

## **IV-081 – APERFEIÇOAMENTO DA GESTÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO COM BASE EM PARÂMETROS E INDICADORES DE SANEAMENTO**

**Marcelo Obraczka<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil e Sanitarista pelo Centro de Estudos da Faculdade de Engenharia da UERJ. Mestre em Ciência Ambiental pela UFF. Doutor pelo Programa de Planejamento Energético e Ambiental da COPPE/UFRJ. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente na UERJ.

**Bruno Cabral Muricy<sup>(2)</sup>**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

**Alfredo Akira Ohnuma Júnior<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de São Carlos. Mestrado e Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente na UERJ.

**Carine Ferreira Marques<sup>(4)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

**Sofya de Oliveira Machado Pinto<sup>(5)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Paissandu, 228 apt 305 – Flamengo – RJ – CEP: 22210-080 – Brasil – Cel: (21) 97101-2734 – e-mail: [obraczka.uerj@gmail.com](mailto:obraczka.uerj@gmail.com)

### **RESUMO**

Indicadores operacionais vêm sendo crescentemente empregados na gestão/planejamento e na avaliação da prestação dos serviços de saneamento. Ao avaliar parâmetros de monitoramento e controle nos afluentes de cinco ETE's situadas na Zona. Oeste do município do RJ, a pesquisa identifica que os esgotos brutos vêm apresentando parâmetros importantes como as concentrações de carga orgânica (DBO) inferiores àquelas convencionalmente adotadas como premissas em projetos e ainda como referência em ações de planejamento, controle e monitoramento dos sistemas de saneamento/esgotamento sanitário. A partir dos dados levantados e resultados obtidos com o desenvolvimento do presente estudo são feitas sugestões de aperfeiçoamento do modelo atual, entre as quais a necessidade de aferição mais criteriosa dos parâmetros de vazão e de DBO afluentes as ETE's, bem como de incorporar conceitos inovadores ao atual modelo de gestão, como o emprego de Indicadores operacionais do sistema de saneamento que também captem o aspecto da eficiência de tratamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Planejamento/Gestão de Sistemas de esgotos, Parâmetros/Indicadores operacionais de saneamento.

### **INTRODUÇÃO**

Cerca de 55% dos esgotos sanitários gerados no Brasil ainda é lançado nos corpos receptores, sem o devido tratamento (ITB, 2017). Mesmo em regiões como o Sul e o Sudeste, onde ocorrem os maiores investimentos na implantação e ampliação de sistemas de esgotamento sanitário e os índices de atendimento são mais elevados, verifica-se que frequentemente tais sistemas não apresentam a abrangência e a eficácia previstas e/ou planejadas. (Obraczka e Leal, 2015).

No caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), a precária situação da grande maioria dos seus corpos hídricos pode ser constatada tanto visualmente como pela análise dos dados do monitoramento de parâmetros e pelos Índices de Qualidade de Água (IQA) do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) (<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Qualidadedaagua/aguasInteriores/index.htm>).

A baixa qualidade das águas superficiais próximas aos adensamentos urbanos se deve em muito as deficiências dos sistemas de saneamento locais, especialmente pela carência de coleta e tratamento de esgotos. Essas carências podem ser constatadas mesmo em importantes regiões e bacias hidrográficas estaduais e

federais como a da Baía de Guanabara e do Guandu (Obraczka e Leal, 2015) e a do Paraíba do Sul (Obraczka *et al*, 2018).

Tanto em áreas providas de rede de esgoto como é o caso da Tijuca, RMRJ (Figura 1), como em áreas sem rede separativa – caso de Itaguaí, RJ (Figura 2) - os destinos preferenciais de grande de parte dos esgotos sanitários são os canais e rios locais, que por sua desaguardam e contribuem para a poluição e degradação das Baías da Guanabara e Sepetiba, respectivamente.



**Figura 1: Trecho do Canal do Rio Maracanã no bairro da Tijuca, RJ, tomado por esgotos sanitários, mesmo com existência de rede separativa**



**Figura 2: Valão no município de Itaguaí-RJ, onde desaguardam os esgotos captados via rede de drenagem**

Segundo o Instituto Trata Brasil (ITB, 2017), com base em dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2015, não se trata de um fenômeno local: somente cerca de 40% do volume de esgoto coletado no país é encaminhado a um sistema de tratamento adequado. Muitas moradias ainda não possuem sequer instalações sanitárias adequadas e apenas cerca de 50% do esgoto é coletado no país.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), na média do país o índice de atendimento total da rede pública de coleta de esgotos (Indicador IN056 do SNIS), ficou restrito a 51,9% em 2016 (ANA, 2019).

Objetivando melhorar essa situação e implementar a universalização do saneamento no Brasil, o PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico (MINISTERIO DAS CIDADES, 2013) estabeleceu metas considerando as especificidades regionais do país, distinguindo também as áreas rurais das urbanas.

No caso do Sudeste, essas metas são respectivamente de 94 e 98% dos domicílios urbanos servidos por rede ou fossa séptica e 63 e 90% de tratamento do esgoto coletado para os anos de 2018 e 2033, respectivamente (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013).

Todavia, passados mais de 10 anos da LNSB – Lei Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2007) e mais de meia década desde o PLANSAB, os avanços são tímidos perante o tamanho do desafio e boa parte da população brasileira continua ainda sem acesso ao saneamento básico adequado (ITB, 2017). Metade dessa população não possui coleta de esgoto, e o saneamento permanece como o setor de infraestrutura com o menor volume de investimentos no Brasil (CNI, 2016).

De acordo com recente estudo do ITB/EX ANTE (2017), o problema maior do sistema de saneamento brasileiro continua sendo a falta de tratamento do esgoto.

Na cidade do Rio de Janeiro, apesar do déficit haver se reduzido em 8% entre 2005 a 2015, há 147 milhões de m<sup>3</sup> de água consumida que não recebem qualquer tipo de tratamento antes de seu descarte (ITB/EX ANTE, 2017). De acordo com o estudo Ranking do Saneamento (ITB, 2017), apesar do RJ ter aumentado a coleta em cerca de 5%, passando para 83%, no período de 2011 a 2015, a evolução da parcela referente ao tratamento de esgoto foi negativa (-7,5%), reduzindo-se de 52 para 44,5%. Se os índices estiverem espelhando a realidade, depreende-se que mesmo com a expansão da cobertura da rede coletora, os sistemas de tratamento receberam (e trataram) menos esgotos em 2015 do que 4 anos antes, e que o destino de boa parte dessa poluição tenha sido os corpos hídricos locais.

De acordo com fontes da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), concessionária dos serviços de água e esgotos em boa parte do estado do RJ, diversas de suas ETE's operam aquém de sua capacidade, recebendo vazões de esgotos inferiores aquelas previstas originalmente nos projetos.

É o caso de alguns dos sistemas de grande porte implantados pelo Plano de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) no RJ, incluindo ETE's como Alegria, Pavuna/Meriti e Sarapuí. Considerada como a ETE mais importante do PDBG, e a maior em operação pela CEDAE, a Alegria foi construída e licenciada para tratar cerca de 2,5 m<sup>3</sup>/s de uma vazão total prevista de 5 m<sup>3</sup>/s, em fim de plano. Não obstante, atualmente afluem a ela somente cerca de 1,5 m<sup>3</sup>/s (BIELSCHOWSKY, 2014).

Há ainda outros fatores intervenientes que contribuem para a redução da eficiência geral da infraestrutura de saneamento básico, tais como a ocorrência de ligações de esgotos no sistema de drenagem e vice-versa.

Na maior parte dos sistemas públicos de saneamento é comum a existência de inúmeras interconexões entre as redes de esgoto e de águas pluviais, com graves impactos na qualidade ambiental dos corpos receptores, uma vez que boa parte dos esgotos acaba sendo lançada nos corpos hídricos, sem o devido tratamento.

Em diversas localidades no RJ pode ser também constatado que as edificações possuem suas águas de telhados e drenagem de pátios internos inadequadamente interligadas as redes de esgotos dessas economias, que por sua vez são então conectadas a rede coletora pública (OBRACZKA e LEAL, 2015; ITB/REINFRA, 2015).

Ao analisar o sistema de esgotamento sanitário na bacia da Lagoa Rodrigo de Freitas (RJ), D'Alcântara (2013) concluiu que há uma influência excessiva das águas pluviais na contribuição final das elevatórias do sistema, causando acréscimos de 30 a 100% na vazão de esgotos domésticos a serem veiculadas/escoadas.

Boa parte dos esgotos atualmente afluentes às ETE's é proveniente de interligações de águas pluviais, bem como de vazão decorrente de infiltrações do lençol freático na rede coletora do sistema separador (OBRACZKA e LEAL, 2015).

Além de serem diretamente afetadas por essas influências “externas”, que contribuem para gerar um esgoto mais diluído, as concentrações de importantes parâmetros de controle e projeto como a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) também podem se alterar consideravelmente em função da variação do consumo de água pela população. Essa variação depende por sua vez de diversos aspectos como uma maior ou menor disponibilidade de água, hábitos da população, perdas no sistema, micromedição/valores da tarifa e vários outros fatores (NOVOLARI, 2011).

Tsutyia (2004) indica uma variação para esse “per capita”, entre 100 e 200 l/hab.dia no consumo médio de água para populações até 10 mil habitantes, recomendando que a acima desse patamar a determinação deva ser feita por setores. Já Von Sperling (1995) discrimina uma faixa entre 150 e 300 l/hab.dia para uma cidade grande (população superior a 250.000 hab), enquanto que no estudo de Magalhães *et al* (2001) sobre 83 sistemas de abastecimento de água na área de atuação da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) foi constatado um consumo médio “per capita” de 129 l/hab.dia, e 199 l/hab.dia, incluindo as perdas.

