

II-130 - BALANÇO DE MASSA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO COM SISTEMA COMBINADO ANAERÓBIO/AERÓBIO EM BELÉM, PARÁ, BRASIL

Brenda Gonçalves Piteira Carvalho⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (DESA/UFMG).

Neyson Martins Mendonça⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre e doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor titular da Universidade Federal do Pará (FAESA/UFPA).

Fernanda Andrade da Silva Moreira⁽³⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará. Doutoranda em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido pela Universidade Federal do Pará.

Gabriela Araújo Frago⁽⁴⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestranda em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Ananda Cristina Alves Froes⁽⁵⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestranda em Saneamento Ambiental pela Escola Politécnica da USP.

Endereço⁽¹⁾: Av Antônio Carlos 6627 – Campus Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31270901 - Brasil - Tel: (31) 35672999 - e-mail: brendapiteira@gmail.com; ⁽²⁾Av Augusto Corrêa, 1 – Guamá – Belém – PA – CEP: 66075-110 – Brasil – Tel: (31) 35672999 – e-mail: neysonmm@ufpa.br; ⁽³⁾Av Augusto Corrêa, 1 – Guamá – Belém – PA – CEP: 66075-110 – Brasil – Tel: (31) 35672999 – e-mail: fsamoreira@hotmail.com; ⁽⁴⁾Av Horácio Macedo, 2030 – 101 – Cidade Universitária – Rio de Janeiro – RJ – CEP: 21941-450 – Brasil – Tel: (31)35672999 – e-mail: gabrielafrago.ufpa@hotmail.com; ⁽⁵⁾Av Professor Luciano Gualberto, 380 – Butantã – São Paulo – SP – CEP: 05508-010 – Brasil – e-mail: ananda.alves.froes@gmail.com

RESUMO

Sistemas descentralizados de tratamento de esgotos tem se tornado um atrativo para atender garantir a universalização do saneamento, especialmente em países em desenvolvimento. A aplicação de sistemas combinados com tratamento anaeróbio/aeróbio é promissora pela questão da alta qualidade do efluente gerado, além da possibilidade de aproveitamento dos subprodutos gerados. Nesse sentido, este trabalho teve o objetivo de avaliar a ETE Vila da Barca, com sistema de UASB seguido de biofiltro submerso. Foi realizada caracterização da fase líquida da ETE, em termos de DQO, DBO, sólidos totais e suspensos. O balanço de massa mostrou médias (em mg/L) 484,3 para DQO total; 190,76 para DQO biodegradável; 70,51 para DQO recalcitrante; 390,04 para DQO removida e 87,46 para DQO não removida. As eficiências médias de remoção dos compostos analisados foi de 78,80% para DQO; 80,10% para DBO; 46,40% para ST; 38% para STF; 4,8% para STV; 81% para SST; 82,1% para SSF e 61,3% para SSV. Foram observados episódios de eficiências de remoção negativas da série de sólidos, ocasionadas pelo longo período de detenção de lodo do sistema, que foram retirados do sistema juntamente com o efluente tratado, comprometendo a sua qualidade final. Apesar disto, a tecnologia de UASB seguido de biofiltro aerado submerso mostrou desempenho adequado para remoção de matéria orgânica em termos de DQO e DBO. A questão de eventuais ineficiências da remoção de sólidos pode ser solucionada através de adequadas manutenção e operação do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente doméstico, Tratamento combinado, Desempenho.

INTRODUÇÃO

Apesar do grande potencial hídrico, a região Amazônica, há expressiva deficiência na gestão deste recurso, dentre os seus diversos usos, um dos mais frequentes é o despejo de esgotos sanitários e industriais em

desconformidade com as legislações ambientais brasileiras (CARVALHO, et al., 2015). A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), além de permitir uma utilização produtiva para os esgotos, reduz os impactos do lançamento em corpos d'água (VON SPERLING, 2014). Reatores aeróbios são mais eficientes para remover matéria orgânica e, eventualmente, nutrientes. No entanto, este tipo de reator gera volume considerável de lodo (cerca de 40% da DQO efluente é convertida a lodo não digerido). O que implica em maiores custos de tratamento e disposição do lodo. Já os reatores anaeróbios, apesar de remover menos Demanda química de oxigênio (DQO) em comparação a reatores aeróbios e não ter praticamente nenhuma remoção de nutrientes, podem converter boa parte da DQO em metano.

