

METAIS NO TRATAMENTO ANAERÓBIO: ESTUDO DE CASO DA ETE SIDERAL - PA

Normara Yane Mar da Costa^{1*}; *Auriana de Sousa Silva*²; *Lais Caroline Feitosa da Silva*³;
*Neyson Martins Mendonça*⁴

Resumo - O esgoto doméstico é responsável por um grande número de doenças de veiculação hídrica, e além da carga microbiológica, pode conter diversos poluentes químicos que prejudicam a saúde humana, dentre eles alguns metais. Neste estudo foram analisadas as concentrações dos metais Bário (Ba), Cobre (Cu), Estanho (Sn), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Boro (B) e Zinco (Zn) no esgoto bruto (EB) e efluente do reator UASB da ETE Sideral. A presente pesquisa foi desenvolvida no Laboratório Multiusuário de Tratabilidade em Águas do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará sob a coordenação do Grupo de Estudos em Gerenciamento de Água e Reuso de Efluentes (GESA) e no Instituto Evandro Chagas/Seção Meio Ambiente, sala de espectrometria analítica. As amostras de esgoto bruto e tratado foram analisadas utilizando as técnicas de: espectrometria de emissão atômica e espectrometria de absorção atômica. Com os dados obtidos verificou-se que os níveis de metais nas amostras de esgoto tratado estão dentro dos valores estabelecidos pela Resolução nº 430/2011 do CONAMA, onde as médias das concentrações obtidas para os metais no esgoto tratado expressas em mg/L, são: 0,73 para o B Total; 0,13 para o Ba Total; 0,13 para o Sn Total; 0,03 para o Zn Total; 0,003 para o Cu Dissolvido; 0,61 para Fe Dissolvido e 0,16 para o Mn Dissolvido.

Palavras-Chave – Metais, esgoto bruto (EB), efluente de UASB.

METALS IN ANAEROBIC TREATMENT: UASB REACTOR STUDY OF STP SIDERAL - PA

Abstract – The wastewater is responsible for large number of waterborne diseases, and beyond the microbiological load, can contain many chemical pollutants that harm human health, including some metals. Analyzed the concentrations of metals Barium (Ba), copper (Cu), tin (Sn), Iron (Fe), manganese (Mn), boron (B) and Zinc (Zn) in raw sewage (EB) and effluent the UASB STP Sideral. This research was developed in the Laboratory Treatability Multiuser Water, Institute of Technology of Federal University of Pará, coordinated by the Study Group on Water Management and Reuse of Wastewater (WMRW) and the Institute Evandro Chagas / Environment Section, Room spectrometric analysis. Samples of raw and treated sewage were analyzed using the techniques: atomic emission spectrometry and atomic absorption spectrometry. With the data obtained it was found that the levels of metals in samples treated sewage are within the values established by Resolution N° 430/2011 of Council National Environmental, where the mean concentrations recorded for metals in the sewage treated in mg / L, are : 0.73 Total for B, 0.13 for Ba Total; 0.13 Total for Sn, 0.03 to Total Zn; 0.003 for Cu Dissolved; Dissolved Fe and 0.61 to 0.16 for Dissolved Mn.

Keywords – Metals, raw sewage (RS), UASB effluent.

¹ Universidade de Brasília - Instituto de Geociências, normara_yane@hotmail.com.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Coordenação de Saneamento Ambiental

³ Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental

⁴ Universidade Federal do Pará, Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental

* Autor Correspondente

INTRODUÇÃO

O esgoto doméstico é composto principalmente por matéria orgânica e agente microbiológicos, no entanto devido o crescente uso de metais na composição de produtos de beleza, higiene e utensílios domésticos, suas características vem adquirindo características, cada vez mais, de esgoto industrial, assim potencializando os efeitos tóxicos, sobre tudo os de alguns metais, e como consequência causando impacto direto e indireto no homem e na biota. A disponibilidade e o consumo de produtos, que algumas vezes são potencialmente tóxicos, e que podem ocasionar danos em meio ao esgoto e para o ambiente, é algo preocupante, pois a introdução de alguns compostos químicos, dentre eles alguns metais, podem interferir no tratamento e disposição final de efluentes. Por isso, há grande preocupação da comunidade acadêmica, pois grandes quantidades de metais estão chegando aos corpos receptores, comprometendo os seres que ali vivem ou os que se alimentam do mesmo, pois alguns destes metais são bioacumulativos ou de excreção lenta, podendo comprometer a cadeia alimentar. Alguns destes metais são considerados poluentes prioritários, pois se acumulam na cadeia alimentar prejudicando diversos indivíduos em diferentes escalas tróficas. Sua contribuição per capita nos esgotos varia de acordo com a localidade, pois cada região possui diferentes hábitos higiênicos e culturais, clima, urbanização, renda familiar e industrialização.

No Brasil poucas estações de tratamento possuem o monitoramento para metais, no entanto, alguns estados já adicionaram estes parâmetros a sua vigência de qualidade como, por exemplo, a ETE Ribeirão Preto em São Paulo, devido à tendência destes elementos se tornarem cada vez mais presente em esgotos domésticos. Para desenvolvimento deste trabalho foi utilizada uma ETE que está localizada no bairro Parque Verde, em um conjunto residencial denominado Jardim Sideral, com capacidade para atender população de aproximadamente 29.910 habitantes (COSANPA, 1996). O tratamento é realizado por um reator UASB, onde o seu efluente é destinado a um corpo receptor, o igarapé Massaquara, que deságua no rio Ariri. O trabalho em questão procura analisar a entrada e a saída dos metais Bário (Ba), Estanho (Sn) Total, Boro (B) Total, Zinco (Zn) Total, Cobre (Cu) Dissolvido, Ferro (Fe) Dissolvido e Manganês (Mn) Dissolvido na estação de tratamento, tendo em vista também a preocupação ambiental com este corpo hídrico e a eficiência da ETE em questão, de acordo com as vigências legais.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Nuvolari (2003) a presença de metais nos esgotos domésticos é comum em pequenas quantidades, no entanto, ao receber uma carga de efluente industrial sem um pré-tratamento ou contaminação por resíduos grosseiros podem aparecer em grandes quantidades. A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente, o CONAMA 430/2011 estabelece novas condições e padrões que regulam os descartes de efluentes sobre corpos d'água, limitando a carga poluidora a ser lançada no corpo d'água. Para von Sperling (1996) as utilizações mais frequentes dos parâmetros de metais são as caracterizações de águas de abastecimento e residuárias, brutas e tratadas, verificando os padrões de potabilidade, lançamento e classificações de corpos d'água. As concentrações destes elementos nas águas são variáveis, porém, a presença deles pode ter certo índice de toxicidade, contaminando principalmente águas subterrâneas e nas águas residuárias causando a inibição do tratamento biológico dos esgotos e gerando, também, problemas na disposição do lodo na agricultura. Nunes (2001) afirma que a toxicidade de metais na água depende do grau de oxidação do íon metálico e da forma em que se encontra, onde geralmente, a forma iônica é a mais tóxica, em alguns casos o órgão-metal apresenta toxidez muito maior do que a forma não combinada. Estes metais, quando encontrados, devem ser removidos antes do tratamento

biológico, objetivando evitar a inibição dos microrganismos responsáveis pela oxidação da matéria orgânica, ou antes, do lançamento nos corpos d'águas.

Britto (2004) preconiza que o tratamento biológico das águas residuais não tem a função de retirar os agentes químicos estudados, da maneira que, quase todos os metais que entram nas águas servidas saem no efluente da estação, e apenas, são encontrados em concentrações menores no esgoto tratado, devido a alguns deles serem metais pesados tendendo a sedimentar ao longo do tratamento. Logo em termos de metais as ETE's podem vir a ser, isto ao longo do tempo, fontes poluidoras, pois a presença de substâncias tóxicas nos corpos d'água causa impactos altamente desfavoráveis e indesejáveis, interferindo diretamente na vida aquática e afetando a saúde das populações que consomem a água ou se alimentam de peixes daquelas coleções hídricas (Jordão & Pessôa, 2005).

