VETOR

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

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

José Francisco Almeida de Souza[1,†], Carla Silva da Silva[1], Marília de Marco Brum[2], Tuane de Oliveira Dutra[3].
[1]*Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil*
[2]*Divisão de Projetos e Arquitetura, Marinha do Brasil, Rio Grande, Brasil*
[3]*Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, Brasil*
[†]**Autor correspondente:** jfas.ee.furg@gmail.com

Resumo

Neste artigo é feita a avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de esgotos (ETE) e da influência do lançamento do efluente tratado na qualidade da água de um arroio local, baseada em dados operacionais, relativos ao ano de 2019, fornecidos pela CORSAN. A ETE Parque Marinha, inaugurada no início da década de 1980, consiste num sistema de lodos ativados com aeração prolongada, composto por um tanque de aeração (reator) e um decantador secundário. Para o esgoto foram avaliados os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio, sólidos suspensos totais, demanda química de oxigênio, nitrogênio amoniacal, fósforo total, etc. No corpo receptor foram avaliados também o oxigênio dissolvido e pH. O sistema foi bastante eficiente na remoção de DBO e DQO, mas a eficiência na remoção de nutrientes, especialmente nitrogênio amoniacal, foi baixa.

Palavras chave

Lodos ativados • poluição • lançamento de esgotos • arroio Vieira

Abstract

This article evaluates the performance of a wastewater treatment plant (WWTP) and the influence of its effluent discharge on the water quality of a local stream, based on operational data for the year 2019, provided by CORSAN. The Parque Marinha WWTP, inaugurated in the early 1980s, consists of an extended aeration activated sludge system, comprising an aeration tank (reactor) and a secondary sedimentation tank. The following parameters for wastewater were evaluated: biochemical oxygen demand, total suspended solids, chemical oxygen demand, ammonia, total phosphorus, etc. In the receiving body, dissolved oxygen and pH were also evaluated. The system was quite efficient in removing BOD and COD, but the efficiency in removing nutrients, especially ammonia nitrogen, was low.

Keywords

Activated sludges • pollution • sewage discharge • Vieira stream

1 Introdução

Este artigo decorre do trabalho de revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Rio Grande, situado 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.

A Estação de Tratamento de Esgotos Parque Marinha, que será avaliada neste artigo, opera no município de Rio Grande, cuja população é aproximadamente 192.000 habitantes. O município 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: (*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-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 Parque Marinha (situada nas coordenadas -32.103792, -52.184194) é descrita na Licença de Operação LO nº 4044/2015-DL, expedida pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul), como um sistema de lodos ativados com aeração prolongada, composta de tratamento preliminar (grades para remoção de sólidos grosseiros e caixa de areia), um tanque de aeração (TA) com dois aeradores mecânicos, um decantador secundário e seis leitos de secagem. A Figura 1(a) mostra uma vista do tanque de aeração e a Figura 1(b), uma vista do decantador secundário.



Figura 1. Tanque de aeração (a) e decantador secundário (b) da ETE Parque Marinha.

Segundo a LO 4044/2015-DL, a ETE Parque Marinha trata uma vazão média de esgotos de 4.122 $m^3.d^{-1}$, correspondente a uma população de aproximadamente 22.000 habitantes. A coleta de esgotos no bairro, inaugurado no início da década de 1980, é feita através de uma rede do tipo separador absoluto, construída na mesma época, com tubos de cimento amianto com diâmetros variando de 150 mm a 350 mm, cujo estado de conservação é ruim e necessita substituição [1,2]. Soma-se a isto o fato de a cidade ser litorânea, com solo arenoso e lençol freático muito superficial favorecendo altas taxas de infiltração de areia e água freática na rede com a consequente diluição do esgoto bruto.

O arroio Vieira nasce em uma região de banhados e se desenvolve de forma sinuosa (meandrando) em direção a sua foz, situada em uma enseada estuarina denominada Saco da Mangueira. Nas adjacências do arroio, aproximadamente em seu terço médio, se desenvolveram de modo planejado, no início da década de 1980, três bairros: O bairro Parque São Pedro na sua margem direita e os bairros Parque Marinha e Jardim do Sol na margem esquerda. O bairro Parque Marinha foi o único dotado de rede coletora e estação de tratamento de esgotos, a qual é objeto deste artigo. Os demais, dispõem seus esgotos em sistemas de fossas sépticas e sumidouros, individuais, os quais causam contaminação do lençol freático.

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 303 de 20 de março de 2002 [3], o arroio Vieira constitui Área de Preservação Permanente (Art.3º) com faixa marginal de 30 m para cada uma das margens a partir do nível mais alto de cheia sazonal [4]. Entretanto, ocupações irregulares no entorno do arroio já eram uma realidade no início da década de 1990. Famílias ocuparam a área de forma desordenada e construíram suas habitações no campo de dunas, muito próximo do corpo hídrico. Chama a atenção que tais moradias não contam com qualquer serviço de saneamento e lançam seus resíduos (líquidos e sólidos) diretamente no arroio.

Desta forma, constata-se que o Arroio Vieira constitui um exemplo de conflito de usos e de degradação ambiental pois, além de receber os esgotos tratados da ETE Parque Marinha, vem servindo de depósito de lixo dos moradores irregulares [4].

