

FRANCINE SCHMOELLER

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PARATI
EM ARAQUARI - SC**

JOINVILLE – SC

2017

FRANCINE SCHMOELLER

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PARATI
EM ARAQUARI - SC**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Saúde e Meio Ambiente, na Universidade da Região de Joinville. Orientador: Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger.

JOINVILLE – SC

2017

Catálogo na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

Schmoeller, Francine

S356c Caracterização da qualidade da água do Rio Parati em Araquari - SC/ Francine Schmoeller; orientador Dr. Gilmar Sidnei Erzinger. – Joinville: UNIVILLE, 2017.

85 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente – Universidade da Região de Joinville)

1. Água – Qualidade – Araquari (SC). 2. Parati, Rio (SC). 3. Toxicologia ambiental. I. Erzinger, Gilmar Sidnei (orient.). II. Título.

CDD 628.16

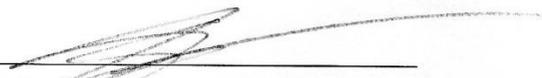
Termo de Aprovação

“Caracterização da Qualidade da Água do Rio Parati em Araquari - SC”

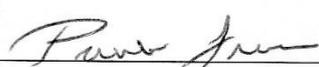
por

Francine Schmoeller

Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestre em Saúde e Meio Ambiente, área de concentração Saúde e Meio Ambiente e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente.

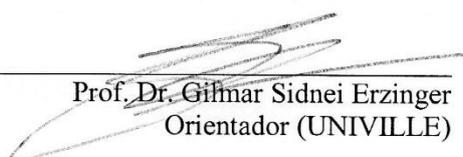


Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger
Orientador (UNIVILLE)



Prof. Dr. Paulo Henrique Condeixa de França
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger
Orientador (UNIVILLE)



Prof. Dr. Adriano Weidner Cacciatori Marenzi
(UNIVALI)



Prof. Dr. Luciano Lorenzi
(UNIVILLE)

Joinville, 20 de fevereiro de 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pela vida e pela oportunidade de cursar o mestrado. Agradeço ainda pela orientação recebida durante toda minha vida, e na elaboração dessa dissertação.

Agradeço ao professor Gilmar S. Erzinger por ter me escolhido para entrar no programa de mestrado, pela orientação recebida dele e pelos conhecimentos compartilhados.

Agradeço aos meus pais Rudnei e Mirian o apoio recebido durante todos os anos de estudo, e a liberdade de poder escolher a área profissional. Agradeço ao meu irmão Lucas pelo auxílio prestado por tantas vezes na logística e na informática. E principalmente, agradeço ao meu namorado Thiago, que com muito amor e paciência me incentivou e apoiou nessa trajetória.

Agradeço as várias pessoas que contribuíram durante o mestrado e estiveram envolvidas nesse trabalho, colegas de classe, professora Cynthia, Lineu, Mateus, Bruna, o Laboratório Acquaplant e Amvali pela ajuda prestada nos momentos certos.

Agradeço aos meus familiares e amigos, que, antes mesmo de começar o mestrado, já me incentivavam e animavam.

E por fim, agradeço a Univille e a CAPES a oportunidade concedida.

RESUMO

As modificações ambientais decorrentes do processo antrópico impõem taxas incompatíveis com a capacidade de suporte dos ecossistemas. Entre elas tem-se a poluição das águas. O objetivo geral dessa pesquisa foi caracterizar a qualidade da água do Rio Parati, localizado no Município de Araquari/SC. Os objetivos específicos foram determinar o Índice de Qualidade da Água, os principais poluentes encontrados no Rio Parati e verificar a toxicidade da água utilizando *Daphnia magna*. O município de Araquari não possui rede coletora de esgoto sanitário e estações de tratamento desse efluente. Foram selecionados 4 pontos amostrais, 3 localizados no Rio Parati e um localizado em um Canal Afluente. As coletas de água foram realizadas entre fevereiro e outubro de 2016. As coletas de água para os testes físico-químicos foram realizadas com a colaboração de técnicos do Laboratório Acquaplant Ltda, e as coletas para os testes ecotoxicológicos foram realizados pela própria pesquisadora. As análises realizadas em campo no momento das coletas foram: oxigênio dissolvido, pH e temperatura. O laboratório Acquaplant realizou as análises dos parâmetros físico-químicos e de metais, e os ensaios com *Daphnia magna* foram realizados pela pesquisadora no Laboratório de Ecotoxicologia e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE. Nos ensaios agudos foram expostos organismos jovens a amostras de água do Rio Parati por um período de 48h, analisando sua letalidade. As diluições utilizadas foram o controle, 100%, 75%, 50% e 25%. Nos ensaios crônicos foram expostos organismos jovens a amostras de água do Rio Parati por um período de 21 dias, observando a letalidade e o número de filhotes. Os valores obtidos para salinidade demonstraram que o Ponto de coleta 01 e Afluente não apresentavam salinidade, e o Ponto de coleta 02 e 03 apresentaram valores de salinidade variável. Estes valores demonstraram a influência das marés, enquadrando o Rio como de águas salobras. Entre os parâmetros físico-químicos e biológicos, quatro não atenderam a legislação: pH, nitrogênio, fósforo e coliformes fecais. Estes últimos indicam a presença de matéria orgânica oriunda do esgoto doméstico no Rio Parati. Os demais parâmetros físico-químicos estão em conformidade com a legislação. Dos 24 parâmetros de metais analisados, alumínio, boro, ferro, manganês e níquel apresentaram valores em desconformidade. Os demais metais analisados não apresentaram inconformidades com a legislação vigente. Dos parâmetros analisados para o Canal Afluente, seis estão em desconformidade com a legislação: fósforo, nitrogênio, coliformes fecais, alumínio, ferro e manganês, indicando também presença de esgoto doméstico. O IQA médio para o Rio Parati foi de 45,75 enquadrando-o na categoria “Razoável”. A salinidade impediu a realização do ensaio agudo com *Daphnia magna* para os Pontos 2 e 3. Nos Pontos 1 e Afluente, o ensaio demonstrou que o Rio não se classifica como impróprio. De forma semelhante, não foi possível realizar o ensaio crônico nos pontos 1 e 3. Nos Pontos 2 e Afluente, os organismos sobreviveram até o final do ensaio. Recomenda-se a realização de trabalhos futuros para o acompanhamento da qualidade da água e a utilização de ensaios ecotoxicológicos mais apropriados conforme a salinidade encontrada.

