

Desempenho das estações de tratamento do esgoto de Aracaju

Performance of wastewater treatment plants of Aracaju

• **Data de entrada:**
16/01/2017

• **Data de aprovação:**
14/03/2017

Vanessa Silva Chaves^{*}/Erwin Henrique Meneses Schneider/Arthur Silva Passos Lima/Luciana Coêlho Mendonça

DOI:10.4322/dae.2017.014

Resumo

Muitos dos grandes problemas de saúde que a humanidade enfrenta nas últimas décadas estão relacionados à qualidade da água e, portanto, o impacto do despejo de efluentes das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) em corpos d'água tem sido alvo de constante preocupação. No presente trabalho, foi avaliado o desempenho das ETEs que tratam o esgoto doméstico gerado em Aracaju - SE, segundo a legislação ambiental vigente. O desempenho foi analisado pelo uso dos dados de monitoramento das ETEs, que traziam as medidas dos parâmetros no afluente e no efluente das estações. Os resultados obtidos mostraram que a ERQ Oeste e a ETE Visconde de Maracaju foram as únicas que cumpriram, integralmente, a legislação para todos os parâmetros. A ETE Orlando Dantas apresentou o pior resultado quanto ao cumprimento da legislação, porém apontou os melhores valores de eficiência na remoção de poluentes, cujo pior resultado foi apresentado pela ERQ Norte.

Palavras-chave: Esgoto doméstico. ETE. Desempenho.

Abstract

Many of the major health problems mankind is facing in recent decades are related to water quality and therefore the impact of the discharge of effluents from wastewater treatment plants (WWTPs) in water bodies has been a constant concern. In this study, we evaluated the performance of the WWTPs, which treat domestic sewage generated in Aracaju - SE, according to current environmental legislation. The performance was analyzed using monitoring data from WWTPs, which brought the measurements of the parameters in the influent and effluent of the stations. The results showed that the ERQ Oeste WWTP and Visconde de Maracaju WWTP were the only ones that fulfilled the rules for all parameters. The WWTP Orlando Dantas presented the worst results regarding compliance with the legislation, but pointed out the best efficiency values in removing pollutants, which worst result was presented by ERQ Norte WWTP.

Keywords: Domestic sewage. Wastewater treatment plants. Performance.

Vanessa Silva Chaves – Engenheira Civil e mestranda no programa de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (SE).

Erwin Henrique Meneses Schneider – Engenheiro Civil e mestrando no programa de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (SE).

Arthur Silva Passos Lima – Engenheiro Civil.

Luciana Coêlho Mendonça – Professora Doutora, programa de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (SE).

***Endereço para correspondência:** Rua Benjamin Fontes, 595, Condomínio Alphaville 2, Bloco Rio Capiberibe, apto 203 - Aracaju (SE) = CEP: 49045-110. Telefone: (79) 3231-2171. E-mail: chaves_vanessa@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

O impacto do despejo de efluentes das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) em corpos d'água é alvo de constante preocupação em grande parte dos países. Uma gama de critérios, políticas, legislações ambientais e programas governamentais é elaborada com o objetivo principal de influenciar não só as condições de descarga dos efluentes mas também os critérios e níveis de tratamento para minimizar, o máximo possível, os impactos ambientais ocasionados pela disposição destes (OLIVEIRA, 2006).

A elaboração de uma legislação e de normas/critérios de tratamento visando à proteção da qualidade dos recursos hídricos e que sejam condizentes com as realidades dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, tem sido motivo de discussões por vários pesquisadores no decorrer dos anos (JOHNSTONE e HORAN, 1994, 1996; NASCIMENTO e VON SPERLING, 1998; VON SPERLING, 1998; JOHNSTONE e NORTON, 2000; VON SPERLING e FATTAL, 2001).

Os serviços prestados pelo setor de saneamento sanitário são de suma importância à promoção do bem-estar, saúde e segurança da população e proteção ao meio ambiente (BARROS, 2013). Em virtude disso, a prestação destes deve ser alicerçada em alguns princípios fundamentais, como a universalização de seu acesso, a integralidade, a adoção de métodos que considerem condições locais e regionais, transparência de ações, continuidade e qualidade desses serviços e a eficiência e equidade das tarifas aplicadas (BRASIL, 2007; ERSAR/LNEC, 2010).