O metano produzido por reatores anaeróbios tem potencial calorífico para ser reaproveitado e transformado em energia elétrica, o que já é realidade em algumas ETEs no Brasil, além de ser uma solução sustentável para os subprodutos gasosos gerados nas estações de tratamento. Além disso, sistemas anaeróbios de tratamento de águas residuárias tem baixa produção de lodo, que já se encontra estabilizado na saída do tratamento. Dessa forma, reduzindo os custos de gestão de lodo em ETEs. Segundo Oliveira (2013), o uso do tratamento anaeróbio é promissor para aplicação em sistemas de tratamento de esgoto descentralizados, pela sustentabilidade, baixos custos (em comparação a sistemas centralizados, pela redução da rede coletora), além do potencial uso de subprodutos gerados, como metano e nutrientes.

Nessa linha de raciocínio, uma ETE com sistema combinado (anaeróbio + aeróbio), de acordo com Chernicharo (2006), propicia uma série de vantagens perante as estações de tratamento aeróbias convencionais, tais como baixa potência de aeração requerida na fase aeróbia, menor produção de lodo biológico e baixo custo de implantação e operação. Em sistemas combinados UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*)/lodos ativados ou UASB/reator de biofilme aerado o excesso de lodo gerado no reator aeróbio pode ser direcionado para o reator UASB, onde é digerido e adensado juntamente com o lodo anaeróbio, dispensando unidades de digestão e adensamento adicionais. Assim, uma alternativa para que a ETE tenha excelente desempenho quanto à remoção de DQO e também custos de operação e tratamento do lodo reduzidos é a combinação de sistemas, com implantação de ETEs com reatores anaeróbios, seguidos de reatores aeróbios. Estes últimos são responsáveis pelo “polimento” do efluente, uma vez que ao sair do reator anaeróbio, é possível que não se encontre em condições adequadas para ser lançado no corpo receptor.

As ETES devem atender as legislações ambientais vigentes no país. No Brasil, a matéria é regulada pela Resolução CONAMA nº 430 (BRASIL, 2011), a qual estabelece padrões para lançamento de efluentes. Ressalta-se, no entanto, que esta legislação traz no seu arcabouço normas gerais, que podem ser aplicadas nos estados, que não possuem regras próprias, como é o caso da área de estudo. Assim, percebe-se que os parâmetros da referida resolução são elásticos, sendo inevitável, portanto, o comprometimento dos recursos hídricos, em termos de qualidade da água. Daí a importância em avaliar o balanço de massa em ETES, principalmente, na área de estudo que carece de condições de saneamento básico. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o balanço de massa de um sistema descentralizado de tratamento de esgoto doméstico, com sistema de UASB seguido de biofiltro aerado submerso; bem como caracterizar o efluente bruto e pós-tratado, bem como avaliar a eficiência de remoção de DQO, DBO₅ e sólidos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ETE Vila da Barca, localizada às margens da Baía do Guajará, recebe os esgotos do empreendimento habitacional Vila da Barca, implantado pela prefeitura de Belém, para retirar as famílias que viviam em palafitas, às margens da Baía, lançando esgoto sem tratamento neste corpo hídrico. No entanto, até o momento, grande parte do empreendimento encontra-se inacabado, o que afeta a ETE, por receber vazão de esgoto inferior a vazão mínima de projeto. Segundo Feio (2013), a ETE Vila da Barca recebe esgoto bruto oriundo de 148 residências, com população total de aproximadamente 888 pessoas. A ETE funciona com sistema misto – aeróbio e anaeróbio – contendo tratamento preliminar, seguido de reator UASB, seguido de biofiltro aerado submerso e decantador secundário (Figura 1). Estava prevista desinfecção com radiação ultravioleta, porém, durante este estudo, esta unidade estava desativada. A unidade foi projetada para atender de 3.000 a 6.000 habitantes, com vazão de 6 L/s a 12 L/s, no entanto, durante a realização da pesquisa, apenas 880 pessoas eram atendidas. A vazão aproximada da ETE é de 1,72 L/s, considerando a população atendida.

