

II-117 - ESTUDO DA GERAÇÃO DE TRIHALOMETANOS (THM) NA DESINFECÇÃO DE EFLUENTE TRATADO DE SISTEMA DE LODO ATIVADO DE FLUXO INTERMITENTE

Vanessa Farias Feio⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental. Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará.

Bruno José Costa da Cunha⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará.

Neyson Martins Mendonça⁽³⁾

Professor Adjunto da Universidade federal do Pará. Coordenador do laboratório multiusuário de Tratabilidade de águas e de lodo (LAMAG).

Endereço⁽¹⁾: Travessa São Sebastião, 992 - Sacramento - Belém - PA - CEP: 66120-340 - Brasil - Tel: (91) 98249-5135 - e-mail: vanessafariasfeio@gmail.com.

Endereço⁽²⁾: Av. Rodolfo Chermont, conjunto Mendara II, rua E, 142 - Marambaia - Belém - PA - CEP: 66615-640 - Brasil - Tel: (91) 98182-1692 - e-mail: brunno.jose@hotmail.com.

Endereço⁽³⁾: Rua dos Mundurucus, Alameda Antônio C. Magalhães, nº 100, Conjunto Alacid Nunes, Bolco C, Apt. 102 - CEP: 66073-260 - Belém - PA - Brasil - Tel: (91) 98149-7337 - e-mail: neysonmm@gmail.com.

RESUMO

No Brasil, a cloração é o método mais utilizado na desinfecção de efluentes tratados. No entanto, o cloro reage com compostos orgânicos formando trihalometanos (THM) que são compostos nocivos à saúde humana. Assim, nesse trabalho, se avaliou a geração de THM em tanque de contato de cloro empregado na desinfecção de efluente tratado da estação de tratamento de esgoto (ETE) do Instituto Evandro Chagas (IEC). O monitoramento foi realizado durante 12 semanas, com amostragem do tipo composta e determinação das seguintes variáveis: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), alcalinidade total (AT), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), N-amoniaco, N-nitrato, N-nitrito, Fósforo Total, THM, Cloro Total e Cloro Livre. Os resultados preliminares, indicaram valores médios de $12,9 \pm 7,8 \text{ mg/L}$ para DBO, $30,5 \pm 16,1 \text{ mg/L}$ para DQO, $1,4 \pm 1,3 \text{ mg/L}$ para Cloro total, $0,3 \pm 0,3 \text{ mg/L}$ para Cloro livre e $182 \pm 112 \mu\text{g/L}$ para THM. Com relação ao THM até o presente momento os dados obtidos para o efluente da ETE IEC indicaram concentrações inferiores ao padrão de emissão de 1 mg/L preconizado pela Resolução 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Provavelmente a presença de THM nesse efluente, pode ser atribuída a reação entre a matéria orgânica remanescente e o cloro.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente tratado, Desinfecção, Trihalometanos.

INTRODUÇÃO

Com a crescente pressão demográfica, uma das alternativas para contornar o problema da escassez dos recursos hídricos facilmente exploráveis, sem dúvida, o reúso de esgoto. O lançamento de águas residuárias tem se tornado uma constante preocupação ambiental, haja vista, essas águas possuem poluentes orgânicos cujo lançamento sem controle nos mananciais superficiais pode comprometer a qualidade da água de corpos hídricos, bem como, permitir a propagação das doenças de veiculação hídrica.

Visando à remoção dos poluentes orgânicos são construídas as estações de tratamento de esgotos (ETE), que são projetadas para corrigir as características indesejáveis desses efluentes, de tal modo que o seu uso ou disposição possa ocorrer de acordo com as normas e critérios definidos pelas autoridades legislativas. A legislação vigente em nosso país que estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes é a Resolução N°430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (VON SPERLING, 2005).

Para isso, nas ETE's vem sendo utilizadas três formas distintas para eliminação de organismos patogênicos (cloração, ozonização e radiação ultravioleta), embora todas tenham suas vantagens e desvantagens.

No Brasil, a cloração é o método de maior utilização, devido ao domínio tecnológico e principalmente à viabilidade econômica. Ainda com os benefícios da cloração de esgotos sanitários tratados, é necessário considerar que todos os desinfetantes químicos produzem subprodutos, direta ou indiretamente, e alguns destes podem gerar riscos à saúde pública. (GONÇALVES, 2003).

Os principais subprodutos formados são os Trihalometanos (THM), que são prejudiciais à saúde humana por serem presumidamente carcinogênicos e sua formação depende de fatores como: tempo de contato, temperatura, pH, concentrações de cloro.