No que se refere às concentrações de DBO e SST (Sólidos Suspensos Totais), Gonçalves e Souza (1997) indicam o valor médio de 250 mg/l, além de máximos (fortes concentrações) de 400 e 350 e mínimos (fracas concentrações) de 110 e 100 mg/l, respectivamente. Já de acordo com os dados das Licenças de Operação das principais ETE's da Área de Planejamento 5 (AP5) do município do RJ, as DBO's variam entre 300 e 340 mg/l.

Segundo a NBR 12209/92, na ausência de dados empíricos de validade reconhecida, podem ser adotados os valores de concentração de DBO de 54 g/ hab.dia e 60 de SST/hab.dia para o dimensionamento de sistemas de tratamento de esgotos sanitários.

Considerando um “per capita” médio de água de 250 l/hab.dia (usualmente utilizado em projetos) e o coeficiente de retorno água/esgoto de 0,80, a concentração de DBO resultante é de 270 mg/l, correspondente ao valor médio para a Região Metropolitana discriminado pela Tabela 2 da Diretrizes de Controla de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem Não Industrial (DZ 215) (FEEMA, 2007). Os valores discriminados pela referida Tabela variam de um mínimo de 240 mg/l (Padrão Alto) a um máximo de 400 mg/l (Padrão Baixo, ocupação desordenada).

No que se refere à concentração de SST (ou RNFT – Resíduos não Filtráveis Totais), utilizando-se os dados de entrada discriminados pela NBR 12209/92, chega-se a concentração teórica de 300 mg/l (<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zeww/mde0/~edisp/inea0014059.pdf>).

No RJ, o *per capita* de água médio de água é de cerca de 470 l/hab.dia, com base dos dados apresentados pela CEDAE (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015; 2016). Mesmo se considerando que parte desse consumo se refira a perdas que ocorrem no sistema de distribuição - estimada em cerca de 30%, a partir das informações disponibilizadas pela Concessionária no SNIS – essa maior quantidade de água sendo fornecida a população pode também estar contribuindo na prática para uma concentração de DBO nos esgotos inferior aos valores teóricos usualmente adotados como referências.

Análises efetuadas ao longo dos anos de 2015 e 2016 em afluentes às ETE's operadas pela Concessionária da AP5 na Zona Oeste do RJ (ZONA OESTE MAIS SANEAMENTO, antiga Foz Aguas 5) apresentam DBO's médias próximas a 100 mg/l e, em alguns casos, até mesmo inferiores a 50 mg/l, quando a concentração média usual do esgoto bruto é de 300 a 400 mg/l (OBRACZKA et al, 2017; MANHÃES e ARAÚJO, 2015). Quanto ao parâmetro de RNFT, a média dos resultados dessas análises empíricas é de 60 mg/l, ou seja, correspondendo a cerca de 20% do valor teórico de 300 mg/l, preconizado pela supracitada NBR 12209/92.

Em termos de vazões de escoamento nas redes e cargas afluentes as ETE's a diferença entre os valores teóricos/planejados e aqueles que ocorre na prática pode gerar diversos problemas, como a sobrecarga e a saturação da rede coletora citada por D'Alcântara (2003), contribuindo para extravasamentos para as redes pluviais e corpos hídricos. Podem também ocorrer reflexos negativos na eficiência do sistema de tratamento. Segundo técnicos da Concessionária Zona Oeste mais Saneamento (AP5), no início de 2017, ao ser dada partida da nova linha de processo biológico para ampliação da capacidade de tratamento da ETE Deodoro,



esse sistema apresentou vários contratempos devido à dificuldade de formação de lodo, em virtude da baixa concentração de carga orgânica nos afluentes brutos.

Ao longo do sistema de transporte até os efluentes atingirem as estações de tratamento pode também ocorrer vários outros obstáculos ao bom funcionamento dos sistemas de esgotamento sanitário, tais como a não interligação das economias/moradias a rede separativa disponível; a ligações feitas de forma não adequada (como conexão de águas de telados e ausência de caixa de gordura), e ao aporte excessivo de águas pluviais e de águas de infiltração na rede coletora (OBRACZKA e LEAL, 2015).

Dentre as medidas que visam atenuar os problemas nos sistemas de esgotamento e a implementação da universalização de saneamento – que independem da necessidade de sua expansão – podem ser destacadas o aumento da eficiência e implementação de melhorias na gestão e no monitoramento de sistemas existentes e já em operação.

Notadamente na última década foi dado maior enfoque ao aperfeiçoamento da gestão, incluindo a sistematização e o crescente emprego de mecanismos de aferição e controle da qualidade dos serviços prestados pelas concessionárias e empresas de saneamento, como índices e Indicadores (OBRACZKA e LEAL, 2015; OBRACZKA *et al*, 2017; MINISTERIO DAS CIDADES, 2015;2016).

Von Sperling e Von Sperling (2013) sustentam que o uso de indicadores de saneamento se tornou uma prática crescente no país, citando como exemplo a Lei Nacional de Saneamento Básico, considerada como o novo marco regulatório do setor por ter institucionalizado o uso de indicadores de desempenho. Esses índices passaram a integrar o processo de planejamento, regulação e fiscalização dos serviços com instrumentos como o SNIS, que disponibiliza um banco de dados e índices padronizados relacionados ao Saneamento.

Os dados e informações são atualizadas anualmente e podem ser utilizadas pelos gestores e operadores do setor para planejar e aferir a eficiência dos sistemas de saneamento (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015; 2016). A ANA (2019) divulgou recentemente o Relatório “ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores que se baseia em indicadores de desempenho” baseado na avaliação desses índices para elaborar um diagnóstico e subsidiar ações de planejamento.

A utilização criteriosa desses índices também pode servir de suporte no direcionamento de ações e investimentos, visando aumentar o atendimento e a eficiência dos sistemas e contribuir no sentido da almejada universalização, não necessariamente pela ampliação do sistema através da construção de novas redes de esgoto (OBRACZKA e LEAL, 2015; OBRACZKA *et al*, 2017). Esses mesmos autores sustentam que, a disponibilização desses indicadores pode extrapolar os aspectos técnicos e operacionais ou ainda proporcionar uma maior transparência e permitir um melhor exercício do controle social.

Avaliando indicadores de saneamento (da base de dados do SNIS) e indicadores de saúde pública (da base de dados DATASUS), a ABES (2017) apresentou um ranking para os 231 municípios mais populosos do país, no que se refere ao estágio de universalização do saneamento.

De acordo com o Ranking, apenas 6% do total de municípios avaliados atingiram a pontuação de enquadramento na categoria Rumo à Universalização, 18% estão em Compromisso com a Universalização e 76% dos municípios na categoria Primeiros Passos para a Universalização, o que demonstra o quão distante estamos da universalização (ABES, 2017).

A partir de uma metodologia similar, Obraczka *et al* (2018) constataram que com exceção de Quatis, todos os demais 17 municípios da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (CBH III) se encontram ainda no estágio inicial (Primeiros Passos para a Universalização). Ainda com base nessa pesquisa foi possível identificar pontos críticos e ações prioritárias para implementação do saneamento nos municípios da região em estudo.

Indicadores de saneamento também vêm sendo utilizados no sistema de gestão e planejamento da AP5 do município do Rio de Janeiro (RJ), concedido pela Prefeitura à iniciativa privada a partir de 2011 (PMRJ, 2012; 2014; FOUZAGUAS 5, 2015).

Porém, segundo Obraczka e Leal (2015), a aferição de dados de entrada para o cálculo dos índices carece de maior precisão, sem a qual os resultados obtidos podem mascarar uma realidade e levar a equívocos, inclusive em relação a eventuais tomadas de decisão. Os resultados obtidos para Indicadores operacionais e respectivas metas podem se alterar substancialmente em função do tipo de dado de entrada e/ou metodologia utilizada nos cálculos para sua determinação.

Vale destacar ainda que as principais fontes de informação disponíveis quanto a índices e indicadores de saneamento - como o SNIS e o IBGE - podem apresentar grandes discrepâncias entre si, tendo em vista serem gerados a partir de distintas metodologias. Enquanto que o SNIS é alimentado com base em informações fornecidas pelos órgãos e empresas concessionárias de saneamento, os dados do IBGE são fundamentado a partir de informações colhidas junto aos moradores locais, de forma amostral e por meio de tratamento estatístico dos dados extrapolado para população total.

### Considerações sobre a Legislação pertinente

No que se refere às demandas da legislação federal, as etapas e os processos de tratamento disponíveis devem atender em especial a Resolução CONAMA 430/11.

Segundo seu Art. 16, “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis”.

Ainda de acordo com a referida Resolução, “poderão ser aplicáveis aos sistemas de tratamento de esgotos sanitários, a critério do órgão ambiental competente, em função das características locais, não sendo exigível o padrão de nitrogênio amoniacal total”.

Em seu Artigo 21, a CONAMA 430/11 estabelece condições e padrões específicos para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários. A Tabela 1 discrimina os parâmetros e limites da CONAMA 430/11 no que se refere à DBO.

**Tabela 1 – Parâmetros e limites da CONAMA 430/11 para Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de qualquer fonte poluidora e efluentes oriundos de ETE's**

Parâmetro	Limites	Observações
Lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora		
<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C)</b>	Remoção mínima de 60% de DBO	Sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;
Lançamento de efluentes oriundos de ETE's		
<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5 dias a 20°C)</b>	Máximo de 120 mg/l	Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor

Fonte: Resolução CONAMA 430/11 (<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>)

Ainda no âmbito federal podem ser destacados, entre outros, os seguintes marcos legais e normativos: a Resolução CONAMA nº 274/2000 (Estabelece as categorias em que serão avaliadas as águas doces, salobras e salinas destinadas a balneabilidade) e a Resolução CONAMA nº 357/05 (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).