2 Metodologia

Os dados aqui apresentados e discutidos resultam 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 [2].

A frequência das coletas para controle do processo de tratamento e disposição final é diária ou semanal dependendo do parâmetro. Estas coletas são conduzidas no efluente bruto (afluente ao tanque de aeração) e no efluente tratado (efluente do decantador secundário), conforme fixado na Licença de Operação LO nº 4044/2015. Também são apresentados e discutidos os resultados das análises de qualidade da água no corpo receptor (Arroio Vieira), em amostras 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 Parque Marinha, os quais estão em estrita conformidade com a Resolução CONSEMA nº 355/2017[1] [5] e são fixados conforme a faixa de vazão do efluente. Segundo esta resolução, os parâmetros DBO_5, DQO, sólidos suspensos totais (SST), coliformes termotolerantes, nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$) e fósforo total (PT) devem atender os valores máximos de concentração (ou eficiência mínima) de acordo com a Tabela 1.

Nas seções que se seguem é feita uma avaliação da eficiência da ETE através da comparação das análises do esgoto (bruto e tratado) com os padrões apresentados na Tabela 1.

Destaca-se que os dados relativos ao esgoto foram coletados, ou diariamente, ou semanalmente, dependendo do parâmetro, conforme exigência da FEPAM constante da LO nº 4044/2015. Os dados de DQO, sólidos sedimentáveis (SSed) e vazão são oriundos de coletas diárias, enquanto aqueles correspondentes a coliformes, DBO, fósforo, nitrogênio amoniacal e sólidos suspensos totais (SST) resultam de coletas semanais.

Em um caso, ou no outro, os resultados apresentados nas tabelas e figuras que se seguem, para cada parâmetro, representam médias mensais ponderadas pelas vazões no momento das coletas. As análises de todos os parâmetros seguiram os procedimentos descritos no *Standard Methods* [6].

Tabela 1: Padrões de emissão definidos na LO da ETE Parque Marinha.

Parâmetro	Sigla	Limite de Concentração Resolução CONSEMA 355/2017	Frequência de Análise
Coliformes Termotolerantes		10^4 NMP/100ml ou $\geq$ 95% de eficiência	Semanal
Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO_5	$\leq$ 60 $mg.L^{-1}$	Semanal
Demanda Química de Oxigênio	DQO	$\leq$ 180 $mg.L^{-1}$	Diária
Fósforo Total		$\leq$ 1 mgP/L ou $\geq$ 75% de eficiência	Semanal
Nitrogênio Amoniacal	N-NH3	$\leq$ 20 $mg.L^{-1}$	Semanal
Óleos e Graxas Totais	OG	$\leq$ 10 $mg.L^{-1}$	Semanal
pH	pH	6,0 a 9,0	Diária
Sólidos Sedimentáveis	SSed	$\leq$ 1,0 mL/L	Diária
Sólidos Suspensos Totais	SST	$\leq$ 60 $mg.L^{-1}$	Semanal
Vazão Máxima		5.747 m3/d (66,52 L/s)	Diária
Vazão Média		4.122 m3/d (47,71 L/s)	Diária

[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

3 Resultados e Discussão

3.1 O Sistema de Tratamento

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (**DBO_5)**, parâmetro que avalia o teor de matéria orgânica biodegradável presente no esgoto, tem limite de concentração igual a 60 $mgO_2.L^{-1}$ como mostra a Tabela 1.

Os valores relativamente baixos da DBO afluente, mostrados na Tabela 2, deixam evidente a influência que a forte infiltração de água do lençol freático vem exercendo 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 lodos ativados operou com eficiência global dentro da faixa 87,8% a 98,4%, denotando um desempenho muito bom na remoção de matéria orgânica.

Destaca-se que os baixos valores de DBO (solúvel) no efluente tratado (1,7 a 10,4 $mg.L^{-1}$), podem ser associados com uma boa capacidade de remoção de sólidos em suspensão no decantador secundário (ver Tabela 3).

Em relação aos sólidos suspensos (**SST**), totais a LO nº 4044/2015, em acordo com a Resolução CONSEMA Nº 355/2017, fixa o limite de concentração de 60 $mg.L^{-1}$. Na Tabela 3 podem ser vistos os resultados das análises de SST no esgoto afluente e efluente da ETE Parque Marinha, bem como a eficiência de remoção alcançada no processo de tratamento. Observa-se que este parâmetro ficou dentro dos limites estabelecidos para o efluente em todos os meses do ano.

Tabela 2: Análise de DBO no afluente e efluente da ETE Parque Marinha.