Muitos dos grandes problemas de saúde que a humanidade vem enfrentando nas últimas décadas estão relacionados à qualidade de água (UNESCO, 2009). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2014), as políticas e práticas de saneamento inadequadas estão associadas à disseminação de diversas doenças, as chamadas doenças de veicu-

lação hídrica, nas quais se destacam as diarreicas, grandes responsáveis pela mortalidade infantil.

São diversos os benefícios associados ao tratamento de esgoto, dentre os quais se destacam o aumento da vida média do homem, em virtude da redução da mortalidade, graças à redução de doenças; diminuição de despesas com tratamento de doenças evitáveis; redução dos custos do tratamento de águas para abastecimento humano, pela prevenção da poluição dos mananciais e preservação da biodiversidade aquática.

O Instituto Trata Brasil quantifica as consequências do saneamento precário, como a redução em 18% do desempenho escolar de crianças que não têm acesso a serviços de saneamento quando comparadas às que têm acesso, aumento em 19,2% da probabilidade de falta ao trabalho e desvalorização média em 14% no preço de imóveis de regiões que não têm saneamento básico (ITB, 2016).

Dessa forma, o saneamento básico é reconhecido como indispensável ao desenvolvimento econômico e social de um país, à manutenção da saúde e qualidade de vida humana e à proteção das reservas ambientais.

No Brasil, o conceito de saneamento básico, bem como as responsabilidades atribuídas às entidades reguladoras, são apresentados na Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Essa lei ainda tem como objetivos estabelecer padrões e normas para a adequada prestação dos serviços e satisfação dos usuários, garantir o cumprimento das condições e metas estabelecidas, avaliar a eficiência e eficácia dos serviços prestados e definir requisitos operacionais, de manutenção dos sistemas, de medição, faturamento e cobrança de serviços (BRASIL, 2007).

A maioria dos sistemas de avaliação de desempenho dos serviços de esgotamento está focada em uma perspectiva da gestão de saneamento, não se aplicando especificamente às estações de tra-

tamento (MATOS et al., 2003). É nesse ponto que se encontra um dos grandes desafios das entidades reguladoras dos serviços de esgotamento sanitário: a avaliação das estações de tratamento de esgotos de acordo com a Lei nº 11.445 de 2007.

O município de Aracaju, capital do estado de Sergipe, está no mesmo patamar dos serviços de esgotamento sanitário do Brasil, ou seja, na fase de quantidade, cujo objetivo buscado ainda é a implantação da infraestrutura do sistema. Depois dessa fase, existem a de qualidade (em que as preocupações se concentram, por exemplo, na qualidade do efluente lançado no corpo hídrico receptor) e a última fase, conhecida como de excelência (em que os esforços se voltam à qualidade dos serviços prestados aos usuários, na sustentabilidade das prestadoras de serviços e na sustentabilidade ambiental). Essas três fases marcam a evolução histórica de um sistema de saneamento básico (IRAR, 2008). Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2016), Aracaju apresenta um índice de coleta de esgoto de 38,91%, à frente do estado de Sergipe, de algumas regiões e atrás da média nacional, que tem um índice de 49,8%. Do esgoto coletado em Aracaju, 100% é tratado.

No Brasil, apesar de estudos e avaliações em escala piloto ou em ETEs individuais, sintetizadas em Andrade Neto (1997), Von Sperling (1998a), Campos (1999), Chernicharo (2001), Von Sperling; Chernicharo (2000, 2002), Mendonça; Mendonça (2016), o conhecimento sobre o desempenho das tecnologias de tratamento de esgotos em operação no país é relativamente esparso, havendo poucas consolidações estruturadas em termos de uma avaliação global. Dentre os trabalhos mais atuais sobre o tema, destacam-se o de Oliveira (2006), que fez uma análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos; Barros (2013), que propôs um sistema de indicadores de desempenho para avaliação de estações de tratamento de esgotos no Distrito Fede-

ral, e Raschle (2013), que elaborou uma metodologia de avaliação de desempenho para estações de tratamento de efluentes industriais.

