

ESTUDO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO ADOTADOS NO MUNICÍPIO DE SAPUCAIA/RJ, AFLUENTES DO RIO PARAÍBA DO SUL

Roberta Guarany Oberlaender^{1*}

Bruna Magalhães de Araujo²

Ana Silvia Santos³

Daniele Maia Bila⁴

1 Doutoranda do Prog. de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (DEAMB/UERJ)

2 Mestranda do Prog. de Pós-Graduação em Eng. Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (PEAMB/UERJ)

3 Dep. de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (DESMA/UERJ)

4 Dep. de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (DESMA/UERJ)

* robertaguarany@gmail.com

RESUMO

As Bacias Hidrográficas são adotadas como unidades de referência na Política de Saneamento Básico para planejamento de ações. Dentre elas, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul merece especial atenção por abastecer as cidades mais desenvolvidas do Brasil. Dentro deste cenário, o presente artigo tem como objetivo apresentar informações pertinentes às Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) em operação no município de Sapucaia/RJ como desempenho e contribuição na redução do descarte de efluentes de má qualidade no Rio Paraíba do Sul. Foram então avaliados o tipo de tratamento adotado na ETE Sapucaia/RJ e ETE distrito de Anta e sua performance, baseada em dois anos de monitoramento de análises laboratoriais, de junho de 2015 a junho de 2017, para os parâmetros Demandas Bioquímica e Química de Oxigênio (DBO₅ e DQO), Resíduos Não Filtráveis Totais (RNFT), Nitrogênio Amoniacal, pH, MBAS, Óleos e Graxas (OG), Materiais Sedimentáveis, Metais e Toxicidade (organismos-teste *Danio rerio*). O desempenho encontrado para as ETEs se apresentou totalmente satisfatório, com alta eficiência de remoção de contaminantes e atendimento aos padrões estabelecidos pela legislação do estado do Rio de Janeiro, com exceção do parâmetro Nitrogênio Amoniacal.

INTRODUÇÃO

Como define a Lei de Recursos Hídricos (Lei Federal 9433/97), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado e um bem de valor econômico e, sendo assim sua má conservação e gerenciamento pode se tornar um grande problema ambiental no país.

Sabe-se que o Brasil responde por aproximadamente 12% da água doce disponível no mundo (ANA, 2018), porém este criou uma relação de pouca preocupação com seu consumo. O país sofre com o desordenamento na gestão e utilização de recursos hídricos, sendo a utilização racional, o reuso e o descarte adequado, muitas vezes ignorados pela população e pelo poder público.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), o déficit de atendimento de serviços de esgotamento sanitário resulta significativamente no lançamento de esgotos nos corpos d'água sem tratamento, ou sem destinação adequada, e muitas vezes fora dos padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pelas legislações ambientais vigentes. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2018) mostra que no ano de 2016, apenas 44,9% dos esgotos gerados tiveram tratamento, considerando também que 74,9% dos esgotos coletados no país são tratados. Com isso, tanto a saúde pública quanto o meio ambiente são impactados e comprometidos.

É fundamental a integração de políticas de recursos hídricos e de saneamento, a fim de prevenir tais impactos negativos, como instituído na Lei de Saneamento Básico (Lei Federal 11445/07), que adotou como unidade de referência para a Política de Saneamento Básico, as Bacias Hidrográficas.

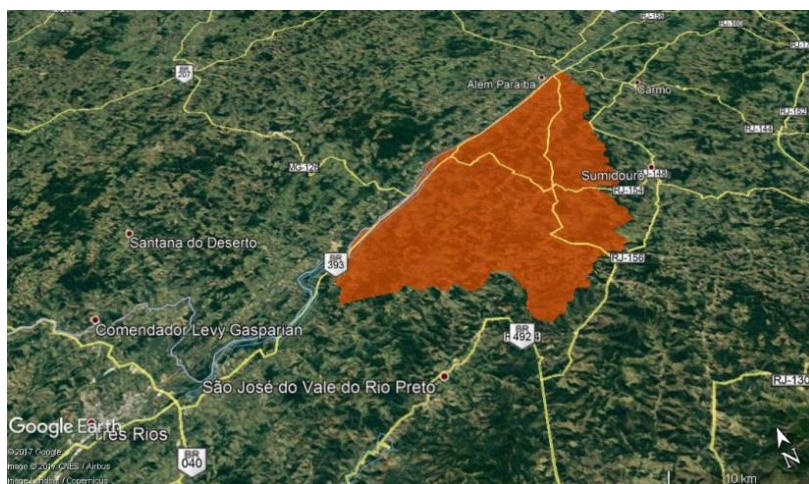
A região Sudeste do Brasil, mais desenvolvida e populosa do país, com mais de 80 milhões de habitantes (IBGE, 2013), além de ser a região de maior consumo médio *per capita* de água, 179,7 L.hab⁻¹.dia⁻¹ (SNIS, 2018), é contemplada pela Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, formada pelos rios que deságuam no oceano Atlântico. Nesta Região Hidrográfica está inserida a Bacia Hidrográfica (BH) do Rio Paraíba do Sul, que tem

como principal rio constituinte o rio Paraíba do Sul que abastece os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