Palavras chave: Rio Parati, Qualidade de Água, Ecotoxicologia, *Daphnia magna*.

ABSTRACT

The environmental modifications resulting from the anthropic process impose rates that are incompatible with the capacity of ecosystems to support them. These include water pollution. The general objective of this research was to characterize the water quality of the Parati River, located in the Municipality of Araquari / SC. The specific objectives were to determine the Water Quality Index, the main pollutants found in the Parati River and to verify the toxicity of water using *Daphnia magna*. The municipality of Araquari does not have a sanitary sewage collection system and treatment plants for this effluent. Four sample points were selected, three located in the Parati River and one located in an Affluent of Parati River. The water samples were collected between February to October 2016. The water samples for the physical-chemical tests were performed with the collaboration of technicians from Acquaplant Ltda Laboratory, and the collections for the ecotoxicological tests were carried out by the researcher. Analyzes performed in the field at the time of sampling were: dissolved oxygen, pH and temperature. The laboratory Acquaplant performed the physical-chemical and metal effects analyzes, and *Daphnia magna* tests were performed by the researcher at the Laboratory of Ecotoxicology and Environment of the University of the Region of Joinville - UNIVILLE. In the acute test, young organisms were exposed to water samples from the Parati River for a period of 48 hours, analyzing their lethality. The dilutions used were the control, 100%, 75%, 50% and 25%. In the chronic study the young organisms were exposed to water samples from the Parati River for a period of 21 days, observing a lethality and a number of pups. The values obtained for salinity showed that Point 01 and Affluent of Parati River had no salinity, and Point 02 and 03 presented values of variable salinity. These values demonstrate an influence of the tides, framing the river as brackish waters. Among physico-chemical and biological parameters, four did not meet the legislation: pH, nitrogen, phosphorus and fecal coliforms. The latter indicate the presence of organic matter from the domestic sewage in the Parati River. The other physico-chemical parameters are in compliance with the legislation. Of the 24 parameters of metals analyzed, aluminum, boron, iron, manganese and nickel presented nonconformity values. The other metals analyzed did not present nonconformities with the current legislation. Of the analyzed parameters for the Affluent of Parati River, six are in disagreement with the legislation: phosphorus, nitrogen, fecal coliforms, aluminum, iron and manganese, also indicating presence of domestic sewage. The average WQI for the Parati River was 45.75, and it was classified as "Reasonable". Salinity prevented the acute test with *Daphnia magna* for Points 2 and 3. In Points 1 and Affluent of Parati River, the trial has shown that the River is not classified as improper. Similarly, it was not possible to perform the chronic test at points 1 and 3. In Points 2 and Affluent, the organisms survived until the end of the trial. It is recommended to carry out future work to monitor water quality and to use more appropriate ecotoxicological tests according to the salinity found.

Keywords: Parati River, Water Quality, Ecotoxicology, *Daphnia magna*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Regiões Hidrográficas (RH) Catarinenses.....	23
Figura 02: Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas.....	30
Figura 03: Daphnia magna.....	32
Figura 04: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Parati no município de Araquari.	38
Figura 05: Bacia Hidrográfica do Rio Parati no município de Araquari e na Região Hidrográfica 06.....	38
Figura 06: Localização dos pontos de coleta.	41
Figura 07: Localização do Ponto de Coleta 1.	41
Figura 08: Localização do Ponto de Coleta 2.	42
Figura 09: Localização do Ponto de Coleta 3.	42
Figura 10: Localização do Ponto de Coleta Afluente.	43
Figura 11: Recipiente utilizado para coletas.	44
Figura 12: Frascos utilizados para armazenamento de amostras.	44
Figura 13: Esquema de quadruplicatas utilizado para o ensaio agudo.	47
Figura 14: Recipientes utilizados para o ensaio crônico.	48
Figura 15: Esquema de réplicas utilizado para o ensaio crônico.	48
Figura 16: Valores médios e desvio padrão para pH no Rio Parati.	53
Figura 17: Valores médios e desvio padrão para nitrogênio total no Rio Parati.....	54
Figura 18: Despejo de águas residuárias no Ponto 3, centro do município.	54
Figura 19: Valores médios e desvio padrão para fósforo total no Rio Parati.	55
Figura 20: Valores médios e desvio padrão para coliformes fecais no Rio Parati.....	56
Figura 21: Valores médios e desvio padrão para oxigênio dissolvido no Rio Parati.	57
Figura 22: Valores médios e desvio padrão para temperatura no Rio Parati.	57
Figura 23: Valores médios e desvio padrão para sólidos dissolvidos no Rio Parati..	58
Figura 24: Valores médios e desvio padrão para turbidez no Rio Parati.	58
Figura 25: Valores médios e desvio padrão para DBO no Rio Parati.	59
Figura 26: Valores médios e desvio padrão para DQO no Rio Parati.	60
Figura 27: Valores médios e desvio padrão para alumínio no Rio Parati.	61
Figura 28: Valores médios e desvio padrão para boro no Rio Parati.	62