Diante do que foi descrito, destaca-se a importância de um tratamento de esgoto eficiente, que é responsável não só pela preservação do meio ambiente, mas por diversos fatores sociais e econômicos que são influenciados, direta ou indiretamente, pela interação do homem com o ambiente. Vale ressaltar a relevância não somente do tratamento do esgoto, mas também do seu controle para que sejam atendidos os requisitos de qualidade da água de acordo com seus usos previstos.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o cumprimento das condições e padrões de lançamento de efluentes pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), que tratam os esgotos gerados em Aracaju, segundo a legislação ambiental vigente.

2 METODOLOGIA

As etapas metodológicas estão descritas nos próximos subitens, incluindo a identificação do objeto de estudo e a apresentação das técnicas de coleta e análise dos dados.

2.1 Objeto de estudo

Aracaju, capital do estado de Sergipe, encontra-se em uma região litorânea e possui elevada densidade demográfica, cerca de 3.140,65 hab/km² (IBGE, 2010).

O município de Aracaju apresenta um baixo índice de coleta de esgoto (38,91%), o que se reflete nos impactos na qualidade das águas urbanas. Deste esgoto coletado, 100% é tratado (SNIS, 2016).

Atualmente Sergipe possui dez Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs, das quais nove estão em operação, sendo que sete estão situadas na Grande Aracaju (TELES et al., 2015). No presente estudo, será avaliado o desempenho das cinco estações

que tratam o esgoto gerado em Aracaju, cujas características estão apresentadas no Quadro 1.

Ressalta-se que a ERQ Norte trata cerca de 50% do esgoto de Sergipe, sendo a maior estação de tratamento do Estado. Essa estação é alimentada por parte dos esgotos de Aracaju e do município de Nossa Senhora do Socorro, além de receber contribuições de caminhões limpa-fossa.

Quadro 1 - Caracterização das ETEs estudadas.

ETE	Município	Tratamento Secundário	Vazão de operação
ERQ ⁽¹⁾ Norte	Nossa Senhora do Socorro	Lagoa facultativa + Lagoa de maturação	41.990 m ³ /dia
ERQ Oeste	Aracaju	UASB ⁽²⁾ + valos de oxidação	7.197 m ³ /dia
ERQ Sul	Aracaju	UASB + valos de oxidação	26.698 m ³ /dia
ETE Orlando Dantas	Aracaju	Valos de oxidação	1.916 m ³ /dia
ETE Visconde de Maracaju	Aracaju	Valos de oxidação	199 m ³ /dia

Fonte: Adaptado de Teles et al. (2015).

Nota: ⁽¹⁾ Estação de recuperação da qualidade; ⁽²⁾ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reator anaeróbio de fluxo ascendente - RAFA).

2.2 Coleta de dados

Foram solicitados, à companhia de saneamento, os dados referentes ao monitoramento do esgoto que é tratado pelas estações ERQ Norte, ERQ Sul, ERQ Oeste, ETE Orlando Dantas e ETE Visconde de Maracaju.

O período de abrangência dos dados experimentais de monitoramento das ETEs variou de janeiro de 2013 a dezembro de 2014, com exceção da ETE Visconde de Maracaju, que possuía apenas dois dados de monitoramento (fevereiro e agosto de 2013).

Os dados do monitoramento físico-químico e bacteriológico fornecidos pela concessionária traziam informações sobre dez parâmetros: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Fósforo Total (P), Ni-

trogênio (N), Óleos e graxas, Oxigênio Dissolvido (OD), pH, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Totais e Coliformes Termotolerantes.

Os dados conseguidos englobavam a data de coleta e os valores dos parâmetros do afluente e efluente da estação.

2.3 Análise dos dados

Essa etapa consistiu na análise dos dados de monitoramento com relação à legislação vigente, que dispõe sobre o lançamento de efluentes tratados em sistemas de tratamento de esgoto, a Resolução 430/11 do CONAMA (BRASIL, 2011). Os dados fornecidos foram comparados com o que permite a resolução (apenas os parâmetros que têm os limites estabelecidos: DBO, pH, materiais sedimentáveis e óleos e graxas). Esses valores são apresentados no Quadro 2. Outros parâmetros que possuem limite estabelecido na resolução não puderam ser analisados por não estarem presentes no material fornecido (temperatura e materiais flutuantes).