O município de Sapucaia, situado na região centro-sul fluminense e na microrregião de Três Rios, inserido na BH do Rio Paraíba do Sul, possui área total de aproximadamente 541 km², encontra-se às margens do Rio Paraíba do Sul, e é composto por cinco distritos, sendo Sapucaia a sede, Anta o 2º distrito, Jamapará o 3º distrito, Nossa Senhora Aparecido o 4º distrito e Vila do Pião o 5º distrito. Os limites municipais de Sapucaia compreendem o estado de Minas Gerais e os municípios de Carmo, Sumidouro, São José do Vale do Rio Preto e Três Rios (Prefeitura Municipal de Sapucaia, 2017; SEA-Encibra, 2014).

O município apresenta uma população de 17.525 habitantes, segundo último censo do IBGE (IBGE, 2013) e é cortado por uma rodovia federal, a BR-393, distando 145 km da cidade do Rio de Janeiro (SEA-Encibra, 2014) (Figura 1).

Figura 1- Mapa de localização do município de Sapucaia no estado do Rio de Janeiro.



Fonte: Google Earth, 2017.

De acordo com a caracterização do município, apresentada no Plano Regional de Saneamento de Sapucaia (SEA-Encibra, 2014), o clima do município oscila entre quente, sub-quente e semiúmido, com ocorrência de quatro a cinco meses secos, estando a precipitação anual entre 588 e 1.631 mm. Os períodos de maiores índices de precipitação ocorrem entre os meses de novembro a março.

A economia municipal está concentrada principalmente em serviços, seguido por atividades industriais e agropecuárias (IBGE, 2017).

Sapucaia é abastecida pelo manancial do rio Paraíba do Sul, através do qual a Companhia Estadual de Águas e Esgotos – CEDAE – capta e trata através de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) uma vazão de 20L/s de água para distribuição (ANA, 2017).

O Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas, desenvolvido pela ANA (2017), caracteriza o serviço de esgotamento sanitário que atende a população brasileira como: atendimento por sistema coletivo (rede coletora e estação de tratamento de esgoto); por solução individual (fossa séptica); coleta sem tratamento; e ausência de coleta e tratamento.

Conforme classificação do Atlas Esgotos (ANA, 2017), o município é dividido, por índice de atendimento de esgotamento sanitário, em 14,76% “sem coleta e sem tratamento” e em 83,85% “com coleta e sem tratamento”.

As margens do município se encontrada uma unidade da empresa FURNAS – Centrais Elétricas S.A., doravante denominada apenas FURNAS, detentora da concessão do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Simpício – Queda Única, com capacidade para gerar 333,7 MW de energia e abastecer mais de 800 mil habitantes. Devido ao porte deste empreendimento, a empresa teve a obrigação, em sua licença de instalação, no âmbito do Programa de Redimensionamento e Relocação da Infraestrutura, Subprograma de Tratamento dos Efluentes Domésticos Lançados no rio Paraíba do Sul no Trecho entre a Barragem de Anta e o Canal de Fuga de Simpício, de implantar sistemas de coleta e tratamento de efluentes domésticos no município de Sapucaia/RJ e

seu distrito de Anta, bem como no município de Chiador/MG (Banco de dados de FURNAS, 2017). Tal fato se deu devido à necessidade de compensação ambiental pela interferência da formação do reservatório de água de Anta implantado neste trecho.

Dessa forma, foram construídos três Sistemas de Esgotamento Sanitário com, aproximadamente, um total de 30 km de redes coletoras que atendem a três Estações de Tratamento de Esgoto (uma em Sapucaia/RJ, uma no distrito de Anta e uma em Chiador/MG), dez Estações Elevatórias (seis em Sapucaia/RJ, uma em Anta e três em Chiador), com suas respectivas linhas de recalque (Banco de dados de FURNAS, 2017). Segundo os memoriais de cálculo de cada ETE, elaborados pela empresa Esagua Engenharia Indústria e Comércio Ltda. (2012), as três ETEs têm, juntas, capacidade para tratar até 35 L/s (32 L/s somente as ETEs no município de Sapucaia/RJ), atendendo em seu fim de plano até 13 mil habitantes.

As licenças de operação das Estações de Tratamento foram emitidas em outubro de 2012 pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e sua operação teve início em dezembro do mesmo ano, fato não considerado pelo Atlas Esgotos (ANA, 2017).