Portanto, após a cloração do efluente é necessário que se realize a descloração. A descloração de esgoto é necessária para minimizar os potenciais tóxicos do cloro residual ao ambiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

O sistema de tratamento de esgoto do Instituto Evandro Chagas (ETE-IEC), está localizado na rodovia BR 316 km 7, no município de Ananindeua região metropolitana de Belém, Estado do Pará - Brasil, e seu layout é apresentado na Figura 1.

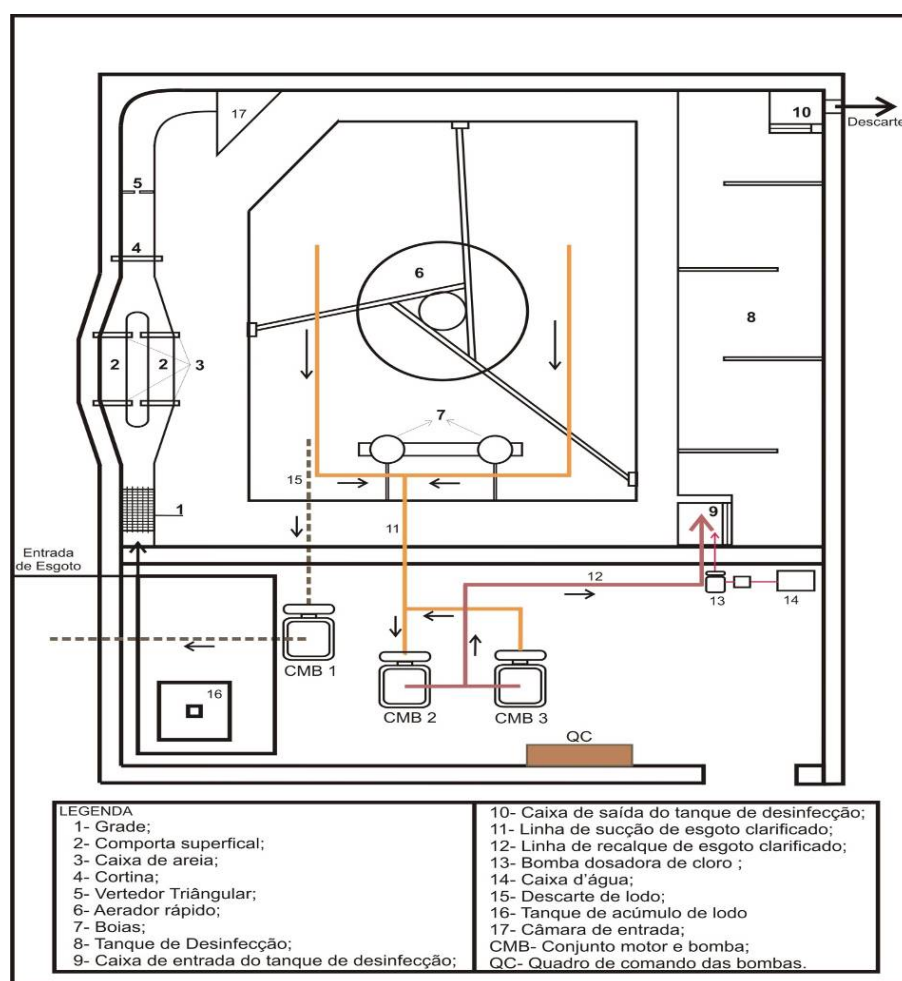


Figura 1: Layout da ETE-IEC

Fonte: Reis Júnior (2010).

A ETE IEC realiza tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados com operação de fluxo intermitente e conta com tratamento preliminar composto por grade manual, desarenador e medidor de vazão triangular, tratamento secundário composto pelo tanque de aeração que atua como reator aeróbio e decantador, por ser de fluxo intermitente. Após isso o efluente é encaminhado para a desinfecção no tanque de contato utilizando Hipoclorito de Sódio a 10%. Na Figura 1 seguem as imagens das unidades de tratamento da ETE.



Figura 1: Unidades de tratamento da ETE IEC. a) Gradeamento, b) Desarenador, c) Medidor de vazão, d) Tanque de aeração, e) Tanque de contato (desinfecção)

MONITORAMENTO DA GERAÇÃO DE THM EM ETE DE LODO ATIVADO DE FLUXO INTERMITENT

Essa etapa foi realizada por meio de coleta manual de amostras do tipo composta com composição de volumes de alíquotas de amostra, registradas de 6min em 6min durante 30min, até se obter dois litros (2L) de amostra para efluente tratado da ETE. O ponto de coleta é localizado na saída do tanque de desinfecção.