Quadro 2: Condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários de acordo com a Resolução CONAMA 430.

pH	Temperatura (°C)	Materiais Sedimentáveis (mL/L)	DBO (mg/L)	Óleos e graxas (mg/L)	Materiais Flutuantes
Entre 5 e 9	< 40	≤ 1	≤ 120	≤ 100	Ausentes

Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

Além disso, foi feita uma análise sobre a eficiência na remoção de poluentes de cada estação, por meio de uma comparação com as eficiências esperadas para os diversos processos de tratamento, cujos valores são encontrados na literatura (VON SPERLING, 2005; JORDÃO e PESSÔA, 1995; MENDONÇA e MENDONÇA, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Padrões de lançamento dos efluentes

Com os dados de monitoramento das estações, foi possível verificar o atendimento a algumas condições exigidas pela legislação vigente.

Destaca-se que para uma caracterização de esgoto adequada e obtenção de um valor realista de eficiência de remoção de cargas poluidoras das ETEs, é necessário que haja um monitoramento frequente, já que a concentração de poluentes varia ao longo das horas, dos dias, dos meses e anos. No entanto, o monitoramento realizado pela companhia de saneamento é bastante irregular, havendo falhas de mais de seis meses.

O primeiro parâmetro avaliado foi a DBO, indicador de matéria orgânica, responsável pela redução de OD nos corpos hídricos. A remoção de DBO é uma das principais metas no tratamento do esgoto doméstico.

Na Figura 1-a, são apresentados os dados da DBO das estações de tratamento que tratam o esgoto gerado em Aracaju, junto com o limite determinado pela legislação (120mg/L).

Por meio da Figura 1-a, nota-se que, em geral, o resultado foi satisfatório. A ERQ Oeste obedeceu, integralmente, à legislação ambiental relativa à tolerância máxima de DBO. A ETE Visconde de Maracaju, em suas duas coletas, também não infringiu a legislação. As estações ERQ Norte e ERQ Sul não atenderam à legislação em apenas uma coleta.

A ETE Orlando Dantas foi a estação que apresentou os piores valores de DBO no efluente, extrapolando o limite estabelecido pela legislação em três momentos. Em junho de 2014, porém, quando lançou esgoto com DBO de 135 mg/L, alcançou eficiência na remoção de 71%, incluindo-se na exceção da legislação, que diz que o limite de 120mg/L de DBO, para o efluente da ETE, poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema

de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO. Portanto, a ETE Orlando Dantas infringiu a legislação em duas coletas.