Ocorrências de metais no meio

De acordo com a literatura especializada Shriver & Atkins (2003), os elementos metálicos são os mais numerosos entre os elementos periódicos, cerca de 75%. Suas propriedades químicas são da maior importância para a indústria e pesquisas contemporâneas. Do ponto de vista químico, metal é todo elemento eletropositivo, ou seja, aquele cujos átomos formam íons positivos em solução e é definido, genericamente, como toda substância mineral que se apresenta em estado sólido à temperatura ambiente – com a única exceção: o mercúrio – e que se caracteriza por brilho característico, opacidade, dureza, ductilidade e maleabilidade. Na natureza os metais são encontrados conforme o fluxograma abaixo.

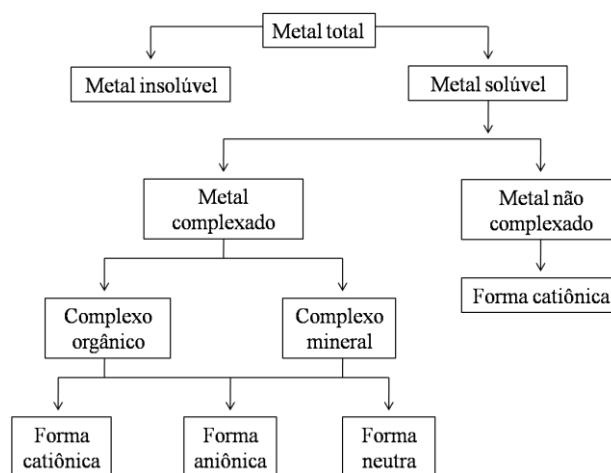


Figura 1. Formas de ocorrência na natureza
Fonte: Nuvolari (2003), adaptado de Di Bernardo (1993)

MATERIAIS E METÓDO

Ponto de amostragem

As etapas de tratamento na ETE Sideral consiste em preliminar (grade, caixa de areia e medidor de vazão), estação elevatória, reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB), queimador de gases e leitos de secagem cobertos. De acordo com o objetivo do presente trabalho foram estabelecidos dois pontos de amostragem, sendo um na entrada e outro na saída da ETE conforme a figura 2.

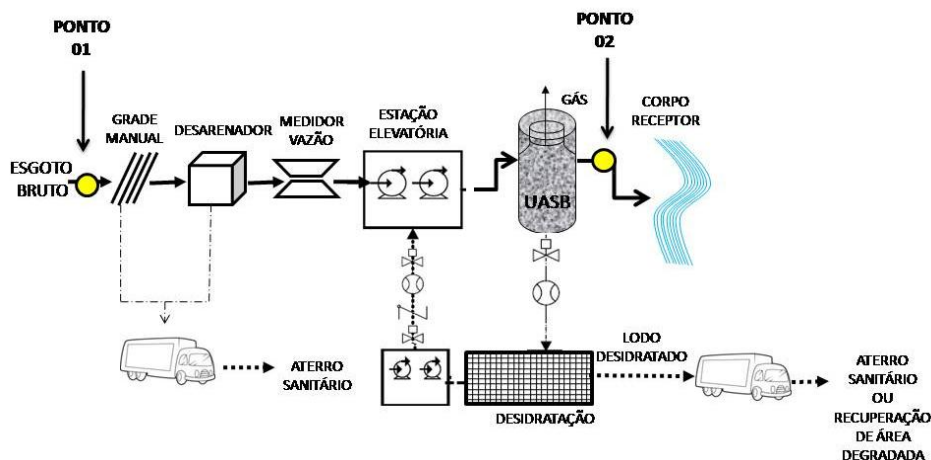


Figura 2. Fluxograma dos pontos de amostragem

RESULTADO E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos nas análises dos metais B Total, Ba Total, Sn Total, Zn Total, Cu Dissolvido, Fe Dissolvido e Mn Dissolvido no esgoto bruto e efluente da ETE Sideral - PA, são apresentados na Tabela 2 serão com respectivas médias, máximas, mínimas, desvios e padrões de lançamento.