No Estado de SP o Decreto nº 8.468, de 08/0976 (Atualizado pelo Decreto 54.487, de 26/06/09), estabelece para DBO (5 dias, 20°C) um limite máximo de 60 mg/l, que somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora em termos dessa DBO do despejo em no mínimo 80%.

O estado de MG adota limite máximo semelhante, embora permita que este limite só possa ser ultrapassado no caso do sistema de tratamento de águas residuárias reduzir a carga poluidora do efluente em termos de DBO em 85%, no mínimo. Estabelece ainda para a DQO um máximo de 90 mg/l (este limite só poderá ser

ultrapassado no caso do sistema de tratamento de águas residuárias reduzir a carga poluidora, em termos de DQO do despejo em 90%, no mínimo) (Deliberação Normativa COPAM 010/86).

Conforme já mencionado, na esfera estadual do RJ, a DZ-215 é a diretriz mais relevante, discriminando os limites e as restrições de concentração de carga orgânica nos despejos e lançamentos de efluentes expressas em DBO e RNFT (ou SST), diferenciados a partir da carga orgânica bruta afluente aos sistemas de tratamento. A Tabela 2 apresenta essas faixas de carga orgânica, associadas a concentrações máximas efluentes de DBO e RNFT, bem como as respectivas eficiências mínimas de remoção, sendo estas relacionadas a algumas tipologias de tratamento mais comumente utilizadas e indicadas pela literatura técnica para o atendimento dessas demandas.

**Tabela 2 - Concentrações máximas exigidas, em DBO e RNFT (OU SST) e respectivas eficiências de remoção mínimas de DBO para o lançamento de efluentes sanitários de indústrias, estabelecimentos comerciais, canteiros de obras e ETE's de concessionárias de serviços de esgotos.**

<b>Carga Orgânica Bruta (C) <sup>(1)</sup> (kg DBO/dia)</b>	<b>Concentrações máximas em DBO e RNFT (SST)<sup>(2)</sup> (mg/L)</b>	<b>Eficiência de remoção de DBO requerida (%)</b>	<b>Exemplo de Tipologia de tratamento a ser adotada p/atingimento da eficiência requerida</b>
<b><math>C \leq 5</math></b>	180 <sup>(3)</sup>	30	Fossa séptica
<b><math>5 &lt; C \leq 25</math></b>	100	65	Fossa séptica+filtro anaeróbio
<b><math>25 &lt; C \leq 80</math></b>	60	80	reator de manta de lodo+biofiltro aerado
<b><math>C &gt; 80</math></b>	40	85	lodos ativados(LA)

Notas: 1 - Carga orgânica bruta por dia. 2 - Concentrações máximas permitidas de DBO e RNFT (ou SST) no efluente tratado. 3 - Condição válida, considerando-se a possibilidade de infiltração adequada do efluente da fossa séptica no solo ou a existência de rede coletora; caso contrário, deverá ser implantado tratamento complementar através de filtro anaeróbio, ou similar de eficiência equivalente. Fontes: DZ 215 R-4(FEEMA, 2007), Borges, 2017, Santos et al, 2014; Von Sperling 1995; ABES, 1999

Segundo o item 7.18 da DZ 215, o lançamento de efluentes líquidos deverá atender, ainda, aos critérios e padrões estabelecidos pela NT-202 (Critérios e Padrões para Lançamento de Efluentes Líquidos), Portaria SERLA 567 e pela Resolução CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) no 65. Dependendo de cada caso, o órgão ambiental pode apresentar maiores demandas e restrições para o sistema, em função da situação/condição do corpo receptor e/ou de alguma outra característica local.

De uma maneira geral, contata-se que as ETE's situadas na RMRJ dispõem como padrão o tratamento secundário para atendimento da DZ 215, com algumas variantes em termos de etapas/processos de tratamento. Esses sistemas atendem a uma gama extensa de vazões afluentes: enquanto que à ETE Alegria afluí uma vazão de cerca de 1500 l/s, a ETE Vilar Carioca recebe cerca de 13 l/s, sendo que ambas possuem um sistema de lodos ativados (LA), processo esse que apresenta uma característica de eficiência de remoção de DBO superior a 90% (JORDÃO e PESSOA, 2017). Esse e outros dados referentes a algumas ETE's de maior porte na RMRJ são discriminados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Vazões médias de projeto e tipos de tratamento/eficiência esperada em algumas das ETE's de maior porte na RMRJ**

Fonte geradora (ETE)	Concessionária responsável	Vazão média de projeto/(l/s)	Tipo/sistema de tratamento disponível	Eficiência de Remoção DBO (estimada) (%)
<b>ETE Deodoro</b> <sup>(8)</sup>	Foz Aguas 5 <sup>(5)</sup>	210 <sup>(1)</sup> /750	LA por aeração prolongada	90 <sup>(6)</sup>
<b>ETE Sepetiba</b>	Foz Aguas 5 <sup>(5)</sup>	60 <sup>(1)</sup>	LA por aeração prolongada	90 <sup>(6)</sup>
<b>ETE Pedra Guaratiba</b>	Foz Aguas 5 <sup>(5)</sup>	40 <sup>(1)</sup>	Reator UASB+biofiltro aerado submerso+decantador secundário	45 a 75 <sup>(3)</sup>
<b>ETE Vila Kennedy</b>	Foz Aguas 5 <sup>(5)</sup>	39 <sup>(1)</sup>	Valo de oxidação	95 <sup>(7)</sup>
<b>ETE Vilar Carioca</b>	Foz Aguas 5 <sup>(5)</sup>	13 <sup>(1)</sup>	Lodos ativados por batelada	93 <sup>(6)</sup>
<b>ETE Alegria</b>	CEDAE	2500/5000 <sup>(2)</sup>	LA por aeração prolongada	90 <sup>(6)</sup>
<b>ETE Penha</b>	CEDAE	1200	Lodos ativados por aeração prolongada/ <i>Deep Shaft</i>	92 <sup>(6)</sup>
<b>ETE Sarapuú</b>	CEDAE	1500	Primário quimicamente Assistido (3) + Lodos ativados	45 a 80 <sup>(4)</sup>
<b>ETE Pavuna Meriti</b>	CEDAE	1500	Primário quimicamente Assistido (3) + Lodos ativados	45 a 80 <sup>(3)</sup>
<b>ETE I. Governador</b>	CEDAE	450	LA por aeração prolongada	90 <sup>(6)</sup>
<b>Somatório vazões médias de projeto</b>		<b>7900</b>		

<sup>(1)</sup> Vazão discriminada pela LO/Plano de Acompanhamento das ETE's (2015/16); <sup>(2)</sup> Vazão de fim de plano

<sup>(3)</sup> O UASB (Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente) pode se enquadrar na etapa primária de tratamento. De acordo com Jordão e Pessoa (2017), possui uma elevada eficiência de remoção de matéria orgânica (entre 45% e 75%) quando comparado ao decantador primário e ainda promove digestão biológica. Dependendo da localidade e do corpo receptor, o efluente do UASB pode possuir qualidade suficiente para atender aos parâmetros de lançamento da CONAMA nº 430/11, enquanto que onde a legislação estadual é mais rígida, ele ainda precisa passar por mais uma etapa de pós-tratamento. <sup>(4)</sup> O tratamento primário quimicamente assistido é considerado uma decantação primária avançada com processos físico-químicos. Segundo Jordão e Pessoa (2017) a eficiência de remoção de matéria orgânica varia entre 45% e 80% dependendo das características do efluente, do produto químico e a concentração adicionada. <sup>(5)</sup> Atual Zona Oeste Mais Saneamento; <sup>(6)</sup> Recentemente foi inaugurada uma nova linha de tratamento através de um sistema de lodos ativados por batelada ("Nereda"), ampliando a capacidade da ETE Deodoro para 750 l/s. Pela indisponibilidade de maiores dados a esse respeito, ela não foi incluída na presente pesquisa.

Fontes: Atlas Esgotos ANA, 2017; Obraczka et al, 2017; Silva Jr, 2017<sup>(6)</sup>; Santos et al, 2014; PMRJ, 2014; Bielschowsky, 2014; Bezerra, 2004(7); e [https://www.grupoaguasdobrasil.com.br/zona-oeste-mais-saneamento/a-concessionaria/perfil/\(8\)](https://www.grupoaguasdobrasil.com.br/zona-oeste-mais-saneamento/a-concessionaria/perfil/(8))

Com base nessas estimativas, pode se depreender que cerca de 16,5 m³/s de efluentes estariam sendo destinados adequadamente, se forem computados os cerca de 8 m³/s (incluindo a ampliação de Deodoro) sendo tratados pelas principais ETE's da RMRJ (Tabela 3) e os 8,5 m³/s referentes aos emissários de Ipanema (7,5m³/s) e Barra (1,0 m³/s), respectivamente (FEITOSA, 2017).

Deve ser ressaltado que, na maior parte dos casos, constata-se que as vazões afluentes médias efetivas atualmente são inferiores às de projeto, como é caso da ETE Alegria (1,5 ao invés de 2 m³/s).

