

Avaliação do Sistema de Tratamento de Esgotos Navegantes – Rio Grande (RS)

Evaluation of the Navegantes Wastewater Treatment System – Rio Grande (RS)

José Francisco Almeida de Souza^{1,†}, Carla Silva da Silva¹, Tuane de Oliveira Dutra², Marília de Marco Brum³

¹Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil

²Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, Brasil

³Divisão de Projetos e Arquitetura, Marinha do Brasil, Rio Grande, Brasil

[†]**Autor correspondente:** jfas.ee.furg@gmail.com

Resumo

A utilização de água, nos mais variados usos que caracterizam a atividade urbana, modifica a qualidade desta água acrescentando substâncias e propriedades que não existiam na água potável. Deste uso resulta então uma água servida, ou esgoto, com alto potencial de poluição, o qual necessita ser tratado antes de sua disposição final em algum corpo receptor. É o papel da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) promover o tratamento, removendo ou transformando estas substâncias em outras com menor potencial de poluição. O objetivo deste estudo é avaliar a eficiência da ETE Navegantes, e o impacto da disposição do efluente tratado na qualidade da água do corpo receptor, baseada em dados operacionais, relativos ao ano de 2019, fornecidos pela CORSAN. Para avaliar a eficiência da ETE foram analisados os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio, sólidos suspensos totais, demanda química de oxigênio, nitrogênio amoniacal, fósforo total, sólidos sedimentáveis e *Escherichia Coli*. No corpo receptor foram analisados também o oxigênio dissolvido e pH. O sistema foi muito eficiente na remoção de DBO, mas a eficiência na remoção de nutrientes foi baixa. Foi realizado um balanço de massa para OD, o qual mostrou que no período de avaliação a vazão do arroio Martins variou entre 2.163,1 m³.d⁻¹ e 80.921,2 m³.d⁻¹, com média de 30.860,0 m³.d⁻¹.

Palavras chave

Lagoas aeradas • lagoas de maturação • lançamento de esgotos • Arroio Martins

Abstract

The use of water, in the most varied uses that characterize urban activity, modifies the quality of this water by adding substances and properties that do not exist in drinking water. This use then results in wastewater with a high potential for pollution, which needs to be treated before its final disposal in a receiving body. It is the role of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) to promote treatment, removing or transforming these substances into others with less potential for pollution. The objective of this study is to evaluate the efficiency of Navegantes WWTP, and the impact of the discharge of treated effluent on the water quality of the receiving body, based on operational data, relating to the year 2019, provided by CORSAN. To evaluate the efficiency of the WWTP, the parameters biochemical oxygen demand, total suspended solids, chemical oxygen demand, ammonia nitrogen, total phosphorus, settleable solids and *Escherichia Coli* were analyzed. Dissolved oxygen and pH were also analyzed in the receiving body. The system was very efficient in removing BOD, but the efficiency in removing nutrients was

low. A mass balance was carried out for OD, which showed that during the evaluation period the flow of the Martins stream varied between $2,163.1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ and $80,921.2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, with an average of $30,860.0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$.

Keywords

Aerated ponds • maturation ponds • wastewater discharg • Martins stream

1 Introdução

Este artigo resultou do trabalho de revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Rio Grande, o qual situa-se no litoral sul do Rio Grande do Sul. O processo de revisão envolveu, entre muitos outros aspectos, a análise de desempenho das Estações de Tratamento de Esgotos do município, tomando como referência as coletas e análises do esgoto realizadas no ano de 2019. O município de Rio Grande, cuja população é aproximadamente 210.000 habitantes, é dividido em 5 distritos sendo o 1º Distrito, a sede do município, o objeto deste trabalho. No 1º Distrito existem três estações de tratamento de esgotos: (i) a ETE-Navegantes, que atende parte da zona central da cidade, (ii) a ETE-Parque Marinha, que atende o bairro de mesmo nome, e (iii) a ETE-Molhes/Cassino que atende parte do balneário Cassino.

A concessão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no município é de responsabilidade da CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento. A ETE Navegantes, objeto de análise neste artigo, situa-se nas coordenadas -32.091925 , -52.188888 e foi projetada em 1996 como duas lagoas de estabilização anaeróbias em paralelo, seguidas por quatro bacias de infiltração. Desde então, em virtude de problemas operacionais, passou por sucessivas modificações até o estágio atual, onde é descrita na Licença de Operação LO nº 5209/2019, expedida Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM/RS), como composta de tratamento preliminar (grades para remoção de sólidos grosseiros, caixa de areia e medidor de vazão tipo calha Parshall), duas lagoas aeradas (LA) em paralelo, seguidas, cada uma, por duas lagoas de maturação (LM), também em paralelo, como pode ser visto na Figura 1a, capturada do *google maps*. Como os aeradores estão dispostos apenas na parte inicial de cada lagoa aerada, subentende-se que a porção final funciona como lagoa de sedimentação como descrito em Jordão e Pessoa [1]. Um canal (Figura 1b), construído na periferia das lagoas de maturação, coleta o efluente final destas lagoas e o conduz ao Arroio Martins, o qual constitui o corpo receptor do sistema de tratamento. Este arroio nasce na região dos banhados, tem a maior parte do seu curso passando por áreas nativas, cruza a BR 392 e desagua na Lagoa dos Patos [2]. Destaca-se que não existe qualquer estudo sobre o regime hídrico do Arroio Martins e por isso sua vazão é desconhecida. Mais adiante será feita uma estimativa da vazão do arroio baseada em um balanço de massa para oxigênio dissolvido.

A ETE Navegantes, instalada em uma área de 126 ha à margem da BR 392, trata atualmente uma vazão média de esgotos de $13.046 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Como mostra a Figura 1a, ela tem a forma de um leque sendo previsto que, em etapas posteriores, seja ampliada e venha a completar o círculo.



