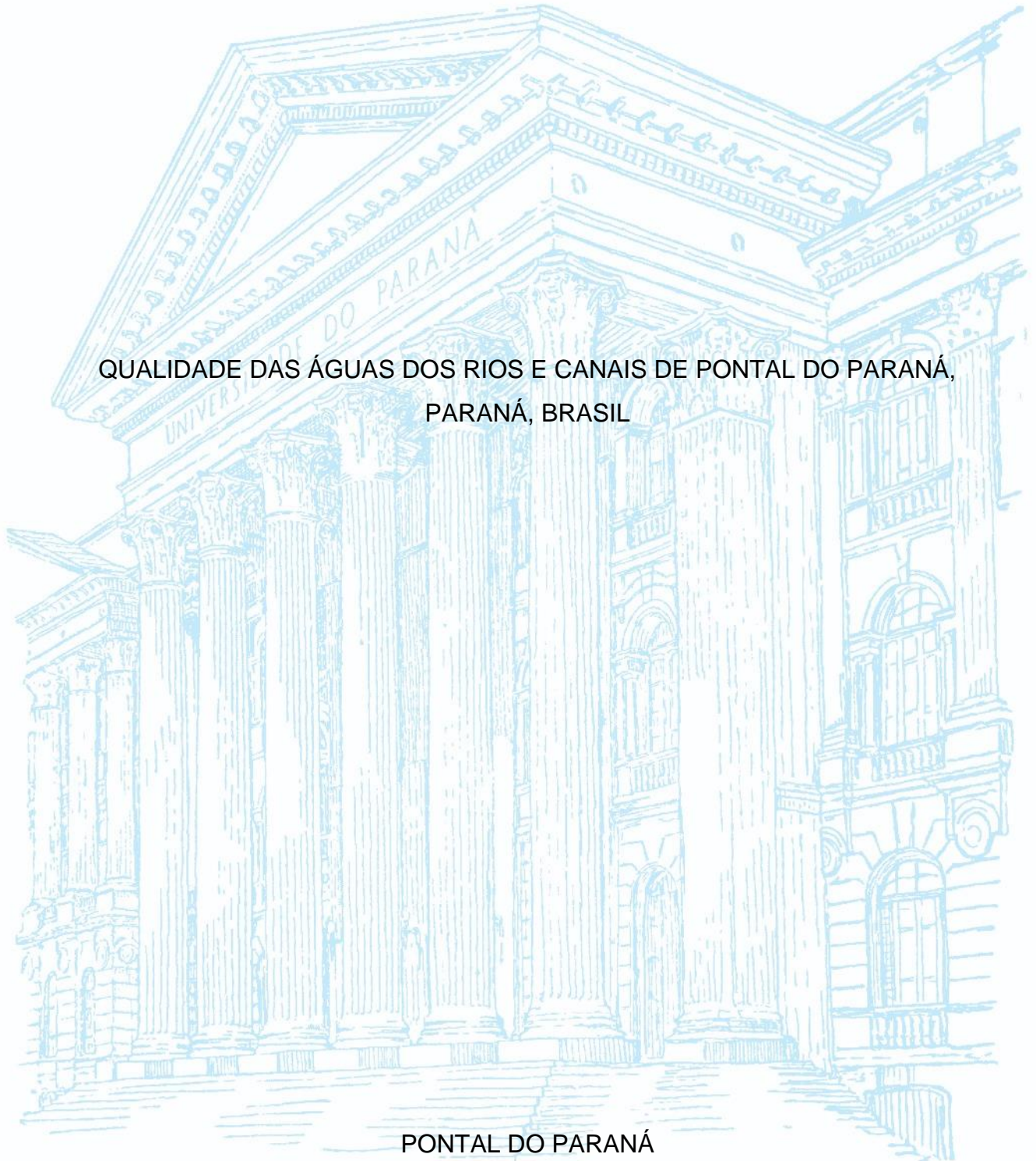


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FLÁVIA MARIANA MACENO DE OLIVEIRA

QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS RIOS E CANAIS DE PONTAL DO PARANÁ,
PARANÁ, BRASIL



PONTAL DO PARANÁ

2019

FLÁVIA MARIANA MACENO DE OLIVEIRA

QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS RIOS E CANAIS DE PONTAL DO PARANÁ,
PARANÁ, BRASIL

Monografia apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel, Curso de
Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de
Estudos do Mar, Universidade Federal do
Paraná.

Orientador: Dr. Fernando Augusto Silveira
Armani

PONTAL DO PARANÁ
2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE:
UFPR / SiBi - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar
Fernanda Pigozzi – CRB 9/1151

O48q Oliveira, Flávia Mariana Maceno de
Qualidade das águas dos rios e canais de Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. / Flávia Mariana Maceno de Oliveira. – Pontal do Paraná, 2019.
53 f.: il., 29 cm.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silveira Armani.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de Estudos do Mar, Setor Reitoria, Universidade Federal do Paraná.

1. Monitoramento ambiental. 2. Água - qualidade. 3. Esgoto sanitário. I. Título. II. Armani, Fernando Augusto Silveira. III. Universidade Federal do Paraná.

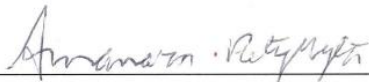
CDD 628.16

TERMO DE APROVAÇÃO

Flávia Mariana Maceno de Oliveira

“Qualidade das águas dos rios e canais de Pontal do Paraná, Paraná, Brasil”

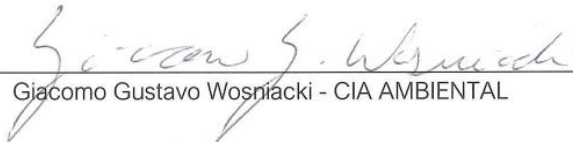
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária (Disciplina de TCC II - CEM237), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), pela Banca Avaliadora formada pelos membros:



Profa. Dra. Amanara Potykytã de Souza Dias Vieira - CEM/UFPR



Liciane Carla da Silva Bandeira - CEM/UFPR



Giacomo Gustavo Wosniacki - CIA AMBIENTAL



Prof. Dr. Fernando Augusto Silveira Armani - CEM/UFPR

Orientador(a) e Presidente (ou suplente)



Profa. Dra. Silvia Pedroso Melegari
Coordenadora do Curso

Pontal do Paraná, 13 de dezembro de 2019

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e me proporcionar perseverança durante toda a minha vida.

Aos meus pais, Maurício e Elizete, pois grande parte desta conquista devo a eles, por todo amor e incentivo. Ao meu irmão, Gabriel, pelo apoio incondicional e amor.

Ao meu noivo, Wallace, por toda paciência, incentivo e amor durante o meu percurso acadêmico.

Ao meu orientador, Fernando Armani, pelo empenho, confiança e apoio durante a realização deste trabalho. Obrigada pela motivação durante todo o processo.

Aos familiares, por todo incentivo e confiança. Em especial, a Emeli por toda atenção e dedicação prestados.

Aos amigos, que sempre me apoiaram e incentivaram. Em especial, Débora, Alana, Jennifer, Laís, Gabriela e Ricardo.

A toda comunidade acadêmica da Universidade Federal do Paraná do campus de Pontal do Paraná, a todos os professores da graduação de Engenharia Ambiental e Sanitária, pela contribuição na minha formação.

Enfim, a todos que direta e indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

Uma das consequências do crescimento desordenado de uma cidade é o aumento da geração de efluentes domésticos em locais sem infraestrutura sanitária e com isso o descarte inadequado dos mesmos nos recursos hídricos. No município de Pontal do Paraná, o sistema de esgotamento sanitário foi recém ampliado para atender cerca de 75% dos edifícios da cidade. Para avaliar a atual qualidade das águas dos rios e canais nas regiões contempladas com essas obras, monitorou-se, por meio de análises químicas, físicas e biológicas, dez pontos distribuídos pelo município no ano de 2018. Constatou-se que os rios e canais de Pontal do Paraná são influenciados pelas estações do ano, ou seja, a qualidade das águas dos corpos hídricos recebe impacto durante os períodos turísticos. Na maior parte dos corpos d'água monitorados, o uso da água está restrito exclusivamente à navegação e à harmonia paisagística.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental, qualidade da água, esgoto sanitário.

ABSTRACT

One of the consequences of the uncontrolled population growth is the rise in domestic sewage generation in places which are not provided with sanitary infrastructure and with this the improper disposal in water resources. In the municipality of Pontal do Paraná, the sanitary sewage system has been recently expanded to meet the demand of around 75% of the city buildings. To evaluate the current water quality of rivers in the regions where these works have been made, ten points distributed around the municipality in the year 2018 were monitored through chemical, physical and biological analyses. It was evident that the rivers and channels in Pontal do Paraná are influenced by the seasons, in other words, the water quality of water bodies receives an impact during the tourist season. In most monitored water bodies, the water use is exclusively restricted to sailing and landscape harmony.

Key-words: Environmental monitoring, water quality, sanitary sewer.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.2	OBJETIVOS	9
1.2.1	Objetivos gerais.....	9
1.2.2	Objetivos específicos.....	10
1.3	JUSTIFICATIVA	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	EVOLUÇÃO DOS MODELOS DE GESTÃO DAS ÁGUAS	11
2.2	QUALIDADE DA ÁGUA E SANEAMENTO	13
2.3	INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	19
3.2	DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO E COLETA DAS AMOSTRAS	21
3.3	PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISES.....	26
3.4	AVALIAÇÃO DE DADOS	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
4.1	DIAGNÓSTICO	33
4.2	SAZONALIDADE.....	45
5	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da industrialização e da urbanização e com a contínua intensificação de ambos, o consumo de água tem sido cada vez maior, porém sua qualidade tem se deteriorado.

A necessidade da conservação das águas tem tido maior destaque à medida que se reduz a sua disponibilidade com características adequadas ao consumo humano (DANTAS et al., 2012). A utilização excessiva e indiscriminada da água muitas vezes leva a sua degradação. Uma maneira de observar o processo de uso dos recursos hídricos, visto que há múltiplos usos, é com o monitoramento da qualidade da água.

Com o monitoramento dos recursos hídricos é possível identificar suas características, tal como suas condições biológicas, químicas e físicas, sendo possível enquadrar esse meio conforme a Resolução CONAMA nº. 357/2005. A qualidade da água de um corpo hídrico está associada a inúmeros fatores, sendo um deles a bacia hidrográfica a qual pertence. A falta de infraestrutura sanitária pode contribuir com o aporte de poluentes aos corpos d'água, degradando esses ambientes. No Paraná, cerca de 42% dos edifícios têm rede coletora de esgoto (IBGE, 2011), enquanto que no município de Pontal do Paraná, situado no litoral do Paraná, em 2015 apenas 16,25% dos edifícios tinham acesso à rede coletora de esgoto (AMARANTES, 2015). Atualmente, após obras de ampliação no sistema de esgotamento sanitário, aproximadamente 75% dos edifícios de Pontal do Paraná são atendidos por esse sistema.

Este trabalho apresenta um diagnóstico da qualidade da água dos rios e canais de Pontal do Paraná por meio da avaliação de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos na água.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos gerais

Avaliar a qualidade das águas de rios e canais de Pontal do Paraná ao longo do ano de 2018, a fim de identificar padrões sazonais de variação de parâmetros de qualidade da água, e relacioná-los à dinâmica da cidade, tal como turismo, ligações das residências à rede coletora de esgoto, condições do tempo e entre outros.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar e monitorar os parâmetros químicos, físicos e biológicos da qualidade da água dos rios e canais de Pontal do Paraná;
- Comparar a qualidade da água com os padrões estabelecidos na legislação ambiental vigente no Brasil;
- Observar a variação da qualidade das águas dos rios e canais durante as estações do ano.

1.3 JUSTIFICATIVA

A utilização de canais artificiais e rios pelo ser humano tem inúmeras finalidades, tal como fonte de abastecimento público, transporte aquaviário, drenagem urbana, recreação, entre outras. No entanto, é comum constatar corpos hídricos poluídos devido às atividades antropogênicas, principalmente em áreas urbanizadas. Nessas áreas, os corpos d'água estão frequentemente poluídos por esgoto doméstico e industriais (FIA et al., 2015). Nesses casos, o uso da água se restringe a poucas aplicações, e a água se torna uma potencial fonte de doenças de veiculação hídrica. O município de Pontal do Paraná em 2018 recebeu a ampliação da rede coletora de esgotamento sanitário, assim, este trabalho apresenta os resultados do monitoramento da qualidade das águas dos rios e canais de Pontal do Paraná, situados na área urbana desta cidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A água disponível em rios e lagos é de apenas 0,3% da água doce do Planeta Terra (LIBÂNIO, 2016). O Brasil é um dos países com maior abundância deste recurso, mas grande parte da água dos rios estão deterioradas por contaminação por esgoto doméstico e industrial (TUCCI et al., 2000). Para gestão das águas no Brasil, as leis ambientais evoluíram à atual Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), estabelecida pela Lei nº. 9433/1997. Uma breve revisão bibliográfica sobre a evolução dos modelos de gestão das águas está detalhada na seção 2.1. Na seção 2.2 há uma revisão bibliográfica sobre trabalhos que avaliaram a qualidade das águas de recursos hídricos de diversos locais do mundo. Por fim, na seção 2.3 a revisão bibliográfica é sobre os parâmetros de qualidade da água.

