UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO TECNOLÓGICO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Marina Dias Portella

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS EM BACIAS URBANIZADAS

NA BACIA DA LAGOA DA CONCEIÇÃO, FLORIANÓPOLIS (SC)

Florianópolis 2020

Marina Dias Portella

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS EM BACIAS URBANIZADAS NA BACIA DA LAGOA DA CONCEIÇÃO, FLORIANÓPOLIS (SC)

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Prof.ª Patrícia Kazue Uda, Dra.

Florianópolis

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Dias Portella, Marina

Avaliação da qualidade da água de rios em bacias urbanizadas na bacia da Lagoa da Conceição, Florianópolis (SC) / Marina Dias Portella ; orientadora, Patrícia Kazue Uda, 2020.

85 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Lagoa da Conceição. 3. Bacia hidrográfica urbanizada. 4. Parâmetros de qualidade da água. 5. Diagnóstico. I. Kazue Uda, Patrícia. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Marina Dias Portella

Análise da qualidade da água de rios em bacias urbanizadas na Bacia da Lagoa da Conceição, Florianópolis (SC).

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de "Engenheira Sanitarista e Ambiental" e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 02 de março de 2020.

Profa. Maria Elisa Magri, Dra Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Profa, Patrisia Razue Uda, Dra.

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.

Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina

Priscilla Kern, MSc.

Avaliadora

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, que sempre me incentivaram na busca do conhecimento e me ensinaram a dar sempre o melhor de mim, sempre me dando todo o suporte e o amor necessário ao longo do caminho.

Agradeço aos meus amigos da 14.1, que percorreram todo esse caminho comigo. E às minhas amigas da vida, que cresceram comigo e são minha família, por todo companheirismo, amor e paciência nas horas de crise.

Agradeço à professora Patrícia, por aceitar me orientar neste TCC, que foi trabalhoso, porém incrível. Obrigada pela leveza e orientação. Agradeço a todos do LaHiMar, pela receptividade e estarem sempre dispostos à ajudar.

Agradeço as meninas do LIMA, Aline e Rafaela, que se prontificaram a me ajudar nas análises e tirar todas as minhas dúvidas nas muitas vezes que eu estava totalmente perdida.

Aos membros da banca, Priscilla e professor Rodrigo, pela disponibilidade e interesse no trabalho.

Por fim, agradeço à UFSC. Não só pelo ensino em sala de aula, mas por tudo o que ela proporcionou de ensinamento pessoal. Foi aqui que conheci pessoas incríveis que vou levar para sempre e aqui que vivi alguns dos melhores anos da minha vida. Obrigada.

RESUMO

A Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição localizada em Florianópolis, Santa Catarina, sofreu um crescimento urbano intensivo e desordenado, que associado à falta de saneamento, vêm apresentando modificações na sua qualidade da água. Este trabalho visa realizar um diagnóstico da situação atual da qualidade da água de três rios situados em sub-bacias de diferentes níveis de urbanização e localizados em áreas distintas dessa bacia. Para isso, foram realizadas 6 saídas de campo, totalizando 5 para cada rio, nas quais foram realizadas medições in loco e coletadas amostras para posterior análise em laboratório. Os rios monitorados foram da subbacia do João Gualberto, Apa e Porto da Lagoa. Para cada rio, foram monitorados 3 pontos, sendo eles: o ponto mais próximo à nascente (à montante da urbanização). outro à jusante da urbanização e por último na foz, a fim de caracterizar a influência da urbanização na qualidade d'água. Os parâmetros analisados foram: vazão, pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), fósforo total, nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), nitrito, nitrato, amônia e clorofila-a. Ainda, foram calculadas as cargas de nutrientes que chegam na lagoa provenientes de cada rio e o índice trófico (TRIX). para avaliar o grau de influência das variáveis associadas. A vazão teve valores abaixo do esperado para todos os rios devido à um período de estiagem. Os valores de nitrito e amônia foram baixos para todos os pontos, de 0 a 0,2 mg/L N-NO₂ e 0 a 0,04 mg/L N-NH₃. O nitrito excede o limite do CONAMA apenas na foz do Apa, uma vez. Já os valores de nitrato deram bastante elevados para jusante do João Gualberto de 11,63 a 17,90 mg/l N-NO₃, ultrapassando o limite estabelecido pelo CONAMA de 10 mg/L N para água doce classe 2. Nitrato deu maior em jusante do Apa também e excedeu o limite CONAMA na foz em 3 pontos, um em cada rio. Com isso, os valores de NID deram elevados também para jusante do João Gualberto, com média de 14,21 mg/L e no Apa, com média de 3,7 mg/L. No PDL foram encontrados valores baixos de NID, com média de 0,44 mg/L. As concentrações de fósforo total foram entre 0 e 0,1 mg/L P em sua maioria. No entanto apresentou 4 valores acima do limite de 0,1 mg/L. Os pontos de montante e jusante tiveram, no geral, pH ácido, enquanto a foz apresentou pH básico. 3 pontos não atenderam à legislação, sendo 2 em nascente do PDL. Os valores de oxigênio dissolvido cresceram de montante para a foz, apresentando 3 pontos de nascente abaixo no mínimo de 5 mg/L estabelecido pelo CONAMA, e 5 pontos em pontos de jusante. As concentrações de OD variaram de um mínimo de 1.3 mg/L e máximo de 27.9 mg/L. Obteve-se concentrações elevadas de clorofila-a para jusante e foz do Apa, com máxima de 42,73 µg/L. Esse parâmetro também apresentou valores elevados para a foz do João Gualberto, com máxima de 27,46 µg/L. O limite CONAMA é de 30 µg/L, sendo excedido apenas em um ponto (Apa jusante). O rio João Gualberto foi o maior contribuinte de carga antrópica, com máximo de 134,3 kg/dia de NID e 480 g/día de fósforo total. João Gualberto e Apa apresentaram estado eutrófico (pobre) em relação ao TRIX. Enquanto Porto da Lagoa teve mesma frequência de eutrófico e oligotrófico (alto).

Palavras-chave: Lagoa da Conceição, Bacia Hidrográfica Urbanizada, Parâmetros de Qualidade da Água, Diagnóstico, TRIX, Cargas de Nutrientes.

ABSTRACT

The Lagoa da Conceição Hydrographic Basin located in Florianópolis, Santa Catarina, has undergone an intensive and disordered urban growth, which associated with the lack of sanitation infrastructure, has been changing its water quality. This work aims to make a diagnosis of the current water quality situation from three rivers located in sub-basins with different levels of urbanization and located in different areas of the basin. Six fields trips were made, totaling 5 for each river. Measurements were made in loco and samples were collected for further analysis in the laboratory in each field trip. The monitored rivers were from the João Gualberto, Apa and Porto da Lagoa sub-basins. For each river, 3 points were monitored: the point closest to the source (upstream of urbanization), downstream of urbanization and finally at the mouth, in order to characterize the influence of urbanization on water quality. The parameters analyzed were: waterflow, pH, temperature, dissolved oxygen, total phosphorus, dissolved inorganic nitrogen, nitrite, nitrate, ammonia and chlorophyll-a. In addition, the nutrient charges arriving at the lagoon from each river and the trophic index (TRIX) were calculated to assess the degree of influence of the associated variables. The waterflow was lower than expected for all rivers due to a drought period. The river with the highest waterflow was João Gualberto, with a maximum of 92 L/s. The values of nitrite and ammonia were low for all points, from 0 to 0.2 mg/L N-NO₂ and 0 to 0.04 mg/L N-NH₃. The nitrite exceeds the CONAMA limit only at Apa mouth, once. The nitrate values were quite high for João Gualberto downstream from 11.63 to 17.90 mg/L N-NO3, exceeding the limit established by CONAMA of 10 mg/LN for rivers class 2. Nitrate was higher at Apa downstream as well and exceeded the CONAMA limit at the mouth in 3 points, one in each river. As a result, NID values were also high for João Gualberto downstream, with an average of 14.21 mg/L and in Apa downstream as well, with an average of 3.7 mg/L. In PDL, low NID values were found, with an average of 0.44 mg/L. The concentrations for total phosphorus were mostly between 0 and 0.1 mg/L P. However, it showed 4 values above the 0.1 mg/L limit specified by CONAMA. The upstream and downstream points had, in general, acidic pH, while the mouth presented basic pH. 3 points did not meet the legislation. The dissolved oxygen values increased from the river source to the mouth, with 3 points from the source below the minimum of 5 mg/L established by CONAMA, and 5 points in points downstream. DO concentrations ranged from a minimum of 1.3 mg/L and a maximum of 27.9 mg/L. High concentrations of chlorophyll-a in Apa's downstream and mouth were obtained, with a maximum of 42.73 µg/L. This parameter also showed high values João Gualberto mouth, with a maximum of 27.46 μg/L. The CONAMA limit is 30 μg/L, being exceeded only at one point (Apa downstream). The João Gualberto River was the largest contributor to anthropic charge, with a maximum of 134.3 kg/day of NID and 480 g/day of total phosphorus. João Gualberto and Apa showed eutrophic (poor) status in relation to TRIX. While Porto da Lagoa had the same frequency of eutrophic and oligotrophic (high) status.

Keywords: Lagoa da Conceição. Urbanized River Basin. Water Quality Parameters. Diagnosis. Nutrient Charge. Trophic Index,

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de atividades	31
Figura 2: Localização da área de estudo	32
Figura 3: Mancha urbana Lagoa da Conceição 2010	34
Figura 4: Mapa da rede coletora na Bacia da Lagoa da Conceição	37
Figura 5: Sub-bacias e padrões hidrodinâmicos da Lagoa da Conceição	39
Figura 6: Pontos de amostragem bacia da Lagoa da Conceição	42
Figura 7: Flowmeter	44
Figura 8: Utilização do Flowmeter em campo	45
Figura 9: Oxímetro utilizado para medir oxigênio dissolvido e temperatura da água	a 46
Figura 10: pHmetro utilizado para medir pH e temperatura da água	47
Figura 11: Tubos de ensaio para análise de nitrito	48
Figura 12: Tubos de ensaio para leitura do nitrato	49
Figura 13: Tubos de ensaio para leitura da amônia	50
Figura 14: Etapa da chapa aquecedora do processo de fósforo total	51
Figura 15: Tubos de ensaio para leitura da clorofila	52
Figura 16: Evento de floração na Lagoa da Conceição em janeiro de 2020	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade	26
Tabela 2: Classificação das águas em função dos usos preponderantes, segundo	a
Resolução CONAMA 357/2005	28
Tabela 3: Parâmetros e limites para águas doces de classe 2 e águas salobr	as
	29
Tabela 4: Valores de TRIX	30
Tabela 5: População por distrito da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição	35
Tabela 6: Ligações à rede de esgoto nos distritos da Bacia da Lagoa da Conceiç	
Tabela 7: População por sub-bacia	43
Tabela 8: Precipitações anteriores às saídas de campo	
Tabela 9: Valores de vazão (L/s) nos rios monitorados	
Tabela 10: Dados vazão (L/s) Souza (2018)	56
Tabela 11: Valores obtidos de NID (mg/L)	59
Tabela 12: Dados NID (mg/L) Souza (2018)	60
Tabela 13: Valores obtidos de fósforo total (mg/L P)	61
Tabela 14: Valores de pH medidos nos pontos amostrais	63
Tabela 15: Dados pH trabalho Souza (2018)	66
Tabela 16: Valores de OD (mg/L O2) e Temperatura (°C) medidos em campo no	os
pontos amostrais	66
Tabela 17: Dados OD (mg/L O2) trabalho Souza (2018)	69
Tabela 18: Valores obtidos de Clorofila-a (µg/L)	
Tabela 19: Dados Clorofila-a Souza (2018) (µg/L)	71
Tabela 20: Valores de carga para NID (kg/d)	
Tabela 21: Valores de carga para fósforo total (kg/d)	
Tabela 22: Índice de estado trófico (TRIX)	

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CASAN Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

CIRAM Centro de Informações de Recursos Ambientais de Santa Catarina

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO Demanda Química de Oxigênio

ENS Engenharia Sanitária e Ambiental

EPAGRI Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural

ETE Estação de Tratamento de Esgoto

FATMA Fundação do Meio Ambiente

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPUF Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis

JG João Gualberto

LAHIMAR Laboratório de Hidráulica Marítima

LIMA Laboratório Integrado de Meio Ambiente

NID Nitrogênio Inorgânico Dissolvido

PMF Prefeitura Municipal de Florianópolis

OD Oxigênio Dissolvido

PDL Porto da Lagoa

SES Sistema de Esgotamento Sanitário

TRIX Trophic Index

UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

UH Unidade Hidrológica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO NA QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS	15
3.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	16
3.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	17
3.3.1 Cor	18
3.3.2 Turbidez	18
3.3.3 Temperatura	
3.3.4 pH	19
3.3.5 Nitrogênio	
3.3.6 Fósforo	
3.3.7 Oxigênio Dissolvido (OD)	
3.3.8 Matéria Orgânica	
3.3.8.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	
3.3.9 Clorofila	
3.3.10 Coliformes	
3.4 ASPECTOS QUANTITATIVOS DOS RECURSOS HÍDRICOS	
3.5 MONITORAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS	
3.6 PADRÕES DE QUALIDADE DOS CORPOS D'ÁGUA	
3.7 ÍNDICE TRÓFICO (TRIX)	
4. METODOLOGIA	
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	
4.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM	
4.3 CAMPANHAS AMOSTRAIS	
4.4 MEDIÇÃO DE VAZÃO	
4.5 MEDIÇÕES DOS PARÂMETROS EM CAMPO	
4.6 ANÁLISE DOS PARÂMETROS QUÍMICOS EM LABORATÓRIO	
4.6.1 Nitrito	48
4.6.2 Nitrato	48

4.6.3 Amônia	49
4.6.4 Fósforo Total	50
4.6.5 Clorofila-a	51
4.7 ESTIMATIVA DAS CARGAS DE NUTRIENTES	53
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 REGIME PLUVIOMÉTRICO	54
5.2 RESULTADOS DOS PARÂMETROS	56
5.2.1 Vazão	56
5.2.2 Amônia, Nitrito e Nitrato	57
5.2.3 NID	59
5.2.4 Fósforo Total	61
5.2.5 pH	63
5.2.6 Oxigênio dissolvido	66
5.2.7 Clorofila-a	69
5.3 CARGA DE NUTRIENTES	72
5.4 TRIX	74
6. CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS	80
APÊNDICE A - Resultados série nitrogenado para todos os rios monitorad	los 85

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional em áreas urbanas vem ocorrendo em todo o mundo, se formando geralmente junto aos cursos d'água. Esses centros urbanos acarretam em um aumento da geração de poluentes, como esgotos domésticos e resíduos, o que afeta diretamente a qualidade das águas (FINOTTI et al., 2009). Ainda, causam a supressão da cobertura vegetal, alteração do relevo e impermeabilização do solo (CARRION, 1989). Associado a isso, o crescimento das cidades geralmente se dá de maneira desordenada, sem acompanhamento da infraestrutura de saneamento e drenagem urbana adequada, por exemplo. Isso gera um aumento do aporte de efluentes sanitários, acarrentando num aumento de nutrientes no corpo hídrico e afetando sua balneabilidade.

No Brasil, segundo censo demográfico realizado pelo IBGE em 2010, a população urbana era de 84% e, em Florianópolis, essa porcentagem era de 96%, com uma população de 421.240 habitantes (IBGE, 2010). A bacia da Lagoa da Conceição, localizada na região centro-leste de Florianópolis, apresentou um crescimento populacional rápido e desordenado, sem acompanhamento de infraestrutura de saneamento. O sistema de esgotamento sanitário da Lagoa da Conceição é composto por duas estações de tratamento, que atendem apenas 40% da população da bacia. Ainda, por se tratar de um destino turístico, apresenta elevada população flutuante na alta temporada de verão. Por essas razões, a lagoa recebe grande quantidade de carga orgânica provinda do despejo irregular de esgoto doméstico, causando alterações nos parâmetros de qualidade d'água.

A Lagoa da Conceição é uma laguna costeira, fonte de recursos naturais e serviços ecossistêmicos, sendo local de abrigo e reprodução para diversas espécies (Borgo et al., 2015; Branco & Verani, 1997; Ledo, 1999; Ribeiro, Clezar, & Hostim-Silva, 1999). Além disso, possui usos múltiplos como pesca, turismo, navegação, atividades esportivas e atividades de lazer de contato primário, conferindo grande importância econômica e ambiental à região. Por isso, seu estudo e preservação são de grande importância. O Laboratório de Hidráulica Marítima (LAHIMAR), do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), vem desenvolvendo estudos na Lagoa da Conceição

desde 2005, a fim de compreender os processos de circulação e dispersão neste corpo lagunar e entender os impactos da urbanização sobre a qualidade do mesmo.

Como parte desses estudos, este trabalho tem como objetivo realizar uma avaliação da qualidade da água em três rios em sub-bacias urbanizadas da Lagoa da Conceição. Isso é feito através de saídas de campo, com medições *in loco* e coletas amostrais para serem analisadas em laboratório. As medidas foram realizadas em 3 pontos distintos para cada rio: à montante da urbanização, à jusante da urbanização e na foz. Os parâmetros de qualidade d'água avaliados são: oxigênio dissolvido, pH, temperatura, fósforo total, amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio inorgânico dissolvido e clorofila-a. Também estima-se a carga de poluentes que aportam no corpo lagunar, provenientes dos rios e realiza-se o índice trófico (TRIX). Os resultados são comparados à legislação vigente e avaliados em relação influência da urbanização em cada sub-bacia.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água de rios em bacias urbanizadas na bacia da Lagoa da Conceição.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o regime pluviométrico no período de estudo.
- Estimar, em 3 rios, os parâmetros de qualidade da água oxigênio dissolvido, pH, temperatura, nitrito, nitrato, amônia, fósforo total e clorofila-a, em 3 pontos distintos: à montante, jusante e na foz.
- Estimar a carga de poluentes emitidas pelos 3 rios à Lagoa da Conceição.
- Avaliar os resultados dos parâmetros de qualidade da água em relação à legislação vigente e à influência da urbanização em cada sub-bacia.
- Avaliar o estado trófico dos locais monitorados, utilizando o TRIX.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO NA QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS

As cidades, desde as primeiras aglomerações humanas, se formam geralmente junto ao curso d'água devido à disponibilidade de água para consumo, plantação, higiene, entre outros (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Essa ocupação das bacias hidrográficas por populações humanas afeta diretamente a qualidade das águas e, também, causa alterações no ciclo hidrológico (FINOTTI et al., 2009). Nos últimos anos vem ocorrendo uma maior concentração da população em áreas urbanas, de 25%, em 1950, devendo superar 60%, em 2025, segundo I.A.U.R.I.F. (1997). O mesmo ocorre no Brasil, onde a população urbana atingiu 84%, de acordo com o censo demográfico de 2010 realizado pela Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), contra 9,4 % em 1900 (IBGE, 1900). Em Florianópolis, a porcentagem da população urbana é de 96% (IBGE, 2010). Isto é, existe uma concentração muito grande da população nas cidades, o que afeta diretamente a poluição gerada nesses centros.