Figura 29: Valores médios e desvio padrão para ferro no Rio Parati.....	63
Figura 30: Valores médios e desvio padrão para manganês no Rio Parati.	63
Figura 31: Valores médios e desvio padrão para níquel no Rio Parati.	64
Figura 32: Valores médios e desvio padrão para cálcio no Rio Parati.....	65
Figura 33: Valores médios e desvio padrão para magnésio no Rio Parati.....	66
Figura 34: Valores médios e desvio padrão para bário no Rio Parati.	66
Figura 35: Valores médios e desvio padrão para potássio no Rio Parati.....	67
Figura 36: Valores médios e desvio padrão para sílica no Rio Parati.	67
Figura 37: Valores médios e desvio padrão para fósforo no Canal Afluyente.	70
Figura 38: Valores médios e desvio padrão para nitrogênio no Canal Afluyente.....	70
Figura 39: Valores médios e desvio padrão para coliformes fecais Termotolerantes no Canal Afluyente.	70
Figura 40: Valores médios e desvio padrão para alumínio no Canal Afluyente.....	71
Figura 41: Valores médios e desvio padrão para ferro no Canal Afluyente.	71
Figura 42: Valores médios e desvio padrão para manganês no Canal Afluyente.....	72
Figura 43: Valores médios e desvio padrão de IQA e a respectiva classificação.	73
Figura 44: Longevidade média e desvio padrão dos organismos-teste utilizados no ensaio crônico.....	77
Figura 45: Número de filhotes médio e desvio padrão por adulto no ensaio crônico.	77
Figura 46: Número de posturas médio e desvio padrão por adulto no ensaio crônico.	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Pesos dos parâmetros de qualidade aplicados no cálculo do IQA.....	31
Tabela 02: Classificação do nível de qualidade de água conforme valores de IQA..	31
Tabela 03: Análises realizadas pelo laboratório Acquaplant.....	45
Tabela 04: Médias dos valores encontrados nas coletas e desvio padrão no Rio Parati. O limite é estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005 Água salobra - Classe 2.....	50
Tabela 05: Médias dos valores encontrados nas coletas e desvio padrão no Canal Afluyente. O limite é estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005 Água salobra - Classe 2.....	68
Tabela 06: Resultados do ensaio agudo com Daphnia magna, percentual de organismos vivos ao final do teste.	74
Tabela 07: Resultados do ensaio crônico com Daphnia magna.	76
Tabela 08: Valores de p encontrados para cada comparação no Teste de Dunnett.	78

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1 SUSTENTABILIDADE	16
3.2 A ÁGUA NA NATUREZA	17
3.3 USOS DA ÁGUA.....	19
3.4 GESTÃO DA ÁGUA	20
3.5 BACIAS HIDROGRÁFICAS	21
3.5.1 Bacias Hidrográficas Catarinenses.....	22
3.6 QUALIDADE DA ÁGUA	23
3.6.1 Efluente Doméstico	25
3.6.2 Classes de Água	26
3.7 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)	28
3.8 ECOTOXICOLOGIA.....	31
3.8.1 Teste de Ecotoxicidade com <i>Daphnia magna</i>	32
3.9 INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE SAÚDE E MEIO AMBIENTE.....	33
4. METODOLOGIA	36
4.1 ÁREA DE ESTUDO	36
4.2 DEFINIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS	40
4.3 AMOSTRAGEM	43
4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E PRESENÇA DE METAIS	45
4.5 ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS.....	46
4.5.1 Ensaio Agudo com <i>Daphnia magna</i>	47
4.5.2 Ensaio Crônico com <i>Daphnia magna</i>	48
4.6 PROCESSAMENTO DOS DADOS	49

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PARATI	52
5.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CANAL DO ITINGA, AFLUENTE	68
5.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	72
5.4 ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS.....	74
5.4.1 Ensaio agudo com <i>Daphnia magna</i>	74
5.4.2 Ensaio crônico com <i>Daphnia magna</i>	76
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
7. REFERÊNCIAS	83

INTRODUÇÃO

As modificações ambientais decorrentes do processo antrópico de ocupação dos espaços e de urbanização, que ocorrem em escala global, impõem taxas incompatíveis com a capacidade de suporte dos ecossistemas naturais. Entre elas tem-se a destruição das áreas de floresta, dos solos férteis, poluição das águas, poluição da atmosfera, extinção de espécies animais, entre inúmeros outros (PHILIPPI JR. & MALHEIROS, 2005).

Inicialmente, predominavam as sociedades agrícolas, formadas de pequenos grupos ou núcleos, que acabaram por migrar para as cidades atuais, com destaque para o crescimento populacional ocorrido após a Segunda Guerra Mundial. Até o século XX, o desafio das cidades era evitar a proliferação de doenças, decorrentes principalmente dos efluentes da própria população que contaminava suas fontes de abastecimento. Para resolver esse problema, passaram a despejar seus esgotos (sem tratamento) a jusante do manancial da cidade, mas acabaram transferindo os impactos para essa região (TUCCI, 2008).