2.1 EVOLUÇÃO DOS MODELOS DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Nas últimas décadas observa-se a crescente preocupação com a conservação das águas e a necessidade de conscientização em relação ao uso dos recursos hídricos. O acesso à água há muito tempo é considerado fundamental, e é reconhecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) como “direito humano essencial para o pleno gozo da vida” (Resolução 64/A/RES/64/292, 2010).

Para o Gerenciamento das Águas, a evolução da estrutura institucional e financeira ocorreu em três fases. Em cada uma delas foi adotado um modelo de gerenciamento de recursos hídricos, que possibilitaram um tratamento mais apropriado: o modelo burocrático, econômico-financeiro e o sistêmico de integração participativa. A implantação do modelo burocrático teve início no Brasil na década de 30, onde foi sancionado o Decreto nº. 24.643 de 10 de julho de 1934, o Código das Águas (SETTI et al., 2001). As principais características do modelo são: a racionalidade e a hierarquização das ações, tal como leis, decretos, normas, e a inclusão desses instrumentos na Constituição (CAMPOS & FRACALANZA, 2010), além da figura de propriedade particular da água.

O modelo econômico-financeiro tem como marco de sua aplicação, a criação da Companhia de Desenvolvimento do Vale São Francisco - CODEVASF, em 1948, caracterizado pela aplicação de instrumentos econômicos e financeiros pelo poder público para a promoção do desenvolvimento (SETTI et al., 2001), e se fundamenta na concepção do domínio público da água. Esses instrumentos são aplicados de maneira sistemática: setorial, como o saneamento, energia e sistema de bacia hidrográfica, possibilitando a realização de um planejamento estratégico. Este modelo contém similaridades com o modelo sistêmico.

O modelo sistêmico de integração participativa é o mais atual, e se caracteriza por criar uma matriz institucional de gerenciamento dos recursos hídricos. Neste modelo, o gerenciamento das águas também é baseado no planejamento estratégico participativo e de maneira multissetorial, a partir de ferramentas de comando e controle para a gestão de oferta e demanda, de maneira racional e que viabilize a geração de recursos financeiros para a promoção do uso e proteção das águas (SETTI et al., 2001).

Atualmente no Brasil o modelo em vigor é o sistêmico de integração participativa, que tem como marco a Lei Federal nº. 9.433 de 1997, quando foi definida a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), e criado então o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (ANA, 2002), e posteriormente regulamentado o Conselho Nacional de Recursos Hídricos através do Decreto nº. 2.612 de 1998.

De acordo com o Art. 5º da Política Nacional de Recursos Hídricos, os instrumentos para a gestão das águas são:

- I. os Planos de Recursos Hídricos;
- II. o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III. a outorga dos direitos pelo uso de recursos hídricos;
- IV. a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V. a compensação a municípios;
- VI. o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. (BRASIL, 1997).

A Lei nº. 9.433/97 caracteriza a descentralização de ações, contra uma concentração de poder (SETTI et al., 2001). A lei permite que a gestão das águas

se organize em diferentes sistemas, com base nas características hidrológicas, considerando ferramentas institucionais.

Em 1999 no Estado do Paraná a Lei nº. 12.726 instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e criou o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, esta lei é similar a PNRH. Em 1989, a Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA) estabeleceu com base na Resolução CONAMA nº. 20/86, o enquadramento dos corpos d'água superficiais para as bacias hidrográficas do Paraná. A Portaria SUREHMA nº. 005/89 estabeleceu o enquadramento dos corpos d'água da Bacia Litorânea.

Em 2000, consolidou-se a reforma institucional de recursos hídricos, por meio da Lei nº. 9.984, que criou a Agência Nacional das Águas (ANA, 2002). A Agência Nacional das Águas realiza o gerenciamento dos recursos hídricos no país, a fim de disciplinar a utilização dos rios para que se evite a poluição e o desperdício, garantindo água de qualidade às futuras gerações.

No que se refere à qualidade da água, mais tarde foi instituída a Resolução CONAMA nº. 357/2005, que estabelece parâmetros e limites de diversas variáveis em sistemas de água, viabilizando a utilização da água para atividades humanas relacionada à manutenção de serviços ambientais e da biodiversidade dos ecossistemas aquáticos, e reformulou a classificação da Resolução CONAMA nº. 20/1986. Com os limites estabelecidos para cada parâmetro de qualidade da água, há a maior visibilidade para a gestão de recursos hídricos (ALBERTONI et al., 2017).

A evolução do modelo gerencial de recursos hídricos no Brasil se deu em busca de maior eficiência e funcionalidade. A Lei Federal nº. 9.433/97 é a mais recente base legal para a gestão nacional de recursos hídricos (CASTRO, 2005).

2.2 QUALIDADE DA ÁGUA E SANEAMENTO

Com a expansão industrial e demográfica nos últimos anos, a demanda por recursos naturais elevou-se, ocasionando impactos a eles. A utilização inadequada e excessiva desses recursos resulta na degradação e poluição dos mesmos, restringindo seu uso. A qualidade da água pode sofrer influências de fatores naturais (BARTRAM, 1996), como as características da bacia hidrográfica; e antrópicos,

como o despejo de efluentes industriais e domésticos *in natura* nos corpos d'água. O despejo desses efluentes sem tratamento prévio em corpos hídricos modifica as características das águas, afetando o ecossistema aquático, podendo causar a mortandade de espécies presentes, além de oferecer riscos à saúde da população. Corpos d'água contaminados por esgoto sanitário são potenciais criadouros de vetores de doenças de veiculação hídrica (KISHIDA et al., 2014; SPILKI, 2015).

Assim como descrito na seção anterior, para assegurar a utilização sustentável e proteção dos corpos d'água, foi instituída no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997), que estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos, e mais tarde a Resolução CONAMA nº. 357/2005.

Para a gestão e diagnóstico da qualidade de corpos d'água, o monitoramento ambiental torna-se um instrumento de controle, a fim de conhecer o estado e tendências dos recursos hídricos e as influências exercidas pelas atividades humanas.

A degradação dos recursos hídricos decorrente de atividades antrópicas tem sido observada ao longo dos anos, sendo a falta de infraestrutura em saneamento básico uma das principais responsáveis pela poluição hídrica. Souza e Gastaldini (2014) avaliaram a qualidade da água em sub-bacias hidrográficas com diferentes usos, áreas e cobertura vegetal do Rio Vacacaí-Mirim, no Rio Grande do Sul. Eles verificaram que os maiores valores dos parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fosfato, Nitrato e *Escherichia coli* ocorriam nas áreas mais urbanizadas da bacia hidrográfica. Isto evidenciou que o efluente doméstico é a principal fonte de contaminação do sistema fluvial da bacia hidrográfica avaliada.

Existem relatos de contaminação dos rios por esgoto sanitário em diversos estados do Brasil. Cunha et al. (2010) e Vasconcellos et al. (2006), por exemplo, identificaram concentrações de coliformes termotolerantes superiores ao padrão de qualidade da água estabelecido na Resolução CONAMA nº. 274/2000 e Resolução CONAMA nº. 357/2005, na cidade de Teixeira de Freitas-BA e de São Lourenço-RS, respectivamente. Ambos os trabalhos sugeriram que a principal fonte da poluição dos rios urbanos é o lançamento de esgoto sanitário *in natura*. Já

Haberland et al. (2012), analisaram a influência antrópica na qualidade da água do rio das Antas no trecho urbano da cidade de Irati-PR, e mediram concentrações de coliformes totais e *E. coli* que excediam o valor estabelecido pela Resolução CONAMA nº. 357/2005, também indicando ocorrência de lançamentos de efluentes domésticos no rio.

No Brasil, cerca de 53,2% da população possui coleta de esgoto, e 46,3% dos esgotos gerados tiveram tratamento (SNIS, 2018). Já no Paraná esse percentual é maior, cerca de 75% da população do Estado é atendida por rede coletora de esgoto, e 64% do esgoto coletado é tratado (ANA, 2013). Até o ano de 2016, o litoral do Paraná tinha rede coletora apenas para atender 52% da população, mas atualmente 80% da população tem acesso à rede coletora de esgotos. Em Pontal do Paraná, o índice de atendimento da rede coletora de esgoto é de 75% (ARMANI et al., 2018).

A ausência da disponibilidade do sistema de esgotamento sanitário à população do litoral do Paraná contribuiu para a degradação dos corpos d'água de suas cidades. Armani et al. (2018) analisaram a qualidade dos rios e canais de Pontal do Paraná e Matinhos nos meses de abril, maio e junho de 2018. Eles constataram contaminação por esgoto sanitário em todos os rios e canais desta cidade. Ao comparar a qualidade das águas com os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº. 357/2005, Armani et al. (2018) constataram que a maior parte dos rios e canais avaliados não podem ter suas águas destinadas a nenhum tipo de uso. Os outros rios e canais avaliados podem ter suas águas utilizadas apenas à navegação e harmonia paisagística.

Os problemas decorrentes da urbanização em zonas costeiras são mais acentuados, pois além de estarem suscetíveis aos problemas frequentes de outras regiões do continente, como o desmatamento, construção de moradias sem infraestrutura e entre outros, ainda são influenciadas pela população flutuante ao longo do ano (SILVA et al., 2008). Por exemplo, em Pontal do Paraná, o sistema de esgotamento sanitário opera ao longo do ano para atender a cerca de 26.636 habitantes (IBGE, 2018), mas na temporada de verão a população aumenta

consideravelmente, tal como registrado na temporada de 2015/2016, onde cerca de 2,5 milhões de pessoas frequentaram o litoral paranaense (G1- PR, 2016).

2.3 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade das águas pode ser caracterizada por parâmetros químicos, físicos e biológicos. Os parâmetros podem transparecer os processos que ocorrem em determinado curso d'água e a bacia à qual ele pertence. Assim, estes parâmetros podem refletir a interferência nos corpos hídricos por efluentes domésticos, industriais, e outros compostos. Abaixo há uma descrição dos parâmetros de qualidade da água analisados neste trabalho.

A concentração do oxigênio dissolvido em água é fortemente influenciada pela concentração de matéria orgânica; logo, é um indicador de poluição por esgoto doméstico (VON SPERLING, 2014). A solubilidade do gás oxigênio depende principalmente da temperatura e pressão atmosférica. As variações nos teores de OD estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos cursos d'água (LIBÂNIO, 2016). A produção fotossintética e a dissolução do oxigênio atmosférico incrementam essa concentração, em contrapartida o consumo do oxigênio para a decomposição da matéria orgânica e respiração realizada por organismos aquáticos diminuem a concentração do OD em água (JANZEN et al., 2008). Segundo Von Sperling (2014), a temperatura da água deve ser sempre analisada em conjunto com outros parâmetros. A temperatura de um recurso hídrico é importante devido às taxas de reações químicas e físicas, à solubilização de gases e ao metabolismo de organismos aquáticos. A temperatura influencia diretamente na atividade e respiração dos organismos e em outros processos oxidativos (decomposição de matéria orgânica por microrganismos, por exemplo) (ESTEVES, 2011).

Os parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) demonstram a presença de matéria orgânica no ambiente aquático; logo, são importantes indicadores de qualidade da água. A DBO indica o consumo de oxigênio (mg L⁻¹) necessário para a degradação da matéria

orgânica por microrganismos. Já a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica (mg L^{-1}) que é passível ou não da degradação por microrganismos. Os aumentos das concentrações de DBO e DQO podem indicar despejos de efluentes domésticos e industriais em corpos d'água. Uma consequência disso é a diminuição da concentração de oxigênio em água devido ao aumento dos microrganismos aeróbios que biodecompõem matéria orgânica.

