, 2010), através da adição de coagulante, um sal de ferro ou alumínio, geralmente. A dissociação do sal na água gera íons positivos que se agregam ao oxigênio deslocando o equilíbrio da solução. Esta solução com mais íons H<sup>+</sup> apresenta o pH reduzido e também as chamadas espécies hidrolisadas, que em contato com as impurezas da água provocam sua desestabilização. As partículas desestabilizadas se agregam, formando os flocos nos processos e operações unitárias seguintes. Segundo Libânio (2010),

há também, em virtude da dosagem de coagulante administrada, a possibilidade de formação de precipitado de hidróxido do metal, que envolve as impurezas da água transportando-as até o fundo.

Fundamentalmente física, a floculação consiste no transporte das espécies hidrolisadas formadas anteriormente na coagulação, para que entrem em contato com as impurezas da água, agregando-as e formando o floco (MACEDO, 2007).

Segundo Libânio (2010), a floculação é uma operação unitária, parte da clarificação, que através de processos físicos, tenciona-se em última instância reduzir a quantidade de partículas suspensas e coloidais presentes na água. Nesta etapa, são fornecidas condições ótimas em relação ao TDH e gradiente de velocidade para favorecer o choque entre as partículas já desestabilizadas pela atuação do coagulante. Seu objetivo central é a formação de flocos para serem removidos posteriormente.

O tempo de detenção hidráulica, principal parâmetro no projeto de flocladores, se dá entre a razão do volume útil e a vazão afluyente a unidade. É o tempo necessário para que as partículas desestabilizadas se aglutinem em função do choques promovidos pela energia dissipada na massa líquida. O segundo parâmetro a ser considerado para dimensionar um floclador é o gradiente de velocidade ou as "diferentes velocidades das linhas de corrente contíguas na seção transversal ao escoamento" (LIBÂNIO, 2010). Segundo Libânio (2010) o emprego de maiores gradientes de velocidade favorece a formação de flocos mais densos e de tamanho reduzido, menores gradientes formam flocos maiores e menos densos, estes últimos mais adequados às estações de tratamento convencional por apresentarem maior sedimentabilidade.

O produto entre o tempo de detenção hidráulica e o gradiente de velocidade é denominado número de camp, que pretende conferir a mesma probabilidade de choques entre as partículas em cada câmara. Segundo Vianna (1997), o valor deste número deve manter-se constante ao longo das câmaras de floculação, ou seja, enquanto o gradiente médio de velocidade diminui ao longo da unidade, o tempo de detenção deve aumentar. Embora o Número de Camp ainda norteie o dimensionamento de flocladores hidráulicos, ele não se aplica aos mecânicos pois o tempo de detenção hidráulica para este tipo de floclador não varia.

Depois dos flocos formados a água adentra nas unidades de decantação, lá “são fornecidas condições que os permitam depositar pela ação da gravidade” (LIBÂNIO, 2010). Esta operação unitária reflete a eficiência das etapas anteriores. Os decantadores de escoamento horizontal, segundo Libânio (2010), ocupam entre 60 e 70% da área útil da estação e geralmente se apresentam na forma retangular. A água floculada deve ser distribuída equanimemente caso haja mais de um decantador e a cortina de distribuição deverá ter, necessariamente um gradiente de velocidade maior que o da última câmara de floculação. Para o mesmo objetivo temos ainda as unidades de flotação, usadas nos casos em que os flocos tenham dificuldade de sedimentarem. Através de ar injetado por tubos no fundo da unidade as partículas aglutinadas são removidas pela superfície da água.

“Para que um decantador de alta taxa funcione satisfatoriamente, há três requisitos básicos que devem ser cumpridos, desde que não ocorra destruição dos flocos na entrada: i) distribuição uniforme de água floculada sob os dutos ou placas; ii) extração apropriada de material depositado; e iii) coleta uniforme de água decantada” (DI BERNARDO & PAZ, 2008)

O ultimo processo do TC é a filtração e sua função é remover as partículas que passaram pelas etapas anteriores do tratamento e que reduzem a eficiência da desinfecção. Segundo Libânio (2010), a filtração, possivelmente, apresenta a função mais relevante do tratamento pois é aonde as possíveis falhas das etapas anteriores (coagulação, floculação e sedimentação / flotação) podem ser corrigidas garantindo a qualidade do efluente.

Mecanismos de transporte e de aderência atuam no processo da filtração direta:

“A filtração rápida consiste na conjunção dos mecanismos de transporte e aderência. Os primeiros constituem-se fenômenos físicos e hidráulicos afetados pelos parâmetros que governam a transferência de massa. Em outro contexto, os mecanismos de aderência são influenciados por fenômenos predominantemente químicos, tais como formação de pontes de químicas – quando do emprego de polímeros como auxiliares de coagulação –, forças eletrostáticas e de van der Waals, balizados por parâmetros físicos e químicos também intervenientes na etapas de coagulação e floculação (O’MELIA; STUMM, 1967 in LIBÂNIO, 2010).”

Ao final do tratamento a água filtrada deve passar pelo processo de desinfecção para torná-la potável, como regulamenta o Artigo 24 da portaria 2914/11: “Toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração”.

A desinfecção pode ser realizada, segundo Libânio (2010), por desinfetantes físicos e químicos: Os primeiros são compostos com potencial de oxidação, por exemplo o cloro e seus derivados, dióxido de cloro e ozônio, são os mais empregados no tratamento de água. Outros agentes químicos também empregados no tratamento são: Peróxido de hidrogênio, ácido acético, bromo, iodo, permanganato de potássio e cloreto de bromo. No caso dos agentes físicos, sua ação é referenciada à energia de radiação, no caso, destaca-se a radiação UV, a radiação gama, radiação solar e a fervura em nível domiciliar.