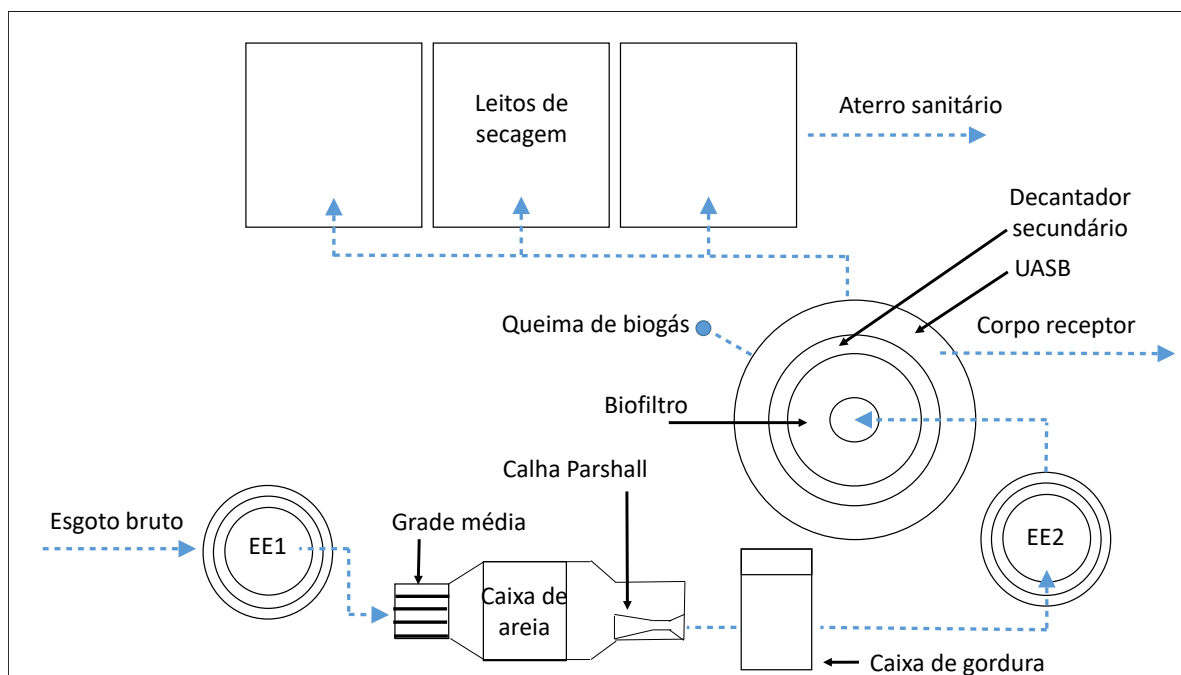


Figura 1 – Fluxograma da ETE Vila da Barca

O monitoramento da ETE foi realizado do ano de 2013 ao ano de 2014. Os pontos de amostragem eram: amostra do afluente, após o tratamento preliminar (efluente bruto) e amostra do efluente, anteriormente ao ponto de lançamento no corpo receptor (efluente tratado). As amostras foram compostas, com alíquotas coletadas a cada hora, de 8h até às 16h. Para determinação das alíquotas horárias, foi realizada análise preliminar de DQO nos diferentes horários de coleta. As variáveis de estudo analisadas foram DQO (mg/L), DBO₅ (mg/L) e série de sólidos (sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF), sólidos totais voláteis (STV), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF) e sólidos suspensos voláteis (SSV)) em mg/L. Para análise dos dados, foi utilizada estatística descritiva, com número de dados, média aritmética, mediana, máximo, mínimo e desvio padrão.

O balanço de massa para DQO foi realizado de maneira simplificada, de acordo com a Figura 1. Para a determinação da DQO total, foi considerada a DQO afluente a ETE; para a fração biodegradável, considerou-se os dados de DBO afluente. A DQO não removida foi obtida pelos dados de DQO do efluente tratado. A DQO removida foi obtida pela diferença entre DQO total e DQO não removida. A DQO recalcitrante foi obtida através da diferença entre os dados de DQO não removida e a DBO do efluente tratado.