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons hidrogênio (H^+) em água, indicando se um corpo d'água está ácido, neutro ou alcalino. E a alcalinidade é definida como a quantidade de ácido necessário para neutralizar as bases presentes em uma amostra de água (ESTEVES, 2011). A alcalinidade corresponde, principalmente, à presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. A alcalinidade não se estabelece como parâmetro na legislação, mas varia conforme o pH. Em ambientes aquáticos, os valores de pH e alcalinidade demonstram a produtividade biológica. A variação dos valores de pH pode ter origem natural (dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese) e antropogênica (despejos industriais e domésticos) (VON SPERLING, 2014). Von Sperling (2014) relata que altas concentrações de alcalinidade podem indicar processos de decomposição da matéria orgânica, como à atividade respiratória de organismos (pela liberação e dissolução de CO_2 em água), e lançamento de efluentes industriais e entre outros.

A turbidez representa o grau de interferência da passagem da luz através da água devido à concentração de partículas suspensas em água (VON SPERLING, 2014); logo, pode ser intensificada por despejos domésticos e industriais. Em áreas urbanas, a água pluvial escoar pela superfície, transportando partículas aos corpos d'água. Logo, a turbidez é geralmente maior após eventos de chuva. Os sólidos suspensos totais (SST) correspondem a uma fração dos sólidos totais. Os sólidos totais presentes na água podem ser distribuídos da seguinte maneira: em suspensão, onde podem ser sedimentáveis e não sedimentáveis; e dissolvidos, podendo ser voláteis e fixos (LIBÂNIO, 2016). As águas naturais carregam uma série de materiais em suspensão (minerais e orgânicos) provenientes de diversas fontes, como erosão do solo, efluentes domésticos e entre outros (NAIME & FAGUNDES,

2005). O aumento de sólidos em suspensão na água causa também o aumento da turbidez, afetando o aspecto do corpo hídrico. Além disso, os sólidos suspensos no corpo d'água podem servir de abrigo para organismos.

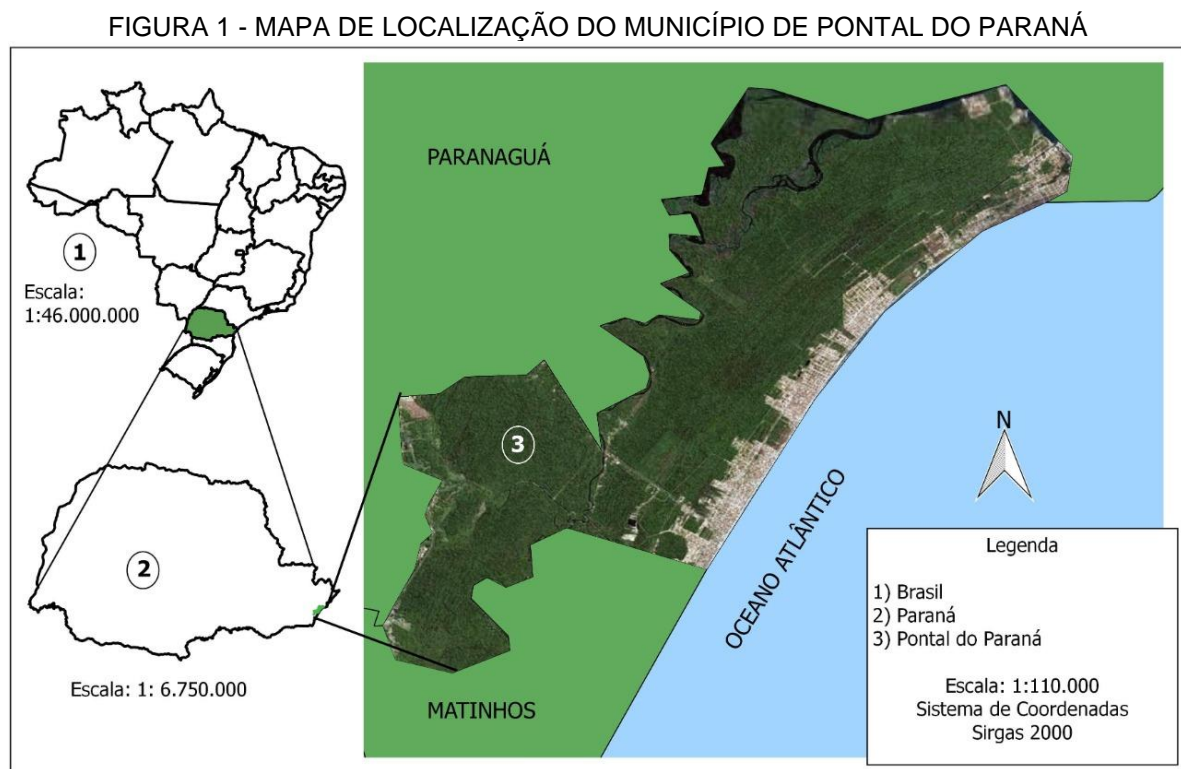
Os coliformes termotolerantes são microrganismos representados pela *Escherichia coli*, que é considerada a principal indicadora de contaminação fecal (LIBÂNIO, 2016), pois está presente nas fezes de animais de sangue quente ou humanos. Em cursos d'água, este grupo de bactérias indica poluição por lançamento de efluentes domésticos in natura, caracterizando a ausência de esgotamento sanitário apropriado (LIMA et al., 2014).

O fósforo é geralmente o principal fator responsável para o desenvolvimento de algas e plantas no meio aquático. Libânio (2016) relata que as formas mais comuns de fósforo nos corpos hídricos, ortofosfatos e polifosfatos, podem ser encontradas tanto em efluentes domésticos quanto em efluentes industriais. O fósforo total corresponde a todas as formas de fósforo em uma amostra de água (ESTEVEZ, 2011).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Pontal do Paraná está localizado no entorno das coordenadas $25^{\circ} 40' 24''$ S e $48^{\circ} 30' 39''$ O, ao sul do Complexo Estuarino de Paranaguá, na planície costeira de Praia de Leste. Ao Sul desta cidade está a cidade de Matinhos e à oeste a cidade de Paranaguá. A Figura 1 exibe um mapa de Pontal do Paraná.



Fonte: A autora (2019).

Pontal do Paraná possui uma população estimada de 26.636 habitantes (IBGE, 2018), e em conjunto com os municípios de Matinhos e Guaratuba são classificados como uma região praiana-turística (ESTADES, 2003), visto que as principais atividades econômicas estão associadas ao turismo e a população flutua ao longo do ano, com mais pessoas frequentando a cidade nos meses do verão devido ao turismo.

O sistema de esgotamento sanitário de Pontal do Paraná foi ampliado recentemente. A ampliação da rede de esgotamento sanitário no município de Pontal do Paraná - PR iniciou em janeiro de 2016 e foi concluída em julho de 2018. Esta obra disponibilizou cerca de 12.395 novas ligações a população. Na Figura 2 observa-se as áreas com infraestrutura sanitária: os polígonos de coloração cinza correspondem a rede coletora de esgoto existente na região, enquanto que os polígonos de coloração azul são as áreas que receberam a nova rede. Os círculos preenchidos em vermelho indicam os locais de coleta, que estão alocados no Canal DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento), Rio Perequê Mirim e Canal da Lagoa Amarela. Exceto no canal DNOS, que tem água corrente, os pontos de monitorados estão em rios caracterizados como semi-lênticos (ARMANI et al., 2018).

O Rio Perequê Mirim tem sua desembocadura no Canal DNOS (LANA et al., 1989), enquanto o canal da Lagoa Amarela tem sua foz na Gamboa Olho D'água, que se localiza em áreas urbanizadas do balneário de Ipanema (SIQUEIRA, 2006). O canal da Lagoa Amarela pertence tanto ao município de Matinhos quanto ao de Pontal do Paraná, mas sua maior extensão é no município de Pontal do Paraná (FERREIRA & ARMANI, 2018). O Canal DNOS foi construído em 1954 com o objetivo de saneamento e navegação nas proximidades de sua foz, que se encontra no canal da Galheta (COLIT, 2004).

O município de Pontal do Paraná possui uma estação de tratamento de esgoto (ETE) localizada no balneário de Ipanema. Assim como as redes coletoras de esgoto, a ETE também recebeu ampliação na capacidade de tratamento no ano de 2018, passando de 140 L s^{-1} para 345 L s^{-1} . O processo de tratamento resume-se em preliminar (gradeamento e caixa de areia) seguido de tratamento pelo reator anaeróbio/UASB e tratamento físico-químico (decantação/flotação) com uma eficiência da remoção de carga orgânica de 92%. Ao fim do processo, o efluente é lançado ao corpo receptor, o canal DNOS.

3.2 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO E COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas das amostras de água foram realizadas nos meses de janeiro a dezembro de 2018. Foram selecionados dez pontos de monitoramento (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10), sendo os pontos 1, 4, 6, 7, 9 e 10 alocados em Canais DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento), 2, 3 e 5 no Canal da Lagoa Amarela, e o ponto 8 no Rio Perequê Mirim. A seleção dos pontos de monitoramento foi realizada para avaliar e observar possíveis influências na qualidade hídrica dos rios e canais do município de Pontal do Paraná. Na Figura 2 estão as localizações dos pontos de monitoramento ao longo da área de estudo.

FIGURA 2 - PONTOS DE MONITORAMENTO NOS RIOS E CANAIS DE PONTAL DO PARANÁ - PR



Fonte: Armani et al. (2018).

Na Figura 3 são expostos os pontos 1 e 2 de monitoramento no mês de dezembro, e é possível observar vegetação em torno e até mesmo na superfície dos canais. Nestes pontos há pouco fluxo de água e baixa profundidade em relação aos demais. Os pontos 3 e 5 podem ser observados na Figura 4. O ponto 3 também

se caracteriza por ter pouco fluxo de água, e por muitas vezes, foi verificado que a população residente próxima a este ponto, depositava resíduos sólidos em suas margens. Já o ponto 5 encontra-se eutrofizado: observa-se na Figura 4 que há grande quantidade de macrófitas aquáticas no rio deste ponto.

TABELA 1 - COORDENADAS E DESCRIÇÃO DOS PONTOS MONITORADOS NO ANO DE 2018

Pontos	Coordenadas	Descrição
1	-25,70091; -48,48163	Canal DNOS, balneário Beltrami
2	-25,69599; -48,47436	Canal da Lagoa Amarela, balneário Praia de Leste
3	-25,67986; -48,46437	Canal da Lagoa Amarela, balneário Canoas
4	-25,64913; -48,4494	Canal DNOS, balneário de Ipanema
5	-25,64274; -48,4364	Canal da Lagoa Amarela, localizado no balneário Grajaú
6	-25,61841; -48,42508	Canal DNOS, balneário Shangri-lá
7	-25,59427; -48,39688	Canal DNOS, balneário Itatiaia
8	-25,59178; -48,38306	Rio Perequê Mirim, balneário Atami
9	-25,57181; -48,36511	Canal DNOS próximo à foz localizada no canal da Galheta
10	-25,5659; -48,35652	Canal DNOS próximo à foz localizada no canal da Galheta

Fonte: A autora (2019).

FIGURA 3 - À ESQUERDA O PONTO 1, E À DIREITA O PONTO 2, AMBOS EM DEZEMBRO DE 2018



Fonte: A autora (2018).

FIGURA 4 - À ESQUERDA O PONTO 3, E À DIREITA O PONTO 5



Fonte: A autora (2018).

O ponto 4 pode ser visto na Figura 5. As fotografias da Figura 5 foram tiradas nos meses de abril e dezembro: no mês de abril, este ponto apresentou maior fluxo de água se comparado a dezembro, visto que em dezembro, é perceptível uma camada de vegetação na superfície do canal. Este ponto é localizado no balneário Ipanema, e fica a montante da Estação de Tratamento de Esgoto de Ipanema.

Na Figura 6 estão os pontos 6 e 7. O ponto 6 é mais profundo se comparado aos pontos 1 e 2, e nele a vegetação se concentra nas margens. Já o ponto 7, além de ser um ponto de difícil acesso para coleta de amostras, o canal muitas vezes se encontrava com uma densa camada de vegetação em sua superfície.

FIGURA 5 - À ESQUERDA O PONTO 4 EM ABRIL, E À DIREITA O PONTO 4 EM DEZEMBRO



Fonte: A autora (2018).

FIGURA 6 - À ESQUERDA O PONTO 6, E À DIREITA O PONTO 7



Fonte: A autora (2018).

O ponto 8 (Figura 7), localizado no rio Perequê Mirim, conforme mostrado na Tabela 1, caracteriza-se com pouca profundidade e com vegetação no rio (tanto nas margens quanto na calha do rio), como mostrado à esquerda da Figura 7, enquanto que à direita da Figura 7 se percebe uma camada vegetal na superfície do curso d'água.