Figura 1 – ETE Navegantes: (A) Vista aérea e (B) Canal coletor de água tratada. LA – Lagoa Aerada; LM – Lagoa de Maturação e LL – Lagoa de Lodo

A parte central deste círculo abriga as unidades do tratamento preliminar descrito acima. A figura também mostra a existência de seis Lagoas de Lodo (LL) as quais, em virtude da atual configuração da ETE, vêm sendo empregadas para receber o lodo proveniente da ETE Parque Marinha (Lodos ativados com aeração estendida) e o lodo desidratado da ETA. Destaca-se que a rede coletora existente na zona central da cidade é centenária e seu estado de conservação é ruim. Soma-se a isto o fato de a cidade ser litorânea, com solo arenoso e lençol freático muito superficial, permitindo altas taxas de infiltração de areia e água freática na rede com consequente diluição do esgoto bruto.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do tratamento dos esgotos, realizado na ETE Navegantes, e o impacto do lançamento do efluente tratado sobre a qualidade da água do arroio Martins, corpo receptor deste efluente. Estas avaliações foram feitas a partir dos dados operacionais, correspondentes ao ano de 2019, disponibilizados pela Concessionária. A eficiência da ETE foi avaliada através da análise dos parâmetros demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos suspensos totais (SST), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), fósforo total (PT), sólidos sedimentáveis (SSed) e *Escherichia Coli*. No corpo receptor foram analisados também o oxigênio dissolvido (OD) e pH.

2 Metodologia

Os dados aqui apresentados e discutidos resultaram das análises físicas, químicas e microbiológicas conduzidas nos laboratórios da própria CORSAN, de janeiro a dezembro de 2019, e foram disponibilizados para auxiliar no trabalho de revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Rio Grande [3].

A frequência das coletas, para controle dos processos de tratamento e disposição final, é diária ou semanal, dependendo do parâmetro. Estas coletas são realizadas no efluente bruto (jusante da calha Parshall) e no efluente tratado (canal que conduz o efluente final ao corpo receptor), conforme fixado na Licença de Operação LO nº 5209/2019. Não há coleta e análise do efluente em posição intermediária entre as lagoas aeradas e as lagoas de maturação, o que impede uma avaliação do desempenho individual tanto das lagoas aeradas, como das lagoas de maturação. Também são apresentados e discutidos os resultados das análises de qualidade da água no corpo receptor (Arroio Martins), coletadas 100 m a montante e 50 m a jusante do ponto de lançamento, realizadas mensalmente em atendimento a mesma LO.

A licença de operação estabelece os padrões de emissão a serem observados para o efluente da ETE, os quais estão em estrita conformidade com a Resolução CONSEMA nº 355/2017¹ [4] e são fixados conforme a faixa de vazão do efluente. Segundo esta resolução, os parâmetros DBO₅, DQO, sólidos suspensos totais (SST), coliformes termotolerantes, nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) e fósforo total (PT) devem atender os valores máximos de concentração (ou eficiência mínima de remoção) de acordo com a Tabela 1.

¹ Resolução CONSEMA Nº355/2017: Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.

Tabela 1: Padrões de emissão definidos na LO da ETE Navegantes

Parâmetro	Sigla	Limite de Concentração Resolução CONSEMA 355/2017	Frequência de Análise
Coliformes Termotolerantes		10 ³ NMP/100ml ou 95% de eficiência	Semanal
Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO ₅	40 mg.L ⁻¹	Semanal
Demanda Química de Oxigênio	DQO	150 mg.L ⁻¹	Diária
Fósforo Total	PT	1 mg/L ou 75% de eficiência	Semanal
Nitrogênio Amoniacal	NH ₃ -N	20 mg.L ⁻¹	Semanal
pH	pH	6,0 a 9,0	Diária
Sólidos Sedimentares	SSed	1,0 mL/L	Diária
Sólidos Suspensos Totais	SST	50 mg.L ⁻¹	Semanal
Vazão Máxima		38.880 m ³ /d (450L/s)	Diária
Vazão Média		13.046 m ³ /d (151 L/s)	Diária

A seguir é feita uma avaliação da eficiência da ETE por meio da comparação das análises do esgoto (bruto e tratado) com os padrões mostrados na Tabela 1.

Destaca-se que, para o esgoto, foram fornecidos pela CORSAN os dados diários de vazão, DQO e sólidos sedimentáveis (SSed). Para os demais parâmetros foram fornecidos dados semanais. Desta forma, para os parâmetros coliformes, DBO, fósforo, nitrogênio amoniacal e SST os dados mensais que aparecem nas tabelas que se seguem, foram obtidos pela média dos valores semanais, ponderada pelas respectivas vazões no dia da coleta. Em outras palavras, os dados mensais que aparecem nas tabelas a seguir representam médias ponderadas pela vazão. Para os parâmetros DQO e sólidos sedimentáveis, os dados mensais que aparecem nas tabelas, foram obtidos pela média dos valores diários medidos, ponderada pelas respectivas vazões no dia da coleta. As análises de todos os parâmetros seguiram os procedimentos descritos no Standard Methods [5].

3 Resultados e Discussões

3.1 O Sistema de Tratamento

DBO5 - A Demanda Bioquímica de Oxigênio, parâmetro que avalia o teor de matéria orgânica biodegradável presente no esgoto, tem limite de concentração igual a 40 mgO₂.L⁻¹ como mostra a Tabela 1.