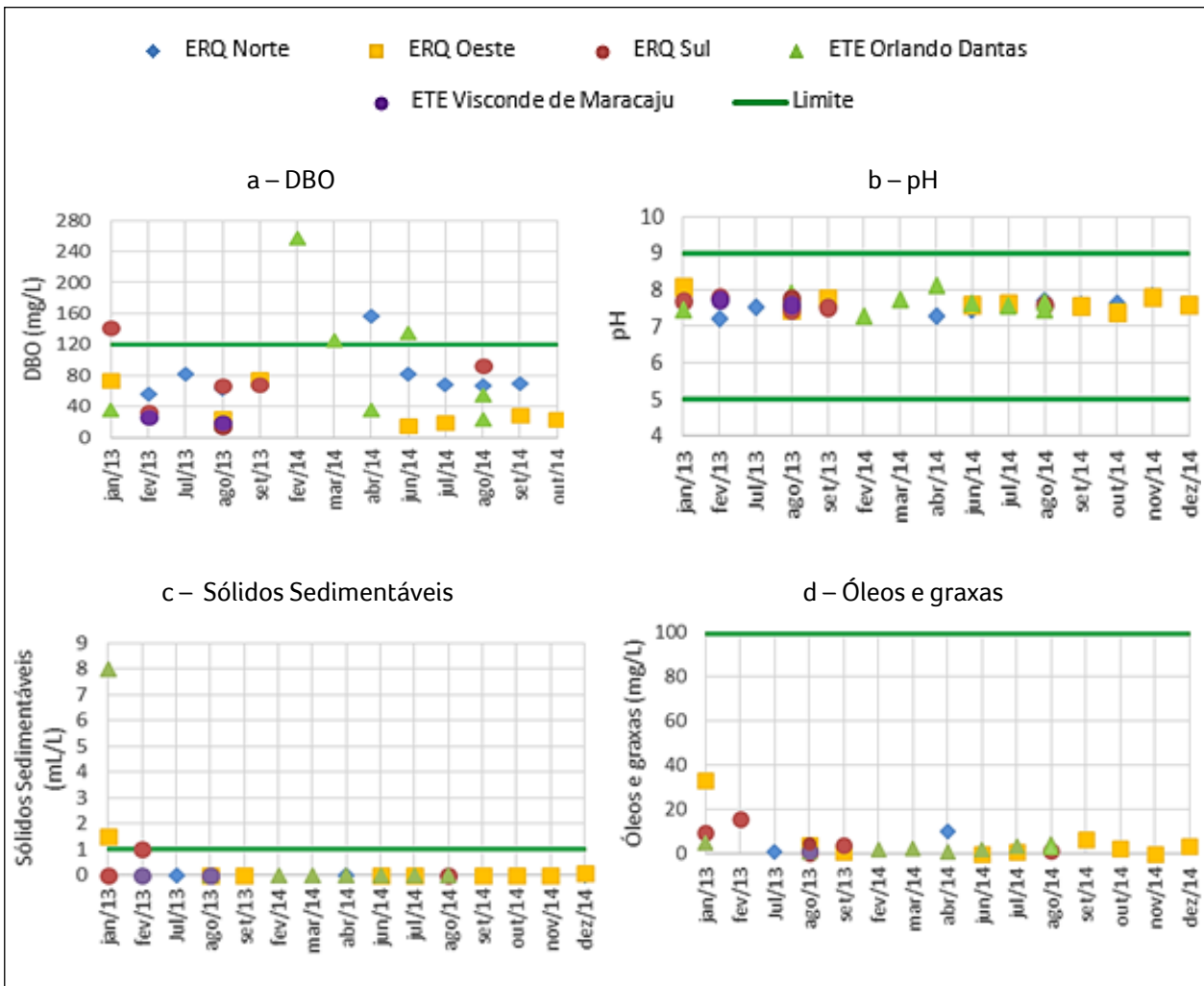
Destaca-se que a ETE Orlando Dantas é a que recebe o esgoto bruto mais concentrado, no que se diz respeito a DBO. Von Sperling (2005) apresenta que o esgoto doméstico bruto tem valores típicos de DBO entre 250 e 400 mg/L, enquanto a estação recebe esgotos brutos com DBO média de 405 mg/L, valor ligeiramente superior ao apresentado por este autor.

A segunda condição analisada foi o pH, cujos dados, junto com a faixa limite estabelecida pela legislação, são apresentados na Figura 1-b. Todas as estações cumpriram a legislação vigente, que determina que o pH do efluente deve estar entre 5 e 9. Em todas as estações, o pH do efluente esteve entre 7 e 8, portanto são caracterizados como neutros ou ligeiramente básicos.

Os sólidos sedimentáveis foram o próximo parâmetro estudado. A remoção desses sólidos presentes no esgoto visa evitar o assoreamento do corpo hídrico receptor. Na Figura 1-c, são mostrados os dados de sólidos sedimentáveis do efluente das estações e o limite máximo determinado pela legislação (1 mL/L). Nota-se que, com exceção da ETE Orlando Dantas, que ultrapassou o limite sete vezes em uma coleta, as estações permaneceram integralmente abaixo do limite máximo. Acredita-se que o alto valor apresentado pela ETE Orlando Dantas, em janeiro de 2013, tenha sido um equívoco, já que, nesta data, o teor de sólidos sedimentáveis no afluente foi de apenas 2 mL/L.

O último parâmetro estudado foi a concentração de óleos e graxas, cujos valores de cada estação e o limite estabelecido pela resolução são apresentados na Figura 1-d. Nota-se que, em todas as estações, a concentração de óleos e graxas esteve muito abaixo do limite estabelecido na legislação.

Figura 1: Parâmetros analisados no esgoto tratado pelas ETEs:
 a - DBO; b - pH; c - Sólidos sedimentáveis; d - Óleos e graxas.