Diante deste cenário, e considerando que as ETEs estão em operação há cinco anos, o presente estudo tem a finalidade de apresentar os Sistemas de Tratamento de Esgotos adotados no município de Sapucaia, estado do Rio de Janeiro. Assim, este trabalho abordará as Estações de Tratamento de Esgoto Sapucaia/RJ e ETE distrito de Anta, apresentadas nas Figuras 2 e 3. Sendo importante ressaltar que a operação das ETEs é realizada desde o início sob responsabilidade de FURNAS, porém na iminência de ser repassada para a Prefeitura Municipal de Sapucaia, responsável legal pelas ETEs.

Figura 2 – Vista geral da ETE Sapucaia/RJ.



Figura 3 - Vista geral da ETE distrito de Anta.



OBJETIVO

A fim de contribuir para um melhor gerenciamento de recursos hídricos no Brasil, são apresentados os Sistemas de Tratamento de Esgoto do município de Sapucaia/RJ, os quais descartam seus efluentes tratados diretamente no rio Paraíba do Sul, bem como a avaliação de seu desempenho e possível impacto ao corpo hídrico receptor, a partir de dois anos de dados de monitoramento de operação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para identificação do tratamento adotado nas ETEs foram consultados seus Memoriais de Cálculo, fornecidos pela empresa Esagua Engenharia Indústria e Comércio Ltda. (2012).

O desempenho dos Sistemas foi avaliado a partir de dois anos de análises laboratoriais semanais, fornecidas pelo banco de dados de FURNAS, de junho de 2015 a junho de 2017.

Os parâmetros físico-químicos escolhidos para análise do desempenho das ETEs foram: Demandas Bioquímica e Química de Oxigênio (DBO_5 e DQO), Resíduos Não Filtráveis Totais (RNFT ou Sólidos Suspensos Totais - SST), Nitrogênio Amoniacal, pH, MBAS, Óleos e Graxas (OG), Materiais Sedimentáveis, Metais e Toxicidade (organismos-teste *Danio rerio*).

Para os Sistemas de Tratamento de Esgoto foi adotado tratamento do tipo Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA, em inglês “Upflow Anaerobic Sludge Blanket” - UASB) seguido por Filtro Aerado Submerso (FAS), e unidade de desaguamento para fase sólida através de Filtro Prensa (Figura 4), sendo os sistemas constituídos por dois módulos idênticos.

Na escolha dos Sistemas foram levadas em consideração as características apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características de dimensionamento dos Sistemas de Tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto do município de Sapucaia/RJ.

Características	ETE Sapucaia/RJ	ETE distrito de Anta – Sapucaia/RJ
Vazão média (L/s)	20,0	12,0
População atendida (fim de plano)	7.300	4.700
Comprimento de rede coletora de esgotos convencional (m)	16.926,3	9.134,5
Comprimento de rede coletora de esgotos não convencional (m)	1.257,5	703,1

Vale ressaltar que, quanto à caracterização dos efluentes a serem tratados, o projeto considerou somente esgotos sanitários domésticos (não industriais), e não considerou a necessidade de nitrificação e/ou desnitrificação do efluente e remoção de fósforo (tratamento terciário). Os Sistemas devem garantir um efluente tratado com redução de DBO de 85%, no mínimo, desde que mantidas as condições de projeto quanto à caracterização do efluente e operação dos mesmos.

A rede de esgotamento sanitário que atende a ETE Sapucaia/RJ conta com seis elevatórias no total, que se concentram em uma elevatória central que por sua vez recalca o esgoto bruto diretamente para a ETE. A rede de esgotamento sanitário do distrito de Anta foi projetada para atuar com escoamento por gravidade, existindo apenas uma elevatória final de rede, que recalca o esgoto bruto diretamente para a elevatória de esgoto bruto da ETE.

Nas ETEs, o tratamento preliminar do esgoto bruto é composto por gradeamento fino, cesto de detritos, desarenadores e medidor de vazão, caixa de retenção de excesso de gordura e elevatória de esgoto bruto, através da qual o esgoto é conduzido ao tratamento secundário.

O gradeamento tem por finalidade reter sólidos grosseiros que são carregados juntos do esgoto. Dessa forma, ficam retidos na grade: papel, estopas, sacos, garrafas, cotonetes, contraceptivos, dentre outros. A entrada desse material na estação pode danificar a parte interna de bombas, tubulações, peças e dispositivos mecânicos. Um

cesto de detritos serve para armazenamento dos resíduos retirados no gradeamento para secagem e posterior descarte.

Após a passagem do esgoto bruto pelo gradeamento, o mesmo é direcionado ao desarenador, que remove areia e materiais semelhantes, prevenindo abrasão de bombas e equipamentos móveis, obstrução de canalizações, etc.