Com o aumento da população, têm-se o aumento da geração de esgotos domésticos, o aumento da geração de resíduos sólidos e o aumento das atividades industriais, bem como, da poluição gerada pelas mesmas. Além disso, o crescimento das cidades no Brasil, em geral, se deu de maneira desordenada e, assim, sem o acompanhamento da infraestrutura de saneamento, ocasionando uma piora da qualidade da água dos recursos hídricos urbanos. A drenagem urbana é outro fator que contribui para a modificação da qualidade dos corpos hídricos, uma vez que que as águas que escoam pela cidade se contaminam em função dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos das atividades humanas ali presentes. Assim, as águas da drenagem urbana apresentam qualidade bastante comprometida (FINOTTI et al., 2009).

A urbanização também causa alterações no ciclo hidrológico uma vez que a há um aumento da impermeabilização do solo, impactando o regime de vazões da bacia. Isto é, a impermeabilização reduz a infiltração e a interceptação, ocasionando um aumento dos volumes de escoamento superficial que acabam nos rios. Uma consequência disso, são frequentes inundações em áreas urbanas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Isso prejudica a qualidade da água dos rios em função dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos que são carregados pela drenagem urbana. Outro fator que influencia no ciclo hidrológico é a remoção da vegetação e

das matas ciliares, que ocorrem em áreas urbanas, causando impacto na qualidade da água por retirar o filtro natural dos rios, responsável por absorver nutrientes e atuar na homeostase do sistema (FINOTTI et al., 2009).

3.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Na literatura, pode-se encontrar diversas definições de poluição. Segundo Von Sperling (1996) a poluição das águas pode ser definida como sendo "a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos". Segundo a Lei Federal 6.938, que dispõe da Política Nacional de Meio Ambiente, "entende-se por poluição a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.", fornecendo uma definição mais formal e ampla.

Dessa forma, vale ressaltar uma recomendação feita pelo GESAMP (*United Nations Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution*) e pelo ICES (*International Comission for the Exploration of the Sea*) de se distinguir entre poluição e contaminação. A contaminação é definida como a presença de seres patogênicos ou concentrações elevadas de alguma substância no ambiente, sem alterar as relações ecológicas no local. Enquanto a poluição é uma alteração ecológica provocada pelo homem, direta ou indiretamente, prejudicando os recursos naturais, causando perigo para a saúde humana, impedindo as atividades marítima ou afetando a qualidade da água do mar (CARAPETO, 1999).

A poluição pode acontecer de forma pontual ou difusa. A primeira, acontece quando a fonte poluente chega ao corpo receptor de forma concentrada no espaço, como a descarga de esgoto doméstico através de uma canalização, em determinado ponto do rio. Já o segundo caso, diz respeito ao poluente ao longo da extensão do corpo hídrico, como o carregamento de poluentes pela drenagem pluvial natural (VON SPERLING, 1996). Em relação às fontes poluidoras, elas podem ser tanto por lançamento de esgotos domésticos e industriais, por fontes naturais como por dissolução de minerais, pode ocorrer por águas de áreas agrícola, entre outros. Sua

incidência no corpo hídrico depende, também, das características do local como a geografia, o uso do solo, a ocupação do território, as condições sócio-econômicas, entre outras características da bacia como mencionado no tópico anterior (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

É necessário, para avaliar os impactos da poluição, quantificar as cargas poluentes que chegam ao corpo d'água. Para isso, devem ser realizadas amostragens do corpo hídrico em questão, análises laboratoriais, medições de vazão e medições em campo. Também deve ser feito um levantamento dos dados físicos da bacia, de suas características socioeconômicas, do comportamento hidráulico e usos do corpo hídrico, seus requisitos de qualidade, localização, entre outros aspectos que possam influenciar no diagnóstico da poluição do ambiente. Essa quantificação de poluentes, segundo Von Sperling (1996), deve ser feita em termos de carga, a qual é expressa em massa por unidade de tempo. A carga pode ser calculada por diferentes métodos, porém, neste trabalho será usada a carga como sendo o produto da concentração pela vazão, conforme equação 01 (VON SPERLING, 1996).

$$carga (kg/d) = \frac{concentração (mg/L) \times vazão (m3/dia)}{1000 (g/kg)}$$
(01)

3.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água de um corpo hídrico depende, principalmente, de dois fatores: das características naturais da bacia hidrográfica e da influência da ocupação humana na mesma. O primeiro refere-se às características da bacia, como o seu tipo do solo, suas características físicas, o tipo de vegetação nela existente, dentre outras. Por meio do escoamento superficial ou da infiltração, as águas do ciclo hidrológico incorporam as substâncias presentes nesses meios, como os sólidos em suspensão ou substâncias dissolvidas, carregando-as para os rios (FINOTTI et al., 2009).

A influência antrópica diz respeito à ocupação das bacias hidrográficas por populações humanas, o que afeta diretamente a qualidade das águas. Neste caso, os principais fatores que podem causar a alteração da qualidade dos corpos hídricos são a geração de esgoto doméstico e resíduos sólidos; de como é realizado o manejo de dejetos líquidos e sólidos; a existência de atividades industrias e de

efluentes provenientes das mesmas e águas da drenagem urbana (FINOTTI et al., 2009). Esses fatores podem acarretar na poluição fecal, poluição orgânica, salinização, poluição por metais, eutrofização, entre outros problemas de contaminação das águas (PAIVA; PAIVA, 2016).

Dessa maneira, a qualidade de água é representada por meio de diversos parâmetros que refletem suas características físicas, químicas e biológicas (VON SPERLING, 1996).

3.3.1 Cor

A coloração da água se dá pela presença de sólidos dissolvidos no meio, podendo ser de origem natural, devido à dissolução de matéria orgânica, ferro e manganês, como, também, de origem antropogênica, resultante do lançamento de resíduos industriais e esgoto doméstico no corpo hídrico (VON SPERLING, 2005). Águas com elevada coloração apresentam, como principal efeito ecológico, a diminuição da penetração da luz solar e a consequente diminuição da fotossíntese realizada pelo fitoplâncton e macrófitas (FINOTTI et al., 2009). Segundo Von Sperling (1996) a cor também pode representar toxicidade.

Deve-se distinguir entre cor aparente e cor verdadeira. No valor da cor aparente pode estar incluída uma parcela devida à turbidez da água que quando removida, por filtração e centrifugação, obtém-se a cor verdadeira (VON SPERLING, 1996). A determinação da cor pode ser feita pelo método de comparação visual ou espectrofotométrico, sendo representada por uH (Unidade Hazen) (FINOTTI et al., 2009).

3.3.2 Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma pela presença de sólidos em suspensão. Pode ter sua origem natural assim como antropogênica, sendo a última podendo ser por despejos domésticos, industriais, presença de microrganismos e erosão (VON SPERLING, 1996). A turbidez nos corpos d'água pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos, além de poderem reduzir a penetração da luz prejudicando a fotossíntese e contribuir para o assoreamento dos cursos d'água quando sedimentam. Esse parâmetro é determinado pelo método nefelométrico e é expressa em uT (Unidade de Turbidez) (FINOTTI et al., 2009).

3.3.3 Temperatura

Existe, naturalmente, uma variação de temperatura dos corpos hídricos ao longo dos dias assim como das estações do ano. No entanto, temperaturas elevadas provenientes de lançamentos de águas aquecidas, podem acarretar um impacto ecológico significativo (APHA, 2005), uma vez que muitas propriedades da água estão relacionadas com a temperatura. (FINOTTI et al., 2009).

A elevação de temperatura acarreta no aumento das taxas de reações químicas e biológicas, podendo aumentar a ação tóxica de muitos elementos e aumentando o consumo de oxigênio dissolvido (OD). (VON SPERLING, 1996). A elevação da temperatura também diminui a solubilidade dos gases, sendo afetado por isso a quantidade de oxigênio dissolvido na água. Para exemplificar, ao nível do mar, um rio de água doce a 0°C terá cerca de 14 mg/l de OD e a 35°C esse valor cai para menos de 7 mg/l. (BRAILE; CAVALCANTI, 1979).

3.3.4 pH

O potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons hidrogênio H⁺, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O pH varia entre 0 (muito ácido) e 14 (muito básico), sendo o valor 7 considerado neutro (PAIVA; PAIVA, 2016).

Esse parâmetro influencia muitos processos biológicos e químicos nos corpos d'água, podendo afetar a vida aquática quando tem valores de pH afastados da neutralidade e podem estar associados à proliferação das algas quando se tem valores elevados. Também podem indicar presença de esgoto doméstico ou industrial no corpo hídrico (VON SPERLING, 1996). Águas naturais usualmente apresentam valores de pH na faixa de 4 a 9 (FINOTTI et al., 2009). Normalmente, têm-se um ecossistema mais diversificado e equilibrado à um pH neutro, tanto em meios aeróbios como anaeróbios (CETESB, 2008).

3.3.5 Nitrogênio

O nitrogênio alterna-se entre várias formas e estados de oxidação dentro de seu ciclo na biosfera. No meio aquático, pode ser encontrado nas formas de nitrogênio molecular (N_2) , nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia (NH_4^+) , nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) . As formas de nitrito, nitrato e amônia, compõem a forma de Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID). O nitrogênio tem sua origem

natural como constituinte de proteínas, clorofila e outros compostos biológicos. Porém, pode estar associado à origem antrópica por despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 1996).

É um importante elemento químico, pois os processos biológicos só podem ocorrer com a presença de uma quantidade de nitrogênio suficiente no meio aquático (FINOTTI et al., 2009). Quando em elevadas concentrações, pode conduzir a um crescimento exagerado de algas, resultando na eutrofização, que culmina com o consumo do oxigênio dissolvido no meio. Também, no processo de nitrificação (transformação da amônia em nitrito e deste a nitrato) há consumo de oxigênio dissolvido, intensificando os efeitos do processo de eutrofização e afetando significativamente a vida aquática. Na forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes e na forma de nitrato, pode causar doenças ao homem como a metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul) (VON SPERLING, 1996).

A partir da determinação da forma predominante do nitrogênio em um corpo d'água, têm-se informações sobre o estágio de poluição no local. Em poluições recentes, predomina na água nitrogênio na forma orgânica e amoniacal, com baixas concentrações de nitrito e nitrato. Enquanto que em poluições mais remotas a forma predominante é o nitrato, sem nitrogênio orgânico e amoniacal (PAIVA; PAIVA 2016).

3.3.6 Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para organismos vivos e existe na água na forma dissolvida e de material particulado (PAIVA; PAIVA 2016). Nas águas naturais, apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico, sendo, o primeiro, diretamente disponível para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. O fósforo apresenta-se de diferentes formas dependendo do pH: PO₄³⁻, H₂PO₄-,H₃PO₄, HPO₄²⁻, sendo a mais comum o HPO₄²⁻, o fosfato. Fontes naturais de fósforo nas águas são, principalmente, o intemperismo de rochas e a decomposição da matéria orgânica. Pode, também, estar associado a despejos domésticos, industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 1996).

Assim como o nitrogênio, o fósforo é um elemento indispensável para o crescimento de algas e quando em elevadas concentrações podem causar eutrofização das águas (FINOTTI et al., 2009). Dessa maneira, altas concentrações

de fosfatos podem ser indicativas de presença de poluição. Em lagos e reservatórios, quando sua concentração é menor que 0,01-0,02 mg/l, o corpo hídrico é considerado não eutrófico; para concentrações na faixa de 0,02 e 0,05 mg/l, é considerado eutrófico. (VON SPERLING, 1996) enquanto em águas não poluídas sua concentração costuma variar entre 0,005 e 0,020 mg/L P - P0₄ (PAIVA; PAIVA, 2016).

3.3.7 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio presente na água tem sua origem natural na dissolução do oxigênio atmosférico e produção pelos organismos fotossintéticos. Sua origem antropogênica seria pela introdução de aeração artificial no meio. Esse parâmetro é vital para os seres aquáticos aeróbios e é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 1996).

A solubilidade do OD varia, de maneira inversa, com a salinidade e temperatura. Em águas doces, o limite de solubilidade do oxigênio varia de 15 mg/l em 0°C a 9 mg/L em 25°C (PAIVA; PAIVA, 2016). Ao nível do mar a 20°C, a concentração de saturação é igual a 9,2 mg/L. Valores de OD superiores à saturação são indicativos da presença de algas - fotossíntese. Valores de OD bem inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica - provavelmente esgotos. Com OD igual a 0 mg/l tem-se condições de anaerobiose (VON SPERLING, 1996).

As principais consequências da redução na concentração de oxigênio dissolvido no meio são: mortandade de organismos aeróbios, solubilização de compostos químicos, aumento da toxicidade, geração de maus odores e inconvenientes estéticos (FINOTTI et al., 2009).

3.3.8 Matéria Orgânica

A presença de matéria orgânica nos corpos d'água e nos esgotos causa o principal problema de poluição das águas que é o consumo do oxigênio dissolvido pelos processos metabólicos dos microrganismos decompositores, a fim de utilizar e estabilizar essa matéria (VON SPERLING, 1996). Os principais grupos orgânicos encontrados em águas residuárias são proteínas, carboidratos, uréia, gordura e óleos. Além destes, podem conter surfactantes, fenóis e pesticidas agrícolas em menor quantidade (BRAILE; CAVALCANTI, 1979).

A matéria orgânica carbonácea pode ser biodegradável ou não biodegradável, ambas podendo ser encontradas na forma de sólidos dissolvidos e sólidos suspensos. Normalmente, para a quantificação da matéria orgânica ou de seu potencial poluidor, são utilizados métodos indiretos devido à uma grande multiplicidade de formas e compostos que ela pode apresentar, tornando difícil a determinação laboratorial dos seus diversos componentes. O principal método utilizado é medição do consumo de oxigênio pela Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e pela Demanda Química de Oxigênio (DQO). Pode ainda ser realizada medição do carbono orgânico pelo Carbono Orgânico Total (COT) (VON SPERLING, 1996).

3.3.8.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO representa a quantidade de matéria orgânica biodegradável em uma amostra de água, através de uma medida equivalente de oxigênio. Isto é, representa o quanto de oxigênio os microrganismos, presentes na amostra d'água, necessitam para oxidar a matéria orgânica para uma forma estável inorgânica, expressa em mg O₂/L (PAIVA; PAIVA, 2016).

A demanda bioquímica de oxigênio é realizada em laboratório por um procedimento padrão, no qual é medida a quantidade de oxigênio consumida após incubação da amostra a uma temperatura de, geralmente, 20°C por um período de 5 dias (PAIVA; PAIVA, 2016).

3.3.9 Clorofila

Clorofila é um grupo de pigmentos responsável pelo processo de fotossíntese, podendo ser dos tipos: clorofila a,b,c e d. A clorofila-a é encontrada em todos os grupos de algas e cianobactérias, enquanto as demais estão apenas em alguns grupos específicos, por isso, a clorofila-a é o melhor indicador de biomassa algal. Assim, a determinação da concentração da clorofila-a serve como indicador do estado trófico do ambiente aquático, uma vez que reflete o crescimento de biomassa fitoplanctônica pelo enriquecimento de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, sendo denominado eutrofização (CETESB, 2014).

3.3.10 Coliformes

As bactérias do grupo coliforme são organismos indicadores de contaminação, utilizados de maneira indireta para determinar a potencialidade de um corpo d'água de transmitir doenças, uma vez que é extremamente difícil a detecção de agentes patogênicos em uma amostra d'água. Os coliformes não são patogênicos, porém, representam a contaminação do corpo hídrico por fezes humanas ou de animais, por viverem no seu trato intestinal (VON SPERLING, 1996). Assim, como a maior parte das doenças associadas à água são transmitidas por via fecal, a concentração de coliformes pode ser um parâmetro indicador da existência de microrganismos patogênicos e possível transmissão de doenças (FINOTTI et al., 2009). Esses organismos são os mais comumente utilizados como indicadores de poluição por estarem em grandes quantidades nas fezes humanas, estarem presentes em humanos e animais de sangue quente, terem resistência similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais e pelas técnicas para sua detecção serem rápidas e econômicas (VON SPERLING, 1996).

Dentro deste grupo de bactérias, há os coliformes totais (CT) e coliformes fecais (CF), os quais são os mais comumente utilizados como indicadores de contaminação fecal. Os coliformes totais são um grande grupo de bactérias no qual estão inclusos os gêneros *Klebsiella, Escherichia, Serratia, Citrobacter* e *Enterobacter* (FINOTTI et al., 2009). Atualmente, este grupo não é mais tão utilizado como indicador, uma vez que elas não são exclusivamente associadas às fezes (THOMANN; MUELLER, 1987), estando presente em vários ambientes (CETESB, 2008). Ainda, não há uma relação quantificável entre CT e microrganismos patogênicos (VON SPERLING, 1996).