3.2 Eficiência na remoção de poluentes

Com os dados fornecidos pela companhia de saneamento, foi calculada a eficiência média na remoção de alguns parâmetros para cada ETE. Os valores encontrados são apresentados na Tabela 1.

Sabe-se que o tratamento secundário na ERQ Norte é realizado por meio de lagoas de estabilização (facultativa e de maturação). De acordo com Mendonça e Mendonça (2016), a eficiência dessas lagoas é de 70% a 90% na remoção de DBO e acima de 99,99% de coliformes termotolerantes, quando o sistema é bem operado. Von Sperling

(2005) complementa que a eficiência típica desse tipo de sistema é de 30% a 50% na remoção de nitrogênio e de 20% a 60% na remoção de fósforo. Dessa forma, percebe-se que a ERQ Norte não ficou dentro da faixa típica para a DBO e para o nitrogênio, mas alcançou eficiência satisfatória para o fósforo total. Por ser composta por lagoa de maturação, cujo principal objetivo é a remoção de patogênicos, esperava-se uma eficiência na remoção de coliformes mais elevada.

A baixa eficiência encontrada para a ERQ Norte, porém, não reflete a eficiência real da estação, pois os

dados de monitoramento da companhia de saneamento contabilizam apenas os parâmetros presentes no esgoto bruto oriundo das redes coletoras, desprezando as contribuições dos caminhões limpa-fossa. Essa carga poluidora é inserida diretamente nas lagoas facultativas, ou seja, pula-se a etapa de tratamento preliminar e não há remoção prévia da elevada carga orgânica. Essa prática pode causar, dentre outros danos, o assoreamento das lagoas.

Como foi visto, nas ERQs Oeste e Sul, o tratamento secundário é realizado com uma combinação entre UASB e valos de oxidação, já as ETEs Orlando Dantas e Visconde de Maracaju operam somente com valos de oxidação. Segundo Von Sperling (2005), quando o reator UASB é associado a um pós-tratamento, a eficiência global na remoção de poluentes é equivalente à desse processo de pós-tratamento quando se está tratando esgoto bruto. Logo, tanto para as ETEs Orlando Dantas e Visconde de Maracaju como para as ERQs Oeste e Sul, a eficiência esperada é a eficiência típica dos valos de oxidação.

Conforme Jordão e Pessôa (1995), os valores médios para condições normais de operação dos valos de oxidação são de 92% a 95% na remoção de DBO, 60% a 75% na remoção de nitrogênio, 10% a 25% na remoção de fósforo e de 98% a 99% na remoção de coliformes (com cloração). Desse modo, vê-se que mesmo que a ETE Orlando Dantas tenha apresentado os maiores valores de eficiência de remoção, não atingiu o valor mínimo esperado para a maioria dos parâmetros.

Tabela 1: Eficiência média na remoção de parâmetros.

Estação de Tratamento	Eficiência média na remoção (%)			
	DBO	Nitrogênio	Fósforo Total	Coliformes Termotolerantes
Norte	27	25	36	90
Oeste	77	26	36	87
Sul	53	31	40	88
Orlando Dantas	80	40	55	95
Visconde de Maracaju	93	ND	20	89

4 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, verifica-se que a ERQ Oeste e a ETE Visconde de Maracaju cumpriram integralmente todas as condições para os parâmetros analisados, no que diz respeito às exigências da legislação ambiental vigente, a Resolução Conama 430.

As demais estações descumpriram a legislação em algum momento, com destaque para a ETE Orlando Dantas, que apresentou o pior resultado, ultrapassando o limite tolerado de DBO em duas coletas e de sólidos sedimentáveis em uma coleta. O baixo desempenho dessa estação deve-se, dentre outros motivos, à qualidade do esgoto bruto recebido, inclusive, DBO superior aos valores típicos, fator que a torna mais suscetível ao descumprimento da legislação.

Quanto às eficiências na remoção de poluentes, viu-se que todas as estações apresentaram valores abaixo do esperado, pelo tipo de tratamento adotado, para a maioria dos parâmetros. A ETE Orlando Dantas foi a que apresentou a maior eficiência, ultrapassando as outras estações em todos os itens estudados, com exceção da eficiência na remoção de DBO, em que ficou atrás da ETE Visconde de Maracaju.