Os resíduos sólidos provenientes do tratamento preliminar são acondicionados em caçambas estacionárias devidamente cobertas para evitar odores e proliferação de vetores, sendo sua produção variável, conforme características do esgoto afluente. Este material é recolhido por empresa terceirizada, responsável por seu transporte e destinação final.

Para medição de vazão afluente, é utilizado medidor do tipo calha Parshall (garganta 3”).

Após a passagem pela Calha Parshall, o esgoto bruto passa pela caixa de retenção de excesso de gordura, que tem como finalidade a remoção do excesso de gordura que vem nas redes, proveniente da possível falta de manutenção de caixas de gordura, e é acumulado no poço da elevatória.

A elevatória de esgoto bruto da ETE tem como função elevar o esgoto de uma altura inferior para uma altura superior (do nível térreo ao topo dos reatores), ou seja, são locais onde o esgoto é acumulado e posteriormente recalcado para dar prosseguimento ao tratamento. Este recalque é realizado por duas bombas submersíveis de funcionamento alternado e que, no momento de indicação das boias de nível, recalcam o esgoto para os Reatores UASB.

O UASB, apesar de ser biológico, ocupa a etapa primária do fluxograma, com uma eficiência média de remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em torno de 60 a 70%, segundo Chernicharo (2007). É um reator fechado, no qual a decomposição da matéria orgânica se dá por processo anaeróbio (na ausência de oxigênio).

O esgoto afluente segue uma trajetória ascendente dentro do reator, desde sua parte mais baixa, atravessando uma zona de digestão (leito de lodo), passando por separador de fases e alcançando a zona de sedimentação. O separador de fases é um dispositivo que separa a zona de digestão do lodo (parte inferior do reator), da zona de sedimentação (parte superior do reator).

Com o fluxo ascendente, a estabilização da matéria orgânica ocorre na zona digestão de lodo, não havendo necessidade de dispositivos de mistura, pois esta é promovida pelo fluxo ascensional e pelas bolhas de gás formadas na decomposição anaeróbia da matéria orgânica.

Na parte de cima do reator está localizada uma estrutura que direciona o biogás (gás metano) para os coletores de biogás. Parte dos sólidos e líquidos é direcionada para compartimentos de decantação, sendo que neste local não há biogás, portanto propícia à decantação dos sólidos. Os sólidos que sedimentam no decantador retornam novamente para o compartimento em que se localiza o manto de lodo. O efluente tratado é retirado do reator através de vertedores localizados nos decantadores da zona de sedimentação.

Como o UASB reduz em até 70% a matéria orgânica do afluente, desempenho ainda aquém do desejado para lançamento em corpos d’água, a unidade é seguida por outra unidade biológica de tratamento para qual foi utilizado o Filtro Aerado Submerso (FAS) e decantador secundário, atingindo eficiências totais de tratamento de 85 a 95% de remoção de DBO.

O efluente proveniente do UASB penetra o FAS através de um fundo falso junto ao fundo da unidade, percola ascendentemente pelo meio suporte e é recolhido por vertedores instalados na parte superior. Este processo é dotado de aeração por ar difuso, através de sopradores de ar de funcionamento alternado, o que garante a manutenção das condições aeróbias em todo o reator biológico.

No FAS, a biomassa cresce aderida a mídias plásticas (que atuam como um meio suporte), num processo biológico conhecido como “biofilme”. O biofilme cresce à medida que oxigênio e substrato orgânico são disponibilizados, até o momento em que a biomassa se desprende do meio suporte, na forma de floco biológico, para posterior remoção no decantador secundário. Dessa forma é feita a estabilização da matéria orgânica do FAS.

Após o processo de aeração, o efluente segue para o decantador secundário, onde é mantido em repouso a fim de que ocorra a separação entre os sólidos e a água tratada. O conteúdo do fundo do tanque e a espuma,

possivelmente formada em sua superfície, devem ser recirculados de volta ao UASB para adensamento e digestão anaeróbia.

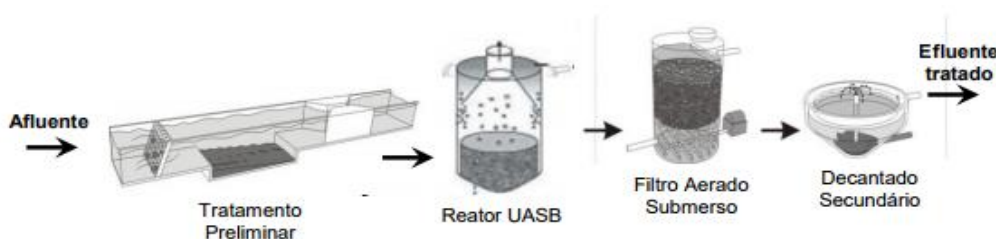
No decantador, a fase líquida resultante da separação (efluente tratado) deve apresentar-se clarificada, com baixa DBO e seguir para o corpo receptor por gravidade. Quando o lodo estiver adensado e digerido no UASB, ele deverá ser direcionado, através da elevatória de lodo, ao desagendamento no filtro prensa.