Os valores da DBO afluente, mostrados na Tabela 2, deixam evidente a influência que a infiltração de água do lençol freático exerce na diluição do esgoto dentro da própria rede coletora. Em relação a DBO efluente, a Tabela 2 mostra que, em todos os meses do ano (2019), o valor esteve dentro do limite para este parâmetro. A Tabela mostra também que o sistema de lagoas aeradas seguidas por lagoas de maturação operou com eficiência global dentro da faixa 72,4% a 91,6%, denotando boa performance na remoção de matéria orgânica.

Tabela 2: Análise de DBO no afluente e efluente da ETE Navegantes

Mês	Afluente	Efluente	Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L ⁻¹)	
			Eficiência Remoção	Padrão de emissão segundo Resolução CONSEMA N° 355/2017 - 40 mg.L ⁻¹
jan/19	73,3	19,4	73,5%	Dentro do padrão de emissão
fev/19	88,3	12,1	86,3%	Dentro do padrão de emissão
mar/19	92,8	18,0	80,6%	Dentro do padrão de emissão
abr/19	96,8	20,1	79,2%	Dentro do padrão de emissão
mai/19	87,2	23,1	73,5%	Dentro do padrão de emissão
jun/19	104,8	21,6	79,4%	Dentro do padrão de emissão
jul/19	99,5	27,5	72,4%	Dentro do padrão de emissão
ago/19	81,3	8,1	90,0%	Dentro do padrão de emissão
set/19	70,2	7,9	88,7%	Dentro do padrão de emissão
out/19	71,7	6,0	91,6%	Dentro do padrão de emissão
nov/19	77,4	7,1	90,8%	Dentro do padrão de emissão
dez/19	78,5	12,8	83,7%	Dentro do padrão de emissão

SST - Em relação aos sólidos suspensos totais a LO nº 5209/2019, em acordo com a Resolução CONSEMA N° 355/2017 [4], fixa o limite máximo de concentração de 50 mg.L⁻¹. Entretanto, a Tabela 3 mostra que nos primeiros meses do ano, de janeiro a maio, as eficiências foram baixas e o efluente esteve fora do limite para este parâmetro. As altas concentrações de SST no esgoto afluente, associadas com as baixas eficiências de remoção de SST nos primeiros meses do ano, estão em consonância com as observações de Marçal e Silva (2017) [6] em estudos realizados na ETE Pirajá (apenas 29%) no Piauí, um sistema formado por lagoa aerada facultativa seguida de lagoa de maturação, e as observações de Fonseca e Tibiriçá (2021) [7] na ETE Catanduva (32%) em São Paulo, a qual consiste de lagoa aerada seguida por lagoa de sedimentação, portanto, sistemas semelhantes à ETE Navegantes. De junho a dezembro, por outro lado, os SST estiveram dentro dos limites estabelecidos.

N-NH₃ -Para o parâmetro nitrogênio amoniacal, a Resolução CONSEMA N° 355/2017 [4] fixa o limite de emissão de 20 mgN.L⁻¹, independente da vazão do efluente. Foi observado que este parâmetro só esteve dentro do limite estabelecido por esta resolução em três ocasiões durante o ano de 2019, como mostra a Tabela 4, significando que, em apenas 25% do tempo o efluente esteve dentro dos padrões estabelecidos. A baixa eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal é compatível com a baixíssima capacidade de nitrificação das lagoas aeradas facultativas, conforme relatado por Jordão e Pessoa [1].

Tabela 3: Sólidos Suspensos Totais no afluente e efluente - ETE Navegantes

Sólidos Suspensos Totais (mg.L ⁻¹)				
Mês	Afluente	Efluente	Eficiência	Padrão de emissão segundo Resolução
			Remoção	CONSEMA N° 355/2017 - 50 mg.L ⁻¹
jan/19	98,6	87,3	11,4%	Fora do padrão de emissão
fev/19	179,8	90,3	49,8%	Fora do padrão de emissão
mar/19	119,4	103,5	13,3%	Fora do padrão de emissão
abr/19	154,0	124,8	19,0%	Fora do padrão de emissão
mai/19	136,0	73,2	46,2%	Fora do padrão de emissão
jun/19	66,7	43,4	35,0%	Dentro do padrão de emissão
jul/19	98,7	39,2	60,3%	Dentro do padrão de emissão
ago/19	86,5	25,3	70,8%	Dentro do padrão de emissão
set/19	47,7	28,0	41,2%	Dentro do padrão de emissão
out/19	116,1	25,6	77,9%	Dentro do padrão de emissão
nov/19	93,9	24,6	73,8%	Dentro do padrão de emissão
dez/19	91,4	39,2	57,1%	Dentro do padrão de emissão

Tabela 4: Análise de Nitrogênio Amoniacal no afluente e efluente - ETE Navegantes

Nitrogênio amoniacal (mg.L ⁻¹)				
Mês	Afluente	Efluente	Eficiência	Padrão de emissão segundo Resolução
			Remoção	CONSEMA N° 355/2017 - 20 mg.L ⁻¹
jan/19	30,7	19,5	36,5%	Dentro do padrão de emissão
fev/19	39,5	24,8	37,3%	Fora do padrão de emissão
mar/19	43,2	18,7	56,7%	Dentro do padrão de emissão
abr/19	48,2	18,5	61,6%	Dentro do padrão de emissão
mai/19	41,3	29,8	27,9%	Fora do padrão de emissão
jun/19	48,6	38,6	20,7%	Fora do padrão de emissão
jul/19	42,5	36,0	15,4%	Fora do padrão de emissão
ago/19	41,9	35,1	16,3%	Fora do padrão de emissão
set/19	34,0	33,8	0,8%	Fora do padrão de emissão
out/19	36,9	36,5	1,1%	Fora do padrão de emissão
nov/19	35,3	32,5	8,0%	Fora do padrão de emissão
dez/19	39,3	34,7	11,7%	Fora do padrão de emissão

PT - Para o parâmetro fósforo total a Resolução CONSEMA N° 355/2017 [4] estabelece dois padrões de tal modo que pelo menos um deles seja alcançado no processo de tratamento. O primeiro, e mais importante para a qualidade

do meio ambiente, está relacionado com a concentração máxima de PT no efluente. Segundo esta resolução, a concentração limite, para vazões maiores do que $10.000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, é $1,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. O segundo, aplicável quando o primeiro não pode ser alcançado, está relacionado com a eficiência do sistema de tratamento na remoção deste elemento, a qual deve ser de, no mínimo 75%. Em outras palavras, se o limite de emissão, relacionado com a qualidade do efluente, não pode ser alcançado, exige-se que o segundo, relacionado com a qualidade do processo de tratamento, o seja.