Os pontos 9 e 10 podem ser observados na Figura 8. Ambos os pontos são mais próximos à foz do canal DNOS (localizado no canal da Galheta), e sofrem interação com a água do mar. O ponto 9 está localizado em uma região com maior densidade de residências no entorno, e possui maior profundidade se comparado aos pontos 1 e 2. No que se refere ao ponto 10, o mesmo encontra-se em uma região onde há diversas marinas e um posto náutico. Este ponto também se caracteriza por ser um ponto com maior profundidade que os pontos 1 e 2. Estes pontos foram os únicos classificados como ambientes lóticos.

FIGURA 7 - PONTO 8, LOCALIZADO NO RIO PEREQUÊ MIRIM



Fonte: A autora (2018).

FIGURA 8 - À ESQUERDA O PONTO 9, E À DIREITA O PONTO 10



Fonte: A autora (2018).

3.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISES

As coletas das amostras foram do ponto 10 ao ponto 1 (vide Figura 2), ou seja, começaram sempre na foz do Canal DNOS e prosseguindo aos outros pontos de monitoramento. As coletas foram realizadas em marés de quadratura e em horário de maré vazante para que se observasse maior contribuição das águas dos rios do que do mar nas amostras coletadas. As amostras de água foram coletadas próximas à superfície e no meio do canal, de maneira que não houvesse o contato do coletor com o fundo do canal para evitar a ressuspensão de sedimentos na coluna d'água.

Foram utilizados dois instrumentos para a coleta de amostras, sendo eles: o amostrador de cabo telescópico para medição em locais de baixa profundidade e de difícil acesso, e um balde de polietileno para pontos onde os corpos d'água tivessem maior profundidade. Para armazenar as amostras foram utilizados frascos de polietileno (lavados e esterilizados) e foram conservadas a 4 °C, e encaminhadas para a análise no laboratório da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Sanepar, localizada em Guaratuba - PR.

Para as amostras destinadas à análise microbiológica, foram coletadas 250mL de água em triplicata para cada ponto monitorado. Após a coleta, as amostras foram armazenadas em frascos de vidro (esterilizados), e também conservadas à 4°C.

Foram analisados 11 parâmetros de qualidade da água neste trabalho, sendo eles: Oxigênio Dissolvido em água, Temperatura da Água, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Alcalinidade Total, Fósforo Total, Sólidos Suspensos Totais (SST), Turbidez, Salinidade e *Escherichia coli*.

Estão dispostos na Tabela 2 os equipamentos utilizados para a determinação dos parâmetros deste estudo. Para a determinação do Oxigênio Dissolvido e da Temperatura da Água foi utilizada a Sonda Multiparâmetro Hach, modelo HQ40D devidamente calibrada conforme as recomendações do fabricante. Para a salinidade utilizou-se o refratômetro, o mesmo indica a salinidade da amostra conforme o seu índice de refração. E a Turbidez, foi mensurada pelo princípio nefelométrico por meio de um Turbidímetro Digital Microprocessado - Ap-2000-Ir, com uma resolução de 0,01 UNT no alcance mais baixo.

As análises de pH, DBO, DQO, Alcalinidade Total, Sólidos Suspensos Totais e Fósforo Total foram realizadas no laboratório da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Sanepar, conforme as metodologias disponibilizadas pelo laboratório.

O método utilizado para análise de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi o de diluição e incubação ou respirométrico pelo sistema Oxidirect e Oxitop. Assim, as concentrações de OD eram medidas no início e no fim de um

período de incubação de 5 dias, a uma temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Essa diferença expressa os resultados da DBO em mg L^{-1} , e independente do método utilizado, o resultado da Demanda Química de Oxigênio foi utilizado como base para seleção das diluições das amostras de DBO. Já para a análise de Demanda Química de Oxigênio (DQO), foi utilizado o método Colorimétrico de Refluxo Fechado de acordo com as normas da ABNT 10.357/1988.

O Fósforo Total foi analisado com espectrofotometria, com reagentes de kits comerciais (Kit Merck PO4-P Spectroquant®). Este método é análogo ao método 4500-P E do Standard Methods (APHA, 1998), DIN EN ISO 6878 e EPA 365.2+3. Já a Alcalinidade Total foi determinada utilizando o método colorimétrico, por titulação com ácido sulfúrico 0,02 N até a mudança de cor. Os sólidos suspensos foram analisados por gravimetria conforme a Norma Técnica Internacional SM 2540 D - Sólidos/2002: as amostras eram filtradas, o filtro era secado a temperatura entre 103 a 105°C e na sequência o incremento do peso do filtro representava os SST. O pH era obtido por meio do pHmetro Digital DIGIMED DM22.

As amostras coletadas para análise microbiológica foram encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia do Centro de Estudos do Mar (CEM/UFPR) para análise por Substrato Cromogênico pelo método Colilert®. Para a realização das análises de *E. coli* foram selecionados seis pontos de monitoramento, sendo eles: 2, 4, 5, 6, 9 e 10.

TABELA 2 - MÉTODO DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS AVALIADOS

(continua)

Parâmetro	Método/Equipamento
Oxigênio Dissolvido	Sonda Multiparâmetro Hach, modelo HQ40D
Temperatura da Água	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Diluição e incubação ou Respirométrico pelo sistema Oxitop e Oxidirect
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Colorimétrico de Refluxo Fechado de acordo com as normas da ABNT 10.357/1988
Alcalinidade Total	Titulação colorimétrica

Fonte: A autora (2019).

TABELA 2 - MÉTODO DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS AVALIADOS

(conclusão)

Parâmetro	Método/Equipamento
Turbidez	Turbidímetro Digital Microprocessado - Ap-2000-lr
pH	pHmetro Digital DIGIMED DM22
Coliformes Termotolerantes - <i>E. coli</i>	Substrato Cromogênico pelo método Colilert®
Fósforo Total	Kit Merck PO4-P Spectroquant®
Salinidade	Refratômetro

Fonte: A autora (2019).

Alguns fatores podem interferir na qualidade da água dos recursos hídricos. A pluviosidade, por exemplo, aumenta o escoamento superficial, e pode carrear consigo diversos poluentes aos corpos d'água. Desta forma, a precipitação está sendo avaliada neste trabalho para os dias que antecederam a coleta e os dias em que as coletas foram realizadas. Os dados de chuva utilizados são da Estação de Tratamento de Esgoto da SANEPAR em Matinhos - PR, localizada nas coordenadas 25°45'47" e 48°31'31".

Os resultados das análises foram comparados aos padrões preconizados na Resolução CONAMA nº. 357/2005 (BRASIL, 2005), que classifica e enquadra os corpos d'água em Classes 1, 2, 3, 4 e especial (Ver Tabela 3), e conforme o Plano de Bacia Litorânea e a Portaria SUREHMA 005/89, os parâmetros de qualidade da água monitorados neste trabalho foram comparados aos padrões de corpos d'água Classe 2 para os pontos (2, 3 e 5) localizados no canal da Lagoa Amarela e Classe 1 para os demais pontos de monitoramento com o resultado dos parâmetros de qualidade da água. Entre diversas considerações, destaca-se o enquadramento de corpos d'água conforme os níveis de qualidade da água para atender as necessidades da população.

TABELA 3 - LIMITES PELA RESOLUÇÃO CONAMA Nº. 357/2005 DE PARÂMETROS AVALIADOS

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
DBO (mg L ⁻¹)	3	5	10	-
OD (mg L ⁻¹)	> 6	> 5	> 4	> 2
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Turbidez (UNT)	40	100	100	-
Fósforo Total* (mg L ⁻¹)	0,1	0,1	0,15	-
Fósforo Total** (mg L ⁻¹)	0,025	0,05	0,075	-
Fósforo Total*** (mg L ⁻¹)	0,02	0,03	0,05	-

Fonte: A autora, 2019.

NOTA: * Para ambientes considerados lóticos.

** Para ambientes considerados intermediários.

*** Para ambientes considerados lênticos.

3.4 AVALIAÇÃO DE DADOS

Neste trabalho aplicou-se a técnica de Análise de Agrupamento Hierárquicos (AAH). Esta análise foi utilizada para as variáveis de Oxigênio Dissolvido e Turbidez, para agrupar os pontos de monitoramento que apresentaram concentrações semelhantes em água. Para a aplicação da AAH, os seguintes procedimentos foram realizados:

I) Foram formadas matrizes de similaridades para cada uma das variáveis (OD e Turbidez) com dados dos dez pontos de monitoramento e de todos os meses de 2018 (fevereiro a dezembro). Assim, nestas matrizes foram dispostas as chamadas distâncias euclidianas das concentrações dos parâmetros, obtidas pela equação (1):

$$D = (\sum_{i=1}^j (P_{ai} - P_{bi})^2)^{1/2} \quad (1)$$

onde D é a Distância Euclidiana, P indica o parâmetro, no caso OD e Turbidez, para os pontos de monitoramento. Os índices a e b representam a distribuição dos pontos de 1 a 10, e i e j representam a variação dos meses.

II) Em seguida foi utilizada uma técnica de agrupamento. Entre as técnicas se destacam a de Ligação Simples e Ligação Completa. A ligação simples, é conhecida também por método de vizinhos mais próximos, que realiza o agrupamento em termos das menores distâncias entre os pontos analisados. Já o de ligação

completa, é conhecido como método dos vizinhos mais distantes, agrupando os pontos que possuem maior distância entre si. Neste trabalho utilizou-se o método de vizinhos mais próximos, conforme a equação (2):

$$D_{(ab,i)} = \min(D_{ai}, D_{bi}) \quad (2)$$

Por meio das matrizes de similaridade construiu-se uma tabela para se observar os grupos formados e suas respectivas distâncias. Estas distâncias indicam o nível de similaridade entre os pontos amostrados, e organizam-se conforme cada nova iteração e matriz formada. Desta forma, quanto maior o nível de similaridade dos pontos, menor é a distância euclidiana, e mais próximas encontram-se as variáveis nos agrupamentos. E para evidenciar os grupos formados, para o Oxigênio Dissolvido a distância euclidiana selecionada foi de 67,13, onde houve a formação de três grupos principais, e para Turbidez foi de 82,67 onde observou-se a formação de cinco grupos principais.

Para a avaliação de acordo com os meses estudados e as estações do ano foram criados gráficos de diagramas de caixas (*Boxplot*) para observar a variabilidade dos dados (dispersão, médias e distribuição). A haste vertical do *Boxplot* (de baixo para cima) representa o valor mínimo e máximo de um conjunto de dados. O limite inferior da caixa mostra 25% dos menores valores. A linha intermediária representa a mediana, onde 50% dos valores encontram-se acima e abaixo do valor de referência, e o limite superior da caixa indica 75% dos maiores valores.

Para avaliar os pontos monitorados conforme o seu estado trófico, foi realizada a determinação do Índice de Estado Trófico (IET) por meio das concentrações de fósforo total. Para ambientes lênticos foi utilizada a equação (3) e lóticos a equação (4) (Lamparelli, 2004):

$$IET = 10 \left[6 - \left(1,77 - \frac{0,42 \ln P}{\ln 2} \right) \right] \quad (3)$$

$$IET = 10 \left[6 - \left(0,42 - \frac{0,36 \ln P}{\ln 2} \right) \right] - 20 \quad (4)$$

onde a concentração de fósforo total é utilizada em $\mu\text{g L}^{-1}$. Os valores obtidos nas equações (3) e (4) foram comparados à classificação da Tabela 4, que expressa a

ponderação do IET em intervalos, e classifica os corpos d'água de acordo com o grau de *trofia*.

TABELA 4 - FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO DE ESTADO TRÓFICO

Índice de Estado Trófico	
Ponderação	Grau de <i>trofia</i>
< 47	Ultraoligotrófico
47 < IET < 52	Oligotrófico
52 < IET < 59	Mesotrófico
59 < IET < 63	Eutrófico
63 < IET < 67	Supereutrófico
IET > 67	Hipereutrófico

Fonte: Libânio (2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram divididos em duas seções. A primeira, Seção 4.1, apresenta uma avaliação das variáveis analisadas em cada um dos pontos de monitoramento para identificar a qualidade das águas nos diferentes rios e canais de Pontal do Paraná. Na segunda seção, Seção 4.2, os pontos foram unificados para avaliação da sazonalidade da qualidade das águas dos corpos d'água monitorados. Assim como já foi mencionado neste trabalho, a população de Pontal do Paraná é flutuante. Logo, com a análise da Seção 4.2 será possível verificar se o turismo interfere na qualidade das águas desta cidade.