Se, por outro lado, for considerada uma vazão de abastecimento de água proveniente somente do sistema Guandu/Ribeirão das Lajes na ordem de 50 m³/s (CEDAE, sem data), considerando ainda uma perda estimada de 30% no sistema (SNIS, 2016), e um coeficiente de transformação água/esgoto de 0,80, tal situação representaria um total de cerca 28 m³/s de efluentes sendo gerados, dos quais somente 16,5 m³/s (pouco mais do que 50%) estariam sendo corretamente destinados. A outra metade estaria sendo lançada nos corpos receptores – hídricos em sua maioria - sem qualquer tratamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente é realizado um levantamento expedito da legislação pertinente, como a CONAMA 357/05 e, no que se refere ao Estado do RJ, notadamente a DZ 215 R4. Também são levantados dados disponíveis na literatura e nas normas técnicas, com ênfase na NBR 12209/92 (Projetos de Estações de Tratamento de Esgoto) e outras publicações técnicas e científicas afins.

Também, são pesquisados indicadores e metas operacionais na prestação de serviços de saneamento. Para o presente trabalho são adotados os Indicadores operacionais de Cobertura, Atendimento e Tratamento de Esgoto na concessão da AP5, bem como suas respectivas metas.



Como fonte adicional de informação são consultados os dados disponíveis referentes à prestação de serviços pela Concessionária perante o poder concedente (PMRJ), informações essas obtidas com base no Relatório de Prestação de Serviços (PPS) da Concessionária local, relativo ao ano de 2016, bem como a partir dos dados disponíveis no SNIS.

Para contextualização, os dados obtidos são comparados aos indicadores e às metas do PLANSAB.

Quanto aos parâmetros de controle, são levantadas e avaliadas as concentrações de DBO, RNFT e DQO nos afluentes de ETE's ativas do sistema de esgotamento sanitário da AP5 (Zona Oeste do município do RJ), parâmetros esses relacionados direta ou indiretamente à matéria orgânica presente nos esgotos sanitários e largamente empregados como dados básicos de projeto/dimensionamento como no monitoramento dos sistemas de saneamento/tratamento de esgotos.

Das quatro fontes distintas de informação utilizadas, a de cunho mais empírico se baseia nos resultados das análises de controle e monitoramento das ETE's da AP5 realizadas por laboratório credenciado no INEA, relativas em período situado entre os anos de 2015 e 2016.

Foram também consultados os dados disponíveis nas Declarações de Carga Poluidora (DCP) e nos Relatórios de Avaliação dos Efluentes (RAE), referentes a esse período, e que fazem parte do processo de monitoramento compulsório dessas ETE's em operação, em atendimento ao licenciamento pelo órgão ambiental e mais especificamente ao PROCON ÁGUA.

Foram também levantados os dados disponíveis nas Licenças de Operação (LO's) das ETE's em análise, mais especificamente as suas vazões e cargas orgânicas afluentes médias, além de eventuais restrições e demandas específicas no que se refere à qualidade e/ou limites para lançamento dos efluentes tratados.

Para a presente pesquisa, são adotadas como estudo de caso as cinco ETE's consideradas como de maior porte da AP5, sendo que quatro delas serão aquelas que - de um total de 19 ETE's em operação - permanecerão ativas operando ao longo do horizonte de concessão, conforme indicado pelo planejamento da Concessionária local.

São elas as ETE's de Deodoro, Pedra de Guaratiba, Sepetiba e Vila Kennedy, embora essa última se encontrasse ainda em processo de licenciamento na época do levantamento de dados e não dispusesse, portanto, de DCP e RAE.

Embora prevista para ser desativada nos próximos anos – de acordo com informações dos técnicos da Concessionária – a ETE Vilar Carioca foi também incluída no grupo selecionado para o estudo, tendo em vista receber uma vazão considerável e por se tratar de um sistema de lodos ativados diferenciado dos demais, operando por batelada. No somatório, essas cinco Estações são responsáveis pelo tratamento de cerca de 90% dos afluentes a todas as ETE's da área de concessão da AP5 (OBRACZKA *et al*, 2017).

De forma a dar maior embasamento a análise objeto dessa pesquisa, são também consultados supletivamente os dados e resultados do monitoramento referentes a outras 14 ETE's da mesma área de concessão, consideradas de menor porte e que são previstas para serem desativadas.

São ainda avaliados os índices referentes a outros parâmetros de controle e monitoramento disponíveis tais como pH, Óleos e Graxas, Resíduos Sedimentáveis, e MBAS (Surfactantes), dados esses disponíveis somente nos RAE e nas análises do laboratório independente.

Em sequência, os dados provenientes das distintas fontes consultadas são comparados, tanto com parâmetros e limites definidos pela legislação ambiental pertinente como com valores convencionais disponíveis na literatura técnica e amplamente empregados em projetos, gestão e planejamento de sistemas de esgotamento sanitário.

A partir dos resultados, é realizada uma análise crítica, que fornece subsídios a proposição de melhorias e aperfeiçoamento no sistema de saneamento, de uma maneira geral, e quanto ao emprego de indicadores, em particular.

### A área em estudo

A área em estudo se insere na Zona Oeste do município do RJ, sendo um dos principais vetores de crescimento da RMRJ. É constituída por 22 bairros e abrange um contingente populacional de cerca de 2 milhões de habitantes (IBGE, 2000; 2010; OBRACZKA *et al*, 2017). Trata-se de uma região composta tanto por áreas de intensa urbanização como por áreas ainda semi-rurais, onde predomina uma população de baixo poder aquisitivo.

De acordo com o estudo de Cavallieri e Lopes (2008), bem como segundo os dados do IBGE e do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil/Radar IDHM (2013), os índices de desenvolvimento humano da maioria dos bairros locais se encontra entre 0,70 e 0,75 enquanto que os IDHM da RMRJ, do município do RJ e o do município de Niterói são bem mais elevados, de 0,771, 0,799 e 0,837, respectivamente.

Embora desfrutando de uma situação estratégica no contexto do município do RJ, a Zona Oeste foi historicamente pouco priorizada pelo poder público, inclusive do ponto de vista de investimentos em saneamento, mesmo se constituindo em uma das gerações/contribuições de efluentes mais importantes (e, portanto, fontes potenciais de poluição), tanto para a Bacia da Baía de Sepetiba como para a Baía de Guanabara (BILA *et al*, 2017; OBRACZKA e LEAL, 2015).

Segundo o PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio) (IBGE, 2016), boa parte dos seus esgotos é direcionada para galerias pluviais e corpos hídricos, ou ainda infiltrados no solo.

A partir de meados dessa última década, a região da Zona Oeste do município do RJ vem sendo palco de obras para implantação e ampliação do sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, intervenções essas iniciadas a partir da concessão pelo Município do RJ da prestação dos serviços de saneamento a uma empresa privada, em 2011.

Baseado nas diretrizes do contrato referente a essa concessão, a empresa concessionária de saneamento apresentou e aprovou um Plano de Prestação de Serviços (PPS) junto ao poder concedente (PMRJ). Foi estabelecido um sistema de Indicadores de Saneamento, atrelado a um Plano de Metas (quinquenal ao longo do horizonte de concessão), que deve ser seguido/atendido pela Concessionária (PMRJ, 2012;2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o Anexo III do PPS da Concessionária local, algumas das principais metas a serem atingidas ao longo do horizonte da concessão são: Meta de Cobertura, Atendimento e Tratamento. Tais metas estão atreladas aos respectivos indicadores: o Indicador de Cobertura de Esgoto (ICE), o Indicador de Atendimento de Esgoto (IAE) e o Indicador de Tratamento de Esgoto (ITE). A Tabela 4 apresenta a evolução desses indicadores e o percentual atingido da meta para o período entre os meses de julho/2015 e janeiro/2016 e o percentual atingido em relação à meta estabelecida para o final dos primeiros 5 anos de concessão (2016).

**Tabela 4 – Evolução dos Indicadores de Cobertura (ICE), Atendimento (IAE) e Tratamento (ITE) em relação às metas da concessão (2016) e do PLANSAB (2018)**

Indicador/ Mês		jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	Meta Concessionária (2016) (%)	Meta PLANSAB <sup>(3)</sup> 2018 (%)
<b>ICE</b>	Valor(%)	37,3	37,4	37,2	38,4	38,3	40,5	41,8	40	90
	<sup>(1)</sup>	93,3	93,4	93,1	96,1	95,9	101,4	104,5	-	-
<b>IAE</b>	Valor(%)	35,3	35,4	36,2	36,9	36,8	39,0	40,2	33	-
	<sup>(1)</sup>	107,1	107,2	109,6	111,9	111,6	118,2	122,0	-	-
<b>ITE</b>	Valor(%)	33,7	34,4	33,5	33,3	34,8	39,3	35,7	31 <sup>(2)</sup>	63
	<sup>(1)</sup>	108,7	111	113,8	113	118,1	133,5	121,3	-	-
	<sup>(4)</sup>	53,5	54,6	53,2	52,9	55,2	62,4	56,7	50	100

(1) Percentual alcançado pelo “Valor apresentado pela Concessionária” em relação à meta prevista para o período 2013/2016. (2) 95% da meta de IAE (33%), ou seja, 31%.(3) Metas para áreas urbanas no SE, tomando o ano marco de 2018 como base. (4) Valor alcançado em relação a meta do PLANSAB de 2018

Fontes: PMRJ, 2012; 2014; Ministério das Cidades, 2013; Obraczka e Leal, 2015

De acordo com esses dados, constata-se, por exemplo, que mesmo no caso do índice mais desfavorável (ICE de julho de 2015) a Concessionária atingiu as metas de cobertura um ano antes do previsto (dez 15). Isso não

impede, porém, que essas metas se situem em patamares aquém daqueles estabelecidas pelo PLANSAB, mesmo considerando que haja uma defasagem entre o ano adotado como base do plano da Concessionária (fim dos primeiros 5 anos de contrato, isto é, 2016) e o ano marco do PLANSAB mais próximo (2018).