Chama a atenção que os níveis de fósforo total no esgoto bruto (afluente) são compatíveis com um esgoto fraco, como definido em [1], e isto está em consonância com a alta diluição do esgoto, provocada pela significativa infiltração, comentada acima. Apesar disso, as análises realizadas durante o ano de 2019 mostraram que o fósforo total no efluente do tratamento esteve fora dos limites de emissão em todos os meses, exceto outubro ($C=1,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) e novembro ($ef > 75\%$), como mostra a Tabela 5. Esta tabela deixa evidente que este processo de tratamento não é eficiente na remoção de fósforo, como também observaram Fonseca e Tibiriçá (2021) em um sistema de tratamento semelhante, gerando um efluente com níveis bastante elevados deste parâmetro.

Tanto as análises de nitrogênio amoniacal, como as de fósforo total, mostram que o sistema formado por lagoas aeradas, seguidas por lagoas de maturação (como este sistema é definido na LO 5209/2019), não é eficiente para remoção destes nutrientes. Seria de se esperar que as lagoas de maturação fossem mais eficientes na remoção destes elementos, mas não é possível avaliar a eficiência destas lagoas de forma individual porque, como comentado acima, não são feitas coletas e análises do esgoto na entrada das mesmas.

Para pH, vazão, DQO e sólidos sedimentáveis, como já comentado, a CORSAN forneceu resultados diários das análises. Para que estes parâmetros sejam apresentados de forma análoga aos anteriores (mensais), cada parâmetro será determinado pela média mensal dos valores diários, ponderada pelas respectivas vazões.

Tabela 5: Análise de Fósforo Total no afluente e efluente - ETE Navegantes

Mês	Afluente	Efluente	Fósforo Total ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	
			Eficiência	Padrão de emissão segundo Resolução
			Remoção (%)	CONSEMA 355/2017 - $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ou 75% de eficiência de remoção
jan/19	4,7	4,5	4%	Fora do padrão de emissão
fev/19	6,0	4,9	19%	Fora do padrão de emissão
mar/19	5,7	5,0	13%	Fora do padrão de emissão
abr/19	6,0	5,0	16%	Fora do padrão de emissão
mai/19	5,5	5,1	8%	Fora do padrão de emissão
jun/19	6,0	5,3	13%	Fora do padrão de emissão
jul/19	5,3	4,6	13%	Fora do padrão de emissão
ago/19	5,3	3,8	29%	Fora do padrão de emissão
set/19	4,4	2,6	42%	Fora do padrão de emissão
out/19	5,0	1,0	79%	Dentro do padrão de emissão
nov/19	4,7	1,2	75%	Dentro do padrão de emissão
dez/19	5,7	4,0	29%	Fora do padrão de emissão

DQO – Em relação à DQO, a Resolução CONSEMA nº 355/2017 [4] estabelece, para vazões superiores a $10.000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, um limite de concentração de $150 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ (ver Tabela 1). Foi observado que nos quatro primeiros meses do ano a concentração de DQO do efluente esteve acima do limite estabelecido de $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ enquanto, de maio a dezembro, a concentração esteve dentro do padrão como mostra a Tabela 6. Chama a atenção que a elevação das concentrações da DQO no esgoto bruto nos meses de maio a dezembro, foi acompanhada de um aumento na

eficiência do processo de remoção deste parâmetro, levando o efluente a atender aos limites impostos, apesar da maior DQO afluente.

pH - Para o Potencial de Hidrogênio-pH, a Resolução CONSEMA Nº 355/2017 [4] exige um valor compreendido na faixa entre 6 e 9, independente da vazão do efluente. As análises deste parâmetro indicaram sua conformidade com estes limites, em 100% das amostras.

Tabela 6: Análise de DQO no afluente e efluente da ETE Navegantes

Mês	Afluente	Efluente	Demanda Química de Oxigênio (mg.L ⁻¹)	
			Eficiência Remoção	Padrão de emissão segundo a Resolução CONSEMA Nº 355/2017 - 150 mg.L ⁻¹
jan/19	283,6	182,6	35,6%	Fora do Padrão de Emissão
fev/19	292,0	153,9	47,3%	Fora do Padrão de Emissão
mar/19	366,9	245,4	33,1%	Fora do Padrão de Emissão
abr/19	335,5	206,7	38,4%	Fora do Padrão de Emissão
mai/19	379,6	133,9	64,7%	Dentro do Padrão de Emissão
jun/19	378,2	131,7	65,2%	Dentro do Padrão de Emissão
jul/19	370,7	136,4	63,2%	Dentro do Padrão de Emissão
ago/19	355,1	94,8	73,3%	Dentro do Padrão de Emissão
set/19	302,3	70,5	76,7%	Dentro do Padrão de Emissão
out/19	472,5	60,9	87,1%	Dentro do Padrão de Emissão
nov/19	336,7	62,3	81,5%	Dentro do Padrão de Emissão
dez/19	341,7	142,9	58,2%	Dentro do Padrão de Emissão

COLIFORMES - De acordo com a licença de operação da ETE Navegantes (LO 5209/2019), a CORSAN deve realizar a análise da concentração de coliformes termotolerantes no efluente tratado. Entretanto a CORSAN vem realizando a análise de *Escherichia coli*, conforme prevê o Parágrafo único, inciso II, do Art. 17 da Resolução CONSEMA nº 355/2017 [4], que diz que a *Escherichia coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes e a proporção de correlação entre eles será definida junto ao órgão ambiental competente.