Para a desinfecção ainda deve-se observar os referidos tempos de contato para cada desinfetante específico e sua concentração residual na saída do tratamento. Como regulamenta a portaria 2914/11:

“Art. 32. No controle do processo de desinfecção da água por meio da cloração, cloraminação ou da aplicação de dióxido de cloro devem ser observados os tempos de contato e os valores de concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato expressos nos Anexos IV, V e VI a esta Portaria”.

### ***3.2. Avaliação de Desempenho***

“Na avaliação de desempenho de uma ETA, essencialmente busca-se aferir a adequação e eficiência dos diversos processos unitários de tratamento. Genericamente, devem ser analisados os fatores hidráulicos e operacionais que poderiam concorrer pra um desempenho insuficiente, tais como: possíveis falhas de projeto, discrepância entre parâmetros ótimos, de projeto e de funcionamento real, a capacidade instalada de operação e controle (recursos humanos e materiais) e o efetivo controle operacional realizado (BASTOS, 2000).”

“A análise do desempenho das estações de tratamento de água é avaliada frequentemente no meio técnico de forma reducionista dificultando desta forma a comparação entre as distintas unidades, devido à amplitude dos fatores intervenientes, fazendo com que esta avaliação atenha-se quase tão-somente ao atendimento ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 518/2004. Como fatores intervenientes no desempenho destacam-se as características da água bruta, a dosagem e o tipo dos produtos químicos utilizados na coagulação, os parâmetros hidráulicos concernentes aos processos e operações unitárias e a acuidade da operação.” (ALMEIDA et al, 2005).

“Apesar de algumas controvérsias a turbidez filtrada ainda é considerado parâmetro dos mais relevantes como indicador da qualidade da água tratada.” (ALMEIDA et al, 2005).

“Por fim, a avaliação das estações de tratamento no período chuvoso parece mais acurada, (...) quando aflui à unidade de tratamento água bruta de pior qualidade torna-se mais evidentes eventuais limitações operacionais ou de outra natureza. Desta forma, estudos similares podem-se fiar tão-somente nos dados operacionais do período chuvoso. (ALMEIDA et al, 2005)”

### **3.3. Indicadores de Desempenho**

Segundo o guia técnico “indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água” da International Water Association, os indicadores de desempenho operacional monitorados na água tratada são:

- 1 - Análises organolépticas: cor, paladar e etc;
- 2 - Análises microbiológicas;
- 3 - Análises físico-químicas;
- 4 - Análises de radiatividade.

Cordeiro e Achon (2005) definiram como indicadores econômicos de desempenho em uma ETA:

- Consumo de energia/m<sup>3</sup> de água bruta em (kWh/m<sup>3</sup>)
- A razão entre o consumo de energia da água perdida (lavagens de filtros e decantadores) e o consumo de energia da água distribuída (kWh/kWh ou %)
- Consumo de produtos/m<sup>3</sup> de água tratada (kg/m<sup>3</sup>)
- A razão entre o consumo de produtos químicos da água perdida pelo consumo de produtos químicos da água distribuída (kg/kg ou %)
- A razão entre o volume de água perdido pelo volume de água tratado

“(…) A turbidez permanece como um parâmetro importante e mais aceito no controle do processo de tratamento. Funciona bem como um indicador relativo de desempenho do tratamento e como um indicador grosseiro da qualidade da água. A tendência da utilização da turbidez no estabelecimento de orientações para um controle mais exigente da operação é evidente. No entanto, deve-se considerar a necessidade do estabelecimento de orientações para a obtenção de dados de qualidade, de padrões para a calibração dos instrumentos e de limitações para o uso de cada sistema de medição.” (BURLINGAME; PICKEL; ROMAN, in LOPES, 2005).

## 4. MATERIAIS E METODOS

### 4.1 Descrição da estação

A referida ETA produz água potável através do tratamento convencional como é bastante usual em estações para baixas vazões afluentes. Pré-fabricadas em fibra de vidro, apresenta floculação hidráulica em bandejas perfuradas, decantação de alta taxa em dutos de seção retangular, filtração de escoamento descendente em leito duplo de areia e antracito e desinfecção. Este último processo é realizado por cloração e o coagulante empregado no tratamento é o sulfato de alumínio. À estação, afluente vazão média mensal de 32L/s, durante 24h.



**Figura 1 - Foto da estação**

A mistura rápida se dá num medidor Parshall com garganta de 7,6 cm. O gradiente de velocidade encontrado foi de 1997,06 s<sup>-1</sup> estando fora do que preconiza a NBR 12216, entre 700 e 1100 s<sup>-1</sup>. Nota-se, porém, que esta diferença entre a norma e o valor encontrado não gera prejuízo para qualidade do efluente, uma vez que a NBR afixa um valor máximo para o gradiente capaz de efetuar a mistura sem que haja desperdício de energia. Além da mistura rápida o medidor Parshall, funcionando em descarga livre, mede a vazão até 53 L/s.