Tabela 2. Médias, máximas, mínimas e desvios das amostras de esgoto bruto e efluente do reator UASB coletadas na entrada da ETE Sideral.

Variável	N	Esgoto Bruto (EB) mg/L			UASB (Efluente) mg/L			CONAMA N.397
		$\bar{x} \pm DP$	Máx	Min	$\bar{x} \pm DP$	Máx	Min	
B	10	0,68±0,18	1,13	0,460	0,73±0,25	1,140	0,330	5,0 mg/L
Ba	10	0,18±0,02	0,20	0,160	0,13±0,01	0,150	0,120	5,0 mg/L
Sn	10	0,13±0,09	0,27	0,002	0,13±0,10	0,300	0,002	4,0 mg/L
Zn	10	0,09±0,03	0,14	0,050	0,03±0,01	0,040	0,020	5,0 mg/L
Cu	10	0,03±0,02	0,07	0,010	0,003±0,00	0,003	0,003	1,0 mg/L
Fe	10	2,22±1,14	3,87	0,310	0,61±0,26	1,030	0,260	15,0 mg/L
Mn	10	0,20±0,05	0,29	0,130	0,16±0,04	0,210	0,110	1,0 mg/L

Analisando a Tabela 2 pode-se observar decréscimo nas concentrações de metais no sentido do esgoto bruto para as amostras de efluente tratado, salvo exceção B. Comparando os metais entre si nota-se que houve um decréscimo no afluente do UASB na seguinte ordem Fe>B>Mn>Ba>Sn>Zn>Cu, quanto que, o comportamento foi diferente, no efluente do reator o decréscimo foi em B>Fe>Mn>Ba>Sn>Zn>Cu. A seguir serão ilustrados os gráficos de Box-plots obtidos para os metais.