Todavia a FEPAM, órgão responsável pela licença de operação desta ETE, não definiu uma proporção entre a bactéria *E. coli* e o subgrupo de bactérias coliformes termotolerantes. Por essa razão, será seguido aqui o procedimento adotado no PMSB (2014) [8], de adequar este parâmetro aos padrões de emissão, utilizando a proporção de 80% entre *E. coli* e coliformes termotolerantes, a qual é a proporção adotada pela Resolução CONAMA 274/2000 [9].

De acordo com a Resolução CONSEMA nº 355/2017 [4], o limite máximo de concentração de coliformes termotolerantes em efluentes, com vazão superior a 10.000 m³.d⁻¹, é 1.000 NMP/100ml e a eficiência mínima de remoção, 95%. A conversão da concentração para *Escherichia coli*, conduz a um valor máximo de 800 NMP/100ml, enquanto eficiência mínima de remoção se mantém em 95% [8].

Foi observado que, em todos os meses do ano de 2019 (exceto julho), a concentração de *Escherichia coli* no efluente, após tratamento, ultrapassou o limite de 800 NMP/100ml (ver Tabela 7). Todavia, em todos os meses o padrão de eficiência de remoção (95%) foi facilmente alcançado, provavelmente por ação das lagoas de maturação. Este fato mostra que, quando se analisa concentração de coliformes, os quais ocorrem em grandes quantidades nos esgotos, uma alta eficiência de remoção no tratamento não necessariamente garante um nível seguro de concentração no efluente.

SSed - O limite de concentração de Sólidos Sedimentáveis no efluente da ETE, segundo a Resolução CONSEMA Nº 355/2017 [4], para uma vazão maior que $10.000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, é $1 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ em teste de uma hora em Cone Imhoff. Foi observado nos resultados das análises realizadas, que as eficiências foram bastante elevadas produzindo um efluente com baixa concentração de sólidos sedimentáveis, abaixo deste limite em todos os meses.

Tabela 7: Análise de *Escherichia Coli* no afluente e efluente - ETE Navegantes

Mês	<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100mL)			
	Afluente	Efluente	Eficiência	Padrão de emissão segundo Resolução
			Remoção (%)	CONSEMA 355/2017 - 0,8.103 NMP/100mL ou 95% de eficiência de remoção
jan/19	7,0E+06	4,1E+04	99,42	Dentro do padrão de emissão
fev/19	6,9E+06	6,0E+04	99,13	Dentro do padrão de emissão
mar/19	7,7E+06	9,4E+04	98,78	Dentro do padrão de emissão
abr/19	8,9E+06	1,7E+05	98,07	Dentro do padrão de emissão
mai/19	7,4E+06	1,3E+05	98,29	Dentro do padrão de emissão
jun/19	5,8E+06	8,2E+04	98,59	Dentro do padrão de emissão
jul/19	3,9E+06	2,7E+01	99,99	Dentro do padrão de emissão
ago/19	4,7E+06	1,1E+04	99,75	Dentro do padrão de emissão
set/19	3,5E+06	2,5E+04	99,29	Dentro do padrão de emissão
out/19	5,6E+06	8,7E+03	99,84	Dentro do padrão de emissão
nov/19	5,6E+06	6,7E+03	99,88	Dentro do padrão de emissão
dez/19	6,8E+06	4,2E+03	99,94	Dentro do padrão de emissão

3.2 O Corpo Receptor

Em sua concepção inicial, a ETE Navegantes seria formada por duas lagoas anaeróbias seguidas por quatro bacias de infiltração, as quais fariam a disposição do efluente final no subsolo, dispensando a necessidade de lançamento em corpos de água superficiais. Entretanto, devido a problemas operacionais, o sistema passou por uma série de modificações até alcançar a configuração atual (duas lagoas aeradas seguidas por quatro lagoas de maturação) e o efluente da estação precisou ser lançado no arroio Martins (ver Figura 1), que é o corpo hídrico mais próximo da área.

Destaca-se que o arroio Martins, de acordo com a Norma Técnica Nº 003/95, aprovada pela Portaria SSMA Nº 07/95, foi enquadrado como Classe 1 da Resolução CONAMA 20/86, vigente naquela época e substituída pela atual Resolução 357/2005 [10]. Uma classificação atualizada para os corpos de água superficiais do Estado do Rio Grande do Sul aguarda a conclusão do Plano de Bacias Hidrográficas-PBH e, para os corpos de água do município de Rio Grande, mais especificamente, do Plano da Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim e São Gonçalo (L040).

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 430 de 2011 [11], os corpos de água, exceto os da classe especial, podem receber o lançamento de efluentes desde que os mesmos recebam o devido tratamento (Art. 3º) e não sejam excedidas as condições e padrões de qualidade estabelecidos para a classe do respectivo corpo de água (Art. 12).