Os coliformes fecais ou termotolerantes, como são chamadas atualmente, são um subgrupo dos coliformes totais e são utilizados para indicar poluição sanitária, indicando a presença de organismos do trato intestinal do homem e outros animais (VON SPERLING, 1996). A *Escherichia coli* é o principal representante deste grupo e o indicador mais específico de contaminação fecal (FINOTTI et al., 2009). Isso porque a *E.coli* vive quase que exclusivamente no trato intestinal de seres humanos e animais de sangue quente, enquanto outros coliformes termotolerantes apesar de também serem encontrados nesses habitates são mais abundantes no ambiente (CETESB, 2008).

Para a determinação de coliformes, o método mais utilizado é o do número mais provável (NMP) ou método de tubos múltiplos, no qual em uma série de 5 tubos são distribuídos volumes decrescentes de amostras, inoculadas em meio de cultura adequado. Para a obtenção de coliformes nessa amostra, é realizada a leitura de tubos positivos e negativos após período de incubação e o resultado é comparada com a tabela de número máximo provável (NMP) (FINOTTI et al, 2009).

3.4 ASPECTOS QUANTITATIVOS DOS RECURSOS HÍDRICOS

Para a avaliação dos aspectos qualitativos dos recursos hídricos é muito importante saber o volume de água presente no rio, no momento da coleta. Isso porque os rios têm elevada variação de vazão, devido ao ciclo hidrológico. Por exemplo, em épocas de estiagem o rio perde a capacidade de diluir efluentes e em épocas de cheia aumenta a quantidade e os sedimentos transportados pela água. Além disso, em áreas urbanas, o rio pode ser impactado pelas águas de drenagem urbana. As variáveis quantitativas dos recursos hídricos nos permitem saber o nível de diluição do rio e a existência de substâncias trazidas pelas chuvas e pelo escoamento superficial. Por esses motivos deve-se saber o volume de água no rio e também conhecer a situação de chuva antecedente. As variáveis mais comumente monitoradas são a vazão ou nível de água (FINOTTI et al., 2009).

A vazão, ou descarga líquida, é o volume de água que escoa em determinada seção do rio por uma unidade de tempo, sendo expressa em L/s ou m³/s. É fundamental para a avaliação da qualidade da água em recursos hídricos, pois indica a capacidade de transporte de substâncias (JORDÃO; PESSOA, 1995). A medição da vazão pode ser realizada de diversas maneiras, porém, o método mais usado, em rios de pequeno e médio porte, consiste na medição e integração da distribuição de velocidades na seção. Para a obtenção de resultados mais precisos, durante a medição de vazão é importante minimizar os fatores intervenientes como remanso, variações de declividade, alterações na forma da seção, entre outros (FINOTTI et al., 2009). Também é interessante se ter diversas medições, em todas as épocas do ano, para se ter dados do comportamento do rio e assim poder estimar valores de vazão em determinados eventos (VON SPERLING, 2005).

3.5 MONITORAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segundo Finotti et al. (2009) "o monitoramento de recursos hídricos é um conjunto de ações e esforços que visa a permitir o conhecimento da situação das águas dos recursos hídricos e seu padrão de comportamento ao longo do espaço e do tempo". No que se refere à qualidade da água, o monitoramento é realizado para se obter informações quantitativas sobre as características físicas, químicas e biológicas da água por meio de amostragens (SANDERS et al.,1983). Assim, através da coleta de água em locais fixos e em intervalos regulares, obtém-se informações iniciais da qualidade da água e suas alterações. O ideal quando se faz o monitoramento de qualidade da água, é fazer simultaneamente um monitoramento hidrológico da bacia obtendo medidas sistemáticas das vazões dos rios e possivelmente outras medidas climatológicas, do comportamento das águas subterrâneas e da hidrodinâmica. Assim, envolve-se os dois aspectos dos ecossistemas aquáticos de qualidade e quantidade (PAIVA; PAIVA, 2016).

As atividades de monitoramento incluem atividades operacionais como a coleta de amostras, análises laboratoriais das mesmas e armazenamento e manipulação de dados. Envolve também categorias informativas, como a análise de dados, apresentação e utilização de informações (SANDERS et al; 1983). De acordo ainda com Sanders et al. (1983) o monitoramento de recursos hídricos pode ser classificado como: monitoramento rotineiro da qualidade das águas superficiais, monitoramento rotineiro da qualidade das águas subterrâneas, verificação de rotina da qualidade dos efluentes para conferir os dados do automonitoramento, campanhas especiais periódicas, campanhas especiais motivadas por eventos de poluição, para os quais serão aplicadas todas as etapas da rede de monitoramento.

Para se dar início a uma rede de monitoramento é importante que se tenha claro os objetivos do mesmo, para saber o tipo de informação, os parâmetros e os conjuntos de variáveis que serão controlados. A rede de monitoramento envolve equipamentos e postos de medição, onde serão coletadas as amostras que serão analisadas, indicando a qualidade da água junto à variação da quantidade de água. Dessa maneira, permite realizar ações de melhoria da qualidade da água, fiscalizar quando houver discrepância de valor de determinado parâmetro, identificar fontes de poluição e lançamentos clandestinos, entre outros (FINOTTI et al., 2009).

Existe nos recursos hídricos uma variação muito grande das características quali-quantitativas originada de diversos processos, como da origem do escoamento

superficial e das vazões. Isso porque, ao longo do tempo ocorre variação das precipitações que influenciam, inevitavelmente, nas vazões dos rios. Ao mesmo tempo, as chuvas acarretam no escoamento superficial das águas até os rios, promovendo, possivelmente, enchentes ou secas, na falta da mesma, o que resulta em alterações nas qualidades das águas. Dessa forma, dependendo do local de amostra, há variação da qualidade temporal e espacialmente. Além dessas alterações naturais, o uso e a ocupação do solo também variam com o tempo e influenciam na poluição dos rios (FINOTTI et al., 2009).

Por consequência, o monitoramento trabalha com variáveis aleatórias. Como a amostragem não é um processo contínuo, ocorrendo em dias sobretudo aleatórios também, é provável que se tenham bastante variações nos parâmetros monitorados. Isso faz com que se deva ter sempre dados relativos às vazões dos rios para se estabelecer uma tendência no comportamento do parâmetro qualitativo da água, permitindo identificar alterações. Assim, se consegue identificar eventos de poluição e variações fora da normalidade do sistema (FINOTTI et al., 2009).

3.6 PADRÕES DE QUALIDADE DOS CORPOS D'ÁGUA

Os requisitos de qualidade da água traduzem de forma generalizada a qualidade desejada para a água e são função dos seus usos previstos. A tabela 1 apresenta alguns requisitos de qualidade da água associados aos seus usos. (VON SPERLING, 2005).

Tabela 1: Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade

Uso geral	Uso específico	Qualidade requerida
Abastecimento doméstico de água	-	 Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais Adequada para serviços domésticos Baixa agressividade e dureza Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de microrganismos)
Dessedentação de animais	-	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais - Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais

Uso geral	Uso específico	Qualidade requerida
Preservação da fauna e flora	-	 Variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar
Pograna a lazar	Contato primário (contato direto com o meio líquido; ex: natação, surf)	 Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde Isenta de organismos prejudiciais à saúde Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas
Recreação e lazer	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido; ex: navegação de lazer, pesca)	Aparência agradável
Transporte	-	Baixa presença de material grosseiro que possa por em risco as embarcações
Diluição de despejos	-	-

Fonte: Adaptado Von Sperling, 2005

Além dos requisitos de qualidade da água, é necessário estabelecer padrões de qualidade de forma legal. Cada país define seus padrões nacionais, possuindo status de lei, e podem existir padrões regionais. (VON SPERLING, 2005). Para que se possa gerenciar os recursos hídricos é necessário realizar o enquadramento dos corpos d'água em classes. A Resolução nº 001/2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água de Santa Catarina, adota a classificação estabelecida pela Resolução 357/2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA.

A Resolução CONAMA 357/2005: "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes". Nela as águas são divididas em doces, salobras e salinas e as classifica como classe especial e de 1 a 4, em função de seu uso previsto. Segundo a salinidade, as águas podem ser definidas como:

- I águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %;
- II águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %;
- III águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 %;

Essas águas, segundo sua qualidade requerida, devem ser classificadas em classes. Na tabela 2 constam algumas classificações de maneira resumida, quanto aos seus usos.

Tabela 2: Classificação das águas em função dos usos preponderantes, segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

Uso	Classe		
USO	Águas doces	Águas salinas	Águas salobras
Preservar equilíbrio natural das comunidades aquáticas	Especial	Especial	Especial
Proteção das comunidades aquáticas	1 e 2	1	1
Recreação de contato primário	1 e 2	1	1
Aquicultura e atividade de pesca	2	1	1
Pesca amadora	3	2	2
Dessedentação de animais	3	-	-
Recreação de contato secundário	3	2	2
Harmonia paisagística	4	3	3

Fonte: Adaptado Von Sperling (2005).

Cada classe indica uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água, sendo expressa na forma de padrões. A classe especial pressupõe os usos mais nobres e as classes 3 e 4, os menos nobres ou menos restritivos. (VON SPERLING, 2005). Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância, em cada classe. Os rios estudados neste trabalho não são enquadrados em nenhuma classe pela legislação de Santa Catarina, assim são considerados classe 2, pelo CONAMA 357. O mesmo acontece com a lagoa, que se encaixa como água salobra de classe 2, uma vez que é utilizada para recreação de contato primário, à proteção de comunidades aquáticas e à atividade de pesca. Os limites dos parâmetros para rios classe 2 e águas salobras de classe 1, de acordo com o interesse deste trabalho, estão indicados na tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros e limites para águas doces de classe 2 e águas salobras classe 1

Parâmetro	Água doce - Classe 2	Água salobra - Classe 1
рН	6,0 a 9,0	6,5 a 8,5
Oxigênio dissolvido	≥ 5 mg/L O ₂	≥ 5 mg/L O ₂
Clorofila-a	≤ 30 µg/L	-
Fósforo total	≤ 0,1 mg/L P	≤ 0,124 mg/L P
Nitrato	≤ 10 mg/L N	≤ 0,40 mg/L N
Nitrito	≤ 1 mg/L N	≤ 0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	$3.7 \text{ mg/L N, para pH} \le 7.5$ $2.0 \text{ mg/L N, para } 7.5 < \text{pH} \le 8.0$ $1.0 \text{ mg/L N, para } 8.0 < \text{pH} \le 8.5$ 0.5 mg/L N, para pH > 8.5	≤ 0,40 mg/L N
DBO	≤ 5 mg/L	-

Fonte: Adaptado CONAMA 357 (2005).

Ainda, para águas salobras de classe 2, devem estar virtualmente ausentes: óleos e graxas, materiais flutuantes, resíduos sólidos objetáveis e substâncias que produzem cor, odor e turbidez.

Além disso, Baumgarten, Rocha e Niencheski (1996) definem, no livro "Manual de Análises em Oceanografia", as concentrações esperadas para alguns parâmetros de qualidade d'água em águas costeiras não poluídas e oceanos. O valor esperado para nitrito é de 0,01 a 1 μM N-NO₂ (0 a 0,014 mg/L), enquanto as concentrações normais de nitrato são da ordem de 10 a 15 μM N-NO₃ (0,14 a 0,21 mg/L) e de amônia são geralmente na ordem de 1μM N-NH₃ (0,014 mg/L). Para ortofosfato o esperado para essas águas são na ordem de e 0 a 1 μM.

3.7 ÍNDICE TRÓFICO (TRIX)

O *Trophic Index* (TRIX), ou índice trófico, é um índice de qualidade da água internacional utilizado para avaliar o processo de eutrofização em corpos d'água. O

objetivo de um índice de qualidade da água é de sintetizar os dados ambientais, convertendo grandes quantidades de dados em apenas um valor numérico. Isto é feito para que se tenha informações práticas sobre a qualidade do meio (FINOTTI et al., 2009).

Para avaliar o processo de eutrofização na água é utilizado o TRIX, proposto inicialmente por Vollenweider et al. (1998). Este índice combina fatores nutricionais, de produção primária e respiração. O TRIX é baseado na clorofila, saturação de oxigênio, nitrogênio e fósforo total. Ainda pode-se utilizar NID e PID, se tiver disponibilidade de dados. O índice é escalado de 0 a 10 e seu cálculo é mostrado pela equação 02.

$$TRIX = \frac{[log(Cl - a \times OD\%abs \times N \times P)] - [-1,5]}{1}$$
(02)

Cl-a: Clorofila-a (µg/L)

OD%abs: OD absoluto = (100% - ODsat%)

N: NID (µg/L)

P: Fósforo Total (µg/L)

O resultado deve ser comparado com a tabela 4, a qual indica a classificação para águas estuarinas, feita por Penna et al. (2004) e adotados pela Legislação Ambiental da Itália (CARUSO et al., 2010).

Tabela 4: Valores de TRIX

TRIX	Condições	Estado trófico
< 2	Produtividade primária e concentração de nutrientes muito baixas	Excelente (ultra-oligotrófico)
2-4	Produtividade primária e concentração de nutrientes baixas	Alto (oligotrófico)
4-5	Produtividade primária e concentração de nutrientes moderadas	Bom (mesotrófico)
5-6 Produtividade primária e concentração Moderado (mesotró de nutrientes altas		Moderado (mesotrófico a eutrófico)
6-10	Produtividade primária e concentração de nutrientes muito altas	Pobre (eutrófico)

Fonte: Adaptado de Penna et al. (2004), Nasrollahzadeh et al. (2008) e Vollenweider (1997)

4. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foram empregados como área de estudo três rios em sub-bacias com diferentes níveis de urbanização, pertencentes à Bacia da Lagoa da Conceição. O estudo foi realizado com o intuito de realizar um diagnóstico da qualidade da água desses 3 rios, caracterizar a influência da urbanização na qualidade da água dos mesmos e também a influência dos rios no corpo lagunar. Dessa forma, foram necessárias saídas de campo com medições *in loco*, de parâmetros de qualidade da água e vazão, com coleta de amostras de água. A partir das medições em campo e análises laboratoriais das amostras, podese quantificar os parâmetros de qualidade d'água em cada ponto e obter a carga de nutrientes na laguna. É possível, então, comparar os valores obtidos com os padrões estabelecidos na legislação e com valores esperados. As atividades desenvolvidas para a realização desse trabalho estão expostas na figura 1 e descritas neste item.

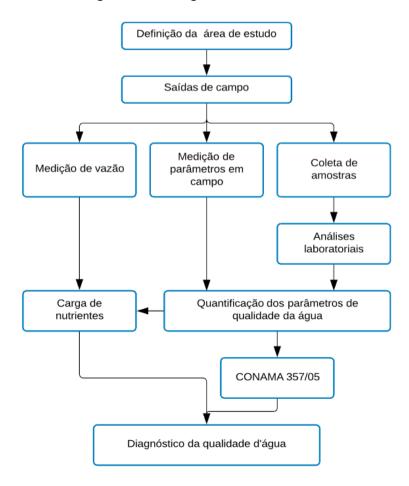


Figura 1: Fluxograma de atividades

Fonte: A autora (2020).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Lagoa da Conceição está localizada na região centro-leste de Florianópolis, Ilha do estado de Santa Catarina, Brasil, como é mostrado na figura 2. É uma laguna costeira subtropical cuja bacia hidrográfica abrange uma área de aproximadamente 77,2 km², com superfície de água de 20,7 km² e um volume de 66.648.179 m³. O corpo lagunar possui forma alongada no sentido norte-sul com 13,4 km de comprimento e largura variável entre 0,15 e 2,5 km. (SILVA, 2013).

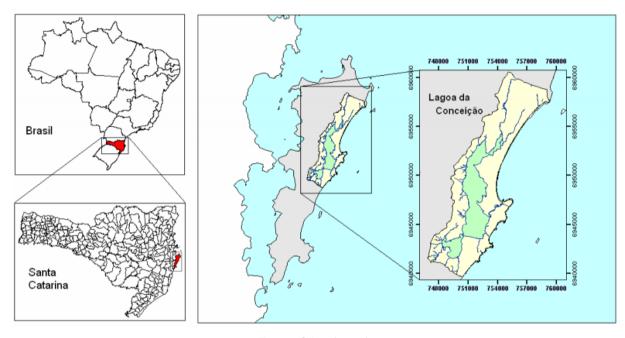


Figura 2: Localização da área de estudo

Fonte: Silva (2010).

A lagoa é limitada a oeste por morros e a leste por restinga e costões rochosos separando-a do mar. (BAUER, 2007). Seu único acesso ao oceano se dá pelo canal da Barra da Lagoa, caracterizando-a como uma laguna estrangulada. O canal, estreito e com 2,8 km de comprimento, atua como um filtro natural reduzindo a energia da maré e promove o fluxo de água entre a laguna e o oceano, tornando a água do ambiente uma mistura de água doce e salobra.

O clima na região, segundo classificação de Köppen, é subtropical mesotérmico úmido, apresentando estações do ano bem definidas, com verões quentes e invernos amenos. A temperatura média anual é de 20,1°C, sendo janeiro o mês mais quente, com a média mensal de 24,7°C e julho o mês mais frio, com uma média de 16,6°C. Apresenta altas umidades relativas do ar, com médias

mensais superiores a 80%. As precipitações são significativas e bem distribuídas durante o ano. O gráfico 1 apresenta as precipitações médias mensais de Florianópolis entre 1997 e 2018, registradas na estação pluviométrica da EPAGRI/Ciram (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina), localizada no bairro Itacorubi. Através do gráfico, pode-se concluir que o período mais chuvoso ocorre entre dezembro e março, quando as temperaturas externas também são maiores (chuvas de verão), e as precipitações são menos abundantes entre maio e agosto. Observa-se, que janeiro é o mês de maior precipitação, enquanto junho é o de menor.

Precipitação média mensal - 1997 - 2018 250 203.2 191,0 200 176,4 Precipitação (mm) 156,3 146,6 152,2 143.2 150 125,6 112,5 95.3 88,3 78,4 100 50 0 Jan Fev Mar Abr Jun Ago Set Out Nov Tempo (meses)

Gráfico 1: Precipitações médias mensais para Florianópolis/SC.