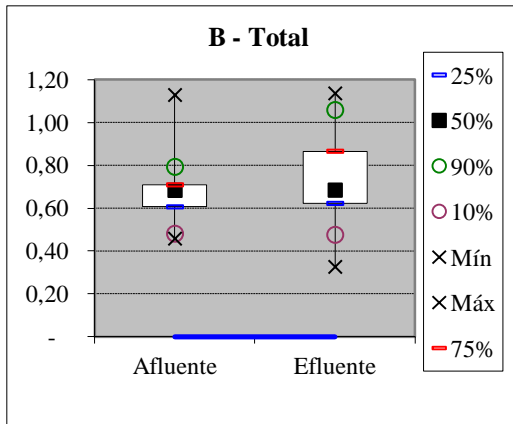


Figura 3: Concentrações Boro

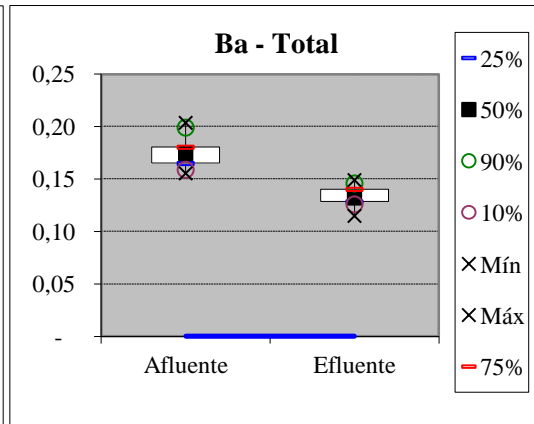


Figura 4: Concentrações Bário

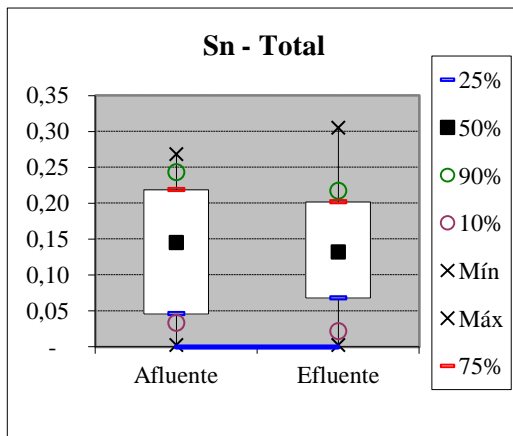


Figura 5: Concentrações Estanho

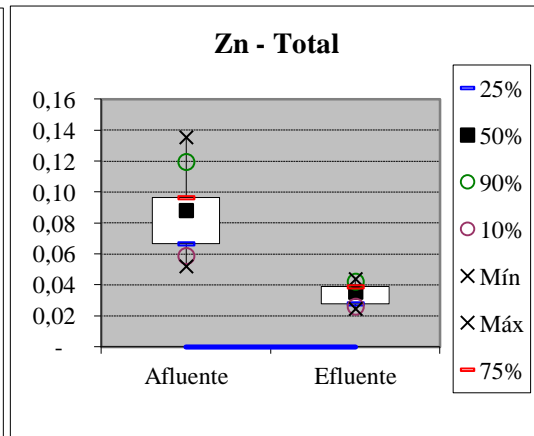


Figura 6: Concentrações de Zinco

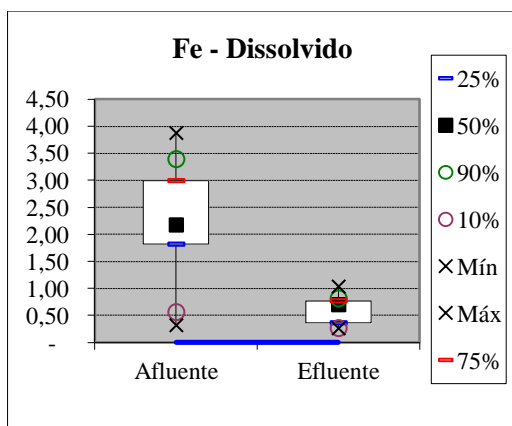


Figura 7: Concentrações de Ferro

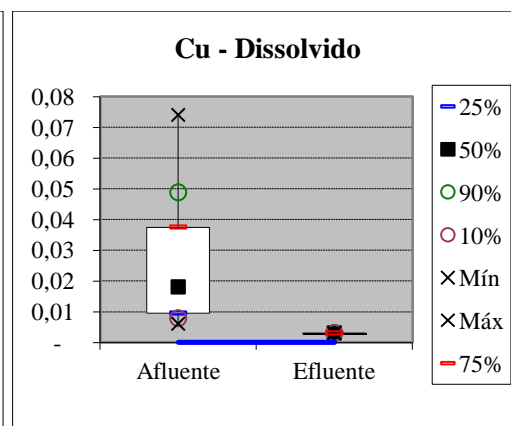


Figura 6: Concentrações de Cobre

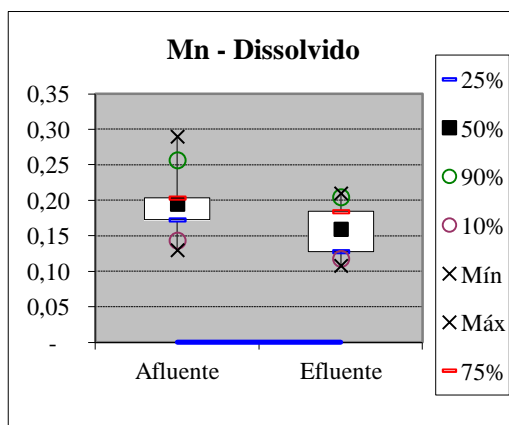


Figura 8: Concentrações de Manganês

Analisando-se os dados da Figura 3, observa-se que o EB e o efluente do reator UASB tiveram valores médios de $0,68 \pm 0,18$ e de $0,73 \pm 0,25$ mg/L para B e nota-se que a concentração desse metal aumentou no sentido da entrada para a saída da ETE. Observando-se as Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9 nota-se decréscimo no sentido EB para Efluente UASB, onde obtiveram-se os valores médios para entrada e saída da ETE Sideral, respectivamente: $0,18 \pm 0,02$ e $0,13 \pm 0,01$ mg Ba/L; $0,18 \pm 0,09$ e $0,09 \pm 0,07$ mg Ni/L; $0,13 \pm 0,09$ e $0,13 \pm 0,10$ mg Sn/L; $0,05 \pm 0,06$ e $0,03 \pm 0,06$ mg Pb/L; $0,03 \pm 0,04$ e $0,02 \pm 0,02$ mg As/L; $0,09 \pm 0,03$ e $0,03 \pm 0,01$ mg Zn/L; $2,22 \pm 1,14$ e $0,61 \pm 0,26$ mg Fe/L; $0,03 \pm 0,02$ e $0,003 \pm 0,00$ mg Cu/L; $0,20 \pm 0,05$ e $0,16 \pm 0,04$ mg Mn/L. Todos os metais atenderam 100% os padrões de lançamento de efluentes que consta na Resolução CONAMA 430/2011.