4.1 DIAGNÓSTICO

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes para a caracterização dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011) e para indicar a qualidade da água (JANZEN et al., 2008). Para a manutenção da vida aquática aeróbia são necessárias concentrações de oxigênio dissolvido entre 2 e 5 mg L⁻¹ (LIBÂNIO, 2016).

A Tabela 5 exibe as concentrações de OD obtidas em cada um dos pontos e meses de monitoramento. Os grupos da tabela foram formados com a Análise de Agrupamentos Hierárquicos (AAH), utilizando percentuais de concentração de saturação de OD em água similares. A concentração de saturação de OD na água varia com a temperatura, com a pressão (LIBÂNIO, 2016) e com a salinidade em nos corpos d'água suscetíveis a mudanças dessa variável. O percentual de saturação é a concentração de OD medida em relação à concentração de saturação.

Na Tabela 5 foram dispostas as concentrações de Oxigênio Dissolvido em água (mg L⁻¹) para comparação com as concentrações padronizadas na resolução CONAMA nº. 357/2005. A cor vermelha destaca as concentrações que não atendem ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº. 357/2005 para corpos d'água Classe 4 (concentração superior à 2 mg L⁻¹) e a cor laranja destaca as

concentrações abaixo do padrão determinado para corpos d'água Classe 1 (concentração superior à 6 mg L⁻¹).

TABELA 5 - OXIGÊNIO DISSOLVIDO DE TODOS OS PONTOS PARA OS MESES MONITORADOS DE 2018

Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)										
Meses 2018	Grupo 1							Grupo 2	Grupo 3	
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10
Fevereiro	1,94	1,59	0,78	0,51	0,93	0,31	1,11	0,43	3,07	5,5
Março	1,12	0,62	1,56	2,89	0,24	0,83	1,3	0,68	3,59	4,81
Abril	0,95	0,82	1,13	3,97	0,78	1,68	2,42	3,4	4,13	5,08
Maiο	1,55	2,07	0,91	1,01	1,1	1,66	1,76	2,87	4,23	5,39
Junho	1,01	3,18	1,39	2,68	0,88	3,31	2,16	6,77	6,7	8,41
Julho	0,38	1,44	0,88	0,37	0,23	1,15	1,66	4,03	6,99	8,74
Agosto	0,29	3,55	1,24	2,08	0,68	1,91	1,55	2,29	8,26	9,23
Setembro	0,51	1,83	0,28	1,08	0,19	0,66	1	3,98	7,29	9,2
Outubro	0,44	2,12	0,21	2,10	0,20	0,23	0,38	2,47	7,88	8,82
Novembro	0,38	1,37	0,31	0,35	0,20	0,20	2,53	0,43	4,33	7,39
Dezembro	0,39	2,19	0,32	0,54	0,37	0,56	0,55	0,34	6,19	7,41
\bar{x}	0,815	1,889	0,819	1,598	0,527	1,136	1,493	2,517	5,696	7,271
s	0,550	0,890	0,483	1,222	0,350	0,945	0,710	2,008	1,860	1,760
s²	0,302	0,792	0,233	1,493	0,123	0,893	0,504	4,030	3,461	3,098

Fonte: A autora (2019).

Nota-se na Tabela 5 que os pontos de monitoramento estão separados em três grupos: o grupo 1, composto pelos pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7; o grupo 2, com o ponto 8; e por fim, o grupo 3 com os pontos 9 e 10. Os pontos de 1 a 8 possuem características de corpos d'água lênticos, com baixa capacidade de autodepuração, e baixa concentração de oxigênio dissolvido em água. Já os pontos 9 e 10 possuem características de corpos d'água lóticos; logo, nestes pontos as concentrações de OD são naturalmente maiores.

No grupo 1, os pontos 1, 3 e 5 não atendem, em nenhum dos meses monitorados, os limites de OD estabelecidos na legislação para corpos d'água de Classe 4, restringindo seus usos à harmonia paisagística e navegação. Apesar das concentrações nos pontos 2, 4, 6 e 7 se enquadrarem em alguns meses aos limites estabelecidos na Classe 4, os valores são inferiores à Classe 1 (6 mg L^{-1}) para os pontos 4, 6 e 7 e Classe 2 (5 mg L^{-1}) para o ponto 2. Todos os pontos podem ser considerados ambientes em condições de hipóxia que se restringem apenas a espécies adaptadas a essa concentração de OD.

O Grupo 2, composto pelo ponto 8, apresenta variações nas concentrações de OD de 0,34 a $6,77 \text{ mg L}^{-1}$. As menores concentrações de OD neste ponto foram nos meses de fevereiro, março, novembro e dezembro, que apresentaram os maiores valores da temperatura da água ($25,6$; $24,2$; $25,2$; $25,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente). As elevações da temperatura aumentam as taxas de reações físicas, químicas e biológicas, e diminuem a solubilidade dos gases em água (VON SPERLING, 2014). Nota-se que apesar de ser um ponto de monitoramento em um corpo d'água lântico, a variância da concentração de OD é maior em relação aos outros. Isso indica que este ponto é mais sensível a mudanças na qualidade da água do que os outros pontos. Observa-se que a concentração de OD é maior nos meses mais frios (atendendo ao padrão da Classe 1 em junho) e menor nos meses mais quentes.

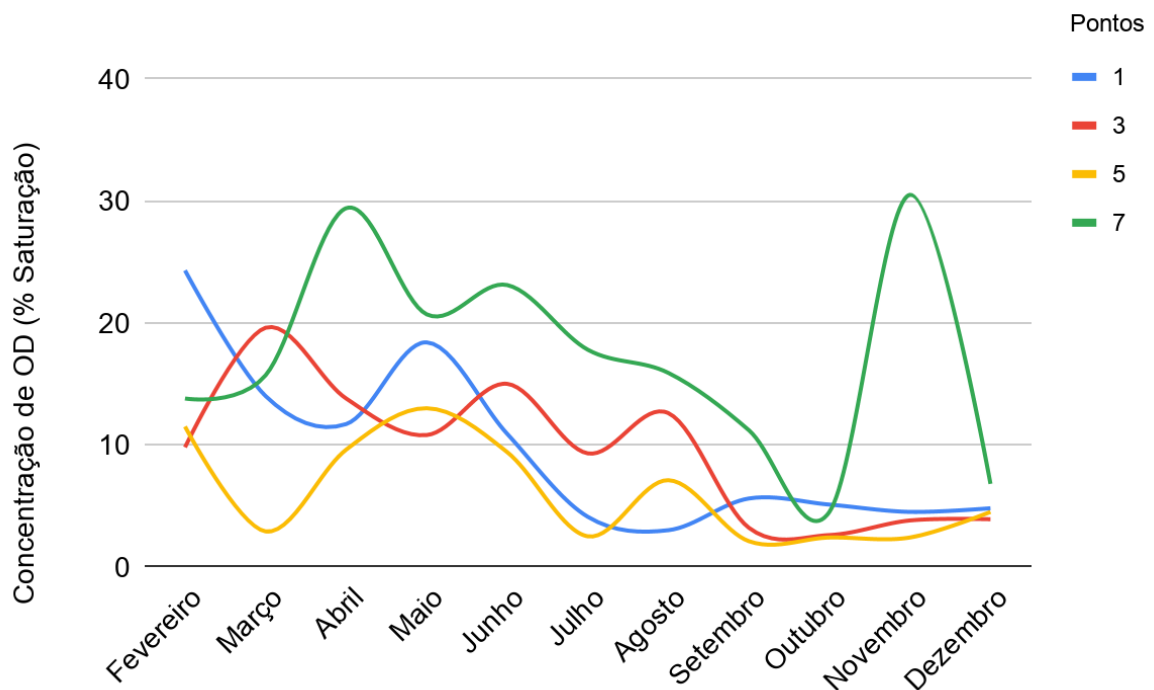
Os pontos 9 e 10 (Grupo 3), localizados no Canal DNOS, apresentaram as maiores concentrações de OD durante os meses monitorados de 2018. As concentrações medidas no ponto 10 estavam acima do limite estabelecido para a Classe 1 na Resolução CONAMA nº 357/2005 a partir do mês de junho. Os pontos 9 e 10 são próximos à foz do Canal DNOS; logo, a água do canal se mistura à água proveniente do estuário, que embora tenha maior salinidade, é oriunda de um corpo d'água com grande área de superfície para trocas gasosas com a atmosfera.

Assim como no Grupo 2, as menores concentrações de oxigênio dissolvido destes pontos foram obtidas nos meses do verão. Logo, a concentração de OD nos pontos dos Grupos 2 e 3 pode estar mostrando o efeito do turismo à qualidade da

água ou também um efeito natural da solubilidade do OD em água devido à maior temperatura. Isso será melhor discutido na sequência.

No gráfico da Figura 9 estão as concentrações Oxigênio Dissolvido em porcentagem de saturação para os pontos 1, 3, 5 e 7 de monitoramento em 2018. As maiores concentrações foram obtidas no ponto 7, e as menores no ponto 5, que está eutrofizado (ver Figura 4). A densa cobertura vegetal sob o corpo d'água do ponto 5 dificulta a transferência do oxigênio entre a atmosfera e a água, e também a entrada de luz para a fotossíntese por fitoplânctons. Além disso, os microrganismos presentes no ambiente utilizam o O₂ disponível para a degradação da matéria orgânica existente no meio, conseqüentemente reduz-se as concentrações de OD.

FIGURA 9 - GRÁFICO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA PARA OS PONTOS 1, 3, 5 E 7 MONITORADOS NO ANO DE 2018

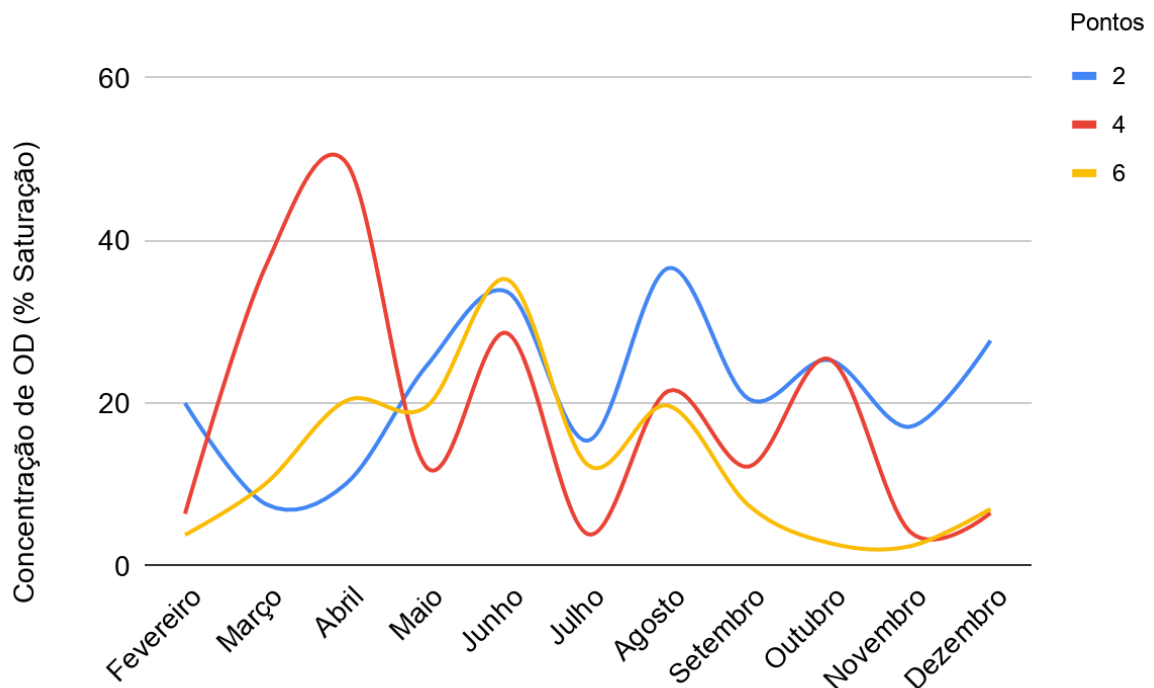


Fonte: A autora (2019).

As concentrações de OD medidas nos pontos 2, 4 e 6 estão no gráfico da Figura 10. Nota-se que tanto nos pontos da Figura 9 quanto nos pontos da Figura 10, as concentrações de OD estavam abaixo de 40% de saturação. Assim como já

foi mencionado na análise da Tabela 5, as concentrações de OD nesses pontos são muito baixas, podendo comprometer a vida aquática.