Fonte: Adaptado de Santana (2019).

A cobertura do solo da bacia hidrográfica em 2010 foi descrita por Silva (2013) tendo 42,8% da sua área ocupada por vegetação arbórea, 17,4% por vegetações rasteiras, 26,8% por corpos d'água, 5,7% com dunas e 7,2% de ocupação urbana. A ocupação urbana está concentrada principalmente nos bairros do Rio Vermelho, Barra da Lagoa, Porto da Lagoa, Canto da Lagoa e Centrinho. A mancha urbana na área de estudo é mostrada na figura 3, referente ao ano de 2010.

752000 Legenda Área Urbana 2010 Sub-Bacias 748000 756000 752000 Fonte: Machado (2019).

Figura 3: Mancha urbana Lagoa da Conceição 2010

O desenvolvimento da urbanização da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição teve início na década de 1950 (HAUFF, 1996) e seu crescimento aconteceu de maneira rápida e desordenada. A evolução da população dos distritos da Bacia da Lagoa da Conceição pode ser vista na tabela 5, de acordo com dados do IBGE e do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF) até o ano de 2010. Para 2020 foi feita uma estimativa da população de cada distrito, a partir da curva de projeção populacional realizada por Machado (2019). Pelos dados da tabela, pode-se analisar que a população do distrito do Rio Vermelho apresentou grande crescimento, principalmente de 1991 para 2010, sendo o distrito mais populoso em 2010. O distrito da Lagoa da Conceição teve um aumento de 20% na década de 2000 a 2010, representando uma desaceleração em relação às décadas anteriores, porém com população significativo sendo o segundo distrito com mais habitantes.

Tabela 5: População por distrito da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição

Distritos	1970	1980	1991	2000	2010	2020
Barra da Lagoa	1.061	1.656	2.919	4.331	5.674	8.000
Lagoa da Conceição	1.883	4.258	6.654	9.849	11.811	13.000
S.J. Rio Vermelho	981	1.223	1.864	6.791	13.513	19.000

Fonte: Adaptado de Machado (2019).

Junto a isso, por representar um dos principais pontos turísticos da Ilha de Santa Catarina, a Lagoa da Conceição apresenta uma população flutuante - pessoas de passagem ou que permanecem por um curto período de tempo na região - bastante elevada. Entre dezembro e março a população da região pode ser até três vezes maior que do resto do ano. Enquanto nos meses de inverno essa população diminui significativamente, permanecendo praticamente a população residente local. Com o aumento da ocupação urbana, o corpo lagunar fica exposto às consequências causadas pelo desenvolvimento local, que possui como principais atividades econômicas restaurantes, bares, hotelaria, pesca, entre outros. Assim, ocorre um aumento na carga orgânica na Lagoa, sendo agravado na alta temporada.

O sistema de esgotamento sanitário (SES) da área de estudo é composto por duas estações de tratamento de esgoto (ETE): uma na Barra da Lagoa e outra

na Lagoa da Conceição, ambas administradas pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN). Segundo o Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (MPB, 2010), a ETE da Lagoa da Conceição atendia em 2010 uma população de 7.932 habitantes, com uma rede coletora de 3.377 metros de extensão. Essa rede abrange os bairros Centrinho, Canto da Lagoa, Canto dos Araçás, Retiro da Lagoa e Joaquina, pertencentes ao distrito da Lagoa da Conceição. Essa ETE, desde sua ampliação em 2007, possui capacidade de contemplar uma população de 30.000 habitantes, segundo Santos (2018). Isto é, em 2010 a ETE trabalhava com apenas 26% da sua capacidade, porém, atendia 67% da população total do distrito de 11.811 em 2010. A ETE da Barra da Lagoa, em 2010, atendia 3.526 habitantes entre os bairros Barra da Lagoa e Costa da Lagoa, com capacidade de contemplar uma população de 15.120 habitantes (MPB, 2010). Assim, em 2010, essas duas ETE's atendiam um total de 11.458 moradores da bacia hidrográfica sendo que o total de moradores da bacia era de 30.998, isto é, uma cobertura de menos de 40% do sistema de tratamento de esgoto. Segundo Machado (2019), a projeção populacional para os distritos da Bacia da Lagoa é de 39.443 habitantes. Na figura 4 é mostrada a área de abrangência do sistema de esgotamento sanitário na bacia da Lagoa da Conceição em 2017. (PMF, 2017).

São João do Rio Vermelho Moçambique Costa da Lagoa Oceano Atlântico ETE Barra da Lagoa Barra da Lagoa ETE - EXISTENTE EM OPERAÇÃO EXISTENTE EM OPERAÇÃO ETE - EXISTENTE (NÃO OPRANDO) IMPLANTADO (NÃO OPERANDO) ETE - EM EXECUÇÃO (OBRA) EM EXECUÇÃO (OBRA) PROJETOS RECURSOS ASSEGURADOS LIMITE ENTRE UNIDADES TERRITORIAS
DE PLANEJAMENTO (UTP) PROJETOS CONCLUÍDOS UTP - UNIDADE TERRITORIAL DE SISTEMA PARTICULAR - HABITASUL PLANEJAMENTO

Figura 4: Mapa da rede coletora na Bacia da Lagoa da Conceição

Fonte: Adaptado Prefeitura Municipal de Florianópolis (2017)

Como é possível observar, o SES não atende toda a bacia hidrográfica, deixando bairros de alta urbanização, como Rio Vermelho e Porto da Lagoa, carentes de rede coletora. Para esses casos, em que não existe rede pública de coleta de esgoto sanitário, o tratamento deve ser feito de maneira individual tornando a fiscalização mais difícil e passível de irregularidades. A falta de controle dos estabelecimentos que possuem sistema de tratamento individual, podem ocasionar na contaminação dos corpos hídricos.

Além disso, mesmo nos locais com rede coletora implantada, existem inadequações que podem ser: falta de conexão ou conexão parcial à rede de esgoto, água pluvial ligada à rede de esgoto ocasionando aumento da vazão, esgoto conectado à rede de pluvial e existência de vazamentos. O programa "Floripa Se Liga na Rede", da Prefeitura Municipal de Florianópolis, realiza inspeções de ligações de esgotamento sanitário e pluvial dos imóveis, visando regularizar as mesmas. Seu último relatório das inspeções, realizado em 2017, mostra das ligações à rede de esgoto, existe ainda uma quantidade considerável de ligações que são inadequadas. No distrito da Lagoa da Conceição, quase 40% das ligações são inadequadas. Os dados desse relatório estão resumidos na tabela 6.

Tabela 6: Ligações à rede de esgoto nos distritos da Bacia da Lagoa da Conceição

Localidade	Número de inspeções realizadas	Total de ligações na rede	Número de ligações adequadas	Número de ligações inadequadas	Porcentagem ligações Inadequadas
Barra da Lagoa	4.064	1.943	1.274	669	34,4
Costa da Lagoa	302	160	108	52	32,5
Lagoa da Conceição	4.483	2.328	1.474	854	36,7

Fonte: Adaptado Floripa Se Liga na Rede (2017).

A grande urbanização da região da Lagoa da Conceição junto ao não acompanhamento de um sistema de esgotamento sanitário integral, irregularidades e carência de fiscalizações, ocasiona a poluição da laguna. Arcari (2015) verificou que 90% dos testes de balneabilidade realizados pela FATMA (Fundação do Meio

Ambiente) na região apresentavam altos índices de contaminação fecal caracterizando degradação da qualidade da água por ações antrópicas.

De acordo com Silva (2013), a Lagoa da Conceição possui uma hidrodinâmica regida pelas entradas de água doce distribuídas ao longo das margens norte, oeste e sul da laguna e também pela variação do nível do mar. A circulação hidrodinâmica do corpo lagunar resulta em um transporte residual no sentido norte para o centro, do sul para o centro e um escoamento resultante para o oceano. Na figura 5 são apresentados os padrões de circulação da água da Lagoa da Conceição. Nela, as setas pretas indicam fluxos residuais, transporte e advecção de matéria, dos extremos para a porção centro-leste da laguna. As setas verdes indicam a presença de vórtices ciclônicos e vermelhas, anticiclônicos

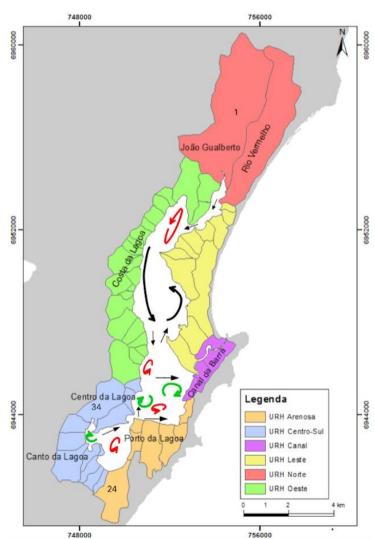


Figura 5: Sub-bacias e padrões hidrodinâmicos da Lagoa da Conceição

Fonte: Adaptado Silva et. al. (2017).

Os giros anticiclônicos são favoráveis ao acúmulo de partículas nas regiões centro-sul e um consequente aumento da concentração de nutrientes e partículas em no fundo. Os giros ciclônicos resultam na ressuspensão dos nutrientes dissolvidos do fundo para a superfície, onde é esperado um incremento de produtividade primária. (GÓMEZ; GÓMEZ; BULGAKOV, 2008)

Como mostrado, também, na figura 5, a bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição foi dividida em 60 sub-bacias hidrográficas por Bier (2013), as quais foram agrupadas em 6 unidades hidrológicas (UH) por semelhança de características físicas, de permeabilidade e proximidade. Esse estudo foi realizado para que se pudesse distinguir os diversos comportamentos hidrológicos da bacia hidrográfica. As sub-bacias estudadas são as bacias 1, 24 e 34 identificadas na figura 5. As características das UH's em que cada uma das sub-bacias está inserida, estão detalhadas a seguir:

- A UH Norte é composta pelas duas maiores sub-bacias: do Rio João Gualberto e do Rio Vermelho. Elas ocupam 35% da área de abrangência total, fazendo com que sua contribuição hidrológica seja bastante significativa mesmo possuindo valores medianos de declividade de talvegue e urbanização.
- A UH Arenosa apesar de ter considerável urbanização, tem seu solo composto por dunas, areia marinha e quartzóicas, que tem alta permeabilidade fazendo com que essa UH tenha contribuição hidrológica mediana.
- A UH Centro-Sul é a parte mais urbanizada da bacia hidrográfica, com os bairros do Canto da Lagoa e Centrinho da Lagoa, possuindo elevada impermeabilização e seu talvegue tem declividade mediana. Assim, é uma zona com contribuição hidrológica bastante significativa representando cerca de 17% do total. (SILVA, 2016)

4.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Pensando-se em caracterizar diferentes regiões da Lagoa da Conceição, foram escolhidos os 3 rios de maior aporte hídrico pertencentes a 3 sub-bacias, localizadas em áreas distintas, a saber: sub-bacia do rio João Gualberto (JG), sub-bacia do rio APA (APA) e sub-bacia do Porto da Lagoa (PDL). A escolha dos rios foi

realizada com base em estudos anteriores, na diferença de ocupação populacional, na cobertura de saneamento, entre outros. Para cada rio, foram realizadas coletas de amostra em 3 pontos, sendo um a montante da área urbanizada, outro a jusante da área urbanizada e, o último, na foz. Para o ponto a montante tentou-se escolher o ponto mais próximo da nascente o possível, para caracterizar os parâmetros naturais da água sem influência da urbanização. Já para o ponto a jusante, foi escolhido um ponto nos rios onde já passava boa parte da urbanização, para poder analisar a diferença de concentração dos parâmetros de qualidade da água e uma possível identificação da influência urbana na qualidade da água. Por fim, foram coletadas amostras da lagoa, próximo ao ponto em que o rio nela deságua, para podermos analisar a influência desse rio na qualidade do corpo lagunar. Os pontos de amostragem estão demonstrados na figura 6.

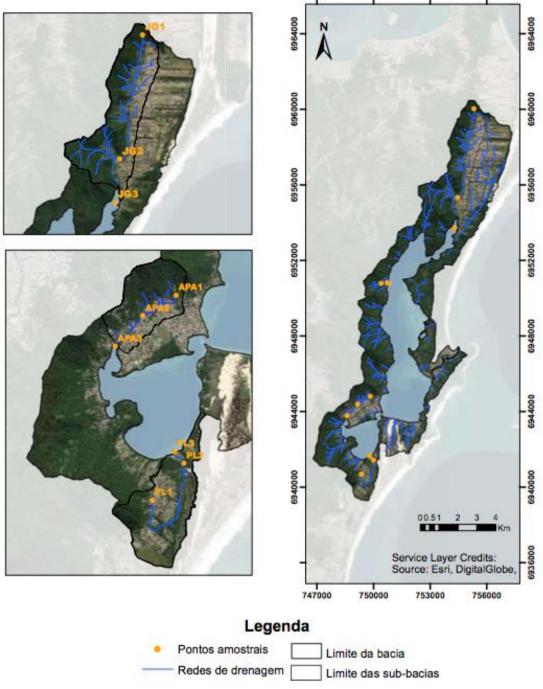


Figura 6: Pontos de amostragem bacia da Lagoa da Conceição

Fonte: A autora (2020).

Com estudo realizado por Silva (2018), foi possível agrupar os dados da população residente nas sub-bacias estudadas, suas respectivas área e porcentagem de urbanização para o ano de 2010. Utilizando os dados da tabela 5, em que há uma estimativa da população dos distritos estudados em 2020 utilizando dados de Machado (2019), foi feita a estimativa da população por sub-bacia. Com

essa estimativa, calculou-se a área urbanizada para 2020 para cada sub-bacia, mostrada na tabela 7.

Tabela 7: População por sub-bacia

Sub-bacia	Área Total (Km²)	População 2010	Urbanização 2010	Estimativa população 2020	Urbanização 2020	Área urbanizada 2020 (Km²)
1 - João Gualberto	12,52	9.447	9%	13.300	13%	1,63
24 - Porto da Lagoa	2,37	1.889	25%	2.080	28%	0,66
34 - APA	2,17	2.048	16%	2.260	18%	0,39

Fonte: A autora (2020).

4.3 CAMPANHAS AMOSTRAIS

As campanhas amostrais foram realizadas entre os dias 28 de Novembro de 2019 a 27 de Janeiro de 2020, nos dias: 28 e 29/11/2019, 04/12/2019, 19/12/2019, 16/01/2020 e 27/01/2020. Este período de coleta foi definido devido à estiagem histórica na região, esperando-se realizar as coletas em datas em que tivesse vazão significativa nos rios. A vazão foi necessária para que fosse possível analisar a carga dos parâmetros de qualidade afluentes na laguna, calculada conforme equação 01, apresentada no item 3.2 da revisão bibliográfica. Foram realizadas 07 saídas de campo, totalizando 43 amostras coletadas entre os rios João Gualberto, Apa, do Porto da Lagoa e Costa da Lagoa. Para o rio João Gualberto foram coletadas 5 amostras para cada um dos 3 pontos. No rio Apa, não foi possível realizar coletas no ponto a montante devido à falta de água em duas situações, resultando em 13 amostras para o rio. No rio do Porto da Lagoa, tivemos o mesmo problema, porém em três situações, resultando em 12 amostras para o mesmo. Já para a Costa da Lagoa, foi realizado apenas um campo, gerando 3 amostras, no qual foi decidido que esse rio seria descartado devido à pouca água no local e, portanto, pouca representatividade nos resultados.

As coletas foram realizadas com garrafas pet de 500 ml, previamente limpas, e armazenadas em caixa térmica com gelo até chegar ao laboratório. Foram realizadas medidas de parâmetros em campo em todos os pontos e medida de vazão no ponto de jusante.

4.4 MEDIÇÃO DE VAZÃO

A medição de vazão foi realizada com a utilização do aparelho *Flowmeter* nos rios João Gualberto, APA e Porto da Lagoa. Esse aparelho é composto por três hastes de metal, cada uma com um metro, nas quais é conectado um sensor que mede a velocidade do fluxo que passa por ele, mostrado na figura 7 junto ao aparelho medidor.



Figura 7: Flowmeter

Fonte: A autora (2020).

Após definir a seção transversal do rio em que seria realizada a medição no ponto à jusante, obtivemos a largura do canal e, a partir da mesma, determinamos a distância entre as verticais. Neste trabalho, as larguras dos rios foram todas menores do que 3,0 metros, fazendo com que as verticais fossem posicionadas à 30 cm uma das outras, conforme estabelecido por DNAEE (1967). Com o posicionamento dessas verticais obtém-se a área da seção transversal. Também, em cada vertical obtém-se a velocidade em diferentes profundidades. Como a profundidade não passou de 0,6 metros nos rios estudados, a velocidade média foi obtida medindo-se em apenas um ponto, a 60% da profundidade na vertical correspondente, segundo DNAEE (1967). A partir da velocidade obtida nesse ponto,

obtém-se a vazão multiplicando-a pela área da seção entre as verticais, utilizando o método da seção média. A figura 8 mostra a utilização do aparelho em campo.



Figura 8: Utilização do Flowmeter em campo

Fonte: A autora (2020).

4.5 MEDIÇÕES DOS PARÂMETROS EM CAMPO

Os parâmetros físico-químicos de qualidade da água aferidos em campo foram: Oxigênio Dissolvido, pH e temperatura. Para a medição do OD foi utilizado o medidor de oxigênio dissolvido digital portátil modelo MO-900, da marca Instrutherm, mostrado na figura 9. O aparelho foi cedido pelo laboratório do curso de Oceanografia da UFSC. Antes de cada medição em campo, foi necessário calibrar o equipamento. A calibração foi feita com base na quantidade de OD disponível na atmosfera, sendo o valor do oxigênio no ar tipicamente 20,9% O₂, de forma automática pelo aparelho. A medição foi realizada colocando o sensor na água a, pelo menos, 8 cm de profundidade, e esperando o valor mostrado no aparelho

estabilizar. Os resultados são dados como oxigênio dissolvido (mg/L e % de O₂) e temperatura da água (°C).