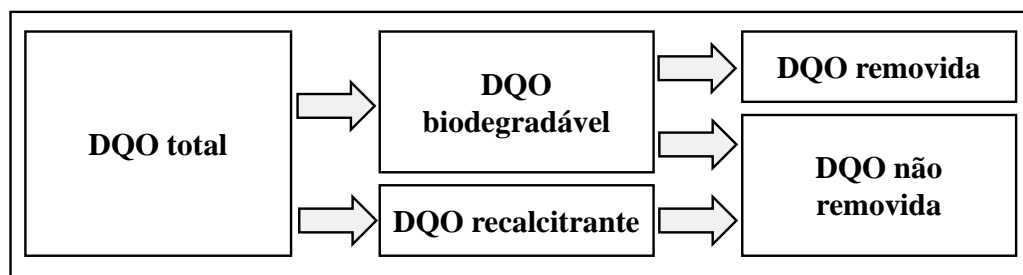


Figura 2 - Balanço simplificado de DQO em ETEs

Fonte: Adaptado de Chernicharo (2007).

A eficiência do tratamento foi obtida calculada para as variáveis de estudo DQO, DBO, sólidos totais e sólidos suspensos. A eficiência foi obtida conforme Equação 1.

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\text{Conc. afluente} - \text{Conc. efluente}}{\text{Conc. afluente}} \times 100 \quad \text{equação (1)}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características do esgoto bruto e efluente tratado pela ETE são apresentadas em gráficos box plot contidos nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8. Analisando os gráficos, pode-se perceber que as faixas de valores do afluente bruto e do efluente tratado, respectivamente, vão de 149,0 a 1682,0 mg/L e 15,0 a 317 mg/L, para DQO; 29,0 a 890,0 mg/L e 4,3 a 187,0 mg/L para DBO; 240 a 1503 mg/L e 17 a 597 mg/L para ST; 68 a 1186 mg/L e 0 a 256 mg/L para STF; 75 a 591 mg/L e 33 a 341 mg/L para STV; 26,67 a 618 mg/L e 1 a 182,23 mg/L para SST; 16,67 a 618 mg/L e 0,5 a 145 mg/L para SSF; e finalmente, 0 a 69,10 mg/L e 0 a 37,33 mg/L para SSV.

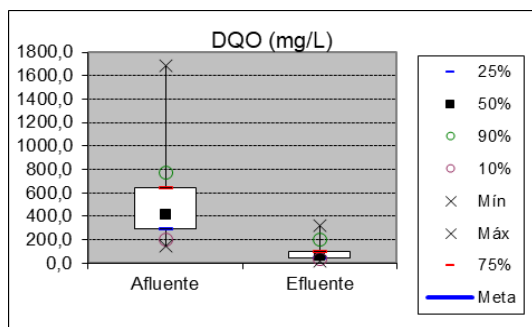


Figura 3 - Box plot de DQO total (mg/L)

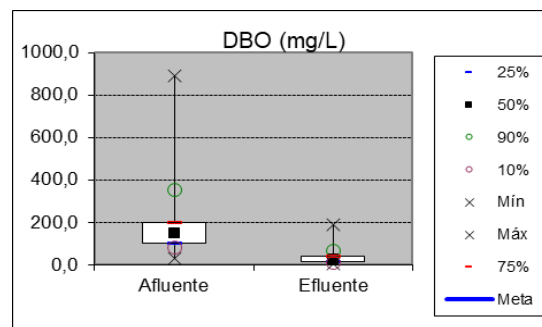


Figura 4 - Box plot de DBO (mg/L)

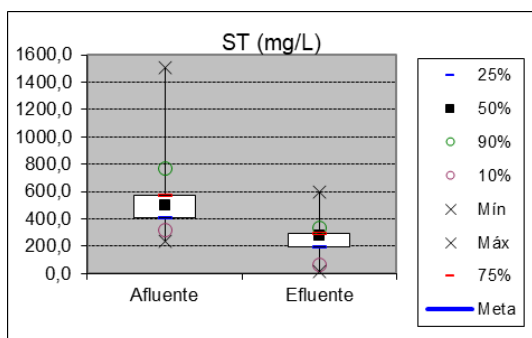


Figura 1 - Box plot de ST (mg/L)