Demanda Bioquímica de Oxigênio ($mg.L^{-1}$)				
Mês	Afluente	Efluente	Eficiência	Padrão de emissão segundo Resolução
			Remoção	CONSEMA Nº 355/2017 - 60 $mg.L^{-1}$
jan/19	73,9	7,0	90,5%	Dentro do padrão de emissão
fev/19	97,7	4,5	95,4%	Dentro do padrão de emissão
mar/19	85,0	10,4	87,8%	Dentro do padrão de emissão
abr/19	102,8	1,7	98,4%	Dentro do padrão de emissão
mai/19	94,3	2,1	97,8%	Dentro do padrão de emissão
jun/19	121,3	3,8	96,9%	Dentro do padrão de emissão
jul/19	79,5	2,4	97,0%	Dentro do padrão de emissão
ago/19	84,2	1,9	97,8%	Dentro do padrão de emissão
set/19	58,2	2,0	96,6%	Dentro do padrão de emissão
out/19	78,5	2,8	96,5%	Dentro do padrão de emissão
nov/19	107,3	6,6	93,8%	Dentro do padrão de emissão
dez/19	114,2	9,7	91,5%	Dentro do padrão de emissão

Em relação à demanda química de oxigênio (**DBO**), a Resolução CONSEMA nº 355/2017 estabelece, para vazões de esgoto compreendidas na faixa de 2000 a 10.000 $m^3.d^{-1}$ (Qméd = 4.122 $m3.d^{-1}$), um limite de concentração de 180 mgO2.L-1. A Tabela 4 mostra que a DQO do efluente da ETE Parque Marinha esteve dentro do padrão de emissão estabelecido nesta resolução durante todo o ano de 2019.

Tabela 3: Sólidos Suspensos Totais no afluente e efluente - ETE Parque Marinha.

Sólidos Suspensos Totais ($mg.L^{-1}$)				
Mês	Afluente	Efluente	Eficiência	Padrão de emissão segundo Resolução
			Remoção	CONSEMA Nº 355/2017 - 60 $mg.L^{-1}$
jan/19	113,3	27,0	76,2%	Dentro do padrão de emissão
fev/19	138,9	24,4	82,4%	Dentro do padrão de emissão
mar/19	161,3	36,7	77,2%	Dentro do padrão de emissão
abr/19	174,2	26,7	84,7%	Dentro do padrão de emissão
mai/19	186,3	52,6	71,7%	Dentro do padrão de emissão
jun/19	209,9	26,7	87,3%	Dentro do padrão de emissão
jul/19	151,5	24,0	84,2%	Dentro do padrão de emissão
ago/19	150,3	25,6	82,9%	Dentro do padrão de emissão
set/19	133,1	24,0	82,0%	Dentro do padrão de emissão
out/19	167,1	32,5	80,6%	Dentro do padrão de emissão
nov/19	149,9	35,9	76,1%	Dentro do padrão de emissão
dez/19	181,8	37,3	79,5%	Dentro do padrão de emissão

Tabela 4: Análise de DQO no afluente e efluente da ETE Navegantes.

Demanda Química de Oxigênio ($mg.L^{-1}$)				
Mês	Afluente	Efluente	Eficiência Remoção	Padrão de emissão segundo a Resolução CONSEMA Nº 355/2017 - 180 $mg.L^{-1}$
jan/19	360,4	44,2	87,7%	Dentro do Padrão de Emissão
fev/19	433,7	65,4	85,1%	Dentro do Padrão de Emissão
mar/19	540,0	73,8	86,3%	Dentro do Padrão de Emissão
abr/19	520,0	25,9	95,0%	Dentro do Padrão de Emissão
mai/19	576,8	78,6	86,4%	Dentro do Padrão de Emissão
jun/19	643,8	50,3	92,2%	Dentro do Padrão de Emissão
jul/19	485,6	39,4	91,9%	Dentro do Padrão de Emissão
ago/19	547,6	34,8	93,6%	Dentro do Padrão de Emissão
set/19	481,5	32,5	93,3%	Dentro do Padrão de Emissão
out/19	470,5	45,4	90,3%	Dentro do Padrão de Emissão
nov/19	561,6	100,7	82,1%	Dentro do Padrão de Emissão
dez/19	573,5	90,7	84,2%	Dentro do Padrão de Emissão

Para o parâmetro nitrogênio amoniacal (**N-NH3**), a Resolução CONSEMA Nº 355/2017 fixa o limite de emissão de 20 $mgN.L^{-1}$, independente da vazão do efluente. A Tabela 5 mostra que este parâmetro só esteve dentro do limite estabelecido por esta resolução em cinco meses no ano de 2019, significando que em 58% das análises efetuadas o efluente esteve fora dos padrões estabelecidos. A baixa eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal em alguns

meses é preocupante pois sinaliza que pode vir a ocorrer nitrificação no corpo receptor, com demanda de oxigênio dissolvido.

Para o parâmetro Fósforo Total (**PT**), a Resolução CONSEMA Nº 355/2017 estabelece dois padrões de modo que pelo menos um deles seja alcançado no processo de tratamento. O primeiro, e mais importante para o meio ambiente, está relacionado com a concentração máxima de PT no efluente. De acordo com esta resolução, a concentração limite, para vazões compreendidas entre 2.000 e 10.000 m^3/dia, é de 2 $mgP.L^{-1}$. O segundo, aplicável quando o primeiro não pode ser alcançado, diz respeito a eficiência do tratamento na remoção deste elemento, a qual deve ser de, no mínimo, 75%.

Em outras palavras, se o parâmetro relacionado com a qualidade do efluente não puder ser alcançado, exige-se que o segundo, relacionado com a qualidade do processo de tratamento, o seja.

Tabela 5: Análise de Nitrogênio Amoniacal no afluente e efluente - ETE Parque Marinha.