Com base no valor médio das concentrações dos metais estudados pode-se inferir o tipo de esgoto comparando-se os valores na literatura técnica. Veja a Tabela 11.

Tabela 3. Tipos de esgoto e médias da ETE Sideral

Parâmetros	Tipo de Esgoto (mg/L)				ETE Sideral (mg/L)	
	Concentrado	Moderado	Diluído	Muito Diluído	Médias EB	Tipo de EB
Cobre	0,1	0,07	0,04	0,03	0,03±0,02	Moderado
Ferro	1,5	1	0,6	0,4	2,22±1,14	Concentrado
Manganês	0,15	0,1	0,06	0,04	0,20±0,05	Concentrado
Zinco	0,3	0,2	0,13	0,08	0,09±0,03	Diluído

Fonte: Adaptado a Henze (1997)

Pode-se analisar na Tabela 3 que em termos de Cu, o esgoto se enquadrou como *moderado*, o Zn classificou-se como *diluído* e para os metais Fe e Mn o esgoto foi caracterizado como *concentrado*. Pode-se dizer, então, que em níveis de metais o esgoto bruto da ETE Sideral é considerado concentrado.

Os valores médios de Cu e Zn estão fora da faixa inibidora dos microorganismos heterotróficos, baseando-se na literatura especializada. Veja a Tabela 4.

Tabela 4. Efeito inibidor

Concentração de efeito inibitório sobre os microorganismos heterotróficos		ETE Sideral
Elemento	Unidade (mg/L)	Médias EB
Cobre	1	0,03±0,02
Zinco	1	0,09±0,03

Fonte: Metcalf & Eddy (2003)

Considerando as bactérias metanogênicas como a principal referência para o tratamento anaeróbio, Lin (1992) afirma que a sensibilidade relativa da metanogênese decresce na ordem Cu>Zn. onde os níveis da entrada no reator, destes elementos, mostraram-se Zn>Cu, indicando que as principais fontes de inibição estão entrando em menores quantidades, enquanto que em relação a acidogênese, a ordem de sensibilidade acompanha os resultados obtidos, sendo Cu>Zn. É importante lembrar que alguns destes metais são micronutrientes para os organismos participantes do tratamento anaeróbio, a exemplo, Ferro e Zinco eis que estes apresentaram significativa redução após o esgoto bruto passar pelo reator UASB. Esta redução, também, pode ser ocasionada pela possível sedimentação que alguns metais tendem ao chegar ao reator por adsorção a partículas em suspensão.

TESTE T

Os resultados das amostras foram submetidos a Teste T, onde as conclusões da Tabela 5 foram verificadas pela comparação da probabilidade “p” com o erro ($\alpha = 0,05$), para os metais estudados, assim as duas hipóteses são: H_0 , onde as concentrações de afluente e efluente do UASB são idênticas e H_1 , onde as concentrações de afluente e efluente do UASB são diferentes.

Tabela 1. Resultados do Teste T para $\alpha = 5\%$

Variável	Probabilidade de significância de p	Conclusão do teste para $\alpha = 5\%$.
B	0,6494	H_0 não deve ser rejeitado.
Ba	2,3976E-07	H_1 não deve ser rejeitado.
Sn	0,9956	H_0 não deve ser rejeitado.
Zn	9,7593E-05	H_1 não deve ser rejeitado.
Cu	0,0096	H_1 não deve ser rejeitado.
Fe	0,0005	H_1 não deve ser rejeitado.
Mn	0,0031	H_1 não deve ser rejeitado.