As variáveis físico-químicas monitoradas foram: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), alcalinidade total (AT), DBO, DQO, SST, N-nitrato, N-nitrito, Fósforo total, Cloro total e Cloro Livre e THM.

O monitoramento da geração de THM no efluente tratado da ETE IEC teve frequência de análises de duas (02) vezes por semana durante aproximadamente quatro (04) meses, totalizando determinações variando de 10 a 24 amostras para as determinações das variáveis físico-químicas previstas nesse trabalho.

As variáveis foram determinadas no Laboratório Multiusuário de Tratabilidade em Águas (LAMAG) do Instituto de Tecnologia (ITEC) da UFPA e conforme os procedimentos do Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater (AWWA/APHA/WEF, 1998). Tais métodos são descritos a seguir:

- pH : determinação utilizando a seção 4550-H+ B, método potenciométrico;
- Temperatura: determinação utilizando a seção 2550 B, mediante a utilização de termômetros de imersão total ou parcial com escala de 0,1C;
- AT: determinação utilizando a seção 2320 B, método titulométrico;
- DBO₅, 20°C: determinação utilizando a seção 5210-B mediante a utilização do método respirométrico;
- DQO: determinação utilizando a seção 5220-D, mediante a utilização do método colorimétrico do refluxo fechado;
- OD: determinação utilizando a seção 4500-O G, mediante a utilização do método de eletrodo com membrana;
- SST: determinação utilizando método fotométrico 8006;
- Nitrito: determinação utilizando a seção 4500-NO₂-B, mediante a utilização do método colorimétrico;
- Nitrato: determinação utilizando a seção 4500-NO₃-E método de redução em coluna de cádmio;
- Cloro Total: determinação utilizando a seção 4500-G- método colorimétrico DPD;
- Cloro Livre: determinação utilizando a seção 4500-G- método colorimétrico DPD;
- Fósforo total: determinação utilizando a seção 4500-P- A ao método de digestão de persulfato seguido pelo método colorimétrico do ácido ascórbico.
- THM: determinação utilizando a seção 5710-B- método do potencial de formação de Trihalometanos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE TRATADO

As principais características do efluente tratado monitorado são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características do Efluente Tratado da ETE IEC.

Variável	N	Máximo	Mínimo	Média±DP	CV
pH (mínimo-máximo)	24	5,4	7,1	---	---
Temperatura (°C)	18	28	23	---	---
AT(mgCaCO ₃ /L)	24	50	13	23,7±11,3	0,48
OD(mgO ₂ /L)	18	7	1	4,4±2,1	0,48
DBO _{5,20°C} (mgO ₂ /L)	12	40	1	15,1±13,1	0,86
DQO(mgO ₂ /L)	14	62	13	32,7±14,4	0,44
OD(mgO ₂ /L)	18	7	1	4,4±2,1	0,48
SST(mg/L)	19	42	8	23±10,2	0,44
Nitrito(mgN-NO ₂ /L)	24	2	0	0,9±0,8	0,81
Nitrato(mgN-NO ₃ /L)	24	17	4	9,5±3,3	0,35
Cloro Total(mgCl/L)	24	7	0	1,7±1,7	1,01
Cloro Livre(mgCl/L)	24	2	0	0,4±0,4	1,05
Fósforo Total(mgP/L)	10	8	0	4,5±2,6	0,58
THM (µgCHCl ₃ /L)	11	339	68	163,9±83,7	0,51

De acordo com a Tabela 1, o efluente descartado apresenta temperatura variando de 23° a 27°C e pH na faixa de 5,4 a 7,1, dentro da faixa de referência mencionada na Resolução N.430/11 do CONAMA, que prevê o lançamento de efluente com temperatura inferior a 40°C e pH entre 5,0 a 9,0. A Figura 3 mostra que o valor médio da temperatura está de acordo com a faixa de referência.

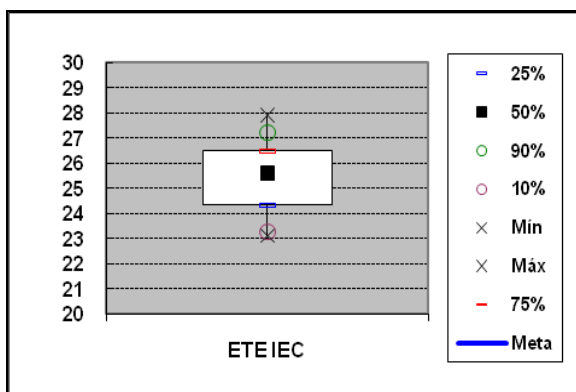


Figura 3: Box-plot de temperatura.