A poluição por esgoto sanitário é decorrente do despejo desse resíduo em corpos hídricos sem tratamento adequado, ou até mesmo em solos próximos a residências. Valas a céu aberto e rios ou lagos que recebem esse poluente apresentam-se como os lugares mais comuns de contaminação da população, principalmente das crianças (MINAYO, 2002).

As empresas de saneamento brasileiras têm investido, nos últimos anos, em redes de coleta de esgoto e estações de tratamento, mas a parcela do volume gerado pelas cidades que efetivamente é tratado antes de chegar ao rio é ainda muito pequena (TUCCI, 2008).

A partir da década de 1980 surgiram reuniões de nível mundial para discutir os problemas do meio ambiente. A busca por soluções encontra sua direção no conceito de desenvolvimento sustentável, que enfatiza a nova consciência ambiental da sociedade globalizada (MATTAR NETO *et al*, 2009).

O conjunto de ações de proteção ambiental deve ter como objetivo manter, controlar e recuperar os padrões de qualidade dos ecossistemas, de modo a promover saúde pública, qualidade de vida e ambiental. Ou seja, deve haver um planejamento

para o uso adequado dos espaços antrópicos e naturais, investimentos em programas de capacitação profissional para o reparo de recursos humanos no desenvolvimento interdisciplinar de atividades e projetos, integração de enfoque nas ações institucionais para proteção e sustentabilidade ambiental (PHILIPPI JR & MALHEIROS, 2005b).

O estudo dos impactos que corpos hídricos contaminados exercem sobre a biota local e sobre a vida das pessoas é importante e essencial para que seja possível propor ações que visem a preservação desse ecossistema e que melhorem a qualidade de vida da população, diminuindo a ocorrência de doenças e principalmente desafogando os Hospitais e os Postos de Saúde dos bairros. Sobre esse aspecto é essencial a exploração do tema, para que o Brasil possa alcançar melhoras no seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Os desafios a serem enfrentados pela forma atual de governo no desenvolvimento de uma sociedade mais justa e ambientalmente correta são imensos, e perpassam anos de história de exploração dos recursos naturais e da força física do homem.

A cidade em estudo, Araquari (Santa Catarina), cresceu em um ritmo duas vezes acima do PIB (Produto Interno Bruto) nacional entre 1999 e 2009, mas por outro lado, o baixo IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), 0,767, contrasta com a evolução do campo industrial (SILVA & PEREIRA, 2014). Pode-se encontrar na cidade muitas indústrias, especialmente do setor galvânico, que não possuem estações de tratamento de efluentes, contribuindo para a degradação dos corpos hídricos da região.

No processo de crescimento, muitas áreas da cidade foram ocupadas por indústrias, a população passou a morar em áreas impróprias, e o meio ambiente foi o mais prejudicado. Nesse sentido, destaca-se a Bacia Hidrográfica do Rio Parati, localizada em uma área importante da cidade. O trabalho foi desenvolvido a partir da escolha do Rio Parati devido a importância que o mesmo representa para o município e por não existirem trabalhos prévios sobre esse rio.

Com esse estudo, buscou-se avaliar a influência antrópica sobre a qualidade da água do Rio Parati, que tem sua foz na Baía da Babitonga.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Caracterizar a qualidade da água do Rio Parati, localizado no Município de Araquari/SC.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o Índice de Qualidade da Água (IQA) para o Rio Parati;
- Determinar os principais poluentes presentes no Rio Parati;
- Verificar a presença de metais pesados na água do Rio Parati;
- Verificar a toxicidade da água do Rio Parati utilizando testes toxicológicos agudos e crônicos com *Daphnia magna*.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 SUSTENTABILIDADE

Os problemas ambientais são, basicamente, resultado da forma como os seres humanos vêm se relacionando com a natureza, principalmente nos últimos séculos. Diante do atual paradigma científico, é urgente uma rediscussão sobre normas, valores, orientações culturais e formas de conhecimento em todas as sociedades. A crise ambiental e parte de seus problemas sociais são as maiores razões para que isso ocorra com amplitude e profundidade (ZIONI, 2005).

As modificações ambientais decorrentes do processo antrópico de ocupação dos espaços e de urbanização ocorrem em taxas incompatíveis com a capacidade de suporte dos ecossistemas naturais e poluição dos ecossistemas (PHILIPPI JR & MALHEIROS, 2005a). Para Merico (2014), as instituições, tecnologias, recursos humanos e fluxos financeiros devem ser reestruturados segundo um novo objetivo da humanidade: o de respeitar e se inserir nos limites que a natureza nos apresenta.

Ao desmatar, efetuar mudanças no relevo, realizar movimentos de terra, alterar o escoamento natural das águas, impermeabilizar o solo, construir e lançar resíduos, o homem está constantemente provocando impactos ambientais, os quais podem ser de maior ou menor intensidade, em função das características do meio e dos tipos de ações desenvolvidas (MOTA, 2000).

A urbanização produz impactos na própria área urbana e em áreas próximas. Os impactos físicos são, por exemplo, alterações locais de microclima causadas por mudanças no balanço de energia e na circulação atmosférica, aumento do volume e velocidade de escoamento e reduções de recarga de aquíferos decorrentes da impermeabilização de superfícies. Os impactos de natureza química e biológica têm origem na poluição difusa, por eventos de precipitação e poluição pontual causada, principalmente por lançamentos indevidos de esgotos sanitários e, em alguns casos, esgotos industriais, sem tratamento ou com tratamento insuficiente, nos sistemas de drenagem pluvial ou diretamente nos meios receptores (NASCIMENTO & HELLER, 2005).