O teste T serviu para comprovar estatisticamente as diferenças entre os resultados das concentrações do esgoto bruto e efluente do reator UASB, ou seja, dão validade as conclusões retiradas dos dados estudados. Para os resultados do teste que apontaram a hipótese nula, ou seja, que os níveis de esgoto da entrada e da saída da ETE Sideral são idênticos, onde provavelmente para os metais Boro e Estanho e Arsênio não está havendo acúmulo no reator. Para os resultados que aceitaram a hipótese H_1 , a diferença nas concentrações dos metais Bário, Zinco, Cobre, Ferro e Manganês pode se dar em virtude da utilização no metabolismo de algumas bactérias e devido ao

regime intermitente de vazão que opera a ETE Sideral, no qual, as concentrações do esgoto bruto chegam e acumulam no reator. A diferença nas concentrações destes metais entre si, já era algo esperado, pois não há uma regularidade destes elementos, devidos as suas fontes nas águas residuais serem variadas. Todos os metais estudados fazem parte das composições de produtos de limpeza, sabão, detergentes, cosméticos e produtos farmacêuticos. Alguns em especiais fazem parte de produtos da indústria alimentícia. O Ferro é usado em corantes; o Sn é utilizado como conservante em comidas enlatadas. Há, também, aqueles que são constituintes de tubulações em aço ou fibra de vidro, que é o caso do Zn, Sn e B, o que pode explicar o aumento da concentrações de B no efluente do reator.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/CONAMA. *Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011*. 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=563>>. Acesso em: 8 jan.2012 a.
- BRITO, E. R. *Tecnologias adequadas ao tratamento de esgotos*. Rio de Janeiro. ABES. 2004.
- CAMPOS, J. R. (coord.). *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio edisposição controlada no solo*. PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 464 p. 1999.
- CHERNICHARO, C. A. L. *Reatores anaeróbios*. v. 5. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 245 p. 1997.
- COSANPA. *Programa de Saneamento para Populações de Baixa Renda, Estação de tratamento de esgotos IPASEP. Projeto hidráulico*. Belém, 1996.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - U.S.EPA. METHOD 200.7. *Determination of metals and trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*,58p. 1982. Disponível em < <http://www.epa.gov/sam/pdfs/EPA-200.7.pdf> > Acesso em: 4 set. 2009.
- GOETTEMES, E.L.P. *Resultados Analíticos de “poluentes prioritários” no Pólo Petroquímico do Sul*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 14. 1987, São Paulo, SP. Anais, 1987.
- HENZE, M., HARREMOES, P., ARVIN, E., AND JANSEN, J. C. *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes*. New York, Springer, 383p. (1997).
- JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. *Tratamento de esgotos domésticos*. 4ª ed. Rio de Janeiro. ABES. 2005.
- KIRKPATRICK, W. R.; ASANO, T. *Evaluation of tertiary treatment systems for wastewater reclamation and reuse*. Water Science and Technology, 18 (10), 85 – 95. 1986.
- KROEKER, E.J., SCHULTE, D.D., SPARLING, A.B., LAPP, H.M. *Anaerobic treatment process stability*. Water Pollution Control Federation Journal 51 718. 1979 Disponível em < http://www.federalregister.gov/topics/water-pollution-control#recent_articles> Acesso em: 2 set. 2009.
- METCALF; EDDY. *Wastewater Engineering Treatment e Reuse*. 4ª ed. York,USA. McGraw Hill. 2003.
- NUNES, J. A. *Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais*. 3ª ed. Gráfica e Editora triunfo Ltda. Aracaju, 2001.
- NUVOLARI. A. *Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. 1ª ed. Edgard Blucher. 2003.
- SWANWICK, J.D., SHURBEN, D.G., JACKSON, S. *A survey of the performance of sewage sludge digesters in Great Britain*. J. Water Pollut. Control Fed. 68, 639–653. 1969. Disponível em:< http://www.titucional/documentos/lei_997_1976.pdf> Acesso em: 19 fev. 2010.