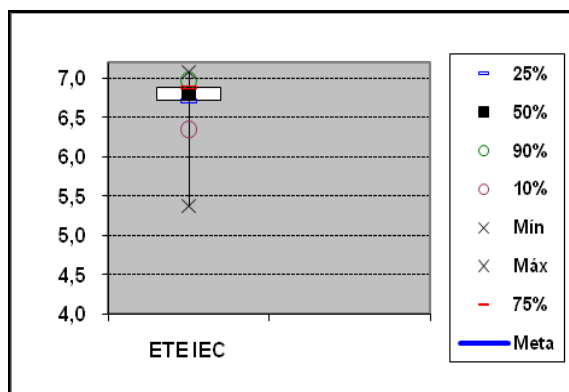


Figura 4: Box-plot de pH.

Com relação à alcalinidade total apresentou-se uma variação de 13 a 50 mgCaCO₃/L, sendo o valor médio de 23,7±11,3 mgCaCO₃/L. Percebe-se uma razoável variação de valores de DBO e DQO no efluente tratado, como apresenta as Figuras 6 e 7.. Os valores de DBO_{5,20°C} encontrados estão entre 1,0 e 40,0 mg/L, apresentando uma concentração média de 15,1±13,1 mg/L que está dentro dos valores de referência (máximo 120 mg/L). Com relação a DQO, não há exigência quanto ao seu lançamento, no entanto, os valores encontrados foram de 13 a 62 mg/L, com concentração média de 32,7±14,4 mg/L, dentro da faixa recomendada pela Resolução DN010/1986 do COPAM.

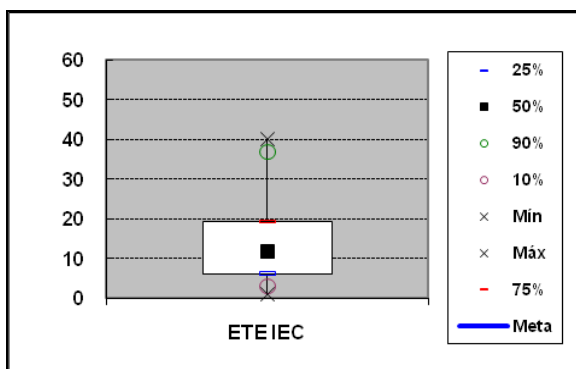


Figura 6: Box-plot de DBO.

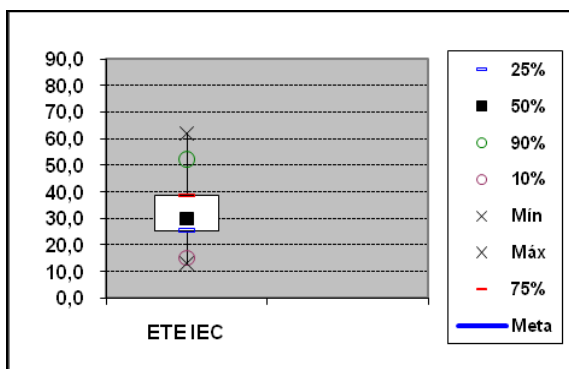


Figura 7: Box-plot de DQO.

A obtenção de nitrato se dá principalmente devido a presença das bactérias nitrificantes que consomem oxigênio na sua forma livre para o processo de nitrificação, comum em sistemas aeróbios e quando não há presença de zona anóxica para remoção destes. Foi encontrado valores mínimo e máximo de 4 a 17 mg/L, respectivamente, com concentração média de $9,5 \pm 3,3$ mg/L. E para o nitrito a concentração média obtida fora de $0,9 \pm 0,8$ mg/L. Já para o fósforo total foi observado uma média média de $4,5 \pm 2,6$ mg/L P.

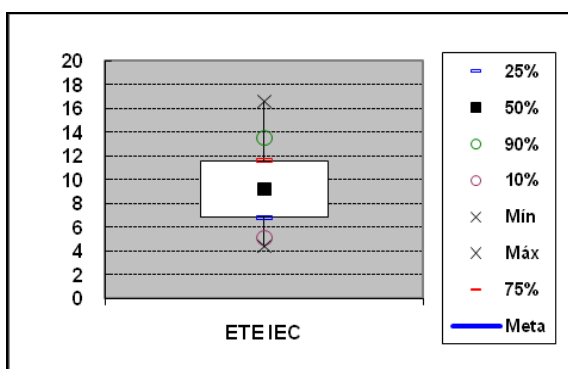


Figura 8: Box-plot de Nitrato.