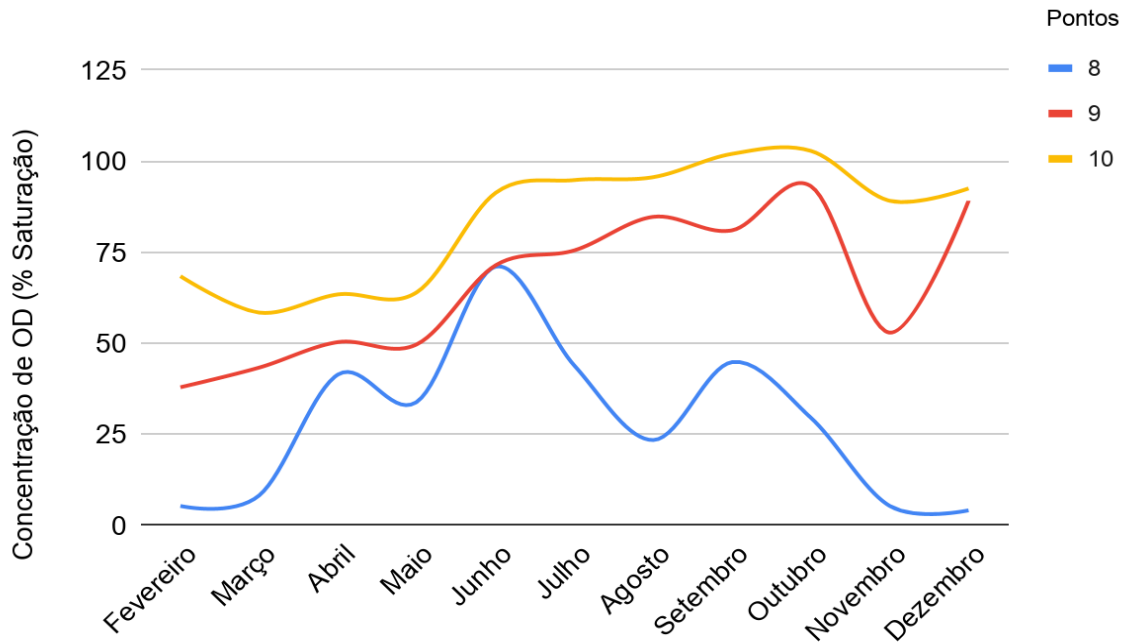
FIGURA 10 - GRÁFICO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA PARA OS PONTOS 2, 4 E 6 MONITORADOS NO ANO DE 2018



Fonte: A autora (2019).

Na Figura 11 está o gráfico da variação de Oxigênio Dissolvido em porcentagem de saturação nos pontos 8, 9 e 10 durante o ano de 2018 (Grupos 2 e 3 da Tabela 5). Observa-se que, em geral, as concentrações de OD dos pontos 9 e 10 aumentaram ao longo do ano, com uma queda no mês de novembro, mas mais pronunciada no ponto 9. Tanto nesses pontos quanto no ponto 8 de monitoramento, as concentrações de OD foram maiores nos meses mais frios. Uma vez que com a unidade de porcentagem de saturação de OD o efeito da temperatura na solubilização do OD em água é eliminado, as baixas concentrações de OD nos meses mais quentes pode estar ocorrendo devido ao turismo. Nos períodos mais quentes, a população de Pontal do Paraná aumenta significativamente, ocupando residências que permanecem desocupadas nos meses mais frios.

FIGURA 11 - GRÁFICO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA PARA OS PONTOS 8, 9 E 10 MONITORADOS NO ANO DE 2018



Fonte: A autora (2019).

Na Tabela 6 estão os dados de Turbidez. As concentrações em vermelho são as que excederam os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº. 357/2005 de 40 UNT. Os pontos estão divididos em três grupos: Grupo 1, com os pontos 2, 5, 7, 8, 9 e 10; Grupo 2, composto pelos pontos 1, 3 e 4; e por fim, o grupo 3, com o ponto 6. Os grupos são diferentes dos grupos da análise de OD. A divisão em grupos para turbidez (Tabela 6) foi feita pela análise de AAH com base nos valores de Turbidez. Na Tabela 6, os grupos de pontos foram organizados na sequência de maior para menor turbidez da água.

A turbidez é a interferência da passagem de luz na coluna d'água devido às partículas em suspensão em água (LIBÂNIO, 2016). Os Sólidos Suspensos Totais podem interferir na turbidez; logo, esse parâmetro será discutido junto com a turbidez neste trabalho.

Apesar da maior parte das concentrações de OD apresentar valor abaixo dos padrões estabelecidos na resolução CONAMA, apenas alguns meses e pontos tiveram Turbidez acima de 40 UNT. Tratam-se dos pontos 1, 4, 6 e 8, nos quais as concentrações de OD estavam abaixo do estabelecido para classe menos restritiva

do uso d'água, Classe 4. Nesses pontos, também se constatou altas concentrações de SST e a maior variância; logo, são pontos provavelmente mais suscetíveis à drenagem local. Nota-se nas Figuras 3 e 5 que nos pontos 1 e 4 há uma densa cobertura vegetal sobre a água do canal. Já os pontos que apresentaram menor turbidez são os pontos mais próximos da foz do Canal DNOS, pontos 9 e 10.

TABELA 6 - TURBIDEZ DE TODOS OS PONTOS PARA OS MESES MONITORADOS EM 2018

Turbidez (UNT)										
Meses 2018	Grupo 1			Grupo 2	Grupo 3					
	Ponto 1	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 6	Ponto 2	Ponto 5	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10
Fevereiro	26,5	33,6	8,37	255	18,2	35,5	13	7,37	7,15	5,45
Março	9,93	12,5	33,6	16,4	8,04	11,4	6,9	1,71	4,25	4,19
Abril	115	53,6	63,2	22,8	53,1	19,4	26,4	27,2	5,33	7
Maiο	75,6	58,9	65	32,4	6,89	10,9	15,2	22,1	3,6	3,53
Junho	70,2	48,3	49	47,1	34	10,3	16,7	8,3	11,2	5,73
Julho	78,9	63,2	121	19	28,4	14,4	8,99	76,7	4,83	8,08
Agosto	141	62,5	45,9	20,6	17,4	12,2	10,2	49,6	4,72	7,87
Setembro	76,5	70,6	18	9,04	39	14,5	6,4	2,94	3,23	2,22
Outubro	79,4	66,1	23	8,69	38,8	60,4	14,8	14,9	4,83	13,6
Novembro	20,4	42,8	14,7	9,94	25,3	29,1	9,57	4,24	31,5	3,9
Dezembro	57,2	29,6	20,4	22,1	23,4	10,1	37,5	59,4	5,85	2,43
\bar{x}	68,2	49,2	42,0	42,1	26,6	20,7	15,1	25,0	7,9	5,8
s	39,2	18,0	32,6	71,5	14,0	15,6	9,3	25,7	8,1	3,3
s²	1539,8	324,6	1063,4	5111,8	196,3	242,1	87,1	662,6	66,2	10,7

Fonte: A autora (2019).

A Tabela 7 mostra os dados da concentração de Fósforo Total - P_T ($mg L^{-1}$) por estações nos 10 pontos monitorados. As análises de P_T foram realizadas ao menos uma vez por estação para caracterizá-las. Em vermelho estão as concentrações que excedem os valores limites para corpos d'água Classe 2 para ambientes considerados lênticos ($0,03 mg L^{-1}$) e lóxicos ($0,1 mg L^{-1}$), conforme a Resolução CONAMA nº. 357/2005.

Como mencionado anteriormente, os pontos de 1 a 8 são considerados ambientes lênticos e os pontos 9 e 10 lóticos. De maneira geral, nenhum dos pontos atendem aos limites estabelecidos, exceto os pontos 9 e 10, que possuem concentrações nulas no inverno e na primavera. O fósforo ocorre em águas naturais devido à composição geológica da região, e também devido ao lançamento de esgoto nesses ambientes. Em particular, detergentes são ricos em fósforo e um dos principais responsáveis pelo aumento da concentração deste nutriente nos corpos d'água (ALVES et al., 2008). O fósforo é considerado o principal responsável pela eutrofização dos corpos hídricos. Logo, é comumente utilizado para caracterização do estado trófico com o Índice de Estado Trófico (IET). O IET relacionado ao P_T aponta a existência, ou não, de condições para a floração de algas e cianobactérias (LIBÂNIO, 2016).

Na Tabela 8 foram dispostos os valores do IET obtidos nos pontos de monitoramento em cada estação do ano. Nota-se que todos os pontos se enquadram no intervalo de classificação de IET > 67, sendo assim se encontram em estado hipereutrófico (vide Tabela 4). Em vários pontos a concentração encontrada foi de < 0,5 mg L⁻¹, que é o menor valor detectável pelo método empregado para medir Fósforo Total neste trabalho.

TABELA 7 - CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL PARA OS PONTOS MONITORADOS NAS ESTAÇÕES EM 2018

(continua)

Pontos	Fósforo Total (mg L ⁻¹)			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
1	0,65	0,3	0,24	0,33
2	0	0	0,2	0,2
3	0	0,3	0,28	0,19
4	0	0	0,13	0,11
5	0	1,1	0,57	0,73
6	0,73	0,5	2,99	3,96
7	0	0	0,26	1,82
8	0	0	0	0,2

Fonte: A autora (2019).

TABELA 7 - CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL PARA OS PONTOS MONITORADOS NAS ESTAÇÕES EM 2018

(conclusão)

Fósforo Total (mg L⁻¹)				
Pontos	Verão	Outono	Inverno	Primavera
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Fonte: A autora (2019).

TABELA 8 - VALORES DE ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO PARA OS PONTOS MONITORADOS NAS ESTAÇÕES EM 2018

Índice de Estado Trófico				
Pontos	Verão	Outono	Inverno	Primavera
1	81,5	76,9	75,5	77,4
2	0,0	0,0	74,4	74,4
3	0,0	76,9	76,4	74,1
4	0,0	80,0	71,8	70,8
5	0,0	84,7	80,8	82,2
6	82,2	0,0	90,8	92,1
7	0,0	0,0	76,0	87,8
8	0,0	0,0	0,0	74,4
9	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: A autora (2019).

O pH é influenciado pela concentração de matéria orgânica em água. Valores mais baixos de pH estão normalmente relacionados à presença de ácidos orgânicos, como os ácidos fúlvicos e húmicos (ESTEVES, 2011), que são produzidos durante a decomposição da matéria orgânica por microrganismos. Os menores valores de pH encontrados estão nos pontos 1, 3 e 4 (6,23; 6,51 e 6,39 respectivamente), onde também são encontrados baixos teores de OD (vide Tabela 5), e em geral os valores de pH encontrados variaram entre 6,23 e 8,01 em todos os pontos, dentro dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº. 357/2005 (pH entre 6 e 9) para corpos d'água Classe 1 e 2. Os pontos que apresentaram o pH mais ácido eram os pontos 1, 3 e 4. Como discutido anteriormente, nos pontos

1 e 4 a concentração de OD era significativamente baixa e a turbidez da água era maior. O pH alcalino foi observado somente nos pontos mais próximos da foz do canal DNOS, pontos 9 e 10.

A alcalinidade mostra a capacidade das águas naturais de minimizar variações bruscas de pH, podendo ser constituída de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-) (LIBÂNIO, 2016). A alcalinidade varia com o pH, mas não se estabelece como parâmetro nas legislações ambientais brasileiras. Os valores encontrados de alcalinidade total nos pontos 9 e 10 foram consideravelmente altos, por exemplo, no mês de outubro, ambas as concentrações encontradas foram de 110 mg L^{-1} de CaCO_3 , e o pH foi de 7,87 e 8,01 respectivamente; estes valores são provavelmente devido à água do mar, rica em carbonatos. Já o ponto 1 apresentou concentração de 64 mg L^{-1} e um pH de 6,25. Como citado anteriormente, valores mais baixos de pH podem estar relacionados a decomposição de matéria orgânica presente. Em geral, as concentrações médias anuais de alcalinidade total ficaram entre 90 e 170 mg L^{-1} de CaCO_3 e conforme a faixa do pH durante o monitoramento (6,23 e 8,01), e para águas com pH entre 4,4 e 8,3 a alcalinidade será em razão de bicarbonatos (VON SPERLING, 2014). A predominância de bicarbonatos pode se justificar pela reação do gás carbônico presente nas águas superficiais, como resultado de trocas gasosas com a atmosfera ou a oxidação de matéria orgânica, com os minerais do solo (LIBÂNIO, 2016)

Na Tabela 9 exibem-se as concentrações da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em água. A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para a degradação da matéria orgânica biologicamente. É um dos parâmetros de maior importância para a caracterização do grau de poluição de um corpo d'água, pois valores altos de DBO podem ser indicativos de despejos domésticos e industriais em um corpo d'água (VON SPERLING, 2014). Em vermelho estão as concentrações que não atendem ao limite da Classe 1 de 3 mg L^{-1} , e em laranja estão as que não atendem ao estabelecido para Classe 2 de 5 mg L^{-1} , os "--" indicam que as análises sofreram com interferentes, desta forma não são apresentadas na tabela.