Figura 9: Oxímetro utilizado para medir oxigênio dissolvido e temperatura da água



Fonte: A autora (2020).

Para medir o pH da água, foi utilizado um pHmetro de bolso, de compensação automática de temperatura, modelo K39-0014PA, da marca KASVI, mostrado na figura 10. O aparelho foi fornecido pelo Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA) e já era devidamente calibrado pelo mesmo. A medição foi realizada colocando o aparelho na água e o movimentado até o valor mostrado na tela estabilizar.



Figura 10: pHmetro utilizado para medir pH e temperatura da água

Em ambos os aparelhos era possível medir a temperatura da água. Dessa forma, fez-se uma média entre os valores obtidos de cada aparelho para obter-se uma temperatura final mais próxima da realidade.

4.6 ANÁLISE DOS PARÂMETROS QUÍMICOS EM LABORATÓRIO

Os parâmetros de qualidade da água analisados em laboratório foram: Fósforo Total, Clorofila-a e Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID), o qual consiste na análise individual de Nitrito, Nitrato e Amônia. Todas essas análises foram realizadas conforme protocolos utilizados pelo LIMA e realizados no mesmo.

Precedente às análises, as amostras foram filtradas utilizando microfiltros de fibra de vidro Macherey Nagel GF-3 de 47 mm de diâmetro, para que se pudesse separar o material particulado de material dissolvido. Após filtradas, as amostras foram armazenadas conforme o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011).

4.6.1 Nitrito

As análises laboratoriais de nitrito foram realizadas segundo protocolo da empresa Alfakit. Este procedimento consiste na adição de dois reagentes diferentes em 5 mL de amostra e aguardados 10 minutos para ler em espectrofotômetro. A leitura é realizada em comprimento de onda de 520 nm e o resultado dado é a concentração, em mg/L de N-NO₂. Para expressar o resultado em NO2, deve-se multiplicar o valor lido por 3,280. Anteriormente ao início dos procedimentos, foi gerada uma curva-chave específica para esse procedimento, a partir de diluições utilizando um reagente padrão e com base nos valores esperados. A figura 11 mostra os tubos de ensaio prontos para leitura em espectrofotômetro.

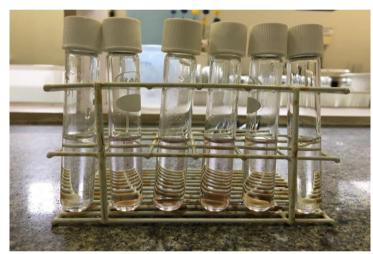


Figura 11: Tubos de ensaio para análise de nitrito.

Fonte: A autora (2020).

4.6.2 Nitrato

A análise de nitrato foi realizada seguindo-se o método NTD, da empresa Alfakit, o qual é composto por três reagentes que são adicionados a 5 mL de amostra e aguardados 15 minutos para a leitura em espectrofotômetro. A leitura é realizada em comprimento de onda de 535 nm e o resultado é a concentração em mg/L de N-NO₃. Assim como para o nitrito, foi gerada uma curva-chave precedente ao experimento com base nos valores esperados. No entanto, para se obter o resultado final de nitrato, devido à presença de nitrito na amostra, deve-se subtrair a concentração de nitrito dessa mesma amostra, através da equação 03.

$$mg/L N-NO_3 = N-NO_3 - (N-NO_2 \times 10)$$
 (03)

Na qual:

N-NO₃= Resultado da concentração de Nitrato

N-NO₂= Resultado da concentração de Nitrito

Ainda, para expressar o resultado em NO3, deve-se multiplicar o valor lido por 4,428. A figura 12 mostra os tubos de ensaio utilizados no procedimento, prontos para leitura.



Figura 12: Tubos de ensaio para leitura do nitrato

Fonte: A autora (2020).

4.6.3 Amônia

Para a obtenção dos valores de amônia na amostra, foi utilizado o método Amônia Indotest da Alfakit, consistindo na adição de 3 diferentes reagentes em 5 mL de amostra e aguardando-se 10 minutos para a leitura em espectrofotômetro. A leitura é realizada em comprimento de onda de 630 nm e o resultado lido é a concentração em mg/L de N-NH₃. Para expressar o resultado em NH3, deve-se multiplicar o valor lido por 1,214. A figura 13 mostra os tubos de ensaio ao final do procedimento.

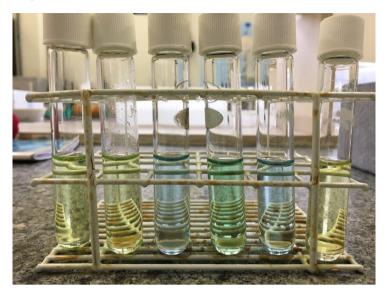


Figura 13: Tubos de ensaio para leitura da amônia

4.6.4 Fósforo Total

A determinação da concentração do fósforo total foi efetuada de acordo com o Método Colorimétrico Ácido Vanadomolydatofosfórico. Esse método é realizado em duas etapas: transformação do fósforo presente na amostra em ortofosfato e colorimetria. A reação do ortofosfato com o molibdato de amônio em meio ácido produz o ácido molibdato/fosfato (molibdofosfórico). Esse, na presença do íon vanadato, forma o ácido vanadomolibdofosfórico de cor amarelada. A intensidade da cor amarela é proporcional à concentração de fosfato na amostra, sendo quantificada espectrofotometricamente a 400 nm.

Para a realização da análise, utiliza-se 50 ml da amostra e nela acrescenta-se 1 ml de ácido sulfúrico concentrado e 0,4 g de persulfato de amônio. Essa mistura é aquecida em chapa aquecedora até restar 10 ml da amostra, mostrado na figura 14. Esses 10 ml restantes são transferidos para uma proveta e completado com água destilada até 30 ml. É adicionada 1 gota de fenolftaleína e depois hidróxido de sódio (NaOH) até mudar a cor para rosa, neutralizando a amostra. Após a neutralização adiciona-se 10 ml da solução de Vanadomolibdato e completado com água destilada até 50 ml homogeneizando. Aguarda-se, então, 10 minutos e é realizada a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda 400 nm.



Figura 14: Etapa da chapa aquecedora do processo de fósforo total

4.6.5 Clorofila-a

Para que fosse possível determinar a concentração de clorofila-a, filtrou-se entre 300 e 500 mL de amostra em microfiltros de fibra de vidro Macherey Nagel GF-3 de 47 mm. Esses filtros, com material particulado, foram colocados em envelopes de papel alumínio e colocados dentro de um saco preto para, então, serem armazenados até o momento da análise. O método utilizado foi adaptado de Wetzel e Likens (1991), que utiliza como solvente o etanol 90% e os pigmentos são extraídos por choque térmico, para análise espectrofotométrica. O procedimento consiste em colocar os filtros contendo biomassa em tubos de ensaio encapados com papel alumínio e o os preencher com 10 ml de álcool 90%. Os tubos são então colocados em banho-maria a 78°C por 5 minutos e em seguida é dado choque térmico colocando-os em banho de gelo por mais 5 minutos. Ao final, os tubos são armazenados na geladeira por 24 horas e realizadas as leituras espectrofotômetro no comprimento de onda 665 nm, espectro de absorção máxima da clorofila, e 750 nm com os tubos de ensaio mostrados na figura 15.

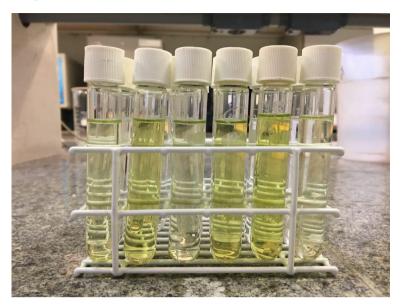


Figura 15: Tubos de ensaio para leitura da clorofila.

Após realizada a primeira leitura, as mesmas amostras devem ser acidificadas com ácido clorídrico (HCI) e realizadas novas leituras nos mesmos comprimentos de onda (665 e 750 nm). Isso porque a clorofila pode ser convertida em feofitina pela adição do ácido. A feofitina também absorve luz a 665 nm, porém mais fracamente que a clorofila, e a 750 nm ambas absorvem a mesma quantidade de luz. A partir dessas leituras, a concentração de clorofila-a é calculada através da equação 04 de Lorenzen (1967).

$$Cl - a (\mu g/L) = \frac{[U665 - U750) - (A665 - A750)] \times v \times F \times K}{V \times L}$$
(04)

 U_{665} = absorbância do extrato antes da acidificação no λ = 665 nm

 U_{750} = absorbância do extrato antes da acidificação no λ = 750 nm

 A_{665} = absorbância do extrato depois da acidificação no λ = 665 nm

 A_{750} = absorbância do extrato depois da acidificação no λ = 750 nm

v = volume do etanol utilizado (10ml)

F = fator para equiparar a redução em absorbância para a concentração inicial da clorofila (R/R-1 = 1,7/1-1,7 = 2,39)

K = coeficiente de absorção da clorofila-a para etanol (1000/87 = 11,49)

V = volume da água filtrada (L)

L = comprimento do trajeto óptico da cubeta (1cm)

4.7 ESTIMATIVA DAS CARGAS DE NUTRIENTES

Para quantificar o quanto o rio influencia na qualidade da água da Lagoa da Conceição, foram calculadas as cargas do nitrogênio inorgânico dissolvido e do fósforo total. A carga efluente em um corpo d'água pode ser compreendida como a quantidade de um nutriente (kg) que é lançada por unidade de tempo (dia) neste corpo hídrico.

A intenção foi obter os valores de carga antrópica que chegam ao rio. A carga antrópica é a diferença entre a carga de jusante e montante, quando esta última não tem influência da urbanização, isto é, quando for carga natural. É o caso dos rios João Gualberto e Apa. Caso o ponto de montante analisado possuísse influência de urbanização, foi calculada apenas a carga no ponto de jusante, que é a carga antrópica mais a natural, que é o caso do rio do Porto da Lagoa.

Especificamente para a obtenção das cargas de montante, primeiro, mediuse a área de contribuição dos pontos de montante e jusante usando o ArcGIS. Considerando que a vazão de jusante foi medida em todos os campos, estimou-se a vazão de montante para cada data, considerando que a proporção entre área de contribuição e vazão do ponto de jusante se mantém constante também entre área de contribuição e vazão do ponto de montante. A partir dos valores de vazão (dos pontos de montante e dos pontos de jusante), pôde-se calcular a carga, que é a multiplicação da concentração dos nutrientes (mg/L) pela vazão no ponto correspondente (L/s).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados os valores dos parâmetros medidos em campo e os resultados obtidos das análises laboratoriais. Os dados são dispostos em forma de tabelas e em gráficos, criados no *software* Statistica 8.0. Inicialmente, são expostas as concentrações encontradas de cada parâmetro. Com as concentrações realizaram-se comparações entre os valores obtidos para pontos do mesmo rio (montante, jusante a foz), e comparações dos valores entre os rios (JG, PL e APA). A discussão foi baseada na urbanização das sub-bacias, características da mesmas, regime de vazão, existência de SES, limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 e de limites esperados por literaturas, entre outros, para fazer uma análise da qualidade da água. Na sequência, verificou-se a influência de cada rio no corpo

hídrico da Lagoa da Conceição, através da quantificação da carga antrópica. Por fim, realizou-se o cálculo do índice trófico (TRIX).

Os resultados obtidos por este trabalho foram, também, comparados com os obtidos pelo trabalho de Souza (2018), que fez um estudo similar no LAHIMAR. Souza (2018) analisou alguns parâmetros de qualidade d'água nos mesmos rios. No entanto, seu ponto de montante no Porto da Lagoa não era o mesmo e não havia monitoramento na saída do rio na Lagoa. Dessa forma, não haverá comparação para esses pontos.

A fim de facilitar a apresentação dos dados, os pontos amostrais: montante, jusante e foz são representados pelos números 1, 2 e 3 respectivamente. E os rios João Gualberto, Apa e Porto da Lagoa são abreviados por JG, APA, PDL, respectivamente.

5.1 REGIME PLUVIOMÉTRICO

Os dados das precipitações entre os meses de Agosto de 2019 e Janeiro de 2020 foram fornecidos pela EPAGRI/Ciram, referentes à estação localizada no bairro Itacorubi. A partir dos dados de chuvas horárias e diárias, foi possível elaborar o gráfico 2, com a soma das precipitações diárias, por mês juntamente aos dados das médias históricas apresentadas no gráfico 1.

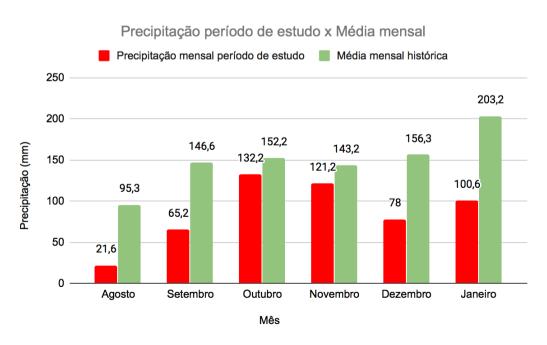


Gráfico 2: Precipitações mensais para os meses de pesquisa

Fonte: A autora (2020).

Através do gráfico, é possível ver que para os meses de agosto e setembro choveu bastante abaixo da média (21,6 mm e 65,2 mm), apenas 36% do esperado para esses meses. Para outubro e novembro houve maiores precipitações, apenas 20 mm abaixo da média histórica para cada mês. Em dezembro de 2019 e janeiro de 2020, voltou a ter baixas precipitações, quase metade da média para o período, com apenas 78 mm acumulados em dezembro de 2019, enquanto a média histórica foi de 156,3 mm, e 100,6 mm em janeiro de 2020 (até a data da última coleta, 27/01/2020), contra 203,2 mm da média histórica.

A tabela 8 apresenta as precipitações antecedentes às datas em que foram realizadas as saídas de campo.

Tabela 8: Precipitações anteriores às saídas de campo

0/data	Precipitação (mm)							
Campo/data	Chuva no dia	Dia anterior	Acumulada 3 dias	Acumulada 7 dias				
28/11/2019	0	4,2	11	12,4				
29/11/2019	0	0	11	11				
04/12/2019	0	0	1	5,2				
19/12/2019	1,6	2,4	39,2	49,8				
16/01/2020	0,2	0	0	34				
27/01/2020	0	0	8,8	33,4				

Fonte: Adaptado de Epagri/Ciram (2020).

Pode-se ver que a maioria dos campos foram realizados em dias sem ou com pouquíssima chuva. O campo do dia 19/12/2020 foi o com maior precipitação anterior (39,2 mm acumulados nos 3 dias antecedentes, e 49,8 mm nos 7 dias antecedentes) e o dia 04 de dezembro o com menor. Observa-se que, com exceção do dia 19/12/2020, todos os demais dias de coleta foram antecedidos por baixas precipitações, pelo menos nos 3 dias antecedentes. Aliado a isso, temos que as bacias estudadas possuem pequenas áreas, e, consequentemente, baixo tempo de concentração. Bier (2013) estimou o tempo de concentração da bacia do rio João Gualberto, que é a maior bacia analisada neste estudo, em 77 minutos. Isto indica que, após o início de uma precipitação intensa, a bacia do rio João Gualberto leva, aproximadamente, 1h17min para atingir a maior vazão em seu exutório, e consegue perdurar a geração de escoamento superficial por poucas horas a mais, após o final da precipitação. Portanto, baixos índices pluviométricos nos dias antecedentes às

coletas realizadas, indicam baixa influência da precipitação na geração de escoamento superficial e consequente carreamento de poluentes, no dia em que foram realizadas as coletas de amostras de água. As sub-bacias Apa e Porto da Lagoa tem tempo de concentração de 19 e 39 minutos, respectivamente.

Durante os meses de outubro e novembro, apesar da maior quantidade de chuva, não foram realizados campos devido a impossibilidades de empréstimo de aparelhos, uma vez que dependia-se de 3 laboratórios diferentes para tal.

5.2 RESULTADOS DOS PARÂMETROS

5.2.1 Vazão

As medições de vazão foram realizadas, para cada rio, apenas no ponto a jusante por ser o ponto mais representativo da sua vazão total. Os valores encontrados estão agrupados na tabela 9 e as vazões encontradas por Souza (2018) estão na tabela 10.

Tabela 9: Valores de vazão (L/s) nos rios monitorados

Ponto	28,29/11/2019	04/12/2019	19/12/2019	16/01/2020	27/01/2020
JG 2	38,5	44	63,7	92,5	41,9
APA 2	3,7	3,9	5,7	11,9	3,8
PDL 2	15,6	7,4	31,2	58,2	22,2

Fonte: A autora (2020).

Tabela 10: Dados vazão (L/s) Souza (2018)

Ponto	Campo 1	Campo 2	Campo 3					
JG2	190	110	110					
APA 2	8,8	6,7	15,9					
PDL 2	160	50	30					

Fonte: Adaptado Souza (2018).

O rio João Gualberto apresentou uma vazão média de 56 L/s, com uma vazão máxima de 92,5 L/s e mínima de 38,5 L/s. Apesar do pico, todas medidas ficaram abaixo de 63,7 L/s. Segundo Silva et al. (2017), as vazões para o rio JG variaram de 69 L/s no pouca chuva e 750 L/s no período chuvoso. Esses dados são compatíveis ao de Arcari (2015), que obteve vazões de 60 a 800 L/s. Souza (2018) obteve valores entre 110 e 190 L/s. O Apa também apresentou vazões bastante

baixas, com a maior vazão de 11,9 L/s e mínima de 3,7 L/s. Silva et al. (2017) encontrou, para este rio, valores de 28 a 214 L/s. No entanto tem medidas próximas ao encontrado por Souza (2018), com vazões inferiores a 16 L/s. O PDL apresentou uma máxima de 58,2 L/s e uma mínima de 7,4 L/s. Souza (2018) obteve, para esse rio, valores de 30 a 160 L/s. As vazões encontradas neste trabalho estão, no geral, abaixo das encontradas nos estudos citados. Isso aconteceu pois foi um período de estiagem excepcional, com pouca chuva, de pouca intensidade e mal distribuídas.