Nitrogênio amoniacal ($mg.L^{-1}$)				
Mês	Afluente	Efluente	Eficiência	Padrão de emissão segundo Resolução
			Remoção	CONSEMA Nº 355/2017 - 20 $mg.L^{-1}$
jan/19	29,2	20,2	30,9%	Fora do padrão de emissão
fev/19	44,3	18,6	57,9%	Dentro do padrão de emissão
mar/19	46,5	44,9	3,6%	Fora do padrão de emissão
abr/19	47,8	10,0	79,1%	Dentro do padrão de emissão
mai/19	51,7	16,4	68,3%	Dentro do padrão de emissão
jun/19	64,7	38,3	40,9%	Fora do padrão de emissão
jul/19	41,4	13,5	67,3%	Dentro do padrão de emissão
ago/19	44,7	22,2	50,4%	Fora do padrão de emissão
set/19	31,8	14,1	55,8%	Dentro do padrão de emissão
out/19	40,8	23,3	42,9%	Fora do padrão de emissão
nov/19	48,9	41,4	15,3%	Fora do padrão de emissão
dez/19	52,3	45,2	13,7%	Fora do padrão de emissão

As análises realizadas mostraram que este parâmetro esteve dentro do limite de concentração, para o efluente do tratamento, durante a maior parte do ano de 2019, como mostra a Tabela 6. Apenas em três meses (fevereiro, novembro e dezembro), a concentração de Fósforo Total no efluente da estação esteve acima do limite de 2 mg/L.

Tabela 6: Análise de Fósforo Total no afluente e efluente - ETE Navegantes.

Fósforo Total (mg.L-1)				
Mês	Afluente	Efluente	Eficiência Remoção (%)	Padrão de emissão da Resolução CONSEMA 355/2017 - 2,0 mg.L-1 ou 75% de eficiência de remoção
jan/19	4,1	1,2	70,2%	Dentro do padrão de emissão
fev/19	6,5	2,4	63,3%	Fora do padrão de emissão
mar/19	6,7	2,0	70,3%	Dentro do padrão de emissão
abr/19	6,6	0,5	92,0%	Dentro do padrão de emissão
mai/19	6,8	0,8	87,6%	Dentro do padrão de emissão
jun/19	8,2	1,2	85,4%	Dentro do padrão de emissão
jul/19	5,4	1,2	77,2%	Dentro do padrão de emissão
ago/19	6,4	0,4	93,1%	Dentro do padrão de emissão
set/19	4,9	0,8	84,7%	Dentro do padrão de emissão
out/19	5,1	1,0	80,5%	Dentro do padrão de emissão
nov/19	6,0	2,9	51,3%	Fora do padrão de emissão
dez/19	6,4	2,3	64,4%	Fora do padrão de emissão

A Figura 2, que compara as eficiências na remoção de fósforo com o padrão de 75%, auxilia na interpretação das análises mostradas na Tabela 6. Ela mostra, por exemplo, que nos meses de fevereiro, novembro e dezembro, quando as eficiências de remoção de Fósforo foram as mais baixas da série, é que as concentrações ultrapassaram o limite de 2,0 mg/L.

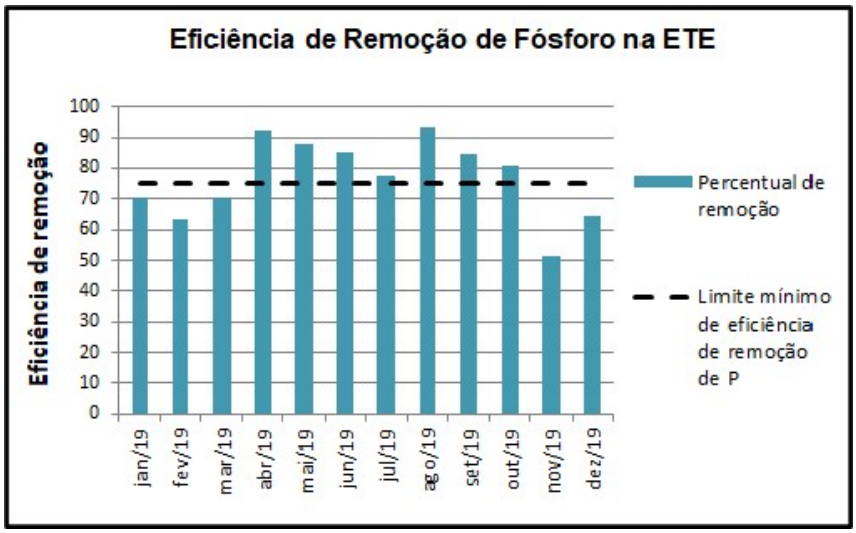


Figura 2: Eficiência de remoção de Fósforo e o limite mínimo de eficiência exigido

Para os parâmetros 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.

Para o Potencial de Hidrogênio (**pH**), a Resolução CONSEMA Nº 355/2017 [5] 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.

A licença de operação da ETE Parque Marinha (LO 4044/2015) estabelece que seja realizada a análise da concentração de coliformes termotolerantes no efluente tratado da estação. Entretanto a CORSAN vem, há algum tempo, realizando a análise de *Escherichia coli* (ao invés de coliformes termotolerantes), conforme prevê o Parágrafo único do inciso II, do Art. 17 da Resolução CONSEMA nº 355/2017 [5]. Este parágrafo afirma que a *Escherichia coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes sendo a proporção da correlação entre eles definida junto ao órgão ambiental competente.