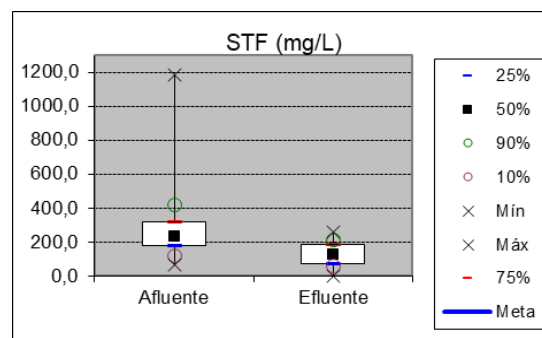


Figura 2 - Box plot de STF (mg/L)

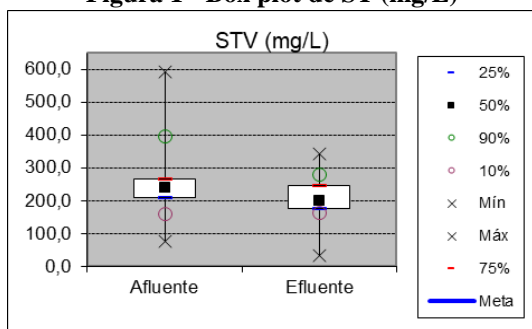


Figura 7 - Box plot de STV (mg/L)

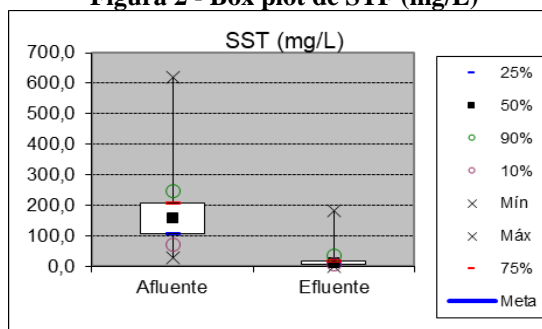


Figura 8 - Box plot de SST (mg/L)

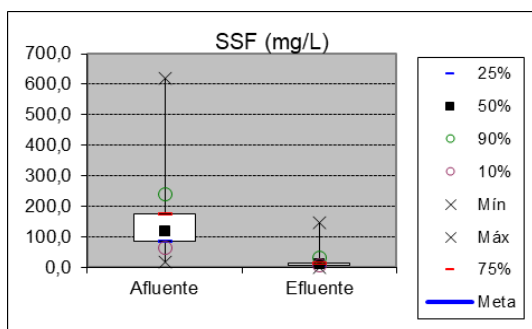


Figura 9 - Box Plot de SSF

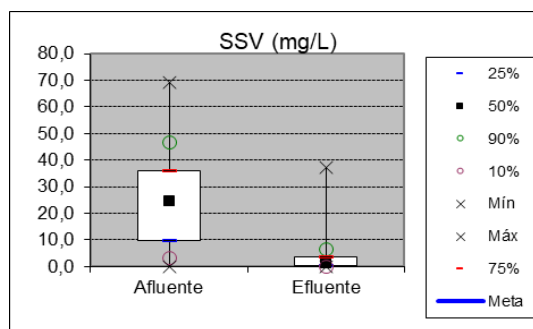


Figura 10 - Box Plot de SSV

Ao analisar o resultado do balanço de DQO, pode observar que os valores encontram-se numa faixa de 149 a 1682 mg/L de DQO total; 29 a 890 mg/L de DQO biodegradável (DQO bd); 0,7 a 300 mg/L de DQO recalcitrante (DQOrec); 44 a 1476,6 mg/L de DQO removida (DQO rem); e finalmente, 15 a 317 mg/L de DQO não removida (DQO n-rem), conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Estatística descritiva do balanço de DQO

	Nº de dados	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio padrão
DQO total	50	484,30	415,50	1682,00	149,00	283,60
DQO bd	44	190,76	148,90	890,00	29,00	156,20
DQO rec	38	70,51	42,20	300,00	0,70	52,17
DQO rem	50	390,04	325,15	1476,60	44,00	201,41
DQOn-rem	50	87,46	62,50	317,00	15,00	68,60

Com base nos resultados de eficiência de remoção das variáveis analisadas neste estudo, verificou-se que estes valores se mantiveram na faixa de 24 a 96% para DQO; 15,7 a 95,7 % para DBO; -29,6 a 97 % para ST; -184,4 a 100 % para STF; -210,3 a 83,1 % para STV; -269,6 a 99,4 % para SST; -215,2 a 99,4 % para SSF e -1020 a 100 % para SSV. As medianas de eficiência de remoção de DQO, DBO, ST, STF, STV, SST, SSF e SSV foram, respectivamente, 83; 83,9; 47,7; 48,3; 14; 90,8; 91,2 e 94,2, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Estatística descritiva das eficiências de remoção das variáveis de estudo (%)