As maiores vazões estão no rio João Gualberto. Isto se dá devido às características da sub-bacia, que apresenta a maior área entre as estudadas e com declividade média de talvegue relativamente baixa, fazendo com que o tempo de concentração seja mais elevado que as demais (ARCARI, 2015). Todos as vazões máximas dos rios aconteceram no dia 16 de janeiro e as mínimas nos rios Apa e JG ocorreram nos dias 28 e 29 de novembro, enquanto a do PDL ocorreu no dia 04 de dezembro. Pode-se notar a influência das precipitações nas vazões, uma vez que, em todos os rios, as duas maiores vazões ocorreram nos dias de maior precipitação acumulada de 7 dias e as menores vazões de ocorreram em dias de menor precipitação acumulada de 7 dias. No entanto, devido às características das bacias e aos tempos de concentração, esperava-se que a maior vazão ocorresse no dia 19/12/2020, no qual teve maior chuva acumulada de 3 dias. Uma possibilidade para isso seria a ocorrência de chuva de verão (convectiva) isolada na Lagoa da Conceição, uma vez que a estação da EPAGRI fica no bairro do Itacorubi.

5.2.2 Amônia, Nitrito e Nitrato

As análises de amônia, nitrito e nitrato foram realizadas separadamente e seus resultados foram dados em mg/L de N-NH₃, N-NO₂ e N-NO₃ respectivamente. Isto é, o resultado mostra a quantidade de nitrogênio existente de cada componente. Todos esses dados obtidos estão dispostos nos apêndices A,B e C, para cada rio.

Analisando os resultados, para o Rio João Gualberto pode-se notar que obteve-se baixas concentrações de amônia e nitrito, na faixa de 0 a 0,03 mg/L, quase sem variação entre os pontos. Já para o nitrato, teve-se valores altos, entre 11,63 e 17,90 mg/L para o ponto de jusante. Para os pontos de montante foram observados valores baixos, menores que 0,77 mg/L e, para a lagoa, a partir do terceiro campo, obteve-se valores maiores, entre 1,45 e um pico de 7,88 mg/L. Comparando aos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357, todas as medidas de

nitrato, no ponto de jusante, extrapolam o limite de 10 mg/L N. E na foz, nos 3 últimos campos, extrapolam o limite para água salobra classe 2, que é de 0,40 mg/L N. Esse aumento dos valores de nitrato na foz, a partir do dia 19/12/2019, pode ser devido à adequação do local do ponto de coleta, que passou a ser alguns metros a montante, visto que o ponto inicialmente escolhido estava muito dentro do corpo lagunar, e distante da foz. Os demais parâmetros e o nitrato na nascente, estão dentro dos limites quando comparados à CONAMA 357/2005.

No rio Apa, os valores de amônia ficaram baixos em todos os pontos, entre 0 e 0,04 mg N/L. O nitrito também, com a maior ocorrência de 0,2 mg/L a jusante e o menor na lagoa de 0,08 mg N/L. No entanto, este último valor de nitrito, ultrapassa o limite do CONAMA de 0,07 mg/L N para água salobra classe 2. Assim como para o rio anterior, o nitrato foi o parâmetro que apresentou maiores valores no ponto de jusante, de 2,66 a 4,57 mg/L, porém dentro do limite do CONAMA. Para montante teve valores inferiores a 1 mg/L. Para a foz, apresentou os valores de 1,21 no dia 19 de dezembro e 0,73 no dia 16 de janeiro, os quais passam do limite de 0,40 mg/L N para a lagoa.

O rio do Porto da Lagoa, assim como nos outros rios, apresentou baixos resultados de amônia e nitrito, no ponto próximo à nascente e na foz. O nitrato, ao contrário dos demais rios, teve valores baixos, entre 0 e 1,75 mg/L (no entanto, ainda maior que os demais parâmetros), tendo o maior valor ocorrido em montante. Todos os parâmetros estão dentro dos limites do CONAMA 357 neste rio, com exceção nitrato no ponto na foz no dia 16 de janeiro, de 0,87 mg/L quando o limite é de 0,40 mg/L N.

De maneira geral, para os rios JG, APA e PDL os maiores valores encontrados foram de nitrato. Os pontos fora dos padrões de qualidade, segundo CONAMA 357, são jusante do JG e lagoa de todos os rios referentes ao nitrato. E, em apenas um dia, houve pequena extrapolação no limite do nitrito, na foz do Apa. Souza (2018) também achou valores acima do limite para nitrato.

As concentrações naturais de nitrato em corpos d'água variam de 0,81 a 3,22 μM (0,01 a 0,04 mg/L) N-NO₃, segundo Aguiar et al (2011). Para águas costeiras não poluídas as concentrações normais são entre 10 e 15 μM N-NO₃ (0,14 a 0,21 mg/L), segundo Baumgarten, Rocha e Niencheski (1996). Essas concetrações são mais uma indicação que os rios que monitorados estão sofrendo algum aporte deste nutriente, uma vez que maior parte dos valores de nitrato não

estão nessas faixas. O nitrato é a forma do nitrogênio mais abundante em ecossistemas com características aeróbicas e contaminados com despejos domésticos ou atividades agrícolas (ESTEVES, 2011). Como mostrado na revisão bibliográfica, o predomínio de nitrogênio na forma de nitrato em corpos d'água significa uma poluição mais antiga, uma vez que a amônia se transforma em nitrito e depois nitrato.

5.2.3 NID

O NID é a soma dos valores obtidos de nitrogênio na análise do nitrito, nitrato e amônia (N-NO₂, N-NO₃ e N-NH₃ respectivamente). Os resultados obtidos de NID, para todas as amostras, estão dispostos na tabela 11.

Tabela 11: Valores obtidos de NID (mg/L)

Ponto	28,29/11/2019	04/12/2019	19/12/2019	16/01/2020	27/01/2020
JG 1	0,80	0,11	0,27	0,33	0,27
JG 2	11,69	17,93	11,89	16,82	12,71
JG 3	0,14	0,023	7,92	1,46	1,85
APA 1	0,21	0,13	0,68	-	1
APA 2	4,81	3,36	4,59	2,71	3,04
APA 3	0,37	0,03	1,24	0,74	0,35
PDL 1	0,61	1,77	-	-	-
PDL 2	0,07	0,024	0,40	0,51	0,41
PDL 3	0,11	0,084	0,19	0,89	0,22

Fonte: A autora (2020).

Uma vez que o NID é a soma das concentrações de amônia, nitrito e nitrato, seus valores correspondem aos resultados discutidos no tópico anterior. Dessa forma, pode-se afirmar que nos rios João Gualberto e Apa têm-se os maiores valores de NID, no ponto a jusante. Essa afirmação pode ser melhor visualizada no gráfico 3, no qual é possível observar que a maioria dos resultados estão abaixo de 2 mg/L com exceção dos pontos JG 2, APA 2 e um extremo no JG 3. O ponto de jusante do JG apresenta os maiores números do parâmetro, com média de 14,21

mg/L e o Apa possui média de 3,7 mg/L. No rio do Porto da Lagoa os resultados se mantiveram entre 0,07 com maior valor de 1,77 e uma média de 0,44 mg/L de NID.

20 □ Mediana ...cularia
25%-75%
T Faive M 18 Faixa Non-Ouliers Outliers 16 Extremos 14 12 NID (mg/L) 10 8 6 4 o. 2 品 # -0-0 -2 PDL1 PDL2 PDL3 APA1 APA2 APA3 JG1 JG2 JG3 Pontos amostrais

Gráfico 3: Box Plot concentrações de NID (mg/L) dos 3 rios ao longo do monitoramento

Fonte: A autora (2020).

A tabela 12 mostra as concentrações de NID obtidas por Souza (2018), com dados mais elevados também do ponto jusante de rio João Gualberto. No entanto nenhum de seus dados deram tão elevados quanto aos encontrados neste trabalho. Esse fato pode ser em decorrência do período de coleta deste trabalho ter sido na alta temporada de verão, enquanto as coletas de Souza (2018) ocorreram entre agosto e outubro de 2018. Outra razão é o fato de as vazões de Souza (2018) terem dado significantemente maiores, chegando até cinco vezes maior para o João Gualberto e dez vezes para o Porto da Lagoa, causando diluição das concentrações.

Tabela 12: Dados NID (mg/L) Souza (2018)

Ponto	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3		
JG 1	0,25	0,5	0,04		
JG 2	1,95	1,94	1,94		
APA 1	0,27	0,28	0,19		
APA 2	0,53	0,46	0,62		
PDL 2	0,19	0,09	0,11		

Fonte: Adaptado Souza (2018).

Os valores elevados de NID são decorrência dos valores elevados de nitrato, assim podem estar associados à contaminação por compostos orgânicos, como lançamento de despejos domésticos, excrementos de animais e fertilizantes. O ponto de coleta JG 2 é localizado em uma área pastoril e, observando a figura 6, neste ponto já passou quase toda a área urbanizada da bacia. Ainda, vale lembrar que esta região não possui rede coletora e tratamento de esgoto, o que pode acarretar no lançamento direto de despejos domésticos no rio ou vazamento provenientes de sistemas individuais. Além disso, o ponto JG 2 está localizado na sub-bacia de maior área urbana entre as outras deste trabalho, com 1,63 km², sendo outro possível motivo por apresentar os número mais elevados de concentração de NID. O rio Apa, apesar de apresentar menor área urbanizada e possuir SES, apresenta valores maiores de NID do que o rio do Porto. Isso pode ser dar devido às baixíssimas vazões registradas nesse rio causando um acúmulo de matéria orgânica e aumentando a concentração desses compostos. Também, o Apa passa por uma área com bastante concentração urbana.

5.2.4 Fósforo Total

As concentrações de fósforo total obtidas através de análises laboratoriais para cada amostra estão dispostas na tabela 13.

Tabela 13: Valores obtidos de fósforo total (mg/L P)

Ponto	28,29/11/2019	04/12/2019	19/12/2019	16/01/2020	27/01/2020
JG 1	0	0	0,11	0	0,04
JG 2	0	0	0	0,06	0
JG 3	0	0	0,09	0,19	0,04
APA 1	0	0	0,04	-	-
APA 2	0,07	0	0,04	0,03	0,22
APA 3	0	0	0,03	0	0,08
PDL 1	0,01	0	-	-	-
PDL 2	0	0	0,05	0	0,05
PDL 3	0	0	0	0,05	0,16

Fonte: A autora (2020).

A maior parte das concentrações de fósforo total deram na faixa de 0 a 0,1, com uma média de 0,05 mg/L, removendo-se os pontos discrepantes. Em águas naturais não poluídas, espera-se de 0,005 a 0,020 mg/L de fósforo total (EMBRAPA, 2002). Isto é, a maioria dos valores encontrados se encontram na faixa esperada. Segundo CONAMA 357, para ambiente lótico o limite é de 0,1 mg/L P e para água salobra classe 1 é de 0,124 mg/L P, isto é, a maior parte dos resultados atendem à esses limites. No entanto, houve 4 pontos acima dos limites citados: JG 1 no dia 19/12; JG 3 no dia 16/01; APA 2 no dia 27/01 e PDL 3 no dia 27/01.

O rio João Gualberto apresentou valor fora do padrão esperado para o ponto de montante no dia 19 de dezembro. A nascente do JG não possui influência de urbanização, o que leva a concluir que o aumento de fósforo para esse local nesta data tenha sido de causa natural, como o intemperismo de rochas e decomposição da matéria orgânica, podendo ter sido arrastado pela chuva. Outros pontos incongruentes foram de JG 3 no dia 16 de janeiro e PDL 3 no dia 27 janeiro. Em ambos os casos a concentração do fósforo aumentou ao longo do curso d'água, podendo caracterizar uma influência da urbanização. O maior valor encontrado foi de 0,22 mg/L no APA 2 no dia 27 de janeiro.

Esses picos de concentração de fósforo total podem estar associados a despejos domésticos, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. Principalmente considerando que os maiores valores encontrados se deram em época de alta temporada em Florianópolis. No entanto, esses dados isolados de fósforo total não são o suficiente para caracterizar o ambiente aquático como contaminado.

De modo geral, apesar de apresentarem intervalos similares, através do gráfico 4 percebe-se um destaque do na foz do rio João Gualberto, com a maior faixa de dados, seguido do APA 2. As menores faixas de valores aconteceram nos pontos de montante e na foz do Apa. Também mostra que as concentrações de fósforo são mais estacionarias para cada rio do que as concentrações de nitrogênio.

Δ

JG3

0,24 □ Mediana 25%-75%

| Faixa Non-Outlier 0,22 △ Dados 0,20 Outliers **★ Extremos** 0,18 0,16 Fósforo Total (mg/L) 0,14 0,12 0 0,10 0,08

Ø

APA 2

Pontos amostrais

APA 3

JG 1

JG 2

Gráfico 4: Box Plot concentrações de Fósforo Total (mg/L) dos 3 rios ao longo do monitoramento

Fonte: A autora (2020).

APA 1

5.2.5 pH

0,06

0,02 0,00 -0,02

PDL 1

PDL 2

PDL 3

Os valores de pH encontrados para os campos realizados estão dispostos na tabela 14. No campo do dia 16/01/2020 conseguiu-se realizar medição de apenas um ponto (JG 2), devido à problemas técnicos com o aparelho.

Tabela 14: Valores de pH medidos nos pontos amostrais

Ponto	28,29/11/2019	04/12/2019	19/12/2019	16/01/2020	27/01/2020
JG 1	6,1	6,7	7,6	-	6,5
JG 2	6,7	6,8	7,6	7,2	6,8
JG 3	8,7	7,9	7,3	-	7,9
APA 1	6	6,8	7,4	-	-
APA 2	6,2	6,5	6,6	-	6,9
APA 3	8,4	8,3	8,2	-	8,5
PDL 1	5,9	6,8	-	-	-
PDL 2	5,4	6,3	6,2	-	6,3
PDL 3	8,4	8,3	8,5	-	8,4

Fonte: A autora (2020).

Considerando que o pH varia entre 0 (muito ácido) e 14 (muito básico), e o valor 7 considerado neutro, pode-se concluir que, em geral, os pontos a montante e a jusante da urbanização apresentaram valores mais ácidos de pH. Os valores para esses pontos variaram de 5,4 a 7,6. Grande parte dos resultados ficaram entre 6 e 7, isto é, valores levemente ácidos. Enquanto para 4 pontos teve-se valores levemente básicos. Os pontos coletados na foz deram todos básicos com valores entre 7,3 e 8,7, sendo que grande parte dos valores ficaram acima de 8,0. O mínimo total obtido foi 5,4 no rio Porto da Lagoa no e o máximo foi 8,7 no rio João Gualberto, ambos no dia 28 de novembro.

Através do gráfico 5, pode-se observar que entre nascente e jusante os valores são mais próximos, apesar de as nascentes apresentarem maiores faixas de dados. Porém, houve bastante discrepância entre rio e lagoa. Isso pode se dar devido à presença de maior atividade fotossintética no corpo lagunar. Com o enriquecimento de nitrogênio e fósforo no ambiente aquático, se elevam também as taxas de fotossíntese, o que faz com que diminua a concentração de gás carbônico (CO₂) na água, elevando o pH (Wetzel, 2001). A elevação da atividade fotossintética leva ao crescimento de clorofila na água devido ao crescimento do fitoplâncton. Essa afirmação condiz com as concentrações de clorofila discutidas no tópico 5.2.7, as quais têm as maiores concentrações no corpo lagunar. De forma contrária, o pH sofre redução quando há excesso de matéria orgânica devido à liberação de CO₂, por compostos orgânicos ácidos e decomposição (Marotta et al., 2008). Os pontos com elevação de nitrato podem representar a existência de maior matéria orgânica, em decorrência de despejos domésticos. Esses pontos foram em jusante do Apa e João Gualberto, onde ocorre queda no pH. Em águas paradas, especialmente, a decomposição da matéria orgânica das vegetações podem ocasionar a diminuição do pH também, o que explicaria os pH's ácidos para as nascentes.

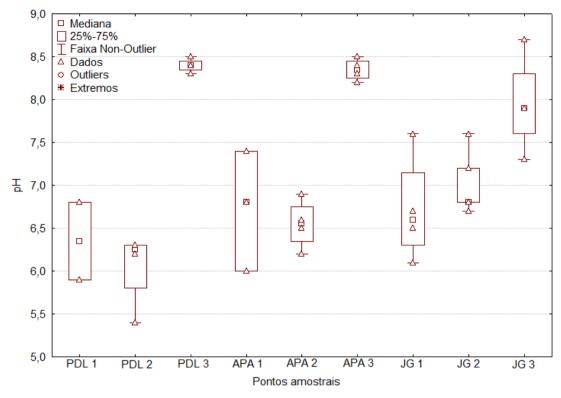


Gráfico 5: Box Plot valores de pH dos 3 rios ao longo do monitoramento

Conforme revisão bibliográfica, normalmente têm-se um ecossistema equilibrado à um pH neutro (CETESB, 2008) e espera-se pH na faixa de 4 a 9 em águas naturais (FINOTTI et al., 2009). De acordo com CONAMA 357/05, os limites para rio classe 2 ficam entre 6,0 e 9,0 e para águas salobras classe 1 é de 6,5 a 8,5. Apesar de todos os valores estarem na faixa esperada em águas naturais por Finotti (2009), deve-se atentar à legislação. Os pontos PDL 1 e PDL 2 no dia 28/11/2019 estão abaixo dos limites esperados do CONAMA. E, considerando-se a Lagoa da Conceição enquadrada como água salobra classe 2, o ponto JG 3, no dia 28/11/2019, excede o limite esperado para essas águas.

Souza (2018) encontrou valores variando entre 5 e 6,5 para os pontos de montante e jusante para os mesmos rios, sem ocorrência de pH básico, mostrados na tabela 15. Isto é, os valores encontrados no trabalho em questão apresentam uma amplitude muito maior de pH (5,4 a 8,7) do que o trabalho de Souza (2018). Esse fato pode ser devido ao maior número de coletas realizado e pelo período de dessas coletas.