A licença de operação da ETE, LO Nº 5209/2019, estabelece na condicionante 12.2.1 que a CORSAN deverá realizar, pelo menos mensalmente, o monitoramento do arroio 100 m a montante e 50 m a jusante do ponto de lançamento, com análise dos seguintes parâmetros: pH, oxigênio dissolvido (OD), DBO, sólidos dissolvidos totais (SDT), coliformes termotolerantes, nitrogênio amoniacal e fósforo total (PT). Os resultados destas análises, a montante e jusante do ponto de lançamento do efluente, foram comparados com os limites estabelecidos pela

resolução CONAMA nº 357/2005 [10] e os resultados são apresentados a seguir. Destaca-se que, por alguma razão, não houve resultado de análise no ponto de montante no mês de março de 2019.

DBO: Os limites máximos de concentração da DBO₅ estabelecidos pela Resolução CONAMA N°357/2005 [10], para cada classe de água doce, são mostrados na Tabela 8.

Comparando as concentrações nos pontos de coleta, de montante e de jusante (Tabela 9), com os limites máximos de concentração nas diferentes classes (Tabela 8), observa-se que, na maior parte dos meses, houve um aumento na concentração de DBO, de montante para jusante, indicando a influência do lançamento do esgoto tratado na qualidade da água do arroio. Ainda assim, durante todo o ano, o arroio se manteve na Classe 1, em relação à DBO.

Tabela 8: Limites de concentração dos parâmetros monitorados em cada classe de enquadramento [9 , 10]

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅ – mg.L ⁻¹)	3,0	5,0	10,0	> 10
Oxigênio Dissolvido (OD – mg.L ⁻¹)	≥ 6,0	≥ 5,0	≥ 4,0	≥ 2,0
	pH ≤ 7,5	3,7	3,7	13,3
	7,5 ≤ pH ≤ 8,0	2,0	2,0	5,6
	8,0 ≤ pH ≤ 8,5	1,0	1,0	> 2,2
	pH ≥ 8,5	0,5	0,5	> 1,0
Fósforo Total (PT – mg.L ⁻¹)	0,10	0,10	0,15	> 0,15
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	200	1.000	2.500	> 2.500
<i>Escherichia coli</i> (NMP/ 100 mL)	160	800	2.000	> 2.000

OD: Para oxigênio dissolvido (OD) a Resolução CONAMA N° 357/2005 [10] estabelece os limites de concentração indicados na Tabela 8, para cada classe de água doce.

Na Tabela 10 são apresentados os valores da concentração de OD, em mgO₂.L⁻¹, fornecidos pela CORSAN. Destaca-se que estes dados são brutos, resultantes das coletas mensais exigidas pela L.O. 5209/2019, e não foram submetidos a qualquer tratamento estatístico. Foi verificado que, dentro do período de amostragem, as concentrações de OD fizeram a classe do corpo receptor oscilar entre Classe 1 e Classe 4, tanto à montante, como à jusante do ponto de lançamento.

A Tabela 10 mostra que, de montante para jusante, em cinco meses a classe do arroio se manteve inalterada (três vezes na classe 1 e duas na classe 4), em quatro meses ela piorou (três deles para a classe 4) e em outros dois meses a classe melhorou. A redução no OD, de montante para jusante, observada na maior parte dos meses (nove) é um indicativo de que possivelmente as lagoas de maturação não estejam funcionando como esperado. Chamou a atenção o fato de que, em algumas ocasiões, a concentração de oxigênio dissolvido estar muito baixa, compatível com a classe 4, mesmo a montante do ponto de lançamento, sugerindo alguma atividade poluente na bacia.

Tabela 9: DBO₅ a montante e jusante do ponto de lançamento do efluente (mg.L⁻¹)

Mês	Montante	Comparação com os limites de concentração de enquadramento	Jusante	Comparação com os limites de concentração de enquadramento	Acréscimo (%)
jan/19	1,5	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	-6,7
fev/19	0,5	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,1	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	120,0
mar/19	-	---	2,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	---
abr/19	0,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,5	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	316,7
mai/19	0,3	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,9	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	866,7
jun/19	0,3	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	366,7
jul/19	0,5	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	220,0
ago/19	0,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,7	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	16,7
set/19	0,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,1	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	83,3
out/19	0,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	50,0
nov/19	0,5	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,5	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,0
dez/19	1,9	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	-5,3
Méd. Anual	0,70	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,52	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	116,7

Foi realizada uma revisão na bibliografia (artigos e monografias sobre o arroio Martins), além de consultas com técnicos da CORSAN e da Prefeitura, em busca de informações a respeito do regime hídrico do arroio Martins mas, nenhuma destas fontes foi capaz de fornecer esta informação. Por esta razão foi realizado um balanço de massa para OD, com os valores apresentados na Tabela 10 (exceto para os meses de fevereiro, março e maio), com o intuito de obter alguma informação a respeito da vazão que flui através deste corpo hídrico. O resultado deste balanço mostrou que a vazão do arroio variou entre um mínimo de 2.163,1 m³.d⁻¹ (25,0 L.s⁻¹ em abril) e um máximo de 80.921,2 m³.d⁻¹ (936,6 L.s⁻¹ em outubro), com média de 30.860,0 m³.d⁻¹ (357,2 L.s⁻¹). Nesse balanço, o OD do efluente tratado foi considerado nulo, mas isto pode não ser verdade e por esta razão o resultado tem que ser visto com cautela. Em duas ocasiões (fevereiro e maio) a concentração do OD aumentou, possivelmente devido a influência de precipitações nos banhados do entorno do arroio ou a alguma atividade fotossintética nas lagoas de maturação.