Entretanto a FEPAM, órgão responsável pela licença de operação desta ETE, não definiu uma proporção entre a bactéria *Escherichia coli* e o subgrupo de bactérias coliformes termotolerantes. Por essa razão será seguido aqui o procedimento de adequar este parâmetro, aos padrões de emissão, utilizando a proporção de 80% entre *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes, que é a proporção adotada pela Resolução CONAMA 274/2000 [7].

De acordo com a Resolução CONSEMA nº 355/2017 [5], o limite máximo de concentração de Coliformes termotolerantes em efluentes, com vazão entre 2.000 e 10.000 $m^3.d^{-1}$, é de 10.000 NMP/100ml e a eficiência de remoção mínima, 95%. Convertendo esses valores para *Escherichia coli*, a concentração máxima deve ser de 8.000 NMP/100ml e a eficiência mínima de remoção se mantém em 95%.

Nota-se que, em todos os meses de 2019, a concentração de *Escherichia coli* no efluente, após tratamento, ultrapassou o limite de 8.000 NMP/100 mL (ver Tabela 7).

Foi observado também que o padrão de eficiência de remoção de *Escherichia Coli*, equivalente a 95% de eficiência, foi alcançado em apenas 33% do tempo (quatro meses), mostrando que este processo de tratamento não é hábil para remoção de microrganismos.

Tabela 7: Análise de Escherichia Coli no afluente e efluente - ETE Parque Marinha.

Escherichia Coli (NMP/100mL)				
Mês	Afluente	Efluente	Eficiência Remoção (%)	Padrão de emissão segundo Resolução CONSEMA 355/2017 - 8.10^3 NMP/100mL ou 95% de eficiência de remoção
jan/19	8,91E+06	1,04E+06	88,3	Fora do padrão de emissão
fev/19	1,16E+07	8,90E+05	92,3	Fora do padrão de emissão
mar/19	1,05E+07	8,57E+05	91,8	Fora do padrão de emissão
abr/19	1,09E+07	1,14E+05	99,0	Dentro do padrão de emissão
mai/19	8,77E+06	1,17E+05	98,7	Dentro do padrão de emissão
jun/19	8,61E+06	5,92E+05	93,1	Fora do padrão de emissão
jul/19	5,80E+06	1,92E+05	96,7	Dentro do padrão de emissão
ago/19	6,91E+06	2,19E+05	96,8	Dentro do padrão de emissão
set/19	5,19E+06	3,16E+05	93,9	Fora do padrão de emissão
out/19	7,28E+06	6,53E+05	91,0	Fora do padrão de emissão
nov/19	8,54E+06	8,82E+05	89,7	Fora do padrão de emissão
dez/19	1,12E+07	9,56E+05	91,5	Fora do padrão de emissão

O limite de concentração de Sólidos Sedimentáveis (**SSed**), no efluente da estação de tratamento, segundo a Resolução CONSEMA Nº 355/2017, para uma vazão compreendida entre 2000 e 10.000 $m^3.d^{-1}$, é 1 $ml.L^{-1}$ em teste de 01 (uma) hora em Cone Imhoff. Observa-se, dos resultados das análises realizadas, que as eficiências foram bastante elevadas produzindo um efluente com baixa concentração de sólidos sedimentáveis como pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8: Análise de Sólidos Sedimentáveis no afluente e efluente da ETE Parque Marinha.

Sólidos Sedimentáveis (mL/L)				
Mês	Afluente	Efluente	Eficiência Remoção	Padrão de emissão segundo a Resolução CONSEMA Nº 355/2017 - ≤ 1,0 mL/L
jan/19	0,60	0,10	83,4%	Dentro do Padrão de Emissão
fev/19	0,74	0,10	86,4%	Dentro do Padrão de Emissão
mar/19	1,04	0,10	90,4%	Dentro do Padrão de Emissão
abr/19	1,09	0,10	90,8%	Dentro do Padrão de Emissão
mai/19	1,04	0,23	78,2%	Dentro do Padrão de Emissão
jun/19	1,41	0,16	88,7%	Dentro do Padrão de Emissão
jul/19	0,75	0,10	86,7%	Dentro do Padrão de Emissão
ago/19	1,12	0,11	90,6%	Dentro do Padrão de Emissão
set/19	1,21	0,10	91,7%	Dentro do Padrão de Emissão
out/19	1,07	0,40	63,0%	Dentro do Padrão de Emissão
nov/19	0,83	0,11	86,6%	Dentro do Padrão de Emissão
dez/19	0,93	0,11	88,4%	Dentro do Padrão de Emissão

3.2 O Corpo Receptor

A ETE Parque Marinha lança seus efluentes tratados no Arroio Vieira. Este arroio, de acordo com a Norma Técnica Nº 003/95, aprovada pela Portaria SSMA Nº 07/95, foi enquadrado como **Classe 2** da Resolução CONAMA 20/86, vigente naquela época (atual Resolução 357/2005 [8]). 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, a conclusão do Plano da Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim e São Gonçalo (L040).