No Filtro Prensa, a desidratação do lodo descartado ocorre através de seu bombeamento e passagem forçada por elementos filtrantes permeáveis (lonas filtrantes). A parte líquida do lodo é drenada e retorna ao início do tratamento através da elevatória de esgoto bruto da ETE. A parte sólida vai sendo continuamente depositada nas lonas até formar tortas compactas com baixo nível de umidade.

Após ser desidratado, o lodo seco deve ser acondicionado em caçambas estacionárias devidamente cobertas para evitar odores e proliferação de vetores até seu recolhimento, transporte e destinação final adequados.

Os gases gerados no UASB devem ser queimados no queimador de gás presente na ETE, de forma a minimizar o incômodo que possam vir a causar à população no entorno do sistema.

Figura 4- Desenho esquemático das unidades que compõem o tratamento da fase líquida das ETEs de Sapucaia/RJ.



Fonte: Adaptado de Jordão e Volschan, 2009.

É importante destacar que a ETE Sapucaia/RJ foi projetada para uma vazão de 20 L/s e atualmente, segundo informações dos operadores, opera com vazão de aproximadamente 7 L/s, com todas as unidades em funcionamento pleno. O mesmo ocorre com a ETE Anta, que foi projetada para vazão de 12 L/s e opera com vazão atual em torno de 5 L/s.

Para o monitoramento do desempenho da ETE Sapucaia/RJ e ETE Anta, o IBAMA através das licenças de operação (LO No. 1098/2012 e LO No. 1099/2012, respectivamente), estabeleceu padrões para o lançamento de efluentes líquidos de acordo com as legislações federais e estaduais, a saber:

i) RESOLUÇÃO CONAMA No. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências;

ii) RESOLUÇÃO CONAMA 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;

iii) DZ-215.R-4 – Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem sanitária, publica em novembro de 2007;

iv) NT-202.R-10 – Norma Técnica para estabelecimento de critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos, publicada em dezembro de 1986;

v) NT-213.R-4 – Critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais, publicada em outubro de 1990.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1, estão citados alguns dos parâmetros físico-químicos e substâncias químicas utilizados no monitoramento do efluente das ETEs Sapucaia/RJ e Anta e seus respectivos padrões definidos pela NT 202.R-1e pela DZ 215.R-4.

Quadro 1 – Padrões de controle para análise de desempenho das ETEs – Parâmetros físico-químicos.

Parâmetro	Unidade	Padrão	Observação
DBO ₅	mg/L	40,0	Pela DZ-215.R-4 (2007) o padrão de lançamento varia de 40 a 180 mg/L para concentração máxima em efluentes sanitários de indústrias, estabelecimentos comerciais, canteiro de obras e ETEs de concessionárias de serviços de esgoto, ou de 30 a 85% de eficiência mínima de remoção, ambos em função da carga orgânica bruta afluente à ETE.
Materiais Sedimentáveis	mL/L	1,0	Padrão definido pelo INEA NT 202.R-10 (1986).
Fósforo (P-total) ⁽¹⁾	mg/L P	1,0	Padrão definido pelo INEA NT 202.R-10 (1986) ⁽¹⁾ .
MBAS (Subst. Tensoativas reagem ao azul de metileno)	mg/L	2,0	Padrão definido pelo INEA NT 202.R-10 (1986).
RNFT (Resíduos não filtráveis totais)	mg/L	40,0	Pela DZ-215 (2007), o padrão estabelecido para RNFT acompanha o padrão definido para DBO.
Nitrogênio amoniacal	mg/L N	5,0	Padrão definido pelo INEA NT 202.R-10 (1986).
Índices de fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,2	Padrão definido pelo INEA NT 202.R-10 (1986).
pH	-	5,0 a 9,0	Padrão definido pelo INEA NT 202.R-10 (1986).
O&G - Óleos minerais	mg/L	20,0	Padrão definido pelo INEA NT 202.R-10 (1986).
O&G - Óleos vegetais e gorduras animais	mg/L	30,0	Padrão definido pelo INEA NT 202.R-10 (1986).

Observações:

(1) A NT-202(1986) determina que os parâmetros Fósforo Total e Nitrogênio Total somente são definidos em casos de lançamentos em trechos de corpos d'água contribuintes de lagoas, o que não se configura para o lançamento de efluentes das ETEs de Sapucaia/RJ.