A concepção de desenvolvimento sustentável tem suas raízes na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972. Nesse encontro, a questão ambiental deixava de ficar restrita ao meio natural e adentrava o espaço social. Graças a esse embate, o binômio desenvolvimento (economia) e meio ambiente (biologia) é substituído por uma tríade, introduzindo-se a dimensão social.

A primeira dimensão do desenvolvimento sustentável é a ambiental, pois supõe que o modelo de produção e consumo seja compatível com a base material em que se assenta a economia, como subsistema do meio natural. A segunda dimensão, a econômica, supõe o aumento da eficiência da produção e do consumo com economia crescente de recursos naturais, com destaque para recursos permissivos como as fontes fósseis de energia e os recursos delicados e mal distribuídos, como a água e os minerais. A terceira e última dimensão é a social, pois uma sociedade sustentável supõe que todos os cidadãos tenham o mínimo necessário para uma vida digna e que ninguém absorva bens, recursos naturais e energéticos que sejam prejudiciais a outros (NASCIMENTO, 2012).

Num sentido abrangente, a noção de desenvolvimento sustentável leva à necessária redefinição das relações sociedade humana / natureza e, portanto, a uma mudança substancial do processo civilizatório. Entretanto, a falta de especificidade e as pretensões totalizadoras têm tornado o conceito de desenvolvimento sustentável difícil de ser classificado em modelos concretos e operacionais e analiticamente precisos. Por isso, ainda é possível afirmar que não constitui um paradigma no sentido clássico do conceito, mas uma orientação ou um enfoque, ou ainda uma perspectiva que abrange princípios normativos (JACOBI, 1999).

3.2 A ÁGUA NA NATUREZA

A água encontra-se disponível sob várias formas e é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza. Cobre aproximadamente 70% da superfície do planeta, e é encontrada principalmente no estado líquido (BRAGA *et al*, 2013).

O lançamento de matéria orgânica nos rios, proveniente de resíduos sólidos ou líquidos, pode provocar desequilíbrios ecológicos, pois a decomposição da matéria

orgânica é feita inicialmente por microrganismos aeróbios, que acabam por se proliferar excessivamente, consumindo o oxigênio dissolvido no meio. Em muitos casos, o teor de oxigênio pode reduzir-se a zero ou a valores muito baixos, havendo a morte de peixes e outros organismos aeróbios, surgindo um ambiente onde se proliferam organismos anaeróbios. Nesses casos, tem-se o chamado “rio morto” (MOTA, 2000).

Antes de receberem despejos, o ecossistema de um corpo d’água usualmente encontra-se em equilíbrio. Após a entrada da fonte de poluição, o equilíbrio é afetado, resultando inicialmente em uma desorganização seguida por uma tendência posterior à reorganização. Nesse sentido, a autodepuração pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica. Há uma sequência de substituições de uma comunidade por outra, até que uma comunidade estável se estabeleça em equilíbrio com as condições locais (VON SPERLING, 1996).

Os ecossistemas de água doce são denominados de ecossistemas límnicos, e podem ser classificados em lóticos, ou de águas correntes, e lênticos, de águas paradas (MOTA, 2000). Os rios são sistemas complexos caracterizados como escoadouros naturais das áreas formadoras de sua bacia hidrográfica. Esses sistemas lóticos são complexos devido ao uso da terra, geologia, tamanho e formas das bacias de drenagem, além das condições climáticas locais (TOLEDO & NICOLELLA, 2002).

Águas correntes, agitadas, são ricas em oxigênio, mas pobres em plâncton. O oxigênio dissolvido origina-se, principalmente da superfície, provindo também da atividade fotossintética dos seres autótrofos. Nesses ambientes vivem os peixes mais exigentes de oxigênio (MOTA, 2000).

As comunidades aquáticas dos ambientes lóticos variam em função da velocidade das águas. Nos trechos de baixas velocidades (remansos), os organismos assemelham-se aos dos lagos, ocorrendo o desenvolvimento considerável do fitoplâncton e de espécies de peixes e insetos aquáticos similares aos dos ambientes lênticos (MOTA, 2000).

3.3 USOS DA ÁGUA

A água é um dos recursos naturais mais importantes no Planeta Terra, e representa, ao lado da energia solar, um dos requisitos essenciais para que haja vida. Em teoria, o ciclo hidrológico determina que a água é um recurso renovável, ou seja, um recurso que apresenta características permanentes e contínuas de formação e circulação. Porém, sua capacidade de regeneração tem sido prejudicada pela forma e ritmo nos quais tem sido apropriada e utilizada pela sociedade (ALVIM *et al*, 2008).

O homem utiliza a água para diversos fins, dela dependendo para sobreviver. Os usos da água podem ser consuntivos, quando há perdas entre o que é retirado e o que retorna ao sistema natural (abastecimento humano e industrial, irrigação e dessedentação de animais), e não consuntivos (recreação, harmonia paisagística, geração de energia elétrica, navegação, pesca) (MOTA, 2000).

Braga *et al* (2013) explicaram os principais usos da água, que seguem.

- Abastecimento humano: é considerado o mais nobre e prioritário, pois o homem depende de uma oferta adequada para sobrevivência. É utilizada para o funcionamento adequado do organismo humano, preparo de alimentos, higiene pessoal e utensílios.
- Abastecimento industrial: a água é utilizada pelas indústrias em seus processos produtivos. O uso específico regulamenta a qualidade da água necessária.
- Irrigação: a qualidade da água utilizada para irrigação varia conforme a cultura a ser irrigada, devendo estar isenta de substâncias tóxicas. É responsável por aproximadamente 70% do consumo de água doce do mundo.
- Geração de energia elétrica: a utilização de recursos hídricos para fins energéticos pode introduzir uma série de impactos ambientais no meio aquático, como despejos de calor, formação de lagos, alteração da velocidade de escoamento da água.
- Navegação: pode perturbar o meio ambiente e despejar substâncias poluidoras das embarcações em meio aquático, assim como portos.