No caso da meta de tratamento, embora o PLANSAB estabeleça 63% para 2018, a meta do Plano de Concessão para o ano base mais próximo (2016) é bem menos ambiciosa: 31%. Considerando esse valor e de acordo com os números apresentados, a meta do Plano não é apenas atingida como superada, sendo que no caso mais favorável - o mês de dezembro de 2015 - ela atinge o patamar de 133,5%, refletindo ao menos teoricamente que a meta foi antecipada.

Por outro lado, quando comparada à meta do PLANSAB, o índice atingido se retrai para 62,4% da meta definida pelo Plano.

Verifica-se que a importância desses Indicadores extrapola, portanto, questões específicas, como a simples avaliação da maior ou menor eficácia do sistema propriamente dito, sendo também determinantes na mensuração das metas pactuadas e nos respectivos desdobramentos.

Entre esses últimos pode ser citada a tomada de medidas/ações estratégicas como a adoção de alterações no planejamento de obras de reforma/ampliação do sistema. Ou mesmo no que se refere diretamente a aspectos institucionais e de gestão como a aplicação ou não de sanções a Concessionária, por não atingimento das metas estabelecidas no contrato e no seu Plano de Prestação de Serviços (OBRACZKA e LEAL, 2015).

Vale destacar que esse aspecto é implicitamente considerado quando foram estabelecidos planos (e metas) quinquenais ao longo do horizonte da concessão, conferindo maior dinamismo e resiliência ao processo de planejamento (CBIC, 2016).

Já especificamente no que diz respeito ao aspecto de qualidade dos efluentes tratados e a eficiência necessária do tratamento, pode ser constatado que não são previstos/empregados indicadores. A gestão e o monitoramento se apoiam no atendimento de parâmetros de concentração máxima de DBO (limites) nos efluentes e de eficiência de remoção de carga orgânica no sistema de tratamento, se atendo, portanto, basicamente ao preconizado pela legislação e pelo licenciamento ambiental pertinente (OBRACZKA e LEAL, 2015).

No caso do Estado do RJ, os marcos legais/legislativos mais importantes são a Resolução CONAMA 430/11 (federal), no que diz respeito às condições e exigências referentes ao lançamento de poluentes em corpos hídricos, e ainda a Diretriz Estadual DZ-215 R4 (FEEMA, 2007).

Essa última apresenta as restrições de concentração de carga orgânica nos despejos e lançamentos de efluentes expressas em DBO e RNFT, diferenciados a partir da carga orgânica bruta afluente aos sistemas de tratamento, sendo mais restritiva do que a instância federal, a partir de uma carga afluente de 5 kg DBO/dia.

A remoção mínima de DBO exigida pela CONAMA 430 é 60% enquanto que na DZ exige 65% ou superior. Ainda segundo a referida DZ, o lançamento de efluentes líquidos deverá também atender aos critérios e padrões dos seguintes marcos normativos: NT-202, Portaria SERLA 567 e Resolução CNRH no 65 (SANTOS et al, 2014).

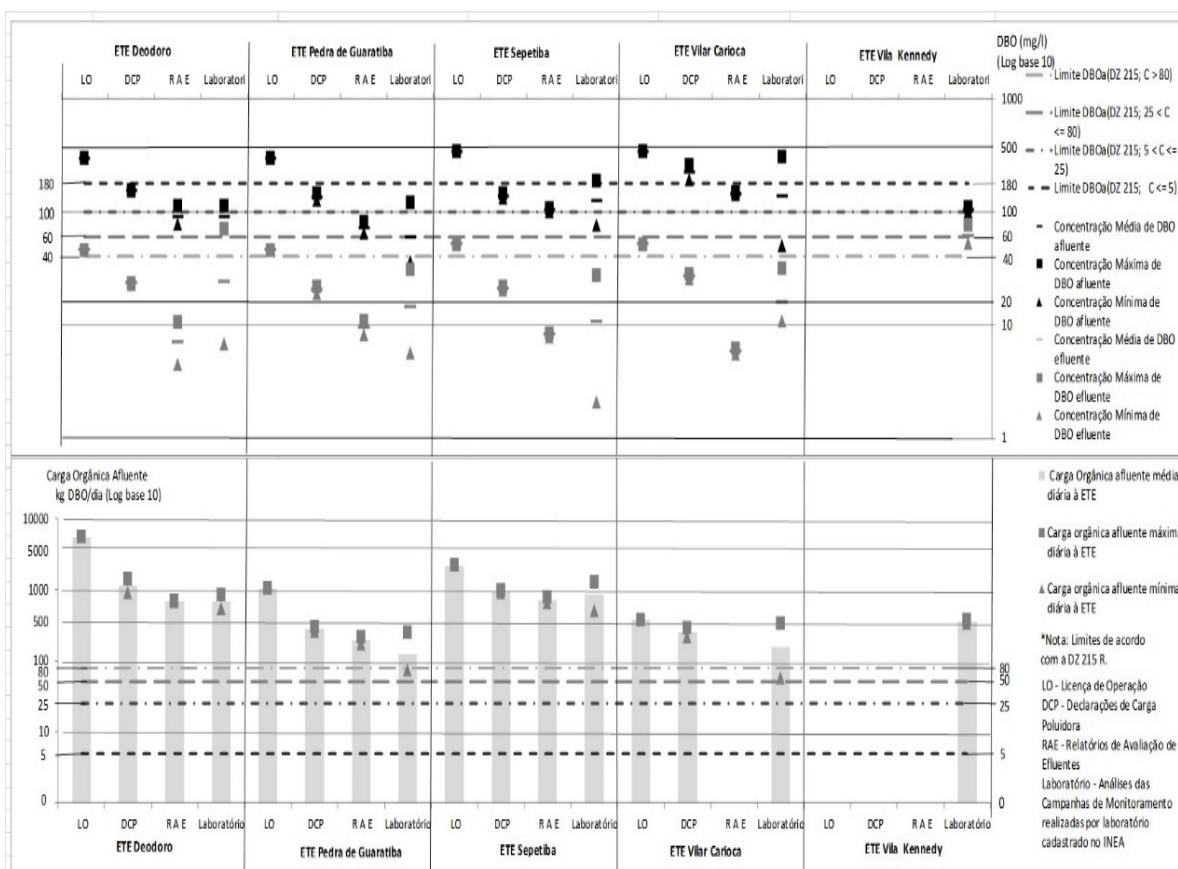
Complementarmente, devem ser observadas ainda as exigências intrínsecas ao licenciamento ambiental do sistema de tratamento, que pode incluir maiores restrições específicas quanto a demandas de eficiência e de qualidade mínimas do efluente tratado e ainda de maior grau de tratamento para o mesmo, antes do seu descarte no corpo hídrico receptor.

Isso ocorre, por exemplo, quanto à exigência de tratamento terciário para remoção de nutrientes, em caso de lançamento do efluente tratado em corpo hídrico fechado. Tendo em vista a relevância legislação pertinente no processo, a seguir são realizadas algumas considerações mais específicas sobre a mesma.

Consultando-se as respectivas Licenças Ambientais de Operação (LO's) das ETE's avaliadas, não foram constatadas restrições específicas quanto à eficiência e a qualidade dos seus efluentes tratados, além daquelas comumente discriminadas de forma mais genérica na maioria das LO's de sistemas de tratamento afins.

Ou seja, no que se refere aos parâmetros e frequência de monitoramento, o arcabouço a ser atendido é composto basicamente pela exigência de atendimento da NT 202 R10 (Critérios e Padrões de Lançamento de Efluentes Líquidos), da DZ 215 R4 (Diretriz de Controle de carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de origem não Industrial), da DZ 942 R7 (Diretriz do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos – PROCON AGUA) e ainda a apresentação anual da Declaração de Carga Poluidora (DCP), em atenção a CONAMA 357/05.

Com relação aos dados provenientes das fontes consultadas que foram obtidos pela pesquisa (LO, DCP, RAE e Laboratório independente), eles são apresentados de forma compilada/sintetizada nas Figuras 3, enfocando os parâmetros de DBO e carga orgânica afluentes e efluentes mínimas, médias e máximas para as cinco ETE's elencadas. Também são discriminados as faixas de carga orgânica e os respectivos limites para lançamento de DBO estabelecidos pela legislação pertinente mais restritiva (DZ 215 do RJ).



**Figuras 3 – Comparação entre os resultados de DBO afluente e efluente mínimas, médias e máximas com limites de DBO e respectivas faixas de carga orgânica estabelecidos pela DZ 215, referentes às 5 ETE's avaliadas na pesquisa**

No que se refere à DBO/RNFT, os resultados se apresentam de forma distinta, dependendo basicamente da fonte de consulta utilizada. Quando se avalia os resultados das campanhas de análises realizadas pelo laboratório independente no período de dois anos de monitoramento (2015/16), bem como os dados de Relatórios de Acompanhamento de Efluentes (RAE) das ETE's estudadas, observa-se que as concentrações de DBO/RNFT afluentes se encontram bem inferiores aos valores adotados como parâmetro de projeto e de dimensionamento de sistemas de tratamento, usualmente situados entre 300 e 400 mg/l.

No caso específico da DBO, a média geral dos resultados das campanhas (realizadas pelo laboratório) se situa próxima a 100 mg/l enquanto que a média geral dos dados dos RAE é de 104 mg/l. Vale ressaltar que isso se verifica na totalidade das médias das análises realizadas, inclusive nas ETE's de maior porte e que representam cerca de 90% do esgoto tratado na AP5.