	Nº de dados	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio padrão
DQO total	50	78,80	83,00	96,90	24,00	16,30
DBO	44	80,10	83,90	95,70	15,70	14,40
ST	46	46,40	47,70	97,00	-29,60	32,50
STF	46	38,00	48,30	100,00	-184,40	51,40
STV	46	4,80	14,00	83,10	-210,30	54,50
SST	42	81,00	90,80	99,40	-269,60	56,20
SSF	42	82,10	91,20	99,40	-215,20	48,30
SSV	40	61,30	94,20	100,00	-1020,00	175,90

Os valores mínimos de eficiência de remoção para as variáveis ST, STF, STV, SST, SSF e SSV foram negativos. Isto implica dizer que, em alguns momentos, o sistema de tratamento está devolvendo mais sólidos ao efluente tratado em comparação ao efluente bruto. É notável que esta não é uma falha da tecnologia de tratamento, uma vez que outras experiências e estudos da tecnologia sugerem bons resultados de desempenho, quanto a remoção destes compostos. No entanto, a boa operação do sistema é primordial para que o bom desempenho deste seja alcançado. Durante a execução desta pesquisa, o tempo para descarte de parte do lodo do reator UASB era de 90 dias. Este longo período entre descartes propicia o acúmulo de lodo do reator, que gradualmente começa a ser liberado com o efluente tratado, prejudicando a sua qualidade.

CONCLUSÕES

Os parâmetros estudados DBO, DQO e série de sólidos completa apresentaram o valor da mediana semelhante ao apontado na literatura para esgoto doméstico, entretanto, tiveram valores máximos muito exorbitantes, que não são típicos de esgoto doméstico. A hipótese para tais resultados advém dos hábitos da população da área de estudo, como jogar resíduos nas tubulações que chegam na ETE da Vila da Barca.

O balanço de DQO foi feito com a DQO total dividida em DQO biodegradável, DQO recalcitrante, DQO removida e DQO não removida. O maior valor encontrado foi para DQO total e o segundo maior foi para DQO removida, o que é um aspecto positivo, pois mostra a eficiência da ETE, que mesmo recebendo uma carga maior que o habitual consegue ter um desempenho satisfatório. O menor valor encontrado foi para a DQO recalcitrante e não removida, significando que tem pouco material inerte chegando na estação.

A eficiência de remoção foi de 83% para DQO total; 83,90% para DBO; 47,70% para ST; 48,30% para STF; 14% para STV; 90,80% para SST; 91,20% para SSF; e 94,20% para SSV. Conforme discutido, os valores mínimos para a série de sólidos completa foram negativos, assim em alguns momentos a ETE está contribuindo com a carga de sólidos no efluente tratado mais do que removendo.

Assim, resta claro, que a ETE com sistema combinado apresenta eficiência satisfatória, enquanto método de tratamento. Entretanto, é preciso investir em educação ambiental a fim de conscientizar a população sobre o descarte adequado do esgoto para reduzir os lançamentos nos corpos hídricos. Além de otimizar a operação dentro da ETE para evitar custos desnecessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARVALHO; B. G. P; FEIO, V. F. ARAÚJO, A. J. S; MENDONÇA, N. M. Determinação da concentração de poluentes no efluente tratado da estação de tratamento de esgoto da Vila da barca, Belém, Pará. In: Congresso Internacional de Segurança da Água. Ministério da Saúde. Brasília, 2015.
2. CHERNICHARO, C.A.L. Post-treatment options for the anaerobic treatment of domestic wastewater. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 5:73-92, 2006.
3. BRASIL, Resolução CONAMA nº 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. 2011.
4. FEIO, V. F. Caracterização de esgoto doméstico não segregado- estudo de caso da ETE Vila da Barca. 2012. 46p. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal do Pará.
5. OLIVEIRA JÚNIOR. J. L. 2013. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. In: LIRA. W. S & CÂNDIDO. G. A. orgs Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa. Campi
6. na Grande: EDUEPB. p 213-232.
7. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v. 1. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.