- Assimilação e transporte de poluentes: o comportamento dos corpos de água como receptores de despejos varia conforme suas características físicas, químicas e biológicas, bem como da natureza das substâncias lançadas.
- Aquicultura: criação de organismos aquáticos para utilização pelo homem requer padrões de qualidade da água para a proliferação de certas espécies.
- Recreação: a recreação pode ocorrer de várias formas, em atividades como esportes aquáticos, pesca e navegação. O contato pode ser primário ou secundário, e a qualidade da água deve ser considerada para não causar danos à saúde.

3.4 GESTÃO DA ÁGUA

A água é um recurso natural fundamental sobre a qual todas as políticas sociais e as atividades econômicas e funções do ecossistema dependem. Gerir bem a água requer arranjos apropriados para que as considerações sobre a água se movam das margens do governo para o centro da sociedade. Em escala nacional e local, uma infraestrutura apropriada e mecanismos de governo consolidados são necessários para proteger a água e assegurar o desenvolvimento sustentável, além de uma distribuição equitativa dos benefícios derivados da água (UNESCO, 2012).

A gestão de recursos hídricos no Brasil esteve por longo tempo reduzida à avaliação quantitativa das reservas hídricas, principalmente para fins de produção de energia (planejamento estratégico do setor de hidroeletricidade), resultado do modelo de gestão centralizado que estava em vigor. Nesse período, os setores usuários de recursos hídricos, incluindo-se o setor de saneamento, ficaram praticamente ausentes do processo decisório sobre o aproveitamento hídrico no nível sistêmico das bacias hidrográficas, realizando ou projetando seus investimentos de forma pontual e desarticulada (LIBÂNIO *et al*, 2005). Era fragmentada em função de cada setor (energia elétrica, agricultura irrigada, saneamento, etc.) realizar seu próprio planejamento e medidas, e centralizada em decorrência dos governos estaduais e federal definirem a política sem que houvesse a participação dos governos municipais, dos usuários da água e da sociedade civil (ABERS & JORGE, 2005).

Esse quadro se alterou após as reformas políticas transcorridas ao longo do processo de redemocratização do país, que revigoraram a participação da sociedade civil organizada e criaram novos canais de comunicação institucional, estimulando novas formas de mobilização e de representação social. Essas transformações produziram importantes efeitos especificamente para o setor hídrico, surgindo em alguns estados experiências de gestão de água inovadoras (LIBÂNIO *et al*, 2005).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, sancionada em 8 de janeiro de 1997, tem por objetivos assegurar água de qualidade às futuras gerações e promover seu uso sustentável, concretizando a gestão por bacias hidrográficas (BRASIL, 1997).

Atualmente, os recursos hídricos são administrados por bacias hidrográficas em todo o território nacional, seja em corpos hídricos de titularidade da União ou dos Estados. Entretanto, existem dificuldades em se lidar com esse recorte geográfico, uma vez que os recursos hídricos exigem a gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas à atividade agrícola, gestão ambiental, entre outros (PORTO & PORTO, 2008).

Observa-se que há a necessidade do manejo adequado dos recursos hídricos, compatibilizando-se os seus diversos usos, de forma a garantir a água na quantidade e qualidade desejáveis para seus diversos fins. Este é um dos grandes desafios da sociedade, aproveitar seus recursos hídricos de forma a garantir seus múltiplos usos, hoje e sempre (MOTA, 2000).

3.5 BACIAS HIDROGRÁFICAS

O conceito de bacia hidrográfica envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes (PIRES *et al*, 2005). Para Silveira (2013), bacia hidrográfica é a área que capta naturalmente a água de precipitação e faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, o exutório (SILVEIRA, 2013).

Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Logo, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos (TEODORO *et al*, 2007).

A utilização do conceito de bacia hidrográfica como unidade de estudo e gerenciamento, direcionada à conservação dos recursos naturais, deve estar agregada ao conceito Desenvolvimento Sustentável, na perspectiva de atingir três metas básicas: o desenvolvimento econômico, a equidade social, econômica e ambiental e a sustentabilidade ambiental. Estes objetivos refletem a interdependência entre o desenvolvimento social e econômico e a proteção ambiental (PIRES *et al*, 2005).

Com a publicação da Lei nº 9.433/1997 que define a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), a bacia hidrográfica se tornou a unidade de planejamento dos recursos hídricos brasileiros a nível federal, estadual e municipal.