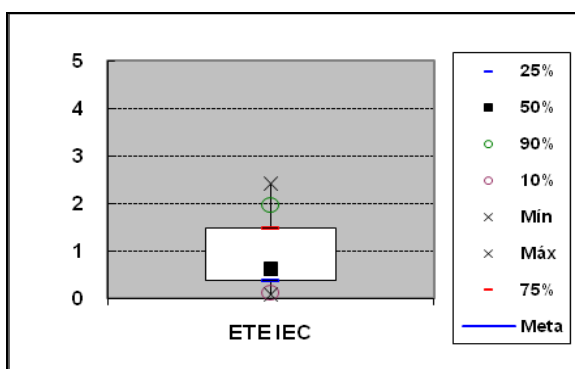


Figura 9: Box-plot de Nitrito.

Com relação à presença de cloro, foram encontrados valores para cloro total e livre. A concentração de cloro total variou de 0 a 7 mg/L Cl, tendo sido obtido no efluente tratado valor médio de $1,7 \pm 1,7$ mg/L. E para o cloro livre as concentrações variaram de 0 a 2 mg/L Cl, com valor médio de $0,4 \pm 0,4$ mg/L Cl. A presença de cloro livre é importante para a formação dos THM e neste efluente foi obtido um valor baixo que ainda sim pode contribuir para esta ocorrência dos THM. Nas Figuras 10 e 11 são apresentados a variação de cloro total e livre.

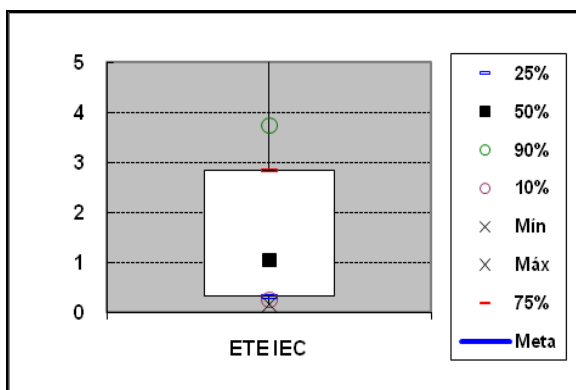


Figura 10: Box-plot de Cloro Total.

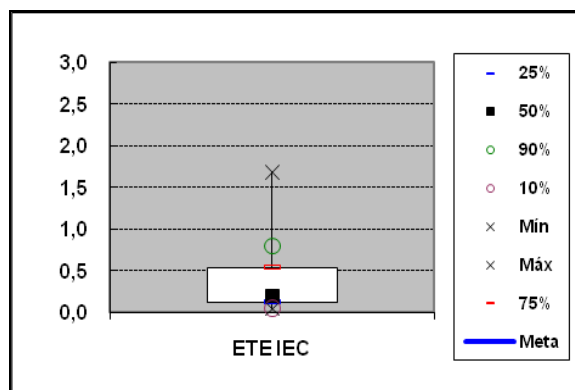


Figura 11: Box-plot de Cloro Livre.

Com relação aos valores de sólidos suspensos totais, foram apresentados valores de 8 a 42 mg/L e concentração médias de $23 \pm 10,2$ mg/L, como apresenta a Figura 13. Os sólidos também são importantes para a

formação dos THM, já que após decomposição desse material pode haver contribuição com ácidos húmicos e/ou fúlvicos que são os chamados “precursores de THM”.

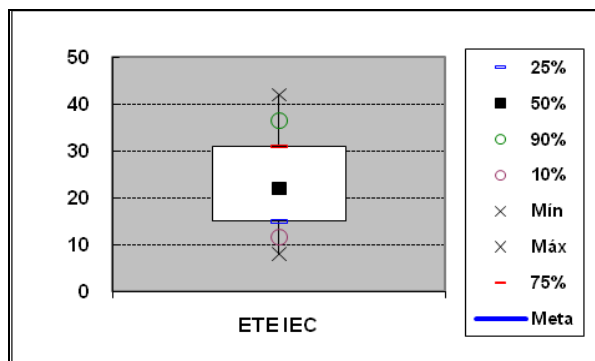


Figura 13: Box-plot de Sólidos Suspensos Totais.