Considerada como um sistema de médio porte, a ETE Vilar Carioca foi a que apresentou a média máxima entre os resultados analisados (145 mg/l, ou seja, próximo a metade do valor mínimo da faixa convencionada), enquanto que a DBO mínima (60 mg/l, cerca de 20% do valor mínimo convencionado) foi verificada na ETE Pedra de Guaratiba.

Os resultados constados nas cinco ETE's não diferem do contexto geral dos valores obtidos para os parâmetros avaliados nas demais quatorze ETE's consideradas como ativas na AP5 (média simples de 140 mg/l para as DBO afluentes). Ou seja, se encontram de acordo com um padrão de concentrações também muito inferior aos valores usualmente praticados, com apenas duas exceções (ETE Palmares e ETE V. João Lopes com DBO afluente de 612 e 239 mg/l, respectivamente).

Já os dados disponíveis nas Declarações de Carga Poluidora (DCP's) apresentam uma concentração média de DBO de 160 mg/l. Embora ligeiramente superiores aos valores aferidos nas duas primeiras fontes já citadas (laboratório independente e RAE), pode ser constatado se tratar de números ainda bem inferiores aos valores teóricos convencionalmente adotados/utilizados como base para projetos e para o licenciamento.

Os únicos dados cujos valores se aproximam dessas concentrações "teóricas" (na faixa de 300 a 340 mg/l) são aqueles obtidos através da 4ª fonte consultada, quais sejam, as respectivas Licenças de Operação das ETE's. Dessa forma, verifica-se que a diferença das concentrações "teóricas" em relação ao valor médio encontrado nas ETE's avaliadas pode variar de 10 a 300%, dependendo da fonte de dados utilizada na presente pesquisa (campanhas, RAE, DCP e Licenças).

Merece ser ainda destacada a ocorrência de casos em que as concentrações de DBO afluentes médias as ETE's aferidas pelas campanhas já apresentam valores inferiores aos limites máximos recomendados para lançamento do efluente tratado em atendimento a legislação vigente (DZ 215).

No grupo das 5 ETE's de maior porte avaliadas, essa situação foi observada em cerca de 17% do total de análises das campanhas e, notadamente, nas ETE's de Vilar Carioca (25% dos resultados das análises) e Pedra de Guaratiba (50%).

Já no grupo das ETE's de menor porte - que deverão ser desativadas pelo operador do sistema - esta ocorrência também foi verificada em todas elas, com exceção de Palmares, Areal e V.J. Lopes. Ou seja, ao menos teoricamente e se somente fosse considerado o limite máximo de lançamento da DZ 215, em muitos dos casos avaliados não haveria necessidade de tratamento para remoção de carga orgânica.

Entretanto, vale ressaltar que os limites - tanto para a concentração máxima final de lançamento como para a eficiência mínima de remoção - são estabelecidos no RJ pela DZ 215 em função da carga orgânica total afluente.

Assim sendo, à medida que a concentração afluente real é bem inferior àquela calculada - a partir de valores padrões usuais utilizados nos projetos - tais limites poderão se estabelecer em patamares menos "exigentes", demandando, portanto, menor grau de tratamento (e de eficiência de remoção de carga orgânica) proporcionado pelo sistema visando sua adequação para descarte no corpo receptor.

Verifica-se que esse aspecto é especialmente válido para ETE's de médio e pequeno porte.

No caso das ETE's com grandes vazões afluentes, mesmo sendo a concentração de DBO afluente muito inferior aos valores teóricos usualmente adotados, ela não possui maior influência sobre a determinação do nível de tratamento exigido, já que esses grandes caudais tendem a compensar essa baixa concentração/diluição no cálculo da carga orgânica bruta afluente.

Considerando, por exemplo, a menor concentração de DBO média encontrada pela pesquisa (de 60 mg/l, na ETE P. de Guaratiba), uma vazão afluente média de 15 l/s - valor esse superior a vazão da grande maioria das ETE's avaliadas - seria suficiente para que seja requerido o nível de tratamento mais elevado estabelecido pela DZ 215, ou seja, de atingir-se uma eficiência mínima de remoção de 85%, além de uma DBO máxima efluente de 40 mg/l.

No que se refere exclusivamente as demandas estabelecidas pela legislação mais restritiva de concentração de carga orgânica (DBO) no efluente final para descarte no corpo receptor (novamente a DZ 215), se for considerado apenas uma etapa de tratamento anaeróbio – como um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (RAFA ou UASB em inglês), com eficiência facilmente alcançada da ordem de 60% (ABES, 1999) – essa seria suficiente para adequar cerca de 60% do total das concentrações afluentes as ETE's analisadas aos limites normativos estabelecidos.

Vale destacar que para as demais legislações consultadas (estados de SP e MG, bem como pela própria CONAMA 430/11) a eficiência mínima de remoção preconizada é de 60% e o limite máximo de lançamento é de 60 mg/l.

Se for considerado, por exemplo, o limite da CONAMA 430/11 (máximo de 120 mg/l), 50% dos resultados encontrados para as concentrações médias de DBO no afluente bruto já estaria de acordo com as exigências, sem a necessidade de tratamento.

Se for considerada uma remoção de 30% obtida por uma etapa de tratamento primário (Tabela 1), não haveria necessidade de tratamento secundário para a totalidade dos casos avaliados.

Quanto ao parâmetro de RFNT (SST), disponível somente nas análises do laboratório independente e através dos dados das RAE, também foram constatadas concentrações bem mais diluídas em relação aos valores não empíricos usualmente adotados, de forma análoga aquilo que foi verificado no que se refere à DBO.

No que diz respeito à DQO, os dados disponíveis (DCP's e RAE's) indicam concentrações médias também inferiores aos valores usuais em esgotos sanitários, de maneira análoga aos resultados encontrados para os parâmetros de DBO e RNFT.

Sob uma ótica mais geral, se a presente análise levar também em consideração a carência de maior precisão na medição das vazões afluentes as ETE's em estudo – relatada em recentes trabalhos (OBRACZKA e LEAL, 2015; OBRACZKA *et al*, 2017) – depreende-se que as respectivas cargas orgânicas afluentes reais a esses sistemas de tratamento devem se situar em patamares bem inferiores, e muito distintos dos valores que vem sendo adotados no dimensionamento e gestão desses sistemas, uma vez que esses usualmente são baseados em estimativas e valores teóricos.

Portanto, além dos aspectos relacionados a possibilidade de redução das demandas de tratamento mínimo necessário, há outros reflexos relevantes que devem ser considerados e avaliados, como no caso da aferição de metas operacionais pactuadas no contrato e no PPS da concessão na AP5.

Podem ser também constatadas discrepâncias entre os dados constantes das Declarações de Carga Poluidora (e também das Licenças de Operação) em relação aos resultados disponíveis nos RAE, que são ainda mais nítidas quando comparados aos dados das campanhas de monitoramento das ETE's (laboratório independente). Constata-se ainda que há uma maior variação nos resultados mínimos, médios e máximos provenientes das análises do Laboratório e das RAE do que nos dados provenientes das LO's e DCP's.

Tais aspectos podem decorrer do fato de que nas primeiras (DCP's e LO's) são utilizados dados médios de cunho mais teórico, enquanto que no caso das análises (Laboratório e RAE) trata-se de dados empíricos, aferidos nos respectivos ensaios/análises.

No que se refere à validade dos ensaios do Laboratório independente, deve ser ressaltado que foram avaliados os dados referentes à no mínimo três campanhas distintas para cada ETE (na maioria foram efetuadas 4 ou 5 campanhas), realizadas em diferentes ocasiões, tendo sido em todas elas constatados valores compatíveis entre si.

Com relação aos resultados dos demais parâmetros não diretamente relacionados à carga orgânica – parâmetros como Óleos e Graxas, MBAS e Materiais Sedimentáveis – que também foram aferidos pelas análises e ora avaliados de maneira supletiva, pode ser constatado que eles se encontram dentro dos valores usuais para esgotos sanitários. Pode-se inferir, portanto que a “diluição” constatada para os parâmetros de DBO e RNFT não influi da mesma forma com relação aos demais parâmetros analisados.

## CONCLUSÕES

Concentrações de importantes parâmetros nos esgotos como a DBO vêm apresentando valores distintos na prática, dependendo de vários fatores relacionados às características da área/bacia de esgotamento.

No estudo de caso ora realizado, os dados provenientes de fontes de informação de base mais teórica (como as LO's e DCP's) indicam valores de concentrações de DBO (e RNFT) inferiores, embora mais próximas dos valores teóricos convencionais.

Por outro lado, os dados das medições de caráter mais empírico – disponíveis nas RAE e nos resultados das análises laboratoriais de monitoramento (laboratório independente) – apresentam concentrações de DBO (e RNFT) com valores bem inferiores aos de referência usualmente empregados, tanto nos projetos e como no planejamento/gestão desses sistemas.

Com base na análise dos dados dos levantamentos realizados e apoiando-se ainda em recentes estudos sobre o tema, pode-se inferir que há uma relação entre as baixas concentrações de carga orgânica ora constatadas (como a de DBO afluente) e a diluição que ocorre nos esgotos.

Além dos aspectos relacionados à disponibilidade e *per capita* de água - como tipo de ocupação, nível de vida e hábitos da população atendida, valor da tarifa, nível/abrangência da hidrometração/micromedicação praticada - fatores como a captação e afluência de águas pluviais de telhados e áreas pavimentadas, incluindo ainda conexões da rede de drenagem que adentram a rede separativa, contribuem para a alteração da composição e para maior diluição dos esgotos que afluem as ETE's do sistema. Desperdícios, uso inadequado e vazamentos da rede de distribuição de água que se verificam com certa frequência em áreas urbanas podem também ter uma parcela de responsabilidade nessa alteração constatada.