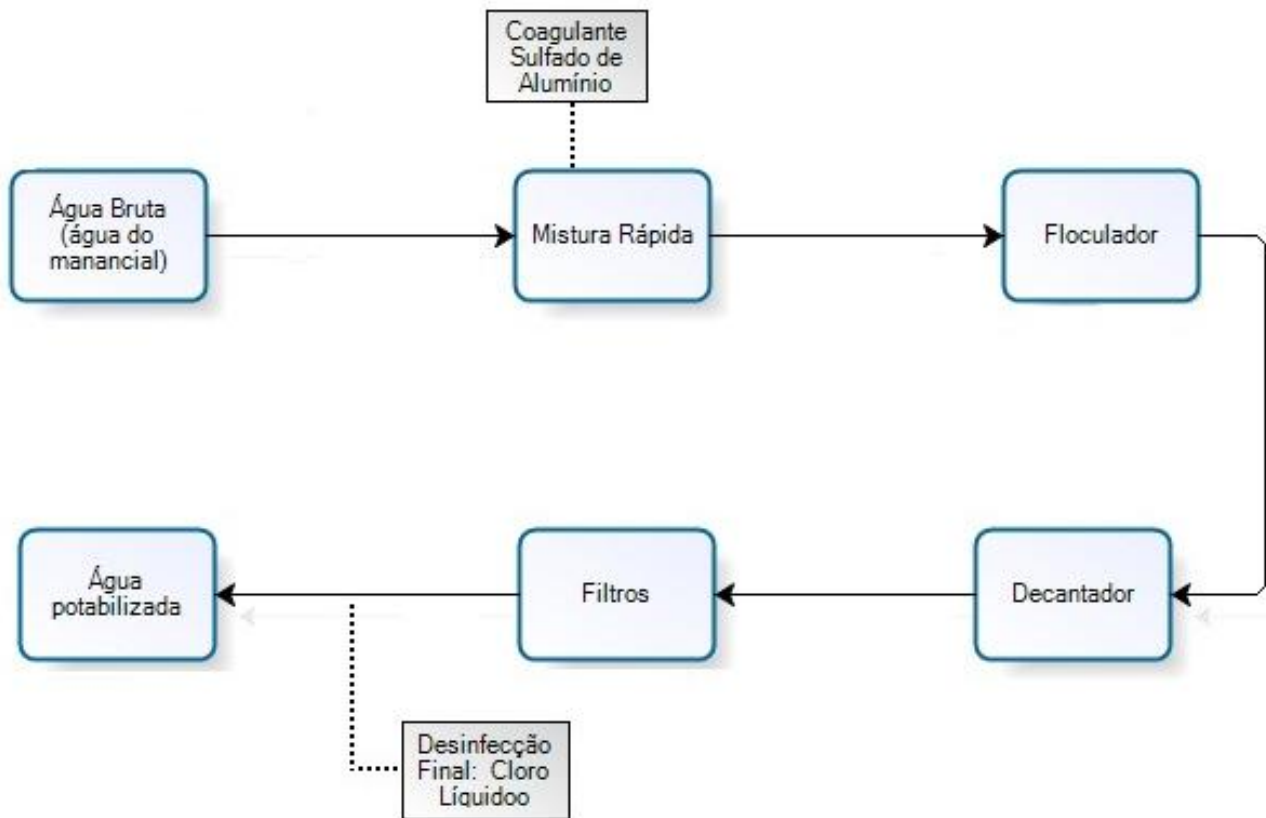
Outro tipo de unidade também bastante comum em estações pré-fabricadas como esta é o floculador hidráulico do tipo bandejas perfuradas. São 8 câmaras com 1,30 m de diâmetro e 2,90 m de altura com 5 bandejas cada uma. O TDH da ordem de 16 min é inferior ao mínimo recomendado pela NBR 12216, 20 min na ausência da realização de ensaios.

A água floculada aflui para duas unidades de decantação de alta taxa com dutos de seção retangular. Esta unidade apresenta 4,4 m de comprimento por 1,5 m de largura. Para esta unidade temos o TDH inferior a 10 min e a taxa virtual de aplicação superficial de 196 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dia, os dois parâmetros estão de acordo com o estabelecido para unidades desta natureza.

A estação possui oito unidades de filtração descendente de dupla camada, areia e antracito. O diâmetro dos filtros é de 1,30m e taxa de filtração da ordem de 260 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dia. Como a NBR 12216 estabelece taxa de filtração máxima de 360 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>dia, esta unidade, se não há falha de manutenção, está trabalhando com folga.

A água, após filtrada, aflui ao tanque de contato. Com um volume de 27,6 m<sup>3</sup> e tempo de detenção é de 15min (dado teórico).

Abaixo temos na figura 1 o fluxograma das etapas do tratamento:



**Figura 2 - Fluxograma**

Os dados operacionais foram medidos diariamente de 2002 a 2011. Para vazão, pH, turbidez, residual de alumínio, residual de cloro, residual de flúor, cor aparente e colimetria, foram aferidos na entrada e na saída do efluente.