O parâmetro pH, segundo a NT 202 (1986) deve se apresentar no efluente, entre os valores de 5,0 a 9,0. Em todo o período de monitoramento, o parâmetro pH esteve na faixa de 6,0 a 7,0 e, sendo assim, de acordo com o padrão estabelecido. O mesmo pode ser mencionado para o parâmetro temperatura, que segundo a NT 202 (1986) deve ser inferior a 40°C e teve todos os dados monitorados no período, abaixo desse limite.

O desempenho das ETEs para os parâmetros DBO, DQO, RNFT, Nitrogênio amoniacal, MBAS, OG e Materiais Sedimentáveis são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Estatística descritiva para os parâmetros DBO, DQO, RNFT, Nitrogênio amoniacal, MBAS, OG e Materiais Sedimentáveis.

Estação de Tratamento de Esgoto Sapucaia/RJ															
Parâmetro/ Estatística	DBO			DQO			RNFT			Nitrogênio Amoniacal			OG	MBAS	Materiais Sedimentáveis
	Afl.	Efl.	Eficiência	Afl.	Efl.	Eficiência	Afl.	Efl.	Eficiência	Afl.	Efl.	Eficiência	Efl.	Efl.	Efl.
Número de dados	103,00	103,00	103,00	103,00	103,00	103,00	103,00	103,00	103,00	23,00	23,00	19,00	24,00	48,00	103,00
Média	353,00	22,00	93,00	723,00	95,00	86,00	252,00	31,00	84,00	57,00	42,00	36,00	10,00	0,22	0,78
Mínimo	91,00	5,00	78,00	172,00	33,00	58,00	6,00	1,00	14,00	12,00	8,00	3,00	10,00	0,10	0,10
Máximo	1380,00	76,00	99,00	2742,00	241,00	100,00	2420,00	178,00	100,00	102,00	89,00	72,00	13,00	0,90	4,50
Desvio Padrão	135,00	13,00	4,00	268,00	36,00	7,00	309,00	25,00	15,00	25,00	20,00	20,00	1,00	0,10	0,90
Estação de Tratamento de Esgoto distrito de Anta															
Parâmetro/ Estatística	DBO			DQO			RNFT			Nitrogênio Amoniacal			OG	MBAS	Materiais Sedimentáveis
	Afl.	Efl.	Eficiência	Afl.	Efl.	Eficiência	Afl.	Efl.	Eficiência	Afl.	Efl.	Eficiência	Efl.	Efl.	Efl.
Número de dados	101,00	101,00	101,00	101,00	101,00	101,00	101,00	101,00	97,00	24,00	23,00	21,00	23,00	45,00	100,00
Média	409,00	18,00	95,00	772,00	79,00	88,00	212,00	36,00	79,00	59,00	38,00	46,00	10,00	0,10	0,89
Mínimo	48,00	4,00	73,00	80,00	34,00	60,00	16,00	1,00	5,00	5,00	5,00	6,00	10,00	0,10	0,10
Máximo	4680,00	60,00	99,00	6859,00	196,00	100,00	1230,00	164,00	100,00	126,00	81,00	100,00	12,00	0,20	6,00
Desvio Padrão	447,00	10,00	4,00	663,00	28,00	6,00	189,00	26,00	18,00	31,00	21,00	21,00	0,00	0,04	1,00

Observação: Os dados de afluente e efluente estão apresentados em mg/L (com exceção de Materiais Sedimentáveis, expressos em mL/L) e os de eficiência estão apresentados em %. Número de dados e desvio padrão são adimensionais.

De acordo com análise dos resultados apresentados para o parâmetro DBO, observa-se que a unidade de tratamento das ETES Sapucaia/RJ e Anta apresentam bom desempenho, com concentração média de DBO no efluente de 22 mg/L e 18 mg/L e eficiência média de remoção de 93% e 95%, respectivamente. No período de monitoramento analisado, entre 90 a 95 % das amostras de efluente apresentaram valores de DBO inferiores ao limite máximo definido pela legislação, de 40 mg/L.

Para o parâmetro DQO, observa-se uma concentração média no efluente de 95 mg/L e eficiência média de remoção de 86% para Sapucaia/RJ e 79 mg/L e eficiência média de remoção de 88% para Anta. O limite para lançamento de efluentes com base no parâmetro DQO não é estabelecido pelas legislações do Rio de Janeiro (DZ 215 (2007), NT 202 (1986)) para esgoto sanitário. No Rio de Janeiro, os limites para esse parâmetro são estabelecidos para efluentes industriais no âmbito da DZ-205 (1991), sendo os valores de DQO diferenciados pelo tipo de indústria, o que não se aplica às ETES em referência.

O valor médio para o parâmetro RNFT no efluente foi de 31 mg/L e 36 mg/L, para as ETES Sapucaia/RJ e Anta, respectivamente, inferiores ao limite estabelecido pela legislação, de 40 mg/L, com uma eficiência de remoção média de 84% e 79%.