De acordo com a Resolução CONAMA N° 430 de 2011 [9], os corpos de água, exceto os da classe especial, podem receber o lançamento de efluentes desde que este efluente receba 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 deste sistema de esgotamento, LO nº 4044/2015, estabelece na condicionante 3.6, que deve haver um monitoramento mensal do arroio em dois pontos, sendo um 100 m a montante, e o outro 50 m a jusante, do ponto de lançamento, com análise dos seguintes parâmetros: pH, OD, DBO, coliformes termotolerantes, nitrogênio amoniacal e fósforo total.

Destaca-se que os dados fornecidos pela CORSAN, correspondentes ao monitoramento do Arroio Vieira, são o resultado de coletas mensais e não sofreram qualquer tratamento estatístico. A seguir é realizada uma análise destes parâmetros e é feita a comparação com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 [8], limites estes mostrados na Tabela 9 em função da classe do corpo receptor.

Tabela 9: Limites de concentração dos parâmetros monitorados em cada classe de enquadramento [7,8].

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
Nitrogênio Amoniacal (N-NH3 – $mg.L^{-1}$)	pH ≤ 7,5	3,7	3,7	13,3	> 13,3
	7,5 ≤ pH ≤ 8,0	2,0	2,0	5,6	> 5,6
	8,0 ≤ pH ≤ 8,5	1,0	1,0	2,2	> 2,2
	pH ≥ 8,5	0,5	0,5	1,0	> 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
Escherichia coli (NMP/ 100 mL)		160	800	2.000	> 2.000

Os limites máximos de concentração da DBO_5 estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº357/2005, para cada classe de água doce, são mostrados na Tabela 9.

A comparação das concentrações nos pontos de coleta, de montante e de jusante (Tabela 10), com os limites máximos de concentração nas diferentes classes (Tabela 9), mostra que as concentrações de DBO foram relativamente baixas, tanto a montante como a jusante do ponto de lançamento (valor máximo igual a 1,6 $mgO_2.L^{-1}$). Mostra também que, em 11 dos 12 meses do ano, a DBO aumentou de montante para jusante, mas nunca o suficiente para alterar a classe do corpo receptor, o qual, apesar de estar enquadrado como Classe 2, se manteve com concentrações de DBO compatíveis com a Classe 1 durante todo o ano de 2019.

Para o Oxigênio Dissolvido (**OD**) a Resolução CONAMA Nº 357/2005 estabelece, para cada classe, os limites de concentração indicados na Tabela 9. Na Tabela 11 são apresentadas as concentrações medidas, a montante e jusante do ponto de lançamento, fornecidas pela CORSAN. Destaca-se que estes dados são resultantes das coletas mensais exigidas pela L.O. 4044/2015, e não foram submetidos a qualquer tratamento estatístico.

Observa-se na Tabela 11 que, dentro do período de amostragem, as concentrações de OD fizeram o corpo receptor oscilar entre as classes 1 e 4, tanto a montante como jusante do ponto de lançamento. A montante do ponto de lançamento, durante cinco meses o nível de OD esteve compatível com a sua Classe 2 da Resolução Nº 357 do CONAMA, mas em outros sete meses, os níveis de OD estiveram aquém desta classe. A jusante do ponto de lançamento, em oito meses, o arroio sequer conseguiu alcançar a Classe 2.

A Tabela 11 também mostra que, em apenas dois meses (março e junho), a classe de enquadramento do arroio piorou de montante para jusante. Durante dez meses a classe se manteve inalterada, de montante para jusante (duas vezes na Classe 1, duas na Classe 2, duas na Classe 3 e quatro na Classe 4,). Disso depreende-se que, em 2019, o lançamento do efluente tratado da ETE Parque Marinha teve pouca, ou nenhuma influência, no estado de oxigenação do Arroio Vieira. Os níveis de OD a jusante são determinados pelos níveis de montante, e não pelo lançamento do esgoto tratado.

Tabela 10: 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	0,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	25,0
fev/19	0,1	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	-100,0
mar/19	0,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	100,0
abr/19	0,1	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,5	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	400,0
mai/19	0,3	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	100,0
jun/19	0,3	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,3	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,0
jul/19	0,5	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	140,0
ago/19	0,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,0
set/19	0,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,7	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	16,7
out/19	0,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	150,0
nov/19	0,5	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	60,0
dez/19	0,3	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	166,7

Na água, dependendo do pH, o nitrogênio amoniacal (**$N\text{-}NH_3$**) pode se apresentar na forma ionizada $(NH_4)^+$, diretamente assimilável pelos microrganismos, ou na forma gasosa (NH_3), extremamente tóxica aos peixes. De acordo com von Sperling (2005; 2016), para pH < 8,0 praticamente todo nitrogênio amoniacal se encontra na forma iônica (NH_4^+), enquanto para pH > 11,0, praticamente todo ele se encontra na forma (NH_3). Entre os dois limites a concentração de um, ou de outro, depende do valor do pH. Para pH = 9,5, a concentração de cada espécie corresponde a 50%.

Por esta razão a Resolução Nº 357 do CONAMA fixa a concentração máxima, correspondente a cada uma das classes de enquadramento, como função da faixa de pH, como pode ser visto na Tabela 9.