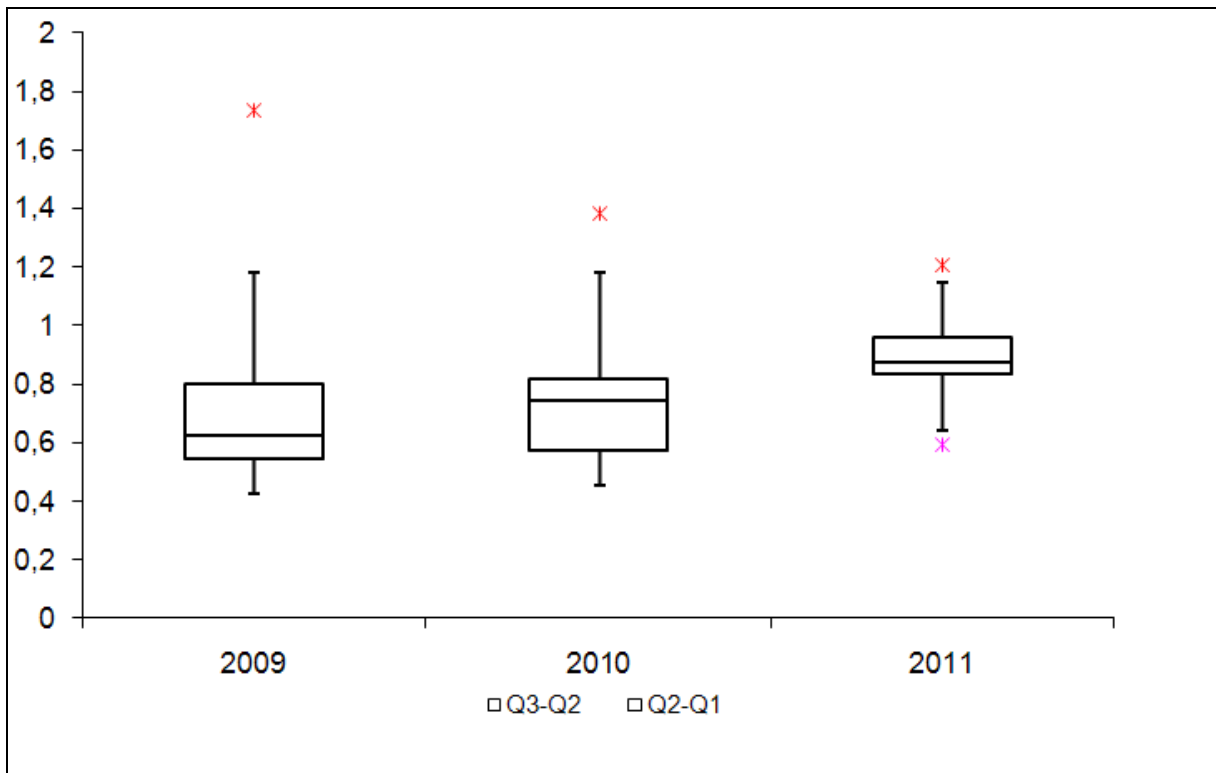
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na análise dos dados diários de turbidez da água bruta dos últimos 3 anos (2009, 2010 e 2011), obteve-se uma média de 7,2, 7,7 e 5,3 uT, respectivamente, conforme o gráfico da Figura 3. É conveniente observar a melhoria do manancial no ultimo ano.



Figura 3 - Turbidez da água bruta

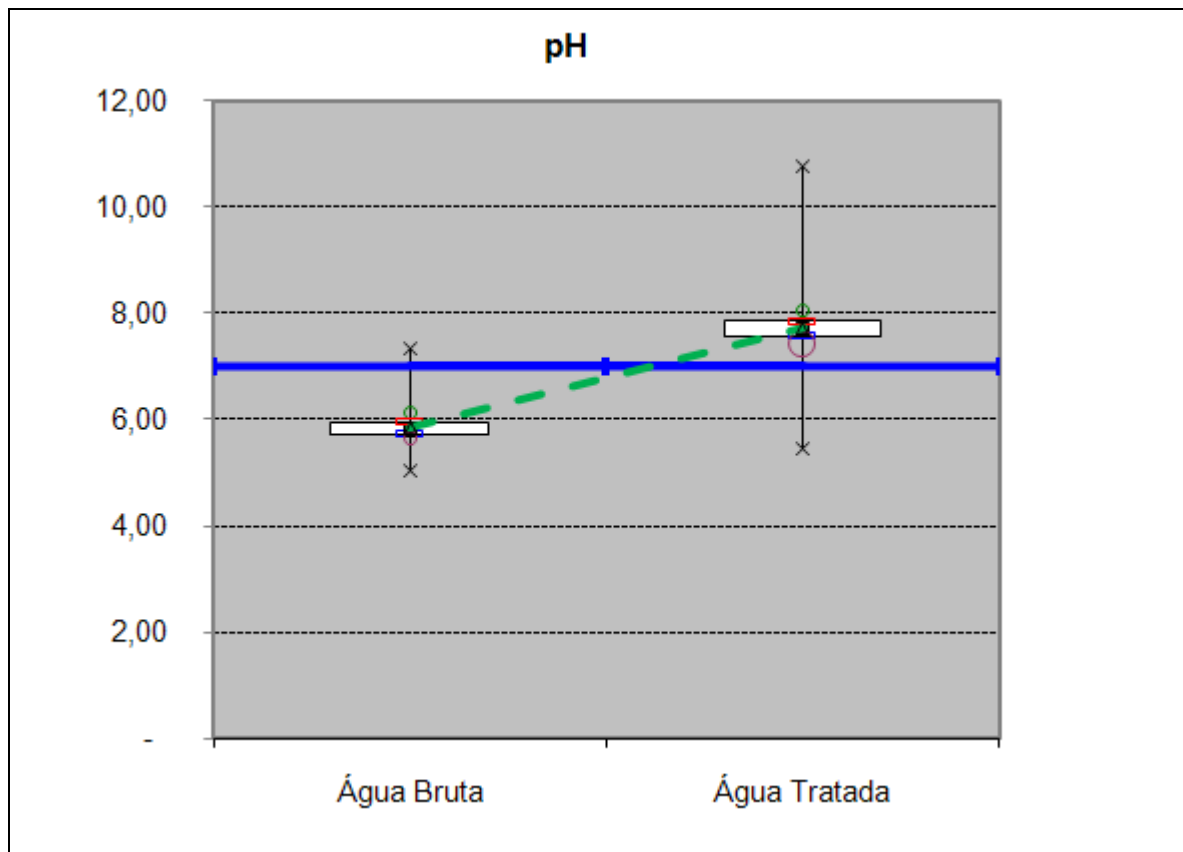
Na mesma análise, agora para a turbidez da água filtrada nos anos de 2009, 2010 e 2011 as médias de 0,62, 0,74 e 0,87, respectivamente. Embora a qualidade da água efluente não esteja proporcionalmente relacionada à qualidade da água afluenta, não se pode deixar de notar o decaimento do desempenho no ano de 2011. Mesmo havendo uma significativa melhora do manancial para este parâmetro a estação apresentou os piores resultados médios de remoção de turbidez (Figura 4).