Tabela 10: Análise de OD a montante e jusante do ponto de lançamento do efluente (mg.L⁻¹)

Mês	Montante	Comparação com os limites de concentração de enquadramento	Jusante	Comparação com os limites de concentração de enquadramento	Acréscimo (%)
jan/19	2,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	2,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	-9,1
fev/19	5,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	7,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	20,7
mar/19	-	---	1,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	---
abr/19	3,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	1,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	-73,7
mai/19	3,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	5,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	52,6
jun/19	5,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	3,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	-46,4
jul/19	9,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	8,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	-18,4
ago/19	9,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	8,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	-18,4
set/19	4,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	3,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	-14,3
out/19	6,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	6,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	-6,1
nov/19	4,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	4,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	-8,3
dez/19	4,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	3,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	-25,0

N-NH₃: Na água, dependendo do pH, o nitrogênio amoniacal pode se apresentar na forma ionizada (NH₄)⁺, diretamente assimilável pelos microrganismos, ou na forma gasosa (NH₃), extremamente tóxica aos peixes. Por isso a Resolução N° 357 do CONAMA [10] fixa a concentração máxima, correspondente a cada classe de água, como função da faixa de pH, como pode ser visto na Tabela 8.

A Tabela 11 apresenta os resultados do monitoramento do nitrogênio amoniacal realizado nos pontos de coleta no Arroio Martins, a montante e a jusante do ponto de lançamento do efluente. Desta forma, o enquadramento do corpo receptor é feito por comparação destes resultados (Tabela 11) com os limites máximos de concentração permitido nas diferentes classes (Tabela 8), considerando os respectivos valores de pH. Assim, para nitrogênio amoniacal, no ponto a montante do lançamento, o arroio se manteve dentro do limite de concentração correspondente à Classe 1 em todas as análises realizadas durante o ano de 2019. Entretanto, no ponto de jusante, a classe do corpo receptor caiu para 3 ou 4 em seis meses do ano, evidenciando a baixa capacidade de nitrificação do sistema de lagoas e a influência negativa do efluente sobre a qualidade da água do arroio em relação a este parâmetro.

Tabela 11: Concentração de Nitrogênio Amoniacal (mg.L^{-1}) a montante e jusante do ponto de lançamento. Note que o enquadramento depende do valor do pH.

Mês	Montante	pH montante	Comparação com os limites de concentração de enquadramento	Jusante	pH jusante	Comparação com os limites de concentração de enquadramento
jan/19	ND	5,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	ND	5,7	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
fev/19	ND	6,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,9	6,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
mar/19	-	-	---	8,6	6,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3
abr/19	ND	5,3	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	11	5,1	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3
mai/19	< 1,5	7,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	11	8,1	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4
jun/19	< 1,5	7,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	19	7,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4
jul/19	< 1,5	7,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	16	7,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4
ago/19	< 1,5	7,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,4	7,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3
set/19	< 1,5	6,7	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,4	6,7	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
out/19	< 1,5	7,1	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	3,0	7,3	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
nov/19	<1,5	6,7	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,4	6,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
dez/19	<1,5	6,9	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,7	6,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1

PT: Para Fósforo Total, os limites de concentração estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 357/2005, para cada classe de água, são mostrados na Tabela 08.

A comparação da concentração de fósforo total nos pontos de coleta (Tabela 12), com os limites máximos de concentração nas diferentes classes (Tabela 8), mostra que houve um aumento significativo na concentração, de montante para jusante, em todos os meses do ano. Para este parâmetro, no ponto a montante do lançamento, o arroio esteve dentro do limite de concentração correspondente à Classe 1 em todas as coletas do ano, exceto nos meses de janeiro e dezembro, quando esteve na classe 4. De modo diferente, o ponto de jusante apresentou concentrações de fósforo total compatíveis com a classe 4 em todos os meses do ano. Isso reflete a baixa capacidade do sistema de tratamento na remoção de fósforo e deixa evidente a interferência negativa do lançamento sobre a qualidade da água do corpo receptor.

Em resumo, em relação ao parâmetro fósforo total, a qualidade da água piorou de montante para jusante em todos os meses do ano e o arroio Martins só não teve a classe de enquadramento prejudicada nos meses de janeiro e dezembro, quando a classe já era a pior.

Tabela 12: Análise de Fósforo a montante e jusante do ponto de lançamento do efluente.

Mês	Montante	Comparação com os limites de concentração de enquadramento	Jusante	Comparação com os limites de concentração de enquadramento	Acréscimo (%)
jan/19	0,28	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	0,57	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	103,6
fev/19	0,07	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,44	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	528,6
mar/19	-	---	1,9	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	---
abr/19	0,04	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	5900,0
mai/19	0,04	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,7	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	4150,0
jun/19	0,03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	3,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	9900,0
jul/19	0,02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,7	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	8400,0
ago/19	0,03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,23	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	666,7
set/19	0,10	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,36	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	260,0
out/19	0,10	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,18	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	80,0
nov/19	0,08	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,16	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	100,0
dez/19	0,25	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	0,38	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	52,0

Escherichia coli: Da mesma forma conduzida para o monitoramento dos efluentes da ETE, a CORSAN vem realizando a análise da concentração de *Escherichia coli* no corpo receptor em substituição a análise de coliformes termotolerantes, conforme preconiza a Resolução CONSEMA N° 355/2017 [4], como já mencionado anteriormente.

Assim, buscando identificar a situação deste parâmetro no arroio Martins, foi utilizada a proporção de 80% de *Escherichia coli* em relação a coliformes termotolerantes. Os limites máximos de concentração de coliformes termotolerantes em corpos hídricos de água doce, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 [10] e, conforme a classe de enquadramento, são apresentados na Tabela 8.

Na Tabela 8 são apresentadas também as concentrações limites para cada classe em termos de *Escherichia coli*, equivalentes a 80% dos respectivos limites previstos para coliformes termotolerantes [8, 3]. A comparação da concentração de *E. Coli* nos pontos de coleta (Tabela 13), com os limites máximos de concentração nas diferentes classes (Tabela 8), mostra que, excluindo o mês de março, cuja análise ficou prejudicada, em sete meses houve um aumento na concentração de *E. coli* de montante para jusante, enquanto nos outros quatro meses ocorreu uma redução nesta concentração.