TABELA 9 - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO DE TODOS OS PONTOS PARA OS MESES MONITORADOS EM 2018

Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg L ⁻¹)										
Meses	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10
Fevereiro	26,0	15,0	18,0	20,0	21,0	18,0	24,0	15,0	4,0	63,0
Março	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Abril	10,0	10,0	8,0	8,0	9,0	6,0	28,0	16,0	18,0	16,0
Mai	6,0	4,0	0,0	2,0	2,0	2,0	--	--	--	--
Junho	--	--	--	--	7,0	--	2,0	4,0	2,0	--
Julho	--	--	--	--	18,0	4,0	--	50,0	22,0	2,0
Agosto	8,0	16,0	1,0	7,0	5,0	4,0	0,0	3,0	0,0	1,0
Setembro	16,0	--	8,0	4,0	8,0	9,0	13,0	3,0	2,0	--
Outubro	19,0	8,0	--	--	7,0	--	18,0	8,0	20,0	52,0
Novembro	--	--	--	--	--	23,0	4,0	--	--	--
Dezembro	14,6	6,43	8,0	16,4	9,44	11,5	8,33	5,94	< 2,0	< 2,0
\bar{x}	14,2	9,9	7,2	9,6	9,6	9,7	12,2	13,1	9,7	26,8
s	6,9	4,8	6,5	7,1	6,1	7,4	10,4	15,8	9,8	28,9
s^2	48,2	22,7	41,8	50,6	37,0	55,4	108,3	248,2	95,2	835,7

Fonte: A autora (2019).

Observa-se na Tabela 9 que em todos os pontos a concentração de DBO foi superior ao padrão estabelecido para a Classe 1 e 2 (3 e 5 mg L⁻¹ respectivamente) da Resolução CONAMA nº. 357/2005 em mais da metade dos meses de medição. Nesses pontos também foram encontradas concentrações abaixo do permitido para oxigênio dissolvido. Altos valores de DBO reduzem a concentração de OD em água devido ao processo de biodegradação da matéria orgânica por microrganismos aeróbios (VON SPERLING, 2014).

Quanto à Demanda Química de Oxigênio (DQO), expressa a quantidade de oxigênio consumido no processo de decomposição química da matéria. Neste processo, tanto a matéria biodegradável quanto a inerte à biodegradação é consumida. Assim, a relação DBO/DQO é comumente utilizada para explicitar o percentual de matéria biodegradável da DQO obtida. Os pontos mais próximos à foz do canal DNOS foram os que apresentaram a menor fração (pontos 9 e 10)

variando entre 1% e 33% nos meses monitorados. Nos pontos 1, 2, 7 e 8, foram identificados meses com concentrações de DBO representando mais da metade da concentração de DQO. No ponto 7 a concentração de DBO chegou a 93% da DQO. Já nos outros pontos, a concentração de DBO estava sempre abaixo dos 50% da DQO.

Os dados que correspondem a *Escherichia coli* estão dispostos na Tabela 10. Assim como nas análises de Fósforo Total, as análises de *E. coli* também foram realizadas uma vez por estação. As concentrações de *E. coli* podem indicar a presença de contaminação por esgoto em corpos hídricos, pois esta bactéria é encontrada apenas no trato intestinal de animais homeotérmicos, como por exemplo, o ser humano. A Resolução CONAMA nº. 357/2005 estabelece a concentração máxima de 200 coliformes por 100 mL para a Classe 1, e 1000 coliformes por 100 mL para Classe 2, e também há a Resolução CONAMA nº. 274/2000 que estabelece a concentração máxima de 800 NMP por 100 mL para recreação de contato primário. Observa-se na Tabela 10 que a coloração vermelha indica o limite estabelecido para corpos d'água Classe 1, e o laranja para Classe 2, as maiores concentrações foram no ponto 6 e as menores no ponto 4. No ponto 4, as concentrações de *E. coli* estavam dentro do limite da Resolução CONAMA nº. 357/2005, exceto no outono, mas foram superiores ao padrão estabelecido para recreação de contato primário também nesta estação.

TABELA 10 - CONCENTRAÇÕES DE *E. COLI* PARA 6 PONTOS MONITORADOS NAS ESTAÇÕES DE 2018

<i>Escherichia coli</i> (NMP 100 mL ⁻¹)				
Pontos	Verão	Outono	Inverno	Primavera
2	3135,67	13242,33	9175,67	4928,00
4	178,00	995,17	37,17	17,00
5	1096,67	98090,00	10323,33	4901,67
6	8308,00	16729,67	21307,67	24196,00
9	568,33	12098,00	7043,50	2139,33
10	1336,17	734,00	80,50	835,17

Fonte: A autora (2019).

4.2 SAZONALIDADE

As obras ampliação do esgotamento sanitário no município de Pontal do Paraná foram concluídas em julho de 2018. Foram disponibilizadas cerca de 27 mil ligações à população de Pontal do Paraná e Matinhos. Na Tabela 11 são mostrados os dados de ligações disponíveis para comercialização, o número de unidades consumidoras (UC) corretamente interligadas a nova rede coletora de esgoto até dezembro de 2018 e o percentual de UC ligadas corretamente em cada microbacia. Observa-se que no fim do ano de 2018, apenas 29,41% dos edifícios de Pontal do Paraná estavam interligados à rede. Desta forma, grande parte dos edifícios ainda contribuem com o acréscimo de carga orgânica aos cursos d'água.

TABELA 11: NÚMERO DE UNIDADES CONSUMIDORAS (UC) LIGADAS CORRETAMENTE A NOVA REDE COLETORA DE ESGOTO POR MICROBACIAS

(continua)

Microbacias	Ligações Entregues	Unidades consumidoras corretamente interligadas	Percentual de UC corretamente interligadas
Guarujá	1097	343	31,27%
Coqueiros	769	140	18,21%
Beltrami	1208	345	28,56%
Itatiaia	250	34	13,60%
J. Canadá	465	146	31,40%
Santa Terezinha	512	164	32,03%
Porto Fino	1195	434	36,32%
Atami	1215	345	28,40%
Grajaú	382	85	22,25%
Leblon	1943	717	36,90%
Shangri-lá	465	146	31,40%
Praia de Leste	826	229	27,72%
Canal	560	200	35,71%
Olho D'água	769	247	32,12%
Pontal	114	10	8,77%

Fonte: A autora (2019).

TABELA 11: NÚMERO DE UNIDADES CONSUMIDORAS (UC) LIGADAS CORRETAMENTE A NOVA REDE COLETORA DE ESGOTO POR MICROBACIAS

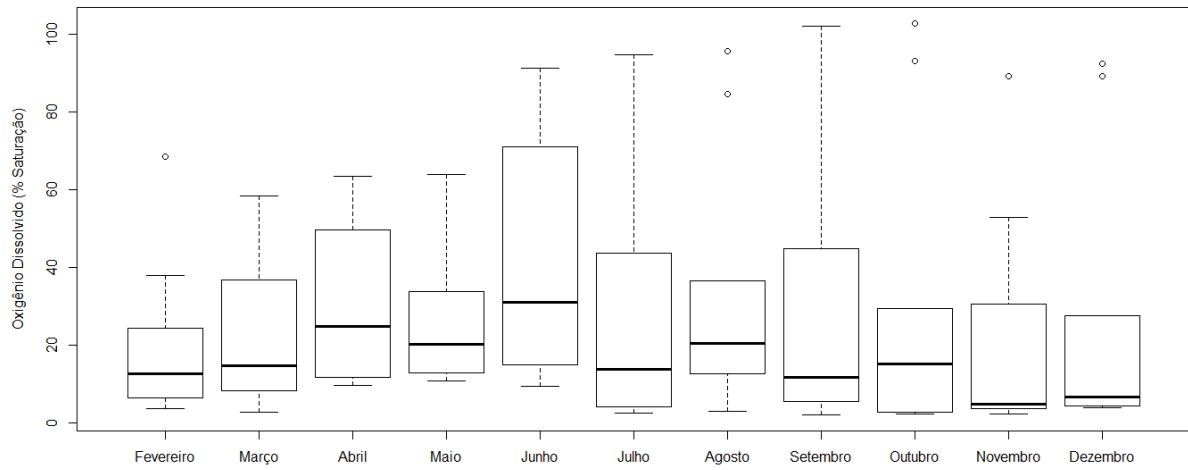
(conclusão)			
Microbacias	Ligações Entregues	Unidades consumidoras corretamente interligadas	Percentual de UC corretamente interligadas
Barrancos	609	164	26,93%
Brasil	376	131	34,84%
Ilha do Mel	623	92	14,77%
Limoeiro	339	62	18,29%
Total	13717	4034	29,41%

Fonte: A autora (2019).

Os pontos com maiores concentrações de *E. coli*, pontos 5 e 6, pertencem as microbacias do Grajaú e Olho D'água, respectivamente. Nota-se ainda que faltam 77,75% dos edifícios do Grajaú se interligarem à rede coletora de esgoto, enquanto na do Olho D'água, 67,88% ainda não se interligaram à rede.

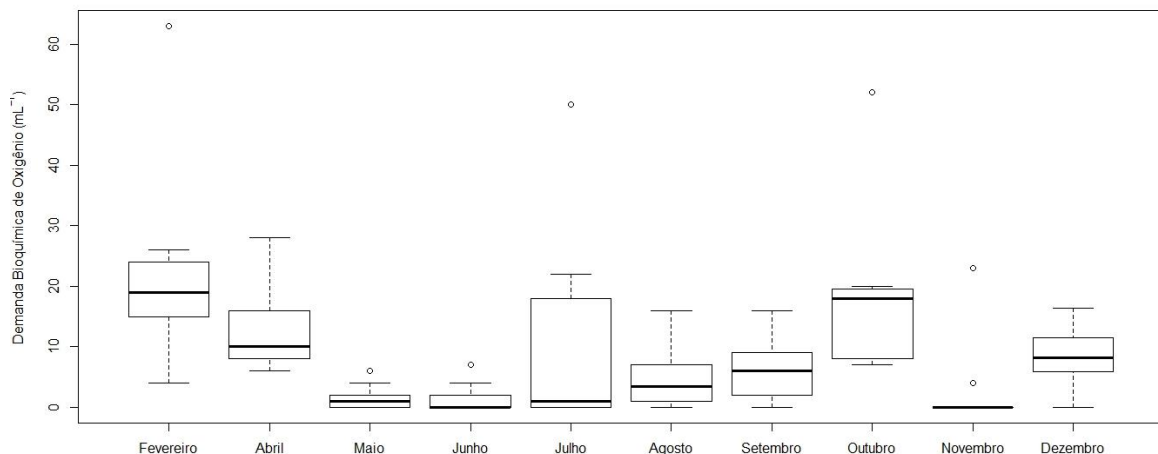
As Figuras 15 e 16 exibem gráficos do tipo *Boxplot* para Oxigênio Dissolvido em água e de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). As concentrações obtidas nos pontos foram agrupadas para cada um dos meses, e as concentrações de OD utilizadas estão em porcentagem de saturação para eliminar o efeito da temperatura e da pressão atmosférica na solubilização do OD em água. Uma vez que apenas 29,41% da população até dezembro de 2018 estava interligada à rede coletora de esgoto, boa parte do esgoto gerado na cidade pode estar poluindo os rios e canais. Nota-se um padrão sazonal de ambas as variáveis: enquanto que nos meses mais frios a concentração de OD é em geral maior e de DBO menor, nos meses mais quentes o oposto ocorre. Isso pode estar mostrando um efeito da maior ocupação dos edifícios da cidade na qualidade das águas dos rios e canais de Pontal do Paraná. Observa-se também que as concentrações de ambos os escalares variaram mais no inverno do que no verão. Isso pode estar relacionado com a maior capacidade de depuração de alguns rios e canais em relação a outros, ou porque há pontos de monitoramento situados em bacias com residências que são ocupadas somente no verão e pontos de monitoramento situados em bacias com edifícios ocupados durante todo o ano.