**Figura 4 - Turbidez da água filtrada**

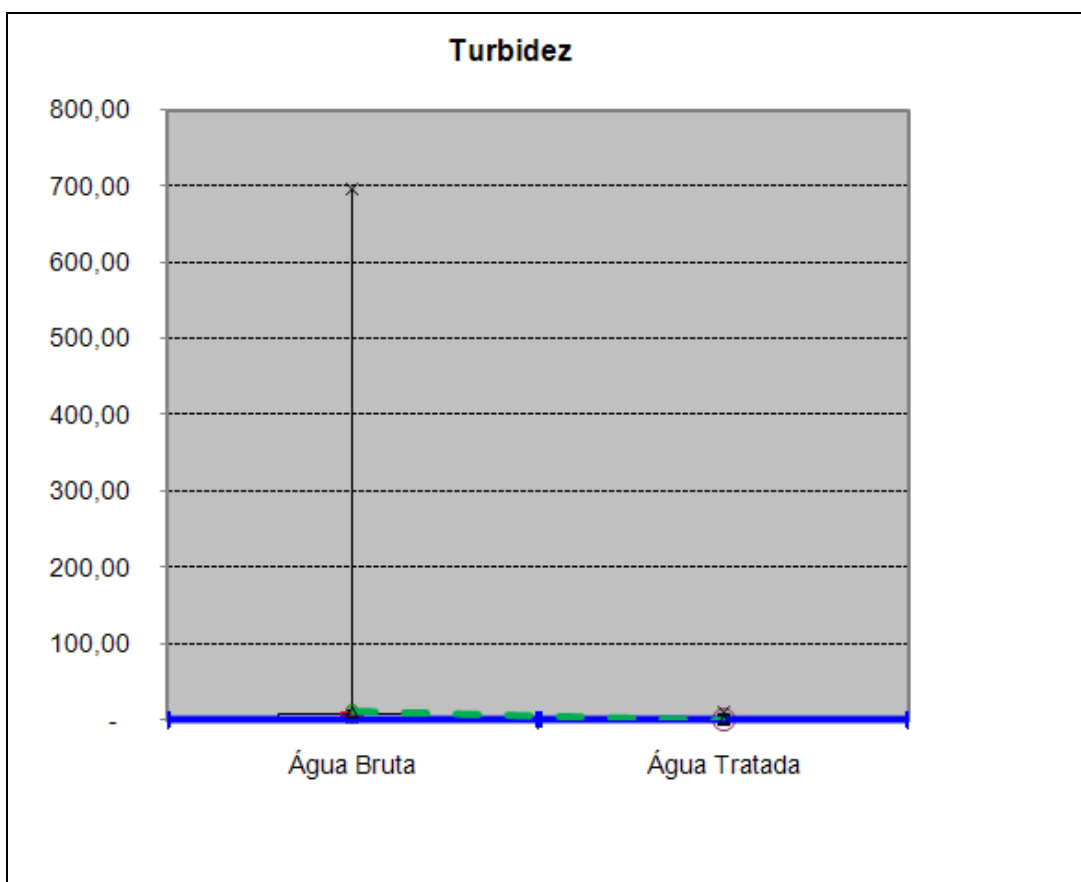
Uma vez observado a melhora da água bruta, não tendo sido feita qualquer modificação de ordem estrutural que alterasse os parâmetros hidráulicos a hipótese mais provável para explicar a queda na performance em 2011 é a operação da estação. Quer seja na aplicação do coagulante, limpeza do decantador, ou falta de manutenção nos filtros.

Numa análise mais aprofundada a partir dos dez anos de dados (2001 a 2011) para o parâmetro pH, conforme o gráfico em box-plot da figura 5, percebe-se que tal parâmetro está em conformidade com a norma que preconiza um valor para o sistema de distribuição entre 6,0 e 9,5.



**Figura 5 - pH da água bruta e filtrada**

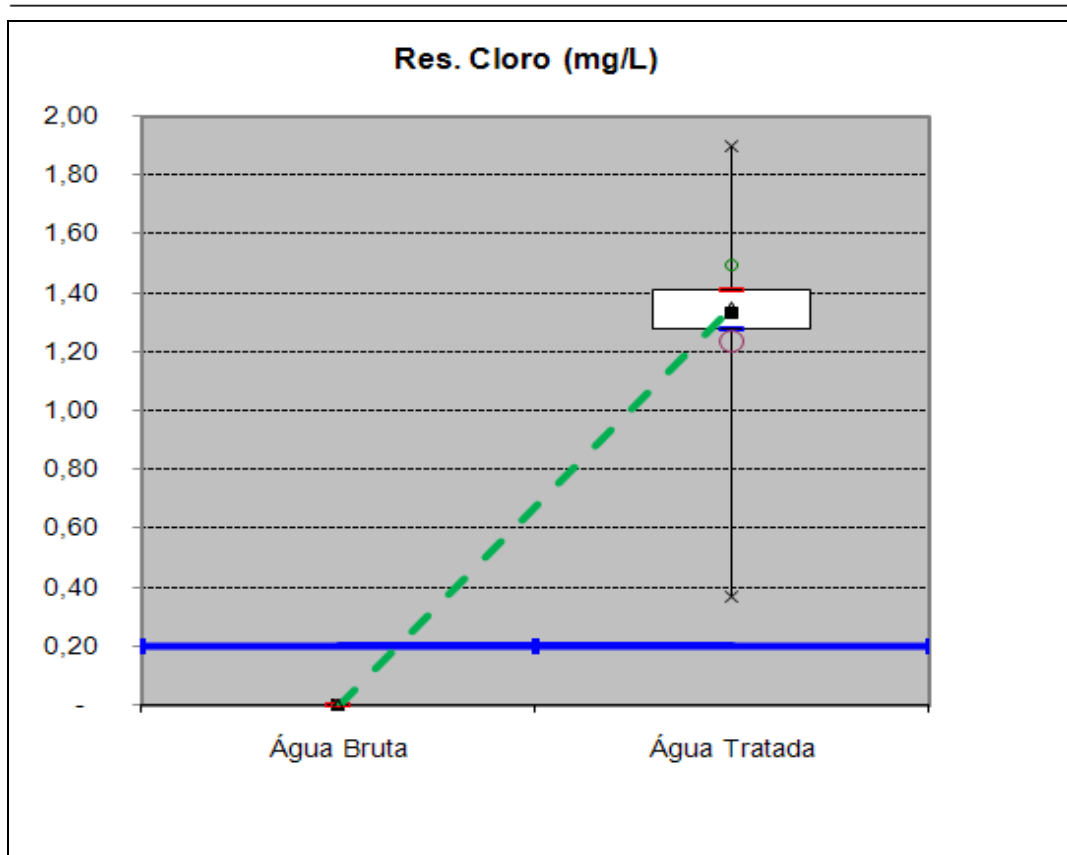
Para o parâmetro turbidez, provavelmente o mais importante, a estação não obteve bons resultados. A Portaria 2914/11 afixou a turbidez máxima em 0,5uT para 95% das amostras e como se pode verificar pelo gráfico da figura 6. Mais de 50% das amostras estão acima de 0,5 uT e a média global em 0,87 uT.