De acordo com o critério de 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras coletadas no período de um ano, estarem dentro dos limites estabelecidos para cada classe, observou-se que o ponto à montante do lançamento esteve dentro do limite de concentração da Classe 2 (10 amostras em 11). Para o ponto a jusante, apesar de vários meses (9 amostras em 12) apresentarem concentrações compatíveis com a Classe 2, pelo critério de 80% das amostras, ele se enquadra apenas na Classe 3.

Tabela 13: *E. Coli* a montante e jusante do ponto de lançamento do efluente

Mês	Montante	Comparação com os limites de concentração de enquadramento	Jusante	Comparação com os limites de concentração de enquadramento	Acréscimo (%)
jan/19	2,48E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	2,72E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	9,7
fev/19	6,20E+01	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	3,01E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	385,5
mar/19	-	---	2,49E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	---
abr/19	9,21E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	3,65E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	296,7
mai/19	8,00E+01	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	3,13E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	291,3
jun/19	3,26E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	6,10E+01	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	-81,3
jul/19	2,92E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	7,90E+01	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	-72,9
ago/19	1,86E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	1,31E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	-29,6
set/19	6,50E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	1,22E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	88,2
out/19	8,40E+01	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,20E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	42,9
nov/19	4,6E+01	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	6,4E+01	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	39,1
dez/19	2,0E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	1,7E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	-14,4

pH: De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 [10], independente da classe do corpo hídrico de água doce, este deve ter o seu pH (Potencial de Hidrogênio) compreendido entre 6,0 e 9,0. Como pode ser visto na Tabela 11, nem todos os valores de pH encontram-se nesta faixa. Nos meses de janeiro e abril, tanto à montante como à jusante, os valores estiveram abaixo de 6,0, indicando uma água com característica levemente ácida.

SDT: Os valores do parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais (não mostrados aqui) variaram entre um mínimo de 64 mg.L⁻¹ em setembro, no ponto à montante, e um máximo de 477 mg.L⁻¹ à jusante, em março, portanto dentro do limite de 500 mg.L⁻¹ estabelecido para a Classe 1 da Resolução CONAMA N° 357/2005 [10].

4 Conclusões

- A ETE Navegantes foi bastante eficiente na remoção de matéria orgânica;
- Em relação a nutrientes a eficiência da ETE foi muito baixa e deixou o efluente fora dos padrões de lançamento em muitas ocasiões, especialmente PT, que só atendeu o parâmetro de lançamento em dois meses do ano;
- As análises para controle operacional são conduzidas em amostras do esgoto bruto (afluente a ETE) e do esgoto tratado (saída da ETE). A inexistência de análises no efluente intermediário (na saída das lagoas aeradas) impede avaliar o desempenho individual, tanto das lagoas aeradas como das lagoas de maturação. Este fato impede que se possa associar eventual mau desempenho na remoção de qualquer parâmetro com as lagoas aeradas, ou com as lagoas de maturação e, por consequência, dificulta a adoção de ações pontuais de correção;
- Pelos resultados das análises disponíveis, pode-se conjecturar que as lagoas aeradas estejam funcionando de forma adequada, tendo em vista que a DBO do efluente está o tempo todo dentro do padrão e que lagoas de maturação não são eficientes na remoção de DBO [12]. Por outro lado, o fato dos parâmetros nitrogênio amoniacal e fósforo estarem, na maior parte do tempo, fora dos padrões (nitrogênio 75% e fósforo 83% do tempo) também pode ser um indicativo de que talvez as lagoas de maturação não estejam funcionando da forma esperada;
- As análises na água do corpo receptor mostraram que, na maior parte do tempo, o efluente da estação, além de não atender aos padrões exigidos, causa prejuízo no enquadramento do corpo receptor, piorando a qualidade da sua água de montante para jusante do ponto de lançamento. Isso, pelo menos em parte, é agravado pela baixa

capacidade de diluição do Arroio Martins em relação a quantidade de esgotos, indicada pelo balanço de oxigênio dissolvido conduzido em seção anterior.

Referências

- [1] E.P. Jordão e C.A. Pessoa, *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 7ª Ed. Rio de Janeiro RJ, Brasil: Ed. ABES. 2014.
- [2] R. Bobadilho e C.R. Tagliani, “Caracterização socioambiental dos ambientes fluviais costeiros: um diagnóstico dos arroios urbanos de Rio Grande – RS”, em *IX Simpósio Nacional de Geomorfologia – SINAGEO*, Rio de Janeiro (RJ), 2012. Disponível em: www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/2/2-667-700.html
- [3] Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Rio Grande – PMSB. Prefeitura Municipal do Rio Grande: 2020.
- [4] Resolução CONSEMA n.º 355 de 2017. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Rio Grande do Sul.
- [5] American Public Health Association – APHA, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21 ed. Washington. 2005.
- [6] D. A. Marçal e C. E. Silva, “Avaliação do impacto do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI),” *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 22, no. 4, pp. 761-772, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017148242>
- [7] W. C. Fonseca e C. E. J. A. Tibiriçá, “Avaliação da influência da estação de tratamento de efluente de Catanduva (SP) na qualidade da água do rio São Domingos,” *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 26, no. 1, pp.181-191, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-415220180157>
- [8] Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Rio Grande – PMSB. Prefeitura Municipal do Rio Grande: 2014.
- [9] Resolução CONAMA Nº 274 de 2000. Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- [10] Resolução CONAMA Nº 357 de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- [11] Resolução CONAMA Nº 430 de 2011. Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- [12] M.V. Sperling, *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol. 1. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. 4ª ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 2014.