A ERQ Norte foi a estação que teve a pior eficiência na remoção de poluentes, em particular a DBO, para a qual apresentou eficiência de remoção de apenas 27%. Entretanto, esse baixo desempenho pode estar associado às contribuições não computadas de caminhões limpa-fossa na estação.

Diante disso, conclui-se que ainda são necessários investimentos em infraestrutura e capacitação profissional para que as estações não apresentem desempenho insatisfatório. Além disso, verifica-se a necessidade de investimento e de fiscalização intensiva pelos órgãos ambientais, com o intuito de impedir o descumprimento da legislação ambiental e consequente poluição dos corpos hídricos.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia de Saneamento de Sergipe pelos dados disponibilizados, à Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe - Fapitec/SE pela bolsa de mestrado fornecida ao autor e à Capes pela bolsa de mestrado fornecida ao primeiro coautor.

6 REFERÊNCIAS

BARROS, I. P. A. F. **Proposta de um Sistema de Indicadores de Desempenhos para Avaliação de Estações de Tratamento de Esgotos do Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. 228 p., Belo Horizonte, 2013.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, 2007.

BRASIL. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. 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. Brasília, 2011.

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos; LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil. **Guia de avaliação da qualidade dos serviços de água e resíduos prestados aos utilizadores. 2ª Geração dos sistemas de avaliação**. Lisboa, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/>. Acessado em 26 de junho de 2016.

IRAR - Instituto regulador de águas e resíduos. **Relatório anual do sector de águas e resíduos de Portugal (2007): Avaliação da qualidade do serviço prestado**. Lisboa, 2008.

ITB - Instituto Trata Brasil. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br>. Acesso em junho de 2016.

JOHNSTONE, D.W.M., HORAN, N.J. Standards, costs and benefits: an international perspective. **Journal of the Institution of Water and Environmental Management**, v. 8, n. 5, p. 450-458, 1994.

JOHNSTONE, D. W. M., HORAN, N. J. Institutional developments, standards and river quality: a UK history and some lessons for industrializing countries. **Water Science and Technology**, v. 33, n. 3, p. 211-222, 1996.

JOHNSTONE, D.W.M., NORTON, M.R. Development of standards and their economic achievement and regulation in the 21st century. In: **C.I.W.E.M./AQUA ENVIRO JOINT MILLENNIUM CONFERENCE**. University of Leeds, April, 2000.

MATOS, R.; CARDOSO, A.; ASHLEY, R.; DUARTE, P.; MOLINARI, A.; SCHULZ, A. **Performance indicators for wastewater services**. Londres: IWA Publishing, 2003. 192 p.

NASCIMENTO, L.V., VON SPERLING, M. **Comparação entre padrões de qualidade das águas e critérios para proteção da vida aquática e da saúde humana e animal**. In: XXVI CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, AIDIS, Lima, Anais... Lima: [s.n.], 1 - 6 Nov., 1998.

OLIVEIRA, S. M. A. C. **Análise de Desempenho e Confiabilidade de Estações de Tratamento de Esgotos**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. 231 p. Belo Horizonte, 2006.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura. **The United Nations World Water Development Report: Water in a Changing World**. Paris/New York: Ed. Berghahn Books, 2009.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities**. Special Report for the Sanitation and Water for All (SWA) High-Level Meeting (HLM), 2014.

RASCHLE, L. H. **Avaliação de desempenho para estações de tratamento de efluentes industriais**. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. 199 p. Rio de Janeiro, 2013.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2014**. SNIS. Brasília, 2016.

TELES, R. F. C.; MENDONÇA, L. C.; ROCHA, D. Situação do tratamento de esgoto sanitário em Sergipe. In: 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro. p. 1-5.

VON SPERLING, M. Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d'água e de lançamento de efluentes líquidos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n. 1, pp. 111-132, Jan/Mar, 1998.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

VON SPERLING, M.; FATTAL, B. Implementation of guidelines: some practical aspects. In: FEWTRELL, L; BARTRAM, J.. (Org.). **Water quality: guidelines, standards and health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease**. Londres: IWA Publishing, p. 361-376, 2001.