**Figura 6 - Turbidez da água bruta e filtrada**

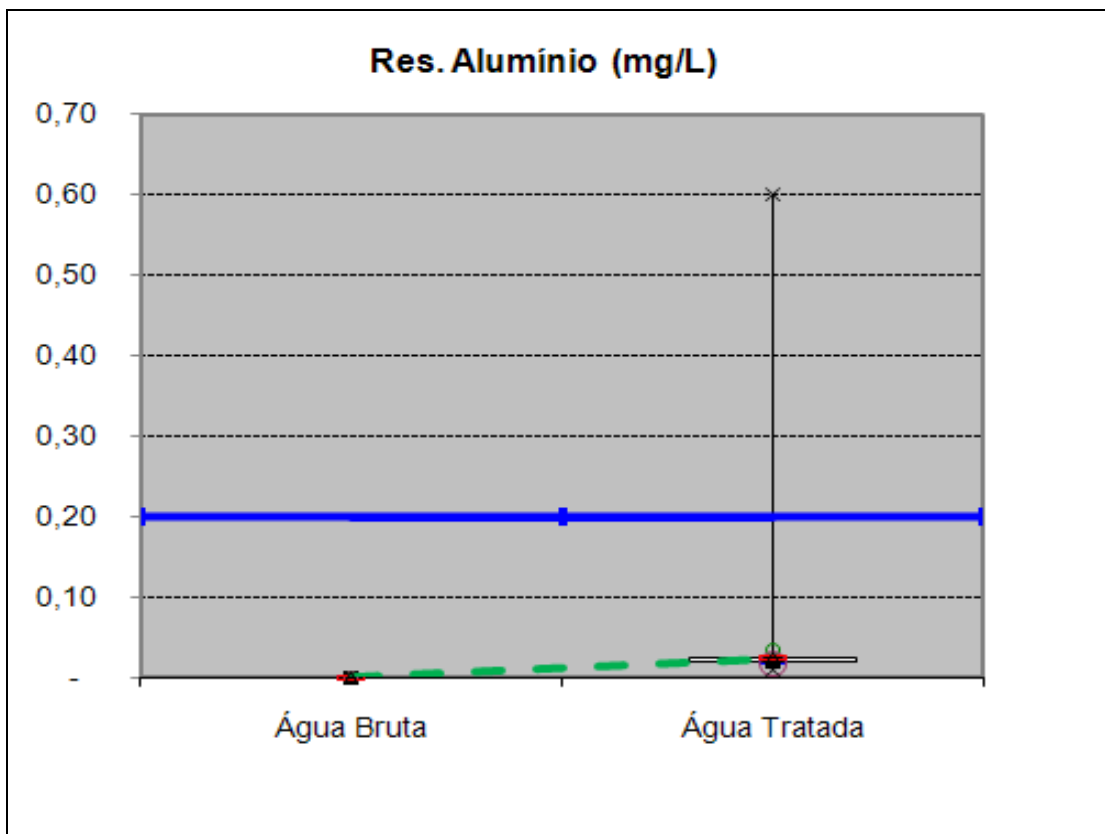
Vale lembrar que na maior parte da época em questão vigorava a portaria 518/04 cujo limite máximo para 95% das amostras era de 1,0uT. Ainda sim a estação não estava de acordo com a norma tendo 90% de suas amostras até 1,21uT.

Segundo a Portaria 2914/11: “É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre (...) em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede)”. A portaria ainda fixa em 2,0 mg/L o valor máximo de cloro residual. Com relação a este parâmetro, a ETA obteve um desempenho de 100%, todas as amostras estão dentro do esperado pela última portaria.