FIGURA 15 - BOXPLOT DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO PARA TODOS OS PONTOS NOS MESES DE 2018



Fonte: A autora (2019).

FIGURA 16 - BOXPLOT DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO PARA TODOS OS PONTOS NOS MESES DE 2018

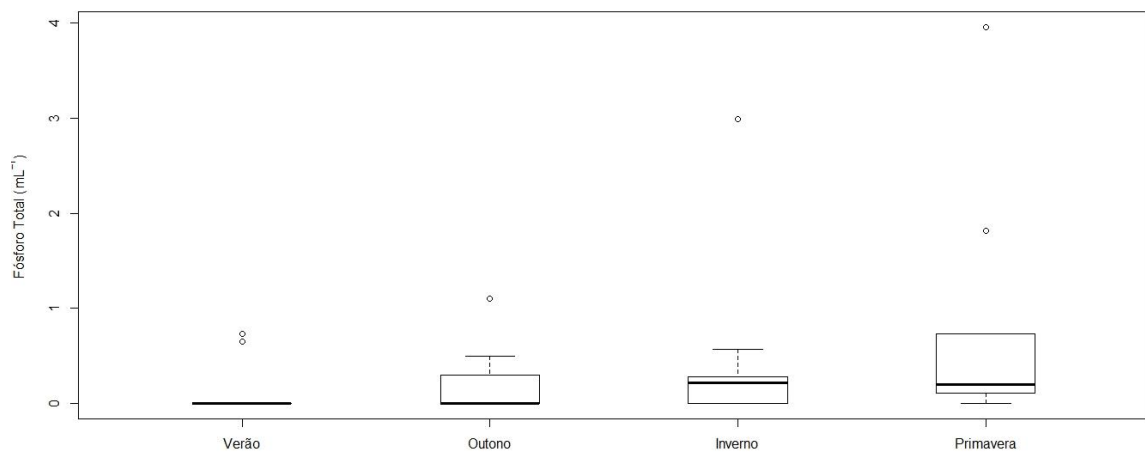


Fonte: A autora (2019).

Os *Boxplots* que apresentam os dados de Fósforo Total (mg L^{-1}) podem ser observados na Figura 17 e estão agrupados de acordo com as estações. Verifica-se que na estação do verão (25 a $26,3$ °C), as concentrações de P_T são próximas a zero. É importante ressaltar que em temperaturas mais altas (como no verão), o metabolismo de organismos presentes nos corpos hídricos é mais acelerado do que nos períodos mais frios. Conseqüentemente, estes organismos, em altas temperaturas, podem assimilar e incorporar o fósforo na sua biomassa mais

rapidamente (ESTEVES, 2011), diminuindo a concentração de fósforo no corpo d'água. Já nas estações que apresentaram temperaturas mais baixas ou amenas, as concentrações são maiores, por exemplo, na primavera foi registrada uma concentração de $3,96 \text{ mg L}^{-1}$ (ver Tabela 7). No inverno e outono, as maiores concentrações são de $1,1$ e $2,99 \text{ mg L}^{-1}$ (vide Tabela 7). Na Tabela 8 estão os dados de índice de estado trófico (IET), evidenciando que em todas as estações, os pontos são caracterizados como hipereutrófico, além de possuírem concentrações acima do limite estabelecido para corpos d'água lênticos e lóticos.

FIGURA 17 - BOXPLOT DE FÓSFORO TOTAL PARA TODOS OS PONTOS NAS ESTAÇÕES DE 2018



Fonte: A autora (2019).

5 CONCLUSÃO

O sistema de esgotamento sanitário de Pontal do Paraná foi ampliado e em 2018 foram disponibilizados acessos a 75% dos edifícios do município com a nova rede. Para avaliar a qualidade das águas dos rios e canais situados nas áreas contempladas com essas obras, monitorou-se durante o ano de 2018, parâmetros de qualidade da água físicos, químicos e biológicos nesses ambientes.

Os parâmetros analisados foram comparados aos padrões estabelecidos para corpos d'água Classe 1 e 2, conforme definido na Resolução CONAMA nº. 357/2005. Com base nos resultados obtidos com as análises físicas, químicas e biológicas, de maneira geral, os rios e canais de Pontal do Paraná estão poluídos. Os parâmetros que apresentaram valores significativamente fora do intervalo definido para rios Classe 1 e 2 foram *E. coli*, DBO e oxigênio dissolvido. As menores concentrações de OD e maiores concentrações de DBO foram encontradas nos pontos 1 (canal DNOS), 3 (canal da Lagoa Amarela), 5 (canal da Lagoa Amarela) e 6 (canal DNOS). Nos pontos 5 e 6 também foram identificados os maiores valores de *Escherichia coli*. Quanto ao estado de eutrofização dos corpos d'água, todos os pontos de monitoramento foram classificados em eutrofizados em pelo menos um dos meses de medição.

Constatou-se um padrão sazonal nas concentrações de OD e DBO. Em meses mais quentes, mediu-se as menores concentrações de OD e maiores concentrações de DBO, enquanto que em meses mais frios ocorreu o contrário. A variação destes parâmetros de acordo com as estações pode estar evidenciando o impacto do turismo na qualidade das águas dos corpos hídricos de Pontal do Paraná.

Apesar de a nova rede coletora de esgoto estar disponível à população desde julho de 2018, em dezembro de 2018, apenas 29,41% das edificações estavam corretamente interligadas a ela. Isto se deve às características sazonais de Pontal do Paraná, pois diversas residências pertencem à população veranista que só frequenta o município durante a estação do verão. Portanto, o processo de adesão à rede em Pontal do Paraná é moroso.

Devido ao atual estado de degradação dos rios e canais de Pontal do Paraná e ao longo tempo de depuração das águas de ambientes lânticos, sugere-se realizar um novo monitoramento dos corpos hídricos após todos os edifícios se ligarem à rede, para avaliar o efeito da nova infraestrutura sanitária na qualidade das águas dos rios e canais monitorados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas, 2013. Disponível em: <<http://www.atlasesgotos.ana.gov.br>>. Acesso em 27 maio. 2019.

ALVES, E. C.; DA SILVA, C. F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; DE SOUZA FILHO, E. E.; & CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó-Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Acta Scientiarum. Technology, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

AMARANTES, S. R. G.; DE TRABALHO-EDUCAÇÃO, IFPR Grupo. SOCIEDADE E AMBIENTE EM PONTAL DO PARANÁ-PR: DISCUSSÕES PARA O ENSINO EM SOCIOLOGIA.

APHA, American Water Works Association. Standard Methods for the examination of water and wastewater, v. 21, 1998.

ARMANI, F. A. S.; FERREIRA, L. R. A.; OLIVEIRA, F. M. M.; GOETZE, P. F. B.; SILVA, C. A. Qualidade dos rios urbanos das cidades de Matinhos-PR e Pontal do Paraná-PR. Revista Técnico-Científica, n. 14, 2018.

ASSEMBLY, UN General. Resolução 64/292: The human right to water and sanitation. 64th Session. Disponível em:<https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292>. Acesso em: 8 set. 2019.

BARTRAM, J. et al. Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programs. 1996.

BLUME, K. K.; MACEDO, J. C.; MENEGUZZI, A.; SILVA, L. B. D.; QUEVEDO, D. M. D.; RODRIGUES, M. A. S. Water quality assessment of the Sinos River, southern Brazil. Brazilian Journal of Biology, v. 70, n. 4, p. 1185-1193, 2010.

BRASIL. Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 27 maio. 2019.

CAMPOS, V. N. O.; FRACALANZA, A. P. Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. *Ambiente & sociedade*, v. 13, n. 2, p. 365-382, 2010.

CASTRO, L. C. A gestão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu-PR. 2005.

CIDADES, I. B. G. E. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018.

COLIT, Conselho de Desenvolvimento Territorial do Litoral Paranaense. Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Pontal do Paraná - PR - Brasil . Paraná, 2004. Disponível em: < <http://www.colit.pr.gov.br> >. Acesso em: 22 de março 2019.

CONAMA, Resolução. 274, de 29 de novembro de 2000. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, v. 274, 2000. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 8 set. 2019.

CONAMA, Resolução. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, v. 357, 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 8 se. 2019.

CUNHA, A. H.; TARTLER, N.; SANTOS, R. B.; FORTUNA, J. L. Análise microbiológica da água do rio Itanhém em Teixeira de Freitas-BA. *Revista Biociências*, v. 16, n. 2, 2010.

DANTAS, F. V. A.; LEONETI, A. B.; OLIVEIRA, S. V. W. B.; OLIVEIRA, M. M. B. Uma análise da situação de saneamento no Brasil. *FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão*, v. 15, n. 3, p. 272-284. 2012.

ESTADES, N. P. O litoral do Paraná: entre a riqueza natural e a pobreza social. *Desenvolvimento e meio ambiente*, v. 8, 2003.

ESTEVEZ, F. de A. Fundamentos de Limnologia. 3ª edição. Interciência, Rio de Janeiro, 2011.

FERREIRA, L. R. A.; ARMANI, F. A. S. I Relatório de Monitoramento de Rios e Canais do Litoral Paranaense. 2017.

FERREIRA, L. R. A.; ARMANI, F. A. S. III Relatório de Monitoramento de Rios e Canais do Litoral Paranaense. 2018.

FIA, R.; TADEU, H. C.; MENEZES, J. P. C.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. F. C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 20, n. 2, p. 267-275, 2015.

FREIRE, C. Milhares comemoram a virada de ano nas praias do litoral paranaense. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/parana/feriasverao/2017/noticia/2017/01/milhares-comemoram-virada-de-ano-nas-praiasdo-litoral-paranaense.html>>. Acesso em: 8 out. 2019.

GOMES-SILVA, P. A. J.; LIMA, S.; Golin, R.; FIGUEIREDO, D.; LIMA, Z.; MORAIS, E.; & DORES, E. Qualidade da água de uma microbacia com fins de abastecimento público, Chapada dos Guimarães, MT. *HOLOS*, v. 4, p. 22-33, 2014.

HABERLAND, N. T.; SILVA, F. C. B.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; VIDAL, C. M. S.; CAVALLIN G. S. Análise da influência antrópica na qualidade da água do trecho urbano do Rio das Antas na cidade de Irati, Paraná. *Revista Tecnológica*, v. 21, n. 1, p. 53-67, 2012.

JANZEN, J. G.; SCHULZ, H. E.; LAMON, W. Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, n. 3, p. 278-283, 2008.

KISHIDA, N.; NODA, N.; HARAMOTO, E.; KAWAHARASAKI, R.; AKIBA, M.; SEKIGUCHI, Y.. Quantitative detection of human enteric adenoviruses in river water by microfluidic digital polymerase chain reaction. *Water Science and Technology*, v. 70, n. 3, p. 555-560, 2014.

LAMPARELLI, M. C. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LANA, P. da C.; ALMEIDA, M. V. O.; FREITAS, C. AF.; COUTO, E. da c.G.; CONTI, L. M. P.; GONZALEZ-PERONTI, AL.; GILLES, AG.; LOPES, M. J. de S.; SILVA, M. H. C. da. & PEDROSO, L. A. Estrutura espacial de associações macrobênticas sublitorais da Gamboa Perequê (Pontal do Sul, Paraná). Paraná: Nerítica, 1989.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 4ª ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2016.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da qualidade da água do Arroio Portão Portão, RS. Pesquisas em Geociências, v. 32, n. 1, p. 27-35, 2005.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. 2001.

SILVA, T. C.; CARVALHO, M. B. M.; GADELHA, C. L. SILVA JÚNIOR, W. R. Diagnosis And Hierarchization Of Urban Drainage Problems In The South Coast Zone Of Paraíba State. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 13, n. 2, p. 144-152, 2008.

SIQUEIRA, A. Componentes estruturais abiótico e biótico e caracterização do grau de trofia de Gamboas do Litoral Sul do Paraná, Brasil. São Paulo: UFSCAR/Departamento de Ecologia, 2006. 127 p. Tese Doutorado, Universidade Federal de São Carlos.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 2018. Disponível em:<<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em 27 maio. 2019.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 19. n. 3. p. 263-274, 2014.

SPIILKI, F. R. Crise hídrica, saúde e parâmetros de qualidade microbiológica da água no Brasil. Revista USP, n. 106, p. 71-78, 2015.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “visão mundial da água”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 3, 2000.

VASCONCELLOS, F. C. S.; IGANCI, J. R. V.; RIBEIRO, G. A. Qualidade microbiológica da água do rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. Arquivos do Instituto Biológico, v. 73, n. 2, p. 177-181, 2006.