Nos resultados de THM foi obtida a média de $167,6 \pm 93,7 \mu\text{gCHCl}_3/\text{L}$, com valores variando de 72 a $339 \mu\text{gCHCl}_3/\text{L}$, apresentado na Figura 14. As grandes oscilações de valores de THM na ETE do IEC, possivelmente ocorreram devido ao arraste de material orgânica particulada e dissolvida, ocasionado por problemas operacionais devido a fixação do período de aeração e de descarte do sobrenadante, os quais atualmente requerem a intervenção do operador, contribuindo assim com a geração de THM.

Entretanto, os valores de THM obtidos na ETE do IEC quando comparados com valor de $1 \text{mgCHCl}_3/\text{L}$ da Resolução 430/2011 do CONAMA indicam que o percentual de atendimento ao padrão de emissão dessa unidade de tratamento é de 100%.

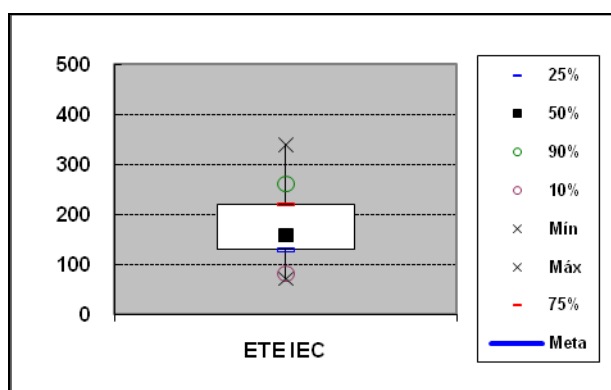


Figura 14: Box-plot de THM.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados do monitoramento da ETE IEC ao longo deste trabalho de pesquisa foi possível concluir que:

No período do monitoramento da ETE, o efluente mostrou as concentrações de todas as variáveis de acordo com os valores de referência, ou quando estes são ausentes, foram comparados aos valores citados em literatura. Os resultados obtidos, indicam valores médios de $15,1 \pm 13,1 \text{ mg/L}$ para DBO, $32,7 \pm 14,4 \text{ mg/L}$ para DQO, $23 \pm 10,2$ para SST, $0,9 \pm 0,8 \text{ mg/L}$ para Nitrito, $9,5 \pm 3,3 \text{ mg/L}$ para Nitrato, $4,5 \pm 2,6 \text{ mg/L}$ para Fósforo Total, $1,7 \pm 1,7 \text{ mg/L}$ para Cloro total e $0,4 \pm 0,4 \text{ mg/L}$ para Cloro livre;

O efluente mostrou a presença de THM com concentração média de $167,6 \pm 93,7 \mu\text{gCHCl}_3/\text{L}$, dentro do limite de referência estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 e 430/2011. Portanto, observa-se 100% de atendimento ao padrão de emissão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, José M. *et al.* **Técnicas de abastecimento e tratamento de água**. 3 ed. São Paulo: CETESB /ASCETESB, 1997, 2 vol. 320 p: 275-302
2. BRASIL (2005) **Resolução CONAMA n. 430**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.
3. DI BERNARDO, Luiz. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1993, 2 vol. 503 p.
4. GONCALVES, Ricardo Franci (coordenador). **Desinfecção de Efluentes Sanitários**. Rio de Janeiro: Projeto PROSAB; FINEP, 2003.
5. JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995, 720p
6. LÉO, Luís Fernando Rossi. **Investigação da toxicidade, tratabilidade e formação de subprodutos tóxicos em efluentes clorados de lagoas de estabilização com e sem pós-tratamento**. 160f. Tese (Doutorado em Engenharia)- Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.
7. METCALF and EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse**. 3 ed., New York, McGraw-Hill, 2002, 1817p.
8. MEYER, Sheila T. O uso do cloro na desinfecção de águas, formação de trihalometanos e os riscos potenciais à Saúde Pública. **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, 10(1): 99-110, Jan/Mar, 1994
9. MINAS GERAIS (1986). Deliberação **Normativa COPAM N.10 de 16 de dezembro de 1986**. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nas coleções de água, e dá outras providências.
10. REIS JUNIOR, José Cláudio Ferreira dos. **Determinação do Tempo de Detenção Hidráulica em Tanque de Contato – Estudo de caso da ETE do Instituto Evandro Chagas**. 2010. 47p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária)- Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.
11. VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005, 452p.