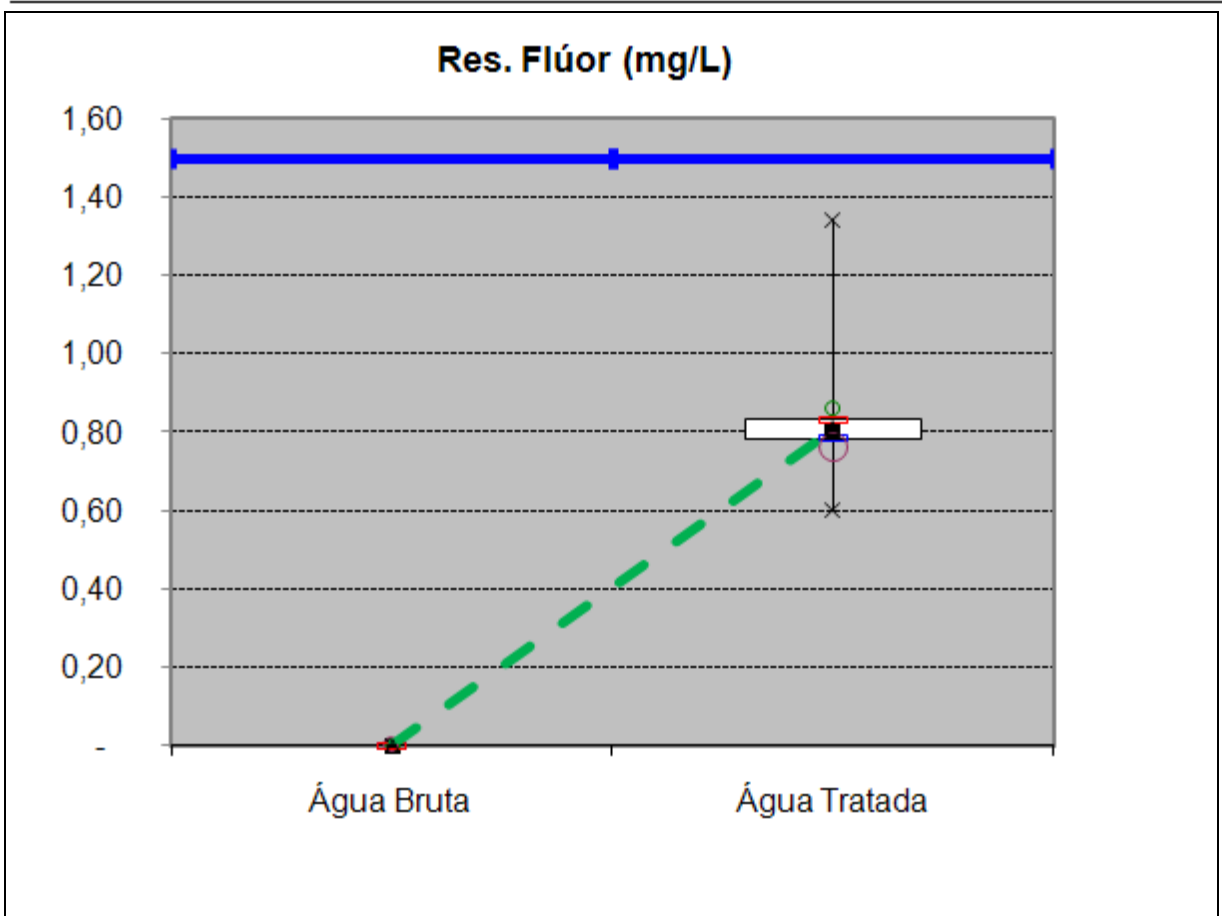


**Figura 7 - Residual de cloro da água bruta e filtrada**

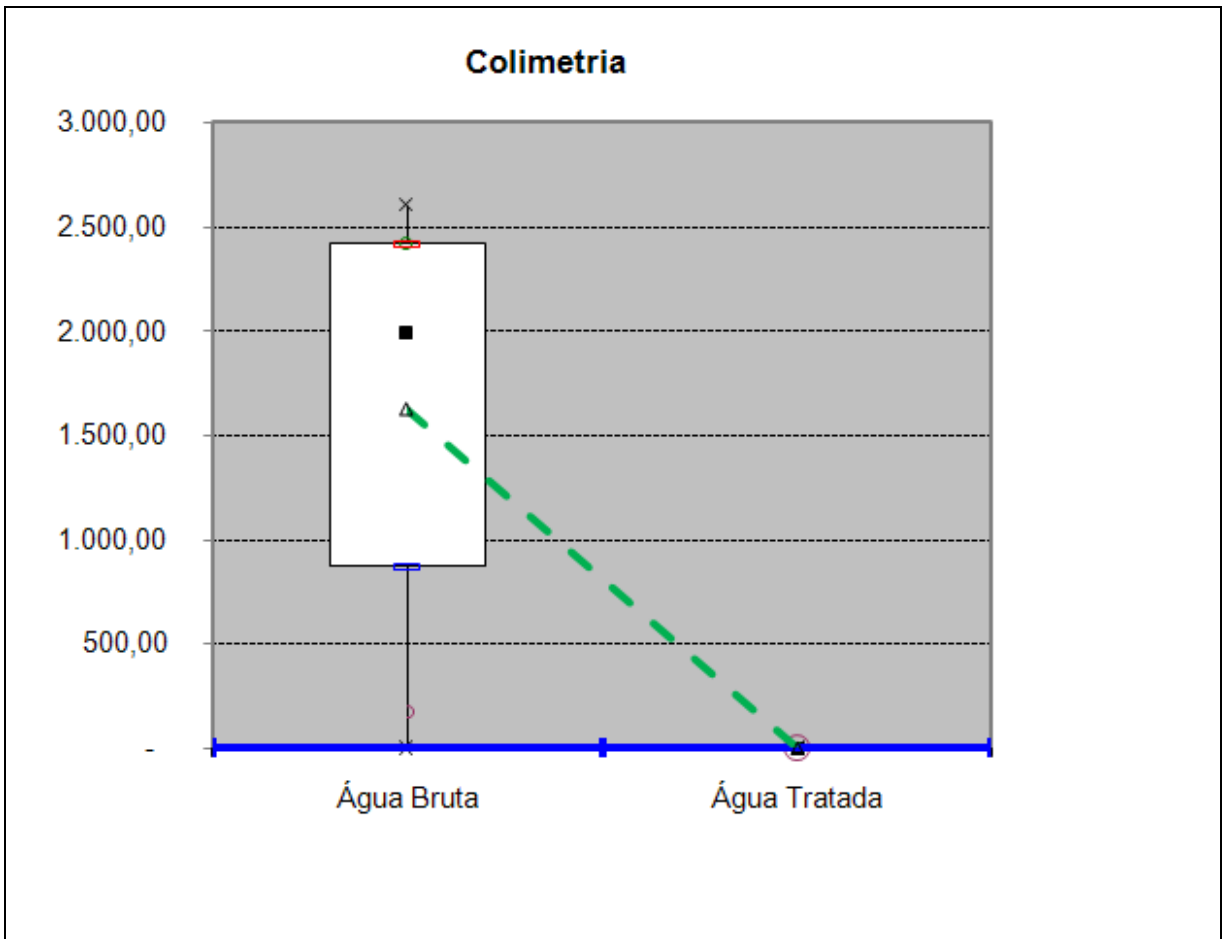
Quanto aos outros parâmetros, residual de alumínio, residual de flúor e colimetria, a estação apresenta performance excelente em relação ao estabelecido na norma, conforme figura 8, 9 e 10.