O padrão estabelecido para Nitrogênio Amoniacal na NT 202 (1986) é considerado demasiadamente restritivo, com concentração máxima permitida de 5 mg/L. É importante ressaltar que a grande maioria das ETES atualmente em operação no Brasil, mesmo adotando tecnologias de tratamento secundárias, não apresenta desempenho satisfatório para este fim.

Somente a título de comparação, segundo SANTOS e colaboradores (2014), a legislação da *United States Environmental Protection Agency* – USEPA, EPA 40 - *Code for Federal Regulation*, em seu capítulo 1, promulgada em 2012, não impõe limite nem para o parâmetro Amônia nem para o Nitrogênio Total em caso de efluente sanitário secundário e nem para outro tipo de efluente equivalente ao secundário. É sabido que o tratamento secundário não apresenta desempenho satisfatório para remoção de amônia.

De acordo com análise dos resultados apresentados na ETE Sapucaia/RJ para a concentração de N amoniacal, observa-se uma eficiência média de remoção de 36% e uma concentração média no efluente de 42 mg/L. Já com a análise da ETE Anta, os valores encontrados foram de uma eficiência média de remoção de 46% e uma concentração média de Amônia no efluente de 38 mg/L. O efluente lançado por ambas as ETES não atende a legislação NT 202 (1986) em relação a este parâmetro (5 mg/L), bem como o mesmo não se enquadra ao limite estabelecido na Resolução CONAMA 430/211, 20 mg/L, para efluentes não domésticos. Neste caso, somente cerca de 5% e 20% das amostras atenderiam ao padrão de lançamento estabelecido pela legislação federal.

Alguns parâmetros estabelecidos pela NT 202 (1986) como OG, MBAS e Materiais Sedimentáveis foram atendidos em aproximadamente 100%, 100%, 75%, respectivamente, das amostras do período de monitoramento para ambas as ETES investigadas.

Para o parâmetro Óleos e Graxas (OG), a NT 202.R-10 (1986) estabelece os limites máximos de 30 mg/L para óleos de origem vegetal e gorduras animais e 20 mg/L para óleos minerais. No período do monitoramento, os valores de Óleos e Graxas no efluente em grande parte do período foram inferiores a 10 mg/L. Já que as concentrações de O&G se apresentaram reduzidas em 100% dos casos das amostras avaliadas no presente estudo, pode-se inferir que as unidades de remoção de excesso de gordura implantadas nos Sistemas de Tratamento, em conjunto com a etapa preliminar, vem trabalhando de maneira satisfatória.

O parâmetro MBAS (Methilene BlueActive Substances) representa, em teoria, as concentrações de detergentes e surfactantes presentes na amostra. É sabido que esses constituintes contribuem para a eutrofização de corpos d'água em função da presença de fósforo. A remoção de MBAS em geral nas ETES acontece por adsorção às partículas que se sedimentam nos decantadores primários ou por degradação biológica em reatores aeróbios. Nos anaeróbios, a eficiência na remoção de surfactantes é praticamente desprezível. Assim, observa-se uma concentração média de MBAS nos efluentes das ETES Sapucaia/RJ (0,2 mg/L) e Anta (0,1 mg/L) bastante inferior ao limite máximo estabelecido pela legislação (2,0 mg/L para a NT 202.R-10/1986).

Em relação ao parâmetro Materiais Sedimentáveis, na maioria das amostras a concentração afluente é reduzida, favorecendo a operação da unidade. Em média, o efluente se apresenta de acordo com o padrão estabelecido (inferior a 1,0 mL/L) com concentrações de 0,78 mL/L e 0,89 mL/L. Entretanto, em 25% das amostras esse limite é superado em ambos os sistemas.

Os parâmetros metais e toxicidade, não foram expostos na Tabela 2, entretanto pode-se afirmar, de acordo com o banco de dados que, em relação aos metais analisados no acompanhamento de desempenho das ETEs, observa-se que praticamente todos eles encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela NT 202 (1986). Esse resultado já era de se esperar já que se trata de efluente doméstico.

No processo de licenciamento das Estações de Tratamento, o padrão de toxicidade, provavelmente, foi determinado de acordo com a NT 213 (1990) que estabelece critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais, apesar das ETEs tratarem efluente sanitário e não industrial.

O padrão de toxicidade estabelecido pela NT 231 (1990) determina que não é permitido o lançamento de efluentes líquidos industriais, em qualquer corpo receptor, com número de unidades de toxicidade (UT) superior a 8, obtido em testes de toxicidade aguda realizados com o organismos-teste *Danio rerio*. A análise dos resultados demonstrou que 100% das amostras se apresentaram em conformidade com o padrão determinado pela legislação.