A Tabela 12 apresenta os resultados do monitoramento do nitrogênio amoniacal nos pontos de coleta, no Arroio Vieira, a montante e a jusante do ponto de lançamento do efluente. Assim, o enquadramento do corpo receptor é feito por comparação destes resultados (Tabela 12) com os limites máximos de concentração permitido nas diferentes classes (Tabela 9), considerando as respectivas faixas de pH.

Tabela 11: 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	3,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	3,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	-5,6
fev/19	2,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	2,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	-8,3
mar/19	4,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	2,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	-45,5
abr/19	3,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	3,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	5,9
mai/19	4,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	4,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	5,0
jun/19	5,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	4,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	-19,2
jul/19	7,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	6,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	-21,1
ago/19	5,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	5,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	3,7
set/19	7,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	6,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	-13,2
out/19	5,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	5,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	0,0
nov/19	4,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	4,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	0,0
dez/19	1,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	2,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	75,0

Assim, pode ser observado que o nitrogênio amoniacal no ponto a montante do lançamento se manteve dentro do limite de concentração correspondente à Classe 1 em todas as análises realizadas durante o ano de 2019, exceto em julho. No ponto a jusante, de modo análogo, a classe do corpo receptor se manteve dentro do limite de concentração correspondente à Classe1 em dez meses do ano, caindo para as classes 3 e 4 nos meses de junho e julho, respectivamente.

Estes resultados evidenciam a pouca influência do lançamento do esgoto tratado sobre a qualidade da água do Arroio Vieira em relação a este parâmetro. Nas duas exceções, meses de junho e julho, as concentrações são relativamente baixas, mas os elevados valores de pH, além de fazerem dominar a forma tóxica NH_3, colocam o Arroio Vieira nas Classes 3 e 4, respectivamente.

Tabela 12: 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	1,5	6,3	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,0	5,9	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
fev/19	1,5	6,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,5	6,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
mar/19	1,5	7,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,0	7,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
abr/19	2,0	7,4	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,5	7,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
mai/19	1,5	5,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,5	5,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
jun/19	1,5	7,9	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,4	7,7	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3
jul/19	1,5	8,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	1,5	9,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4
ago/19	1,5	6,9	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,5	7,9	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
set/19	1,5	6,6	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,5	6,5	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
out/19	1,5	6,9	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,5	7,1	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
nov/19	1,5	6,8	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,0	7,0	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1
dez/19	1,5	6,2	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,0	6,5	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1

Da mesma forma conduzida para o monitoramento dos efluentes da ETE, a CORSAN vem realizando a análise da concentração de *Escherichia coli* (***E. coli***), no corpo receptor, em substituição a análise de coliformes termotolerantes, conforme preconiza a Resolução CONSEMA Nº 355/2017 [5] no parágrafo único, inciso II, do Art 17, já mencionado anteriormente.

Assim, buscando identificar qual é a situação deste parâmetro no Arroio Vieira, 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, segundo a Resolução CONAMA 357/2005 [8] e, conforme a classe de enquadramento, são apresentados na Tabela 9.

Na Tabela 9 também são apresentadas as concentrações limites para cada classe, em termos de *Escherichia coli*, equivalentes a 80% dos respectivos limites previstos para coliformes termotolerantes.

Os resultados do monitoramento deste parâmetro no ano de 2019 (Tabela 13), mostram que houve um aumento na concentração de *Escherichia coli* de montante para jusante. No ponto a montante do lançamento, o arroio esteve dentro do limite de concentração correspondente a Classe 2 em dez meses (de acordo com o critério de 80% ou mais das amostras, de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano), diferentemente do ponto a jusante que se apresentou com concentrações compatíveis com a Classe 4 praticamente o tempo todo, havendo portanto, uma degradação na qualidade da água do Arroio Vieira em relação a este parâmetro, devido ao lançamento do esgoto tratado da ETE Parque Marinha.

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	1,73E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	3,61E+04	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	1987
fev/19	9,30E+01	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,02E+04	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	10868
mar/19	1,31E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,06E+04	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	15625
abr/19	1,44E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	6,37E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	4324
mai/19	3,73E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,99E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	434
jun/19	3,61E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	4,59E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	27
jul/19	1,45E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	5,73E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	3852
ago/19	1,11E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	4,55E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	3999
set/19	1,15E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	2,91E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	2430
out/19	5,56E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	5,17E+04	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	9199
nov/19	1,58E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,42E+04	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	8894
dez/19	2,14E+02	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 2	7,27E+03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	3297

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, 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 14, apenas as coletas correspondentes aos meses de janeiro (jusante) e maio (montante e jusante) os valores estiveram abaixo de 6,0, indicando uma água com característica levemente ácida. Entretanto, este fato não pode ser atribuído ao lançamento do esgoto tratado da ETE Parque Marinha, tendo em vista que em maio, tanto as águas de montante, como as de jusante, tiveram pH iguais a 5,0.

Para o parâmetro Fósforo Total (**PT**), os limites de concentração estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 357/2005 [8], para cada classe de água, são mostrados na Tabela 9. A comparação da concentração de Fósforo Total nos pontos de coleta (Tabela 14), com os limites máximos de concentração nas diferentes classes (Tabela 9), mostra que houve um aumento significativo na concentração, de montante para jusante. Para este parâmetro, no ponto a montante do lançamento, o arroio esteve dentro do limite de concentração da sua classe (Classe 2) na maior parte dos meses ano, exceto no mês de junho, quando sua concentração correspondeu a Classe 4.