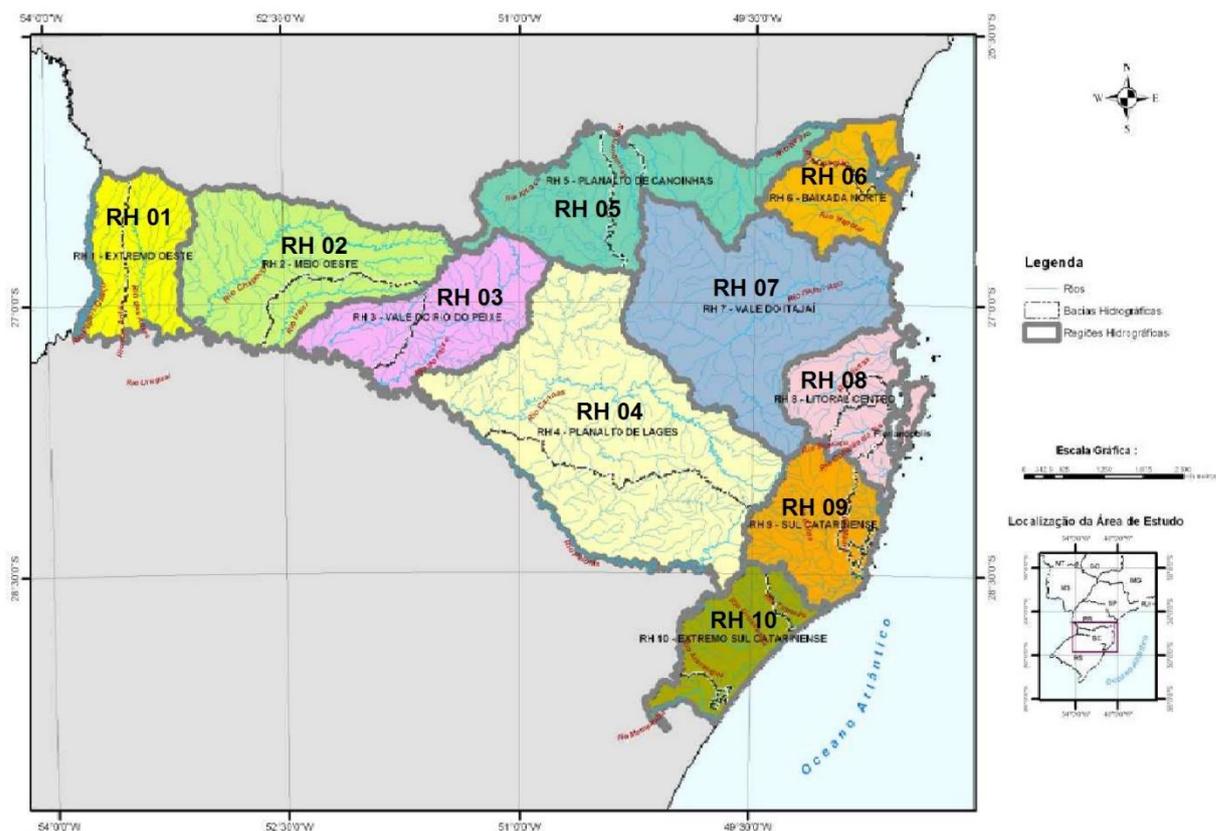
As principais causas de ameaças à qualidade ambiental em uma bacia hidrográfica estão relacionadas às atividades não sustentáveis, e os impactos de maior ocorrência estão associados com erosão do solo, sedimentação de canais navegáveis, enchentes, perda da qualidade da água e do pescado e aumento do risco de extinção de elementos da fauna e flora (PIRES *et al*, 2005).

3.5.1 Bacias Hidrográficas Catarinenses

Os rios que drenam o território estadual de Santa Catarina integram três grandes regiões hidrográficas: a região hidrográfica do Paraná, a região hidrográfica do Uruguai e a região hidrográfica Atlântico Sul. O sistema Paraná-Uruguai forma um conjunto interligado à bacia do Prata, e possui 11 bacias hidrográficas, e o sistema Atlântico Sul consiste em 12 bacias que vertem para o litoral (SANTA CATARINA, 2005).

Para efeito de gerenciamento dos recursos hídricos de Santa Catarina, o estado foi subdividido em 10 Regiões Hidrográficas (Figura 01). As regiões hidrográficas 1, 2, 3, 4 e 5 fazem parte da Vertente do Interior, e as regiões hidrográficas 6, 7, 8, 9 e 10 fazer parte da Vertente Atlântica. O município de Araquari (objeto de estudo desse trabalho) está inserido na Região Hidrográfica 6, Baixada Norte (SANTA CATARINA, 2005).

Figura 01: Regiões Hidrográficas (RH) Catarinenses.



Fonte: Adaptado de Panorama dos Recursos Hídricos de Santa Catarina.

3.6 QUALIDADE DA ÁGUA

A contaminação das águas naturais representa um dos principais riscos à saúde pública, sendo amplamente conhecida a estreita relação entre a qualidade de água e inúmeras enfermidades que acometem as populações, especialmente aquelas não atendidas por serviços de saneamento (LIBÂNIO *et al*, 2005).

A qualidade da água de um rio é avaliada de acordo com componentes ou substâncias na água, denominadas muitas vezes de parâmetros ou substâncias de qualidade da água. Estes elementos caracterizam as condições da água para diferentes usos e para sua preservação ambiental (TUCCI, 2005). Alguns elementos físicos são:

- Temperatura da água: a temperatura da água afeta os processos biológicos, pois a proporção na qual a matéria orgânica se decompõe e na qual os

microrganismos morrem aumenta com a elevação da temperatura. Cada organismo apresenta uma faixa de temperatura ideal para o crescimento e morte.

- Densidade: a diferença de densidade em um rio é função da diferença da temperatura ao longo da vertical ou devido a diferença em material suspenso.
- Turbidez: é função da quantidade de luz que pode penetrar dentro da água. Quando ela possui alta concentração de material suspenso, torna mais difícil a penetração da luz, o que pode ser provocado por microrganismos, sílica, manganês e outros.