CONCLUSÕES

Diante do exposto, desempenho das ETEs de estudo, observado no monitoramento continuado realizado no período de junho de 2015 a junho de 2017 se apresentou muito bom. Em relação aos parâmetros DQO, DBO e RNFT, as eficiências médias de remoção calculadas foram de 86 a 88, 93 a 95% e 79 a 84%, respectivamente. Em relação às concentrações médias efluentes de cada ETE para os mesmos parâmetros, observou-se também o atendimento aos aspectos legais do estado do Rio de Janeiro, bem como as médias efluentes dos demais parâmetros analisados.

Apresenta-se como exceção a concentração de Nitrogênio amoniacal que permaneceu acima do preconizado, porém, como discutido anteriormente na apresentação dos resultados, é baixa a expectativa de remoção deste composto em tratamentos secundários de efluentes domésticos e seu limite é considerado muito restritivo.

Os Sistemas de Tratamento abordados são citados no Atlas Esgotos da ANA (2017) apenas como projetos futuros (classificados como “com coleta e sem tratamento”) e suas informações se encontram desatualizadas também com relação à população atendida e extensão de redes coletoras. Desse modo, o presente estudo foi capaz, além de apresentar as ETEs em operação no município, informar que as mesmas se encontram em funcionamento satisfatório, contribuindo para a redução de descarte de efluentes de má qualidade no rio Paraíba do Sul.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a FURNAS Centrais Elétricas S.A., pela disponibilização dos dados de monitoramento das Estações de Tratamento de Esgoto e a Esagua Engenharia Indústria e Comércio Ltda. pelo fornecimento dos Memoriais de Cálculo e projetos das ETEs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas (ANA). Atlas Esgotos – Despoluição de Bacias Hidrográficas. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 92 p. 2017.

Agência Nacional de Águas (ANA). WEBSITE. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acessado em: 01 de abril de 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA.

BRASIL. Resolução CONAMA 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.

CHERNICHARO, C. L., Reatores Anaeróbios. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, 2ª. Edição, Editora UFMG, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Atlas do censo demográfico de 2010. Rio de Janeiro, Ed. IBGE. 156 p. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). WEBSITE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/painel/economia.php?lang=&codmun=330540&search=rio-de-janeiro|sapucaia|infogr%E1ficos:-despesas-e-receitas-or%E7ament%E1rias-e-pib>. Acessado em: 21 de outubro de 2017.

JORDÃO, E.P e VOLSCHAN Jr., I. Tratamento de Esgotos Sanitários em Empreendimentos Habitacionais. 1ª Edição. CAIXA, Rio de Janeiro. 132 p. 2009.

ESAGUA ENGENHARIA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Memorial de Cálculo ETE Sapucaia/RJ. (Material disponibilizado pela empresa Esagua Engenharia em agosto de 2017). 2012.

ESAGUA ENGENHARIA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Memorial de Cálculo ETE distrito de Anta. (Material disponibilizado pela empresa Esagua Engenharia em agosto de 2017). 2012.

FURNAS Centrais Elétricas S.A. WEBSITE. Disponível em <http://www.furnas.com.br/detalhesNoticiaExterna.aspx?Tp=N&idN=1125>. Acessado em 20 de outubro de 2017.

Prefeitura Municipal de Sapucaia. WEBSITE. Disponível em <http://sapucaia.rj.gov.br/acidade/>. Acessado em 20 de outubro de 2017.

RIO DE JANEIRO – DZ 215.R-4. Diretriz de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem Não Industrial, do Instituto Estadual do Ambiente – INEA, de 25 de setembro de 2007.

RIO DE JANEIRO – NT 202.R-10. Critérios e Padrões para Lançamento de Efluentes Líquidos, do Instituto Estadual do Ambiente – INEA, de 04 de dezembro de 1986.

RIO DE JANEIRO – NT 213.R-4. Critérios e Padrões para Controle da Toxicidade em Efluentes Líquidos Industriais, do Instituto Estadual do Ambiente – INEA, de 04 de setembro de 1990.

SANTOS, A.S, PEREIRA, R.O, BOTTREL, S.E.C, JORDÃO, E.P. Aspectos Legais para Lançamento de Efluentes no Brasil. In: XXXIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Monterrey, Novembro de 2014.

SEA, Secretaria de Estado do Ambiente; Consórcio Encibra S.A. Estudos e Projetos de Engenharia e Paralela I Consultoria em Engenharia Ltda. Elaboração de estudos e projetos para a consecução do plano regional de saneamento básico com base municipalizada de municípios inseridos na Região Hidrográfica do Piabanha - Caracterização do Município de Sapucaia. 94 p. 2014.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2016. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 220 p. 2018.