Tabela 15: Dados pH trabalho Souza (2018)

Ponto	Campo 1	Campo 2	Campo 3
JG 1	5,81	5,79	5,44
JG 2	6,02	6,22	6,09
APA 1	6,55	6,35	5,86
APA 2	6,4	6,22	5,99
PDL 2	5,95	5,63	5,59

Fonte: Adaptado Souza (2018).

5.2.6 Oxigênio dissolvido

As concentrações de oxigênio dissolvido da água estão apresentadas na tabela 16. Como OD e temperatura tem uma correlação de forma indireta, os dados de temperatura estão na mesma tabela.

Tabela 16: Valores de OD (mg/L O2) e Temperatura (°C) medidos em campo nos pontos amostrais

Donto	28,29/11/20	1/2019	04/12	2/2019	19/12	19/12/2019		20201	27/01/2020	
Ponto	OD	Т	OD	Т	OD	Т	OD	Т	OD	Т
JG 1	6,9	20	4,4	20,1	8,0	21,3	7,9	20	8,6	22,2
JG 2	9,0	23,4	8,3	21,3	10,9	27,2	10,6	24,2	7,0	25
JG 3	12,3	29,2	8,4	23,7	6,2	28,1	27,9	27	5,0	30
APA 1	1,3	20,8	6,8	22,1	7,5	22,6	ı	-	ı	ı
APA 2	9,5	27,7	11,7	23,3	5,6	25,4	2,4	23,8	3,8	27
APA 3	8,5	29,1	10,4	25,1	8,6	27,4	6,7	26	11,5	30,8
PDL 1	6,4	21,6	4,6	21,8	ı	ı	1	-	ı	1
PDL 2	7,5	23,1	4,8	21,8	4,3	23	4,3	23	8,0	26,3
PDL 3	7,8	28,3	8,6	24	7,5	26,7	9,6	27,1	9,9	30,2

Fonte: A autora (2020).

A solubilidade do OD varia de maneira inversamente proporcional à temperatura e à salinidade. Os limites de solubilidade esperados, aproximadamente, para águas doces ao nível do mar são: 0°C = 15 mg/L; 20°C = 9,2 mg/L; 25°C = 9,0

mg/L e 35°C = 7 mg/L. De acordo com o CONAMA 357/05, tanto para águas doces classe 2, como salobras de classe 1, a concentração de OD deve ser maior que 5 mg/L O₂. Levando em conta essas informações, pode-se discutir os resultados obtidos.

As temperaturas variaram entre 20°C e 30,8°C, com média de 24,8°C. Os rios apresentaram variações semelhantes desse parâmetro e, em todos os casos, houve aumento da temperatura de montante para jusante, e deste para foz. As concentrações de OD variaram de 1,3 mg/L a 12,3 mg/L, com um valor destoante de 27,9 mg/L e média de 8 mg/L O₂, como pode ser visto no gráfico 6.

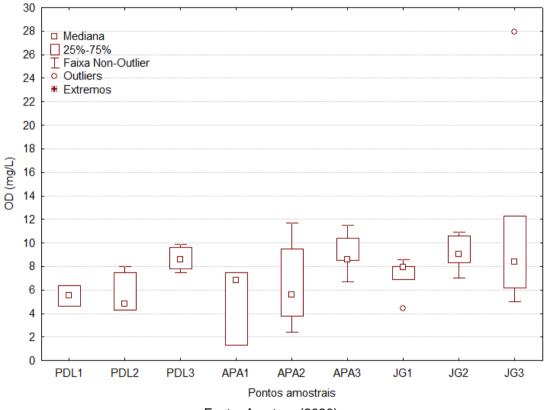


Gráfico 6: Box Plot das concentrações de OD (mg/L) dos 3 rios ao longo do monitoramento

Fonte: A autora (2020).

Através da tabela 16 e do gráfico 6, pode-se ver que a grande maioria dos campos, o valor de oxigênio dissolvido aumentou com o aumento da temperatura na água e as maiores concentrações de OD ocorreram no ponto da lagoa, onde a água é salobra. Isso não é o esperado ocorra em águas em condições normais, devido à relação inversa desses elementos com OD. Assim, têm-se um aumento de OD na água de nascente para jusante e deste para a lagoa. Isso ocorreu em 67% dos

casos, sendo 100% dos casos do PDL. As exceções ocorreram no JG no terceiro campo com diminuição de OD na foz e no quinto campo em que houve queda da concentração de oxigênio de montante até foz. E no Apa há diminuição de OD na foz em relação ao ponto à jusante nos dois primeiros campos, no entanto valores maiores que o ponto de montante. E no terceiro campo há diminuição de Apa 1 para Apa 2, no entanto volta a aumentar na lagoa com valor maior que a nascente.

Além disso, 76% dos valores dos rios estão abaixo das concentrações esperadas mencionadas anteriormente, para águas doces ao nível do mar, enquanto apenas duas medidas estão próximas ao esperado. Em relação ao CONAMA, 8 pontos ficaram abaixo do mínimo de 5 mg/L O₂. Desses, apenas 1 ponto no JG, na nascente. Outros 3 no Apa, sendo um nascente e outros dois a jusante. E 4 no PDL, sendo um na nascente e os outros 3 no ponto de jusante. No APA 1, a concentração de OD é muito baixa, menor que 2 mg/L, caracterizando condição de hipóxia.

De forma geral, através do gráfico 6, conclui-se que a concentração de OD aumenta da nascente para foz em todos os rios. As baixas taxas de oxigênio dissolvido na água podem indicar excesso de matéria orgânica no ambiente, consumindo O2 na respiração. Essa elevada carga de matéria orgânica pode ser consequência de lançamentos de esgoto doméstico no rio, o que poderia explicar as taxas baixas para o ponto de jusante. No entanto, para este trabalho, as concentrações mais baixas ocorrem na nascente, o que é incomum, podendo-se constatar através da tabela 17, com os dados de Souza (2018), que teve as maiores concentrações para as nascentes. Uma possível explicação para isso é que as coletas nestes pontos foram realizadas em dias com água basicamente parada, podendo não causar situação propícia para a diluição do OD. Em ambientes com água parada estratificados, a ocorrência da quebra da estratificação pode resultar na mistura do corpo hídrico e a ressuspensão de matéria oxidável sedimentada. Nesses casos a concentração de OD pode diminuir atingindo valores crítico, o que não tem relação com processos antrópicos de poluição. Já os maiores valores de OD na lagoa podem indicar uma alta atividade fotossintética, liberando O2 na água, e causando também o aumento na concentração da clorofila. Outra possibilidade para os valores de OD maiores nas fozes seria a ocorrência, em alguns dias de ventos intensos, ocasionando a diluição de oxigênio na camada superficial do corpo hídrico. No item 5.2.7, os valores de clorofila para a foz ratificam essa possibilidade, assim como os valores de pH mais elevados para foz.

Tabela 17: Dados OD (mg/L O2) trabalho Souza (2018)

Ponto	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
JG 1	8,90	7,80	8,90
JG2	8,10	7,70	7,70
APA 1	8,80	8,10	7,30
APA 2	6,20	8,30	7,60
PDL 2	6,10	6,10	5,90

Fonte: Adaptado Souza (2018).

5.2.7 Clorofila-a

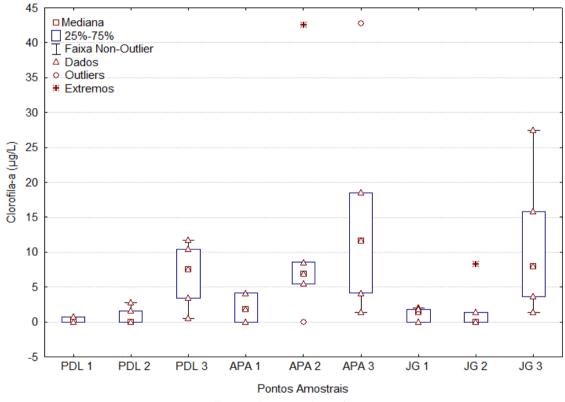
As concentrações de clorofila-a encontradas neste trabalho estão dispostas na tabela 18 e no gráfico 7, na qual é possível visualizar de maneira mais clara o comportamento desse parâmetro ao longo dos rios e entre os mesmos. Pode-se concluir, pela análise da tabela e do gráfico, que as menores faixas da concentração de clorofila-a ocorrem a montante, enquanto as maiores ocorrem na foz. Ainda, as maiores faixas de concentração acontecem no rio João Gualberto e no Apa, sendo o maior valor encontrado para o APA 3 de 42,73 μg/L de Clorofila. O rio João Gualberto apresentou valores entre 0 e 27,46 μg/L, sendo o valor mínimo na jusante e máximo na foz. O Apa teve valores entre 0 e 42,72 μg/L, com mínima em montante e máxima na foz também. O PDL apresentou valores entre 0 e 11,67 μg/L, com, também, mínima e máxima na nascente e foz respectivamente. Além disso, o Apa apresentou valores elevados para o ponto de jusante, ao contrário dos demais rios, com média de 7 μg/L e tendo um valor extremo de 42,46 e mínimo outlier de 0 μg/L. E o JG2 apresentou uma concentração de 8,24 μg/L no dia 19/12, sendo valor extremo para esse ponto

Tabela 18: Valores obtidos de Clorofila-a (µg/L)

Ponto	28,29/11/2019	04/12/2019	19/12/2019	16/01/2020	27/01/2020
JG 1	2,06	0	1,41	1,83	0
JG 2	1,37	0	8,24	0	0
JG 3	1,37	15,79	3,66	27,46	7,93
APA 1	1,83	4,12	0	-	-

Ponto	28,29/11/2019	04/12/2019	19/12/2019	16/01/2020	27/01/2020
APA 2	6,87	8,54	0	5,49	42,56
APA 3	4,12	11,59	18,54	42,72	1,37
PDL 1	0,69	0	-	-	-
PDL 2	1,57	0	0	0	2,75
PDL 3	3,43	0,55	10,37	11,67	7,55

Gráfico 7: Box Plot concentrações de Clorofila-a (µg/L) dos 3 rios ao longo do monitoramento



Fonte: A autora (2020).

Segundo os dados obtidos por Souza (2018), mostrados na tabela 19, a maior concentração de clorofila ocorreu na jusante do rio Apa, seguido do ponto de jusante do João Gualberto. Esses resultados condizem com a maior concentração de clorofila acontecer no Apa. No entanto, seus resultados deram muito menores aos deste estudo e apresentam pouca variabilidade. Essa grande diferença nas concentrações da clorofila-a podem ser explicadas pelo fato deste estudo ter sido realizado em um período de estiagem e elevadas temperaturas, no qual a concentração dos nutrientes aumenta, elevando os valores de clorofila. De fato, o

trabalho de Souza apresentou valores reduzidos também de NID, em comparativo com o trabalho em questão, podendo ser a razão pelo valor reduzido de clorofila-a.

Tabela 19: Dados Clorofila-a Souza (2018) (µg/L)

Ponto	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3		
JG 1	0,44	0,56	0,07		
JG 2	0,41	0,43	0,30		
APA 1	0,27	0,13	0,13		
APA 2	5,89	1,15	0,48		
PDL 2	0,20	0,14	0,22		

Fonte: Adaptado Souza (2018).

Segundo CONAMA, para águas doces classe 2, o valor máximo de clorofilaa deve ser 30 µg/L. Nessa condição, apenas o ponto APA 2, no dia 27/01/2020 excede o limite. Para águas salobras classe 1, não foram dados limites para clorofila-a.

A intensificação da concentração da clorofila na água pode ser dar devido a um aumento de nutrientes, que favorecem o desenvolvimento de algas, as quais acarretam numa elevação da atividade fotossintética, que aumenta o processo de eutrofização e a concentração clorofila. As elevadas cargas de NID que chegam à lagoa, calculados no item 5.3, podem justificar o nitrogênio como principal nutriente causando o aumento da clorofila. As maiores cargas são no rio João Gualberto e Apa, assim como as concentrações de clorofila. Apesar de as maiores cargas de NID serem do rio JG, é a foz do Apa que tem maior concentração de clorofila. Isso pode ser explicado pela hidrodinâmica da lagoa, mostrada na figura 5, que apresenta giros ciclônicos na foz do Apa que resultam na ressuspensão dos nutrientes dissolvidos do fundo para a superfície, onde é esperado um incremento de produtividade primária.

É interessante relatar que nas primeiras semanas de janeiro de 2020 ocorreu um evento de floração na Lagoa da Conceição, mostrado na figura 16, em decorrência de um processo de eutrofização causado pelo lançamento de esgoto doméstico. Esse fato valida os resultados obtidos nesse trabalho de elevadas concentrações de clorofila, de acordo com a informação anterior.

Figura 16: Evento de floração na Lagoa da Conceição em janeiro de 2020

Fonte: A autora (2020).

5.3 CARGA DE NUTRIENTES

Neste tópico são calculadas as cargas de contribuição antrópica diária para os parâmetros de nitrogênio inorgânico dissolvido e fósforo total, para cada rio em cada campo. Os resultados estão apresentados nas tabelas 20 e 21. Para os rios Apa e João Gualberto têm-se as cargas antrópicas, enquanto para o porto da lagoa tem-se a carga total, que é a soma da antrópica com a natural.

PDL **APA** Rio JG CJ CJ CM CA CM CA CM CJ CT Data/ cargas (kg/d) (kg/d) (kg/d) (kg/d) (kg/d) (kg/d) (kg/d) (kg/d) (kg/d) 28,29/11/2019 0,08 38,9 38,8 0,01 1,54 1,53 0,03 0,10 0,10 04/12/2019 0,01 68,2 68,1 0 1,13 1,13 0,04 0,02 0,02 65,4 19/12/2019 0,04 65,38 0,03 2,26 2,23 1,09 1,09 134,43 16/01/2020 0,08 134,3 2,78 2,78 2,56 2,56 27/01/2020 0.03 46,03 0,78 0.78

Tabela 20: Valores de carga para NID (kg/d)

CM = Carga a montante; CJ = Carga a jusante; CA = Carga antrópica; CT = Carga total.

Fonte: A autora (2020).

É de fácil percepção que o rio João Gualberto é o maior contribuinte de carga de NID, apresentando um valor máximo de 134,3 kg/dia e um mínimo de 38,8 kg/dia. O rio Apa foi a segunda menor contribuição, igualmente aos resultados da concentração de NID, no entanto com valores muito menores do que do João Gualberto, sendo o maior valor de 2,78 kg NID/dia e o mínimo de 1 kd/dia. O PDL apresentou um valor máximo de 2,56 kg/dia e mínimo de 0,02 kg/dia. Os valores máximos para cada rio ocorreram todos no dia 16 de janeiro. Esta data foi o segundo dia com maior precipitação antecedente em um período de 7 dias. Além disso, ocorreu chuva por 11 dias consecutivos, apesar de pouca, depois de um período de 10 dias sem chover. Pode ter ocorrido um acúmulo de nutrientes, seguido de um arraste pela chuva.

Tabela 21: Valores de carga para fósforo total (kg/d)

Rio	JG			АРА			PDL		
Data/ cargas	CM (kg/d)	CJ (kg/d)	CA (kg/d)	CM (kg/d)	CJ (kg/d)	CA (kg/d)	CM (kg/d)	CJ (kg/d)	CT (kg/d)
28, 29/11/2019	0	0	0	0	0,02	0,02	0	0	0
04/12/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/12/2019	0,02	0	0	0	0,02	0,02	-	0,13	0,13
16/01/2020	0	0,48	0,48	-	0,03	0,03	-	0	0
27/01/2020	0	0	0	-	0,07	0,07	-	0,10	0,10

CM = Carga a montante; CJ = Carga a jusante; CA = Carga antrópica; CT = Carga total.

Fonte: A autora (2020).

As cargas de fósforo total deram, na sua maioria, valores entre 0 e 0,07. Os maiores valores obtidos foram de 0,10 e 0,13 no rio do Porto da Lagoa, e de 0,48 kd/dia no rio João Gualberto. Este valor máximo no JG ocorreu também no dia 16 de janeiro, em concordância ao explicado para o NID. O rio Apa apresenta os menores valores de carga para este parâmetro.

O João Gualberto apresenta a maior área de sub-bacia e a maior área urbanizada. Além disso, sua área de contribuição do ponto de jusante foi calculada como de 7,84 Km₂, enquanto do Apa foi de 1,42 Km₂ e do PDL de 2,10 Km₂. Ainda, o rio JG é de importante contribuição hidrológica, sendo o maior afluente da Lagoa

da Conceição, segundo Bier (2013), apresentando as maiores vazões entre os rios estudados. Por esses motivos, apresenta as maiores contribuição de carga antrópica afluente no corpo lagunar e possui grande influência na sua qualidade d'água. A sub-bacia do Porto da Lagoa, apesar de apresentar a maior urbanização (28%) entre as demais sub-bacias, sua urbanização não acompanha todo o trajeto do rio, como acontece no Apa e João Gualberto, possivelmente por isso sua carga antrópica é relativamente menor.

5.4 TRIX

Os cálculos dos índices tróficos (TRIX) foram realizados, como mencionado, utilizando os valores de NID, fósforo total, clorofila-a e de oxigênio saturado absoluto. Os resultados encontrados estão na tabela 22.

Ponto 28,29/11/2019 04/12/2019 19/12/2019 16/01/2020 27/01/2020 JG 1 0 3,64 8,04 3,20 4,43 JG 2 4,60 1,66 5,35 1,52 6,38 JG 3 2,59 2,97 9,84 10,28 9,20 APA 1 4,85 3,07 3,16 APA 2 9,74 4,85 5,70 9,12 10,91 APA 3 9,24 3,58 2,89 4,92 7,92 PDL 1 7,05 0,71 PDL 2 0 4.76 2.47 0.16 8,15 PDL 3 2.06 3,70 2.96 9,10 8,79

Tabela 22: Índice de estado trófico (TRIX)

2-4 (Alto)
 <2 (Excelente)
 4-5 (Bom)
 5-6 (Moderado)
 6-10 (Pobre)
 Fonte: A autora (2020).