Tabela 14: 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	0,10	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,36	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	260,0
fev/19	0,06	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,12	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	100,0
mar/19	0,06	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,13	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	116,7
abr/19	0,06	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,08	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	33,3
mai/19	0,05	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,10	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	100,0
jun/19	0,16	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	0,18	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	12,5
jul/19	0,05	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,70	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	1300,0
ago/19	0,03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,10	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	233,3
set/19	0,04	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,06	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	50,0
out/19	0,03	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,00	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	3233,3
nov/19	0,05	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	0,15	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 3	200,0
dez/19	0,07	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 1	1,15	Dentro dos Limites de Concentração para Classe 4	1542,9

No ponto a jusante, as concentrações de Fósforo Total foram maiores em todas as coletas, levando o arroio a permanecer fora de sua classe durante oito meses, evidenciando uma degradação no estado ambiental do arroio, de montante para jusante do ponto de lançamento. Em resumo, a qualidade da água piorou de montante para jusante, deixando evidente que o lançamento do esgoto tratado prejudicou a qualidade da água do arroio em relação ao parâmetro Fósforo Total.

4 Conclusões

Nesta seção são abordadas as conclusões referentes a estação de tratamento e o corpo receptor.

Em relação a estação de tratamento observou-se que alguns parâmetros apresentaram boa eficiência de remoção de matéria orgânica com remoções de DBO5 na faixa de 87,8 a 98,4%, DQO de 82,1 a 95,0% e SST de 71,7 a 87,3%.

Referente ao nitrogênio amoniacal as eficiências não foram boas. Eficiências variando na faixa de 3,6% a 79,1% deixaram o efluente fora do padrão de emissão na maior parte do tempo (nove meses). Estas elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal no efluente podem trazer problemas de nitrificação e demanda de oxigênio no Arroio Vieira e no Saco da Mangueira.

Observando a eficiência de remoção do fósforo total verificasse que melhorou muito em relação a amônia. Com eficiências variando entre 51,3% e 93,1% (a eficiência mínima exigida na LO é 75%), as concentrações no efluente estiveram acima do limite permitido em apenas três meses do ano.

O sistema de lodos ativados não foi eficiente na remoção de E Coli, cujo limite de concentração foi ultrapassado em todos os meses.

No que diz respeito ao corpo receptor, apesar do Arroio Vieira estar, por lei, enquadrado na Classe 2, sua classe de fato oscila muito de um mês para outro, tanto a montante como a jusante do ponto de lançamento dependendo do parâmetro analisado.

Em relação a DBO_5, por exemplo, esteve sempre enquadrado na Classe 1 evidenciando a pouca, ou nenhuma, influência do lançamento do despejo no arroio Vieira.

Para o Oxigênio Dissolvido, entretanto, o enquadramento oscilou bastante entre as classes 1 e 4, tanto a montante como a jusante, evidenciando também pouca ou nenhuma influência do lançamento no enquadramento do arroio. Chamou a atenção que em quatro meses a concentração de OD aumentou de montante para jusante.

Para o nitrogênio amoniacal o corpo receptor se manteve, na maior parte do tempo, de fato na Classe 1, tanto a montante como a jusante do ponto de lançamento. Apenas no mês de junho seu enquadramento piorou passando

da Classe 1 para Classe 3, e no mês de julho quando sua classe se manteve, na Classe 4, tanto a montante como a jusante. Mais uma vez constata-se a pouca influência do lançamento do esgoto tratado no enquadramento do Arroio Vieira.

Já para Fosforo Total foi verificado que as concentrações aumentaram significativamente em todos os meses prejudicando a qualidade da água e o enquadramento do arroio em sete meses do ano.

Em relação ao parâmetro *E. Coli*, constatou-se um grande aumento nas concentrações, de montante para jusante. A montante, o arroio se manteve compatível com a sua Classe 2 em mais de 80% do tempo, mas a jusante, a classe piorou em praticamente todos os meses, se mantendo aquém da sua classe o ano todo e mostrando a influência negativa do lançamento.

Referências

[1] Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Rio Grande – PMSB. Prefeitura Municipal do Rio Grande, 2014. Disponível em: https://www.riogrande.rs.gov.br/planosaneamento/index.php/pagina-inicial

[2] Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Rio Grande – PMSB. Prefeitura Municipal do Rio Grande, 2020.

[3] Resolução CONAMA N° 303, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2002.

[4] R. S. Bobadilho e D. Cattaneo, "Análise ambiental do Arroio Vieira - Rio Grande/RS: Conflitos de uso e ocupação," em *XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, Viçosa: Editora da UFV, 2009, pp. 306-306. Disponível em: http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo11/080.pdf

[5] Resolução CONSEMA N° 355 de 2017. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Rio Grande do Sul.

[6] American Public Health Association – APHA, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21ª ed, Washington, 2005.

[7] Resolução CONAMA N° 274, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2000.

[8] Resolução CONAMA N° 357, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005.

[9] Resolução CONAMA N° 430, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011.

[10] 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.