Entre os parâmetros químicos tem-se:

- Oxigênio dissolvido (OD): é necessário para manter as condições de vida de alguns organismos na água e para a decomposição aeróbica do despejo poluidor. Quando o despejo é grande e o oxigênio se esgota, inicia-se o processo de decomposição anaeróbica.
- Demanda bioquímica de oxigênio (DBO): mede a quantidade de oxigênio usado pela água, na diluição de material orgânico. Este parâmetro tem relação direta com o OD.
- Nitrogênio: o nitrogênio, na matéria orgânica, transforma-se em nitrito e nitrato. A amônia, o nitrato e o nitrito na água são indicadores de poluição, pois contribuem para a eutrofização do sistema aquático e provocam um excessivo crescimento da flora aquática.
- Fósforo: o fósforo junto com o nitrogênio são indicadores das condições de eutrofização de um corpo d'água. O fósforo total é dividido em fósforo particulado (ou insolúvel), também referenciado como fósforo suspenso e fósforo solúvel, também conhecido como fósforo dissolvido.

Entre os parâmetros biológicos tem-se:

- Indicador bacteriológico: testa o número de bactérias. Alguns destes indicadores são o coliforme e o estreptococo.

- Indicador aquático: são utilizados habitantes aquáticos como peixes e plâncton para verificar o grau de poluição através de sua resistência a condições anormais.

Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de tal forma que prejudique os legítimos usos que dele são feitos (VON SPERLING, 1996).

Má qualidade da água pode ser o resultado de agentes patogênicos naturais, mas é mais frequentemente associada ao uso de novos produtos químicos para fins industriais, atividades humanas e agricultura (LIBÂNIO *et al*, 2005).

3.6.1 Efluente Doméstico

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água, a fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, além dos microrganismos. Devido à essa fração de 0,1% é necessário tratar os esgotos. Suas características são em função dos usos à qual a água foi submetida. Esses usos e a forma com que são exercidos, variam com o clima, situação social e econômica e com os hábitos da população (VON SPERLING, 1996).

A disposição adequada dos esgotos é essencial para a proteção da saúde pública, pois muitas infecções podem ser transmitidas pelas excreções humanas. Entre elas estão febre tifoide, cólera, disenterias e inúmeras verminoses, que são responsáveis por elevados índices de mortalidade em países em desenvolvimento (BRAGA *et al*, 2013).

Com relação às características dos esgotos domésticos, tem-se segundo VON SPERLING, 1996:

- Temperatura: é ligeiramente superior à da água de abastecimento, porém varia conforme a estação do ano.
- Cor: o esgoto fresco é ligeiramente cinza, e o esgoto séptico é cinza escuro ou preto.

- Odor: o esgoto fresco apresenta odor oleoso, relativamente desagradável, e o esgoto séptico odor fétido, devido ao gás sulfídrico e outros produtos de decomposição.
- Turbidez: é causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão, sendo que os esgotos mais frescos ou mais concentrados apresentam maior turbidez.
- Sólidos totais: podem ser orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos ou sedimentáveis.
- Matéria orgânica: constituída principalmente de proteínas, carboidratos e lipídios.
- Microrganismos: bactérias (podem ser patogênicas), fungos (decompõem a matéria orgânica), protozoários (alguns são patogênicos), vírus (podem ser de difícil remoção) e helmintos (seus ovos podem causar doenças).

3.6.2 Classes de Água

O enquadramento dos corpos d'água tem por objetivo estabelecer o nível de qualidade (classe) a ser alcançado ou mantido em um segmento de corpo d'água, ao longo do tempo. É considerado um instrumento de planejamento para garantir a qualidade de um segmento do corpo d'água correspondente à classe de uso em que este foi enquadrado (BRASIL, 2007).

A Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 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, e dá outras providências. Os corpos de água são classificados em Águas Doces, Águas Salinas e Águas Salobras. As Águas Doces são classificadas em (BRASIL, 2005):

- Classe especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção, à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

- Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas, sem remoção de película, e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
- Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura e à atividade de pesca.
- Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.
- Classe 4: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

As Águas Salinas são classificadas em (BRASIL, 2005):

- Classe especial: águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral, à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
- Classe 1: águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário, à proteção das comunidades aquáticas e à aquicultura e à atividade de pesca.
- Classe 2: águas que podem ser destinadas: à pesca amadora e à recreação de contato secundário.
- Classe 3: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

As Águas Salobras são classificadas em (BRASIL, 2005):

- Classe especial: águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
- Classe 1: águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário, à proteção das comunidades aquáticas, à aquicultura e à atividade de pesca, ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado e à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
- Classe 2: águas que podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário.
- Classe 3: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

O enquadramento dos corpos d'água possui um sentido de proteção, não apenas da água, mas também da saúde pública, pois é evidente a preocupação em segregar a água que pode ser utilizada para, por exemplo, irrigar hortaliças que são consumidas cruas ou aquelas que servem para abastecimento público (BRASIL, 2007).

3.7 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na micro bacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais (TOLEDO & NICOLELLA, 2002).

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation*, dos Estados Unidos, e adaptada pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). É calculado através de nove parâmetros indicadores de qualidade de água. O índice varia de zero a 100, sendo que quanto mais elevado seu valor, melhor a qualidade da água. Os nove parâmetros são (MOTA, 2000):

- Oxigênio Dissolvido
- Demanda Bioquímica de Oxigênio
- Coliformes Fecais
- Temperatura
- pH
- Nitrogênio Total
- Fósforo Total
- Sólidos Totais
- Turbidez

A seguinte fórmula é utilizada (CETESB):

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