Conforme definido pela legislação vigente, parâmetros básicos como concentração de DBO e a carga orgânica brutas afluentes determinam a eficiência mínima necessária de tratamento para remoção dessa carga e os limites de lançamento nos corpos receptores. A ocorrência na prática de valores bem mais reduzidos do que os teóricos adotados podem se refletir no tipo de tratamento necessário para adequação desses efluentes.

Sob outra ótica, a adoção desses valores “teóricos” como premissas para aspectos de gestão, planejamento, projeto e operação de sistemas de tratamento possui influência no cálculo de indicadores e metas operacionais e pode conduzir a valores que não exatamente condizem com as situações reais.

Portanto, há diversas importantes implicações em função desses valores “reais” se encontrarem em dissonância com os parâmetros e premissas teóricas usuais, como por exemplo, no atendimento das metas pactuadas.

Os resultados apontados pela presente pesquisa indicam a necessidade de se avaliar com mais critério a pertinência dos valores para parâmetros de dimensionamento e monitoramento que vem sendo convencionalmente utilizados em projetos e planejamento e gestão de sistemas de esgotos, inclusive no que refere ao tratamento dos efluentes.

A ser mantida essa tendência de parâmetros/concentrações de carga orgânica mais reduzidas nos esgotos sanitários afluentes as ETE's, tanto os sistemas/processos de tratamento a serem projetados como os existentes deverão se adaptar a essa realidade, como bem exemplifica o exemplo prático citado anteriormente, onde foi reportada uma grande dificuldade na partida de uma nova linha de tratamento secundário/biológico em ETE na AP5, por conta da diluição.

Também as demandas de tratamento para atingimento das eficiências mínimas de remoção de carga exigidas pela legislação ambiental poderão ser minimizadas, levando a uma redução da complexidade do processo/sistema exigida para adequação dos efluentes visando seu lançamento nos corpos receptores e, portanto, dos investimentos necessários.

Esse aspecto pode assumir ainda uma proporção maior tendo em vista as carências constatadas na metodologia de medição das vazões afluentes aos sistemas de tratamento (Figuras 4 e 5), o que por si só já ensejaria uma reavaliação da pertinência dos processos atuais de aferição.

Pode ser constatado que maior parte das medições ainda é feita manualmente, com aferições pontuais e pouco frequentes (em determinados casos, no máximo 4 vezes ao dia nas ETE's de maior porte), e até mesmo eventualmente realizadas com base em estimativas, podendo dessa forma implicar em resultados (como os de carga orgânica total afluente) não compatíveis com o que ocorre na prática.



**Figura 4 – Calha Parshall na ETE Nova Cidade Figura**



**Figura 5 - Medidor automático (ultrassônico) de vazão não operacional na ETE Vilar Carioca**



Pode ser constatado ainda que os indicadores operacionais ora utilizados no sistema de gestão/planejamento não captam os aspectos referentes à qualidade dos efluentes tratados e à eficiência do tratamento em si, estando voltados basicamente para os aspectos quantitativos (como a relação entre vazões tratadas e as vazões geradas e/ou captadas pela rede coletora assentada).

Por utilizarem as concentrações/cargas orgânicas afluentes e demais parâmetros de monitoramento como base, as atividades de gestão, planejamento, licenciamento, projeto e dimensionamento de sistemas de esgotamento sanitário devem priorizar o emprego de parâmetros calcados em medições empíricas dos esgotos locais. Assim, devem ser adequados às concentrações que ocorrem na prática e não aqueles teóricos, baseados em dados secundários como literatura, normas e outras fontes não empíricas.

Analogamente, em função de aspectos que possuem considerável interveniência nas vazões de esgotamento como sazonalidade, pluviosidade, e existência de infiltrações e extravasores na rede, essas medições devem ser feitas ao longo das 24 horas do dia, diariamente ao longo do ano, nas entradas das ETE's e em pontos estratégicos do sistema (como suas principais elevatórias), de forma a aferi-las com a precisão necessária, captando as variações de caudal que ocorrem na prática.

No que diz respeito à avaliação por intermédio de Indicadores, deve ser avaliada a viabilidade de se agregar ao sistema de gestão um Indicador específico referente à eficiência do tratamento das ETE's (**IETr**), a ser atrelado a metas quinquenais, a semelhança dos demais indicadores operacionais.

Uma métrica básica sugerida pode se estruturar a partir da seguinte Equação (1):

$$\mathbf{IETr = ITE * P} \qquad \qquad \qquad \mathbf{equação (1)}$$

**ITE** é o índice de esgoto afluente a ETE e **P** a porcentagem (em decimal) de atendimento em relação a um determinado padrão/parâmetro a ser adotado como base.

Esse parâmetro pode ser, por exemplo, a concentração de DBO efluente ou a eficiência de remoção de carga orgânica pelo (s) sistema (s) de tratamento no período em análise. A aferição poderá ser feita com base nas médias dos dados de controle e de monitoramento da ETE disponíveis nos respectivos RAE's, bem como através de análises de amostras compostas a serem coletadas em dias aleatórios, com frequência no mínimo bimensal, realizadas por um laboratório independente, credenciado junto ao órgão ambiental competente.

Constata-se que muitas das ETE's avaliadas (como a da Alegria) operam aquém da capacidade para as quais foram dimensionadas/construídas, frequentemente devido ao simples fato de que boa parte da vazão de esgoto da respectiva bacia não está sendo captada, seja pela inexistência da rede coletora e/ou por sua baixa eficiência (ociosidade).

De uma maneira geral, a execução de troncos e redes em áreas urbanizadas é bastante complexa, devido a aspectos como as inúmeras interferências presentes, geração de transtornos a população e custos elevados das obras. Por outro lado, as ligações domiciliares "intra-lotes" são de responsabilidade dos usuários e não da concessionária/poder público, não sendo, portanto, priorizadas pelo sistema/modelo atual de gestão e operação. Pelo lado dos usuários, muitos desconhecem a importância/necessidade de se ligar corretamente a rede pública e/ou não tem interesse em investir nessa questão.

A alta taxa de ociosidade verificada em boa parte das redes coletoras pode ser decorrente do reduzido índice de adesão/interligação de economias/edificações ao sistema separador absoluto de esgotos existente, representado pelo Indicador operacional de Atendimento (IAE) em relação ao de Cobertura (ICE). Tal situação pode indicar ainda que boa parte dos esgotos da região de abrangência da rede/sistema em análise está sendo encaminhada a outras destinações que não as ETE's, tais como valões e rios.

Visando aumentar a adesão e reduzir tal ociosidade, e, portanto, incrementar a eficiência requerida para o sistema, é recomendável que nas ações de planejamento, projetos e nos investimentos de recursos seja dada uma maior prioridade a rede coletora, incluindo a efetivação/adequação das ligações domiciliares, instalações essas localizadas no interior dos lotes/edificações.

Isso inclui tanto a realização de campanhas e ações de conscientização da população, voltadas para a importância de efetuarem suas ligações à rede de forma adequada, como também por meio de ações diretas de

incentivo a execução de tais conexões. Podem ser citadas, entre elas, o financiamento da execução da rede interna na conta de esgoto, fornecimento de mão de obra especializada para essa instalação e a implementação de programas de treinamento e capacitação de instaladores locais, nos moldes do que já vem sendo feito na AP5 pela concessionária local.

Quanto aos maiores investimentos ora sugeridos para o sistema de coleta de esgotos (ligações domiciliares), pode ser avaliada a alternativa dessa alocação de recursos ser em parte contrabalançada por investimentos mais limitados na ampliação/melhoria do processo de tratamento, ou ainda, que esses investimentos em ETE's sejam escalonados, aumentando na razão da expansão da cobertura e especialmente do atendimento da rede coletora.

Essa opção é reforçada a partir dos resultados obtidos na presente pesquisa, através da constatação na prática de menores concentrações de carga orgânica afluentes – e, portanto, de cargas afluentes as ETE's também mais reduzidas – do que aquelas usualmente previstas.

De certa forma, essa situação indica que o tratamento secundário adotado nos moldes atuais como padrão mínimo pode ser considerado como um “luxo”, tendo em vista uma realidade onde boa parte dos efluentes não é sequer captada pelo sistema de esgotamento sanitário.

Sugere-se, portanto um aprofundamento na análise do custo/benefício do modelo atual de saneamento básico que vem sendo praticado. Esse modelo vem priorizando um grau mais elevado de tratamento que age somente sobre a fração dos esgotos que é efetivamente coletada pelo sistema separativo, em detrimento de grandes vazões de esgotos que escoam por valas, rede de drenagem e outros dispositivos e que são lançadas, via de regra, nos corpos receptores, sem qualquer tipo de tratamento.