Através da análise da tabela, pode-se ver que os valores mais baixos de TRIX ocorreram entre os dias 28/11 e 04/12/2019, de 0 a 4,85 ocorrendo 16 vezes. Isto é, de 18 dados, 16 apresentaram estado trófico de excelente a bom. Apenas os pontos APA 2 e PDL 1 apresentaram estado trófico na faixa do eutrófico (pobre). Esses dois pontos apresentaram água bastante parada e parecendo ter matéria orgânica. Os valores mais elevados do TRIX ocorreram com mais frequência nos

campos a partir de 19/12/2019 até o último campo, em janeiro. Nesse período, de 22 dados, 11 deram estado eutrófico e 2 moderados. Apenas 4 deram excelente ou alto. Isso pode ser um grande indicativo da influência da população flutuante de verão, acarretando em um aumento da concentração de nutrientes decorrente do lançamento de esgoto doméstico irregular no ambiente aquático. De maneira geral, a classificação de TRIX mais frequente foi eutrófico (pobre), representando condições de ambiente com produtividade primária e concentração de nutrientes muito altas. A partir do gráfico 8, torna-se mais fácil discutir os resultados entre montante, jusante e foz e entre rios.

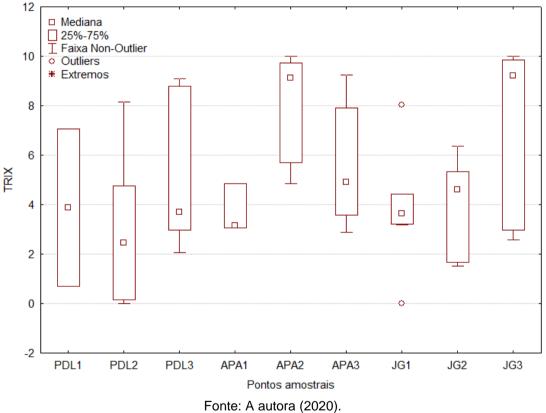


Gráfico 8: Valores de TRIX para todos os pontos

Os pontos de montante apresentam, de maneira geral, valores mais baixos para o índice trófico, isto é, de excelente a bom. O ponto de montante do PDL apresentou 1 resultado pobre. E os pontos na foz apresentaram os valores mais altos e também no o ponto de jusante do Apa, representando ambientes eutróficos. O rio João Gualberto e o Apa apresentaram o estado eutrófico, por ter sido o resultado mais frequente para os mesmos. O PDL teve as maiores ocorrências, de mesma frequência, para o estado eutrófico e para estado oligotrófico (alto).

O gráfico 9 apresenta a relação do TRIX com o grau de urbanização. É possível observar que as nascentes não urbanizadas, apesar de apresentarem outliers, possuem valores menores que jusante urbanizada e foz. E, apesar de não ter dados suficientes para nascente do PDL, pode-se observar uma faixa de valores bem grande para este ponto, que é uma nascente urbanizada, ao contrário das nascentes não urbanizadas. Também, obteve-se valores maiores dos jusantes de João Gualberto e Apa em comparação à jusante do PDL. Esses dados demonstram que o grau de urbanização está relacionado diretamente ao índice trófico dos corpos hídricos analisados.

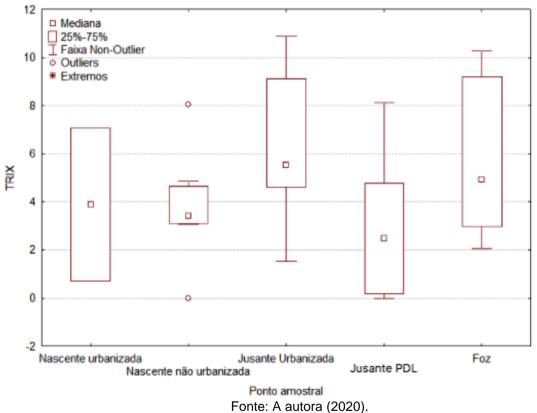


Gráfico 9: Relação TRIX x Urbanização

Fonte: A autora (2020).

Assim, o ponto de nascente do PDL pode ter apresentado valores elevados por possuir influência da urbanização, enquanto os pontos de nascente do JG e Apa não têm. Já as ocorrências de estado eutrófico para JG e Apa acontecem com maior frequência, pode ser justificada pela elevada urbanização no entorno do rio, enquanto o PDL apresenta mais áreas não urbanizadas.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que o objetivo geral, de avaliação da qualidade das águas de rios urbanizados, foi atingido.

Na análise do regime pluviométrico foi constatado que, no período de estudo e meses antecedentes, a precipitação foi abaixo da média histórica, indicando um período de acentuada estiagem. Ademais, para os dias de coleta e dias antecedentes, houve baixíssima precipitação. Isto, aliado ao pequeno tamanho das bacias e baixos tempos de concentração das mesmas, indicam baixa influência da precipitação na geração de escoamento superficial e consequente carreamento de poluentes, no dia em que foram realizadas as coletas de amostras de água.

Em relação aos parâmetros de qualidade d'água analisados, observou-se que todos eles saíram dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 em pelo menos um ponto. Nos resultados destacou-se o NID, apresentando valores elevados com média de 14,21 mg/L na jusante do rio João Gualberto e média de 3,7 mg/L na jusante do Apa. Os valores elevados de NID são decorrência dos valores elevados de nitrato. O oxigênio dissolvido apresentou valores baixos e abaixo do mínimo estabelecido pelo CONAMA, em pontos de montante e jusante, o que é incomum. As concentrações de clorofila-a foram elevadas nas fozes dos rios, principalmente na foz do Apa. Também apresentou maiores concentrações para jusante do Apa. Essas elevadas concentrações de clorofila-a na foz do Apa, especialmente, podem ser explicadas pela hidrodinâmica dessa região. A presença de giros ciclônicos ocasiona a ressuspensão de nutrientes dissolvidos do fundo para a superfície, onde é esperado um incremento de produtividade primária. Os valores de nitrito, amônia, fósforo e pH não apresentaram resultados muito fora dos limites CONAMA.

Concluiu-se que o rio João Gualberto é o maior contribuinte de carga antrópica na Lagoa da Conceição, com máximo de 134,3 kg/dia de NID e 480 g/dia de fósforo total. Isso se dá devido à sua maior área contribuinte, maior área urbanizada e suas maiores vazões. Futuras alterações das ocupações das bacias, como aumento da urbanização, ocasionarão o aumento das cargas e um maior impacto na qualidade da água da bacia.

Quanto ao índice de estado trófico, o João Gualberto e Apa apresentaram maiores valores de estado eutrófico (pobre), enquanto Porto da Lagoa teve mesma frequência de eutrófico e oligotrófico (alto). Pode-se notar também que os rios

apresentaram maior ocorrência de estado trófico de excelente a bom nos primeiros campos antes da alta temporada de verão. Já os valores mais elevados do TRIX, de moderado à pobre, ocorreram com mais frequência nos campos durante a alta temporada, mostrando influência da população flutuante na qualidade d'água. Houve, ainda, diferenças entre as nascentes não urbanizadas e os pontos de jusante e foz, apresentando valores mais baixos geralmente para nascente.

Com base no exposto, conclui-se que a sub-bacia do João Gualberto tem o maior impacto sobre a qualidade dos corpos hídricos. Isso se dá por ser a maior sub-bacia, com maior área urbanizada, na qual há diversas atividades de agricultura e criação de gados e sem sistema de abastecimento sanitário. Além disso, apresentam as maiores vazões dentre os rios estudados, acarretando na maior carga afluente na lagoa.

O Apa, apesar de não ter a maior área urbanizada e possuir sistema de esgotamento sanitário, apresentou os segundos maiores resultados. Isso pode ser explicado por ser um rio de baixas vazões, a menor entre os rios estudados, causando a concentração dos nutrientes no mesmo. Pode haver também influência de ligações inadequadas à rede de esgoto. Ainda, sua foz é influenciada pela hidrodinâmica da laguna com giros ciclônicos, não dispersando os nutrientes. É uma sub-bacia que deve ser estudada com mais atenção em estudos futuros.

A sub-bacia do Porto da Lagoa, apesar de não apresentar dados necessariamente bons, não apresentou resultados significativos em relação às outras sub-bacias.

Ademais, esse trabalho foi realizado em um período crítico de alta temporada associado à uma estiagem extrema. Por isso não apresentam, necessariamente, dados recorrentes da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição. Sugere-se para estudos futuros, para maior detalhamento do comportamento da bacia da Lagoa da Conceição, que sejam feitas mais análises em diferentes períodos do ano, abrangendo períodos chuvosos e pouca chuva, com população regular, etc. Ainda, podem ser avaliados mais parâmetros como DBO, coliformes e silicato.

Por fim, a execução do trabalho apresentou fatores limitantes que não permitiram maiores quantidades de saídas de campo e análises laboratoriais. Um fator foi a disponibilidade de aparelhos para medições em campo, pois eram emprestados por três laboratórios diferentes. Outro fator limitante foi de reagentes

químicos e disponibilidade de aparelhos de laboratório, devido à dificuldade de compra ou empréstimo.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). (2005) **Standard Methods for the Examination Water and Wastewater.** 21st ed. Washington: APHA. 1083 p.
- ARCARI, T. L. Estimativa de cargas de E. coli e análise espaço-temporal da balneabilidade na Lagoa da Conceição, Florianópolis-SC. 2015. 83 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005.
- BIER, F. B. Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis SC. 115 p., Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.
- BRAILE, P. M., CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1979. 764p.
- BRANDÃO, C. J. et al. (Org.). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras:** água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 325 p. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>. Acesso em: fev. 2014
- BRASIL, Lei. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Publicado no DOU em, v. 2,1981.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução 357, de 17 de março de 2005.** Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, 2005. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: jan. 2020.
- BUZELLI, G.M; CUNHA-SANTINO, M.B. **Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP.** Rev. Ambient. Água, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, Apr. 2013. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2013000100014&Ing=en&nrm=iso. Acesso em janeiro 2020.
- CARAPETO, C; **Poluição das águas:** Causas e efeitos. Lisboa : Universidade Aberta, 1999. 241 p.
- CARUSO, G.; et al. Assessment of the ecological status of transitional waters in Sicily (Italy): first characterisation and classification according to a multiparametric approach. Marine Pollution Bulletin, v.60, p.1681-1690, 2010.

CAMPANÁRIO, P. Florianópolis: dinâmica demográfica e projeção da população por sexo, grupos etários, distritos e bairros (1950-2050). Prefeitura de Florianópolis: Instituto de Planejamento de Florianópolis (IPUF), 2007.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. L5.306: **Determinação de Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométrico**. 3 ed. São Paulo: CETESB, 2014. Disponível em https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/L5306.pdf>. Acesso em: novembro 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. L5.202: Coliformes totais, coliformes termotolerantes e Escherichia coli - Determinação pela técnica de tubos múltiplos. 5 ed. São Paulo: CETESB, 2018. Disponível em https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/Para-enviar-ao-PCSM_-NTC-L5.202_5aed-_dez.-2018.pdf. Acesso em outubro 2019.

CONSELHO ESTADUA DE RECURSOS HÍDRICOS (CERH). Resolução n.001, de 24 de julho de 2008.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Monitoramento de** *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes em pontos da rede de avaliação da qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2008. Disponível em https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/2008-ecoli.pdf. Acesso em outubro 2019.

DE SOUZA, M.L. Diagnóstico da qualidade de água de rios com níveis distintos de urbanização na bacia da Lagoa da Conceição em Florianópolis (SC). 112 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Indicadores da qualidade da água.** 2002.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2011. 826 p

FINOTTI, A. R., FINKLER, R., SILVA M. D'A., CEMIN, G. Monitoramento de recursos hídricos em áreas urbanas. Educs, Caxias do Sul, 2009.

FLORIPA SE LIGA NA REDE. **Relatório parcial:** maio de 2017.Prefeitura Municipal de Florianópolis (PMF). Florianópolis, 2017. Disponível em < http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/07_03_2018_15.54.14.ce183724a36 be6f71dbe305694466427.pdf >. Acesso em fevereiro 2020.

FONTES, M.L.S. Breve estudo espaço-temporal e de impacto do feriado de carnaval e de corpus christi sobre variáveis ambientais nas águas da Lagoa da Conceição - Florianópolis. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2004.

- GÓMEZ, R. C. C.; GÓMEZ, M. A. M.; BULGAKOV, S. N. Efectos de los vórtices en sistemas acuáticos y su relación con la química, biología y geología. Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América, v. 33, n. 10, p. 741-746, 2008.
- GUIMARÃES, T.B. Florística e fenologia reprodutiva de plantas vasculares na restinga do parque municipal das dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal. Florianópolis, 2006.
- HAUFF, S.N; **Diagnóstico ambiental integrado da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição Florianópolis, SC.** Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Geografia, Florianópolis, 1996.
- IAURIF. *L'eau, la ville et l'urbanisme. Cahiers de l'IAURIF*, Paris, v. 116, 204p., 1997.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados do Censo Demográfico 1990.** Rio de Janeiro, RJ. IBGE. 1991.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados do Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro, RJ. IBGE. 2011.
- JORDÃO, E.P; PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 4ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 932p. 1995.
- KERN, P. Estimativa de fluxos na interface sedimento-água em diferentes regiões da laguna subtropical: Lagoa da Conceição Florianópolis/SC. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2019.
- LORENZEN, C.J. *Determination of chlorophyll and pheo-pigments:* Spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr., v.12, p.343-346. 1967.
- MACHADO, M.A. Avaliação da influência do crescimento populacional na qualidade da água da Lagoa da Conceição, Florianópolis SC. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, 2019.
- MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. Ambiente & Sociedade, Campinas, v. 11, n. 1, p. 67-79, 2008.
- MARTINS, C.M. Análise quantitativa da contribuição antrópica de drenagem fluvial na Lagoa da Conceição SC. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Universidade Fderal de Santa Catarina, Departamento de Oceanografia. Florianópolis, 2016.

- MPB ENGENHARIA. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico** Florianópolis SC. Florianópolis, SC. 2010
- NASROLLAHZADEH, H.S., et al. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. Continental Shelf Research. v. 28, p. 1153-1165, 2008.
- NETO, V.B. Caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição Florianópolis -SC. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, 2007.
- ODRESKI, L.F.R. Influência Hidrológica nos processos hidrodinâmicos da Lagoa da Conceição Florianópolis SC. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.
- PAIVA, J.B.D; PAIVA, E.M.C.D. **Hidrologia Aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** 2ª reimpressão rev. aum. da 1ª ed. Porto Alegre: ABRH, 2016.
- PENNA, S.N.; CAPELLACCI, S,; RICCI, F. The influence of the Po River discharge on phytoplankton bloom dynamics along the coastline of Pesaro (Italy) in the Adriatic Sea. Marine Pollution Bulletin, v.48, p.321-326, 2004.
- RUPP, R.F. Conforto térmico humano em edificações de escritórios localizados no clima subtropical úmido de Florianópolis/SC. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018.
- SANDERS, T. G. et al. **Design of networks for monitoring water quality.** Denver, Estados Unidos: Water Resources Publications, LLC, 1983.
- SANTANA, Paula Lidia. **Modelagem Hidráulico-Hidrológica para Análise da Vazão Ecológica do Rio do Meio no Campus da UFSC.** 2019. 86 f. TCC (Graduação) Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.
- SANTOS, V.D. **Disposição de efluentes tratados em uma lagoa de evapoinfiltração.** 2018. 148p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2018.
- SILVA, J. C. Análise numérica da influência do rio João Gualberto sobre a hidrodinâmica residual da Lagoa da Conceição. Florianópolis SC. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2010.
- SILVA, J. C. Análise numérica da influência dos aportes fluviais e antrópicos sobre a hidrodinâmica residual e a qualidade da água da Lagoa da Conceição-

Florianópolis-SC. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2013.

SILVA, V. E. C. Análise espaço temporal do estado trófico de uma laguna costeira subtropical: Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2016.

THOMANN, R.V.; MUELLE, J.A. Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. 644 p. Harper-Collins, New York, 1987

VOLLENWEIDER, R.A. et al. Characterization of the conditions of marine coastal water with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Environmetrics: The official journal of the International Environmetrics Society, v.9, n.3, p.329-357, 1998.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais: 1996

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de **esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. *Limnological Analyses:* Springer-Verlag. 1991. 391 p.

WETZEL, R. G. Limnology. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.

APÊNDICE A - Resultados série nitrogenado para todos os rios monitorados

Rio		JG			АРА			PDL			
Data	Pto	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₃	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₃	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₃	
29/11/19	М	0,023	0,77	0,005	0,018	0,18	0,005	0,025	0,56	0,02	
	J	0,027	11,63	0,03	0,20	4,57	0,04	0,031	0,04	0,005	
26	F	0,025	0,08	0,03	0,08	0,26	0,035	0,024	0,08	0	
6	М	0,024	0,09	0	0,12	0	0,01	0,023	1,75	0	
04/12/19	J	0,031	17,9	0	0,11	3,21	0,04	0,024	0	0	
04	F	0,023	0	0	0,03	0	0	0,01	0,07	0	
6	М	0	0,27	0	0,011	0,67	0	-	-	-	
19/12/19	J	0,001	11,89	0	0,05	4,54	0	0	0,4	0	
18	F	0,022	7,88	0,02	0,015	1,21	0,01	0	0,19	0	
0;	М	0	0,32	0,01	-	-	-	-	-	-	
16/01/20	J	0	16,81	0,01	0,08	2,66	0,04	0	0,5	0,01	
16	F	0,003	1,45	0,01	0,002	0,73	0,01	0	0,87	0,025	
0;	М	0	0,26	0,01	-	-	-	-	-	-	
27/01/20	J	0,025	12,68	0,015	0,001	3,03	0,01	0	0,40	0,01	
27	F	0	1,84	0,01	0	0,35	0	0	0,22	0	