**Figura 8 - Residual de alumínio para água bruta e filtrada**



**Figura 9 - Residual de fluor para água bruta e filtrada**



**Figura 10 - Colimetria para água bruta e filtrada**

Foi possível verificar que 50% das análises comprovaram uma eficiência de remoção de turbidez de 89% e a média de remoção 87,6%. Para o parâmetro cor aparente houve uma eficiência média de remoção de 87%. Embora as eficiências se assemelhem a análise do gráfico não pode sugerir uma remoção satisfatória para ambos os parâmetros, uma vez que a eficiência de 87% na remoção de cor aparente foi suficiente para garantir que 100% das amostras estivessem dentro do padrão da portaria. Já para uma eficiência de 89% de remoção de turbidez apenas 10% das análises atingiram o limite máximo de 0,5uT.

## 6. CONCLUSÕES

Mesmo apresentando melhora do manacial no ano de 2011 a estação obteve os piores resultados. Já que não houve nenhuma mudança nos parâmetros hidráulicos da estação o decaimento da performance esta relacionado à operação, ou seja, dosagem de coagulante, limpeza do decantador, ou manutenção nos filtros.

A estação demonstrou uma acurácia notável para os parâmetros, cor aparente, pH, residual de cloro na rede distribuidora, residual de alumínio, residual de Flúor e Colimetria.

Embora a estação tenha cumprido rigorosamente as metas para os parâmetros supracitados, na remoção de turbidez, o principal indicador sanitário da água, as amostras nem se quer aproximaram-se do objetivo. É certo que durante a coleta das amostras vigorava a Portaria 518, cujos padrões de potabilidade eram mais brandos. Pois mesmo numa avaliação pautada nos parâmetros antigos, a estação não cumpre o limite de 1,0uT para 95% das amostras, sua performance foi de ate 1,21uT em 90% das amostras.

A unidade de floculação apresentou um tempo de detenção hidráulica (16 minutos) menor que o estabelecido pela NBR 12216 (20 minutos). Se os flocos não se formarem as unidades seguintes perdem eficiência. Esta falha de projeto pode estar comprometendo todo o desempenho da ETA.

A estação estudada não produz água potável. Seus parâmetros não atendem a atual Portaria 2914/11 assim como não atendiam a Portaria 518/04.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12216: Projeto de estações de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BATISTA, J., M.; PARENA, R. Guia Técnico: *Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água*. 1º edição. Editora LNEC, 2004. 284p.

BRASIL. IBGE *Atlas do saneamento 201*. Disponível em: “[www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/default\\_zip.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm).” Acesso em 01/2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 518, de 25 março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, mar. 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília DF, dez 2011.

BASTOS, R.K.X., VARGAS, L.C.; MOYSES, S.S; SILVA, H.C. *Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água. Desvendando o real*. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2000, Porto Alegre. Anais. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

CORDEIRO, J. S.; ACHON, C. L. *Utilização de indicadores de desempenho para gerenciamento de sistemas de tratamento de água*. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 169, 2005, Campo Grande. Anais. São Pedro: ABES, 2005.

DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S. *Seleção de tecnologia de tratamento de água*. São Carlos, Editora Ldibe, 2008. Vol. 1. 867p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. *Métodos e técnicas de tratamento de águas*. 2º edição. São Carlos: Editora Rima, 2005. 792p.

HELLER, L.; RESENDE, S. C. *O Saneamento no Brasil: Políticas e interfaces*. 2º Edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008. 387p.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. *Abastecimento de água para consumo humano*. 1º edição. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

LIBÂNIO, M. *Fundamentos de Qualidade e tratamento de água*. 3º Edição. Campinas-SP: Editora Átomo, 2010. 494p.

ALMEIDA, J. F. A.; LIBÂNIO, M.; VIANA, M. *Avaliação do desempenho de estações de tratamento de água operadas por companhia estadual de saneamento e autarquias municipais*. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 135, 2005, Campo Grande. Anais. Belo Horizonte: ABES, 2005.

LOPES, A. V. *Otimização do dimensionamento e análise de confiabilidade de redes de distribuição de água*. 2002. 148p. Dissertação (mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília

LOPES, V. C. *Proposição de um índice para avaliação do desempenho de estações convencionais de tratamento de água*. 2005. 199p. Dissertação (mestrado) – Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MACEDO, J. A. B. *Águas & Águas*. 3º Edição. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007. 1027 p.

PÁDUA, V. L. *Tratamento de águas de abastecimento* - Material didático (a ser revisado) ESA014.

VIANNA, M. R. *Hidráulica para engenheiros sanitaristas e ambientais*. 1ª edição. Belo Horizonte: Segrac Editora, 2007. Volume 1 Fundamentos. 135 p.

VIANNA, M. R. *Hidráulica para engenheiros sanitaristas e ambientais*. 1ª edição. Belo Horizonte: Segrac Editora, 2007. Volume 4 Sistemas de tratamento de águas. 545 p.