Finalmente recomenda-se que seja dada continuidade ao presente estudo, analisando-se especialmente o histórico disponível de dados e parâmetros de monitoramento empíricos referentes a outras ETE's da RMRJ, incluindo aquelas que são operadas pela CEDAE.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA (ABES), 2017. Ranking ABES da Universalização do Saneamento. Disponível em: <[https://www.abesfenasan2017.com.br/Ranking\\_ABES\\_universalizacao-do-saneamento.pdf](https://www.abesfenasan2017.com.br/Ranking_ABES_universalizacao-do-saneamento.pdf)>. Acesso em: Março de 2018.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA (ABES), 1999. Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo. Campos, J.R. (coordenador). Rio de Janeiro. PROSAB/ABES. 464p
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209. Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-12.209-Projeto-de-Esta%C3%A7%C3%B5es-de-Tratamento-de-Esgoto-Sanit%C3%A1rios.pdf>> Acesso em: Março de 2018.
4. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA (Brasil). ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores /Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, 2019.94 p.: il. ISBN:978-85-8210-058-5 Disponível em <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/acesso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf>>. Acesso em: Março de 2018.
5. ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL/Radar IDHM (2013). Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/download>>. Acesso em: Março de 2018.
6. ATLAS ESGOTOS ANA - Despoluição das Bacias Hidrográficas Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br>>. Acesso em: Março de 2018.
7. BEZERRA, A. H. Caracterização do sistema operacional da Estação de Tratamento de Esgotos da UFRN – Natal, RN, 2004. 78 p. Dissertação (Mestrado). Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil – LARHISA. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária-PPGES.
8. BIELSCHOWSKY, M. de C., 2014. Modelo de gerenciamento de lodo de Estação de Tratamento de Esgotos: aplicação do caso da Bacia da Baía de Guanabara. 165 f.: il. 45 Dissertação (mestrado) – UFRJ, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, RJ, 2014.

9. BILA D.M, SANTOS A.S; OHNUMA JR, A.A; OBRACZKA, M; CAMPOS, A.M.S. e ROSARIO, D, 2017. Evaluation of potential routes for wastewater reuse management in the metropolitan region of Rio de Janeiro. Poster apresentado na XI International Conference on Water Reclamation and Reuse da IWA, Long Beach CA/USA. Julho de 2017.
10. BORGES, E. A. M. A. Dimensionamento e Parametrização de Serviços para a Implantação de ETE's para Municípios de Pequeno Porte. 2017. Dissertação de mestrado DEAMB/UERJ, p.146-152
11. BRASIL, 2007. Lei nº 11.445/2007. Lei Nacional de Saneamento Básico – LNSB. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm)>. Acesso em: Março de 2018.
12. CASES – Ciclo de Eventos Regionais Concessões e PPPs. Volume II. Disponível em: <[https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Ciclo\\_de\\_Eventos\\_Regionais\\_Concessoes\\_e\\_PPPs\\_Volume2\\_2016.pdf](https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Ciclo_de_Eventos_Regionais_Concessoes_e_PPPs_Volume2_2016.pdf)>. Acesso em: Março de 2018.
13. CAVALLIERI F., E LOPES G. P., 2008 - IPP/Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Índice de Desenvolvimento Social - IDS: comparando as realidades micro urbanas da cidade do Rio de Janeiro Nº 20080401 Abril – 2008. COLEÇÃO ESTUDOS CARIOCAS ISSN 1984-7203.
14. CEDAE. Sistemas de abastecimento de água do da Cidade do Rio de Janeiro, com ênfase no GUANDU. Disponível em: <<http://www.seaerj.org.br/pdf/Guandu/ApresentacaoparaaSEAERJ.pdf>>. Acesso em: Novembro de 2018.
15. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI), 2016. O financiamento do investimento em infraestrutura no Brasil: uma agenda para sua expansão sustentada. Brasília. CNI, 2016. 78 p.: il.
16. D'ALCANTARA, W. B. Análise Crítica do Sistema de Coleta de Esgotos Sanitários da Bacia Contribuinte à Lagoa Rodrigo de Freitas através da Avaliação de Fatores que Influenciam sua Vulnerabilidade [Rio de Janeiro] 2003. XXIII, 116 p, 29,7 cm. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PEAMB/UERJ).
17. FEEMA (atual INEA), 2007. DZ-215 R-4 – Diretriz de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem Sanitária. Disponível em: <[http://www.tesalab.com.br/site/downloads/INEA\\_DZ-215.pdf](http://www.tesalab.com.br/site/downloads/INEA_DZ-215.pdf)>. Acesso em: Novembro de 2018.
18. FEITOSA, R.C., 2017. Emissários submarinos de esgotos como alternativa à minimização de riscos à saúde humana e ambiental Ciência & Saúde Coletiva, 22(6):2037-2048, 2017. DOI: 10.1590/1413
19. FOZ AGUAS 5, 2015. Plano de Prestação de Serviços de Esgotamento Sanitário da AP5 (PPS) para o período de 2013 a 2016.
20. GONÇALVES, F. B. e SOUZA, A. P. Disposição Oceânica de Esgotos Sanitários: História e Prática. Rio de Janeiro: ABES, 1a edição. 1997.
21. GOVERNO BRASILEIRO. Saneamento e coleta de lixo avançam, segundo Pnad. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/11/saneamento-e-coleta-de-lixo-avancam-segundo-pnad>>
22. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Dados dos Censos demográficos referentes aos anos de 2000 e 2010. Disponíveis em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>> e <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default\\_censo\\_2000.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.shtm)>. Acesso em: Novembro de 2018.
23. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). Boletim de qualidade das águas da região hidrográfica II - Guandu. Disponível em: <[http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwff/mdi3/~edisp/inea\\_027650.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwff/mdi3/~edisp/inea_027650.pdf)>. Acesso em: Novembro de 2018.
24. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). Boletim de qualidade das águas da região hidrográfica V - Baía de Guanabara bacia da Baía de Guanabara. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdi2/~edisp/inea0026989.pdf>>. Acesso em: Novembro de 2018.
25. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). DZ.215.R-1 - Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem não industrial. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mde0/~edisp/inea0014059.pdf>>. Acesso em: Novembro de 2018.
26. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). Índices de Qualidade de Água (IQA). Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Qualidadedaagua/aguasInteriores/index.htm>>. Acesso em: Novembro de 2018.

27. INSTITUTO TRATA BRASIL (ITB), 2017. Ranking do Saneamento. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/2017/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em: Dezembro de 2018.
28. INSTITUTO TRATA BRASIL (ITB)/REINFRA, 2015. Ociosidade das Redes de Esgotamento Sanitário no Brasil. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ociosidade/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em: Dezembro de 2018.
29. INSTITUTO TRATA BRASIL (ITB)/EX ANTE CONSULTORIA ECONÔMICA, 2017. Benefícios Econômicos e Sociais da Expansão do Saneamento no Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/component/estudos/itb/benef%C3%ADcioecon%C3%B4micos-e-sociais-da-expans%C3%A3o-do-saneamento-no-rio-de-janeiro/itb>>. Acesso em: Dezembro de 2018.
30. JORDÃO, E.P. e PESSOA, C.A. Tratamento de esgotos domésticos. ABES, 4ª Edição, RJ, 2017.
31. MAGALHÃES C A. de C.; MORENO, J; e GALVÃO JR, A. de C., 2001 - Estimativa do Consumo per Capita em Comunidades Atendidas pela Unidade de Negócio do Médio Tietê. Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES).
32. MANHÃES, A. C. S. e ARAÚJO B. M., 2015. Análise das Práticas de Reuso dos Efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto do Município do Rio de Janeiro – ETE Alegria e ETE Penha. Projeto final de graduação Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da UFRJ .
33. MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013. Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB). Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília maio/2013.
34. MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015 - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: Dezembro de 2017.
35. MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), – Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: Dezembro de 2017.
36. NUVOLARI, A., (Coord). 2011. Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2ª Edição. Editora: Blucher.565p ISBN-13: 9788521203148.
37. OBRACZKA, M e LEAL, I.F., 2015.Análise do emprego de Indicadores para aferição da eficiência na gestão de um sistema de esgotamento sanitário: o estudo de caso da AP 5, RJ. XVII SILUBESA.
38. OBRACZKA, M; CAMPOS A M S; SILVA, D. do R.; FERREIRA G S; MURICY B. e ALVES S. R. Estado da Arte e Perspectivas de Reuso de Efluentes de Sistemas de Tratamento Secundário de Esgotos Sanitários na RMRJ, RJ. Congresso ABES FENASAN 2017, SP.
39. OBRACZKA, M, MARQUES, C., e MACHADO, S., 2018. Emprego de Indicadores na Avaliação do Saneamento - Região Hidrográfica Médio Paraíba do Sul. Revista Internacional de Ciências (no prelo).
40. PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO (PMRJ), 2012. CONTRATO DE CONCESSÃO 001/2012: ANEXO III. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Obras – SMO/Concessionária FA5 Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4290214/4105679/03.AnexoIII.Planodemetaseniveisparaprestacaodos-servicos.pdf>>. Acesso em: Dezembro de 2015.
41. PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO (PMRJ), 2014. Regulação e Fiscalização da Concessão dos Serviços de Esgotamento Sanitário na Área de Planejamento 5. Relatório de Atividades 2014. <[http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6520934/4175215/RelatoriodeAtividades\\_2014\\_R3\\_finalconsolidado.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6520934/4175215/RelatoriodeAtividades_2014_R3_finalconsolidado.pdf)>. Acesso em: Novembro de 2018.
42. SANTOS, A.S.; JORDÃO, . P. PEREIRA, R. O. e BOTTREL S.E.C., 2014. Aspectos legais para lançamento de efluentes no Brasil. Anais do 34º Congresso de Ingenieria Sanitaria e Ambiental, Monterrey, México.
43. SILVA JR L. C. S. da, 2017. Panorama do Reuso de Efluentes nas Estações de Tratamento de Esgoto nas Concessionárias de Saneamento da Região Sudeste Projeto final de graduação DESMA/UERJ
44. TSUTIYA, M.T. Abastecimento de Água, 2004, EPUSP, 643p.
45. VON SPERLING, T. L. e VON SPERLING, M. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. Revista Enga. Sanitária e Ambiental | v.18 n.4 | out/dez 2013 | 313-322
46. VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento dos Esgotos Vol.1. Belo Horizonte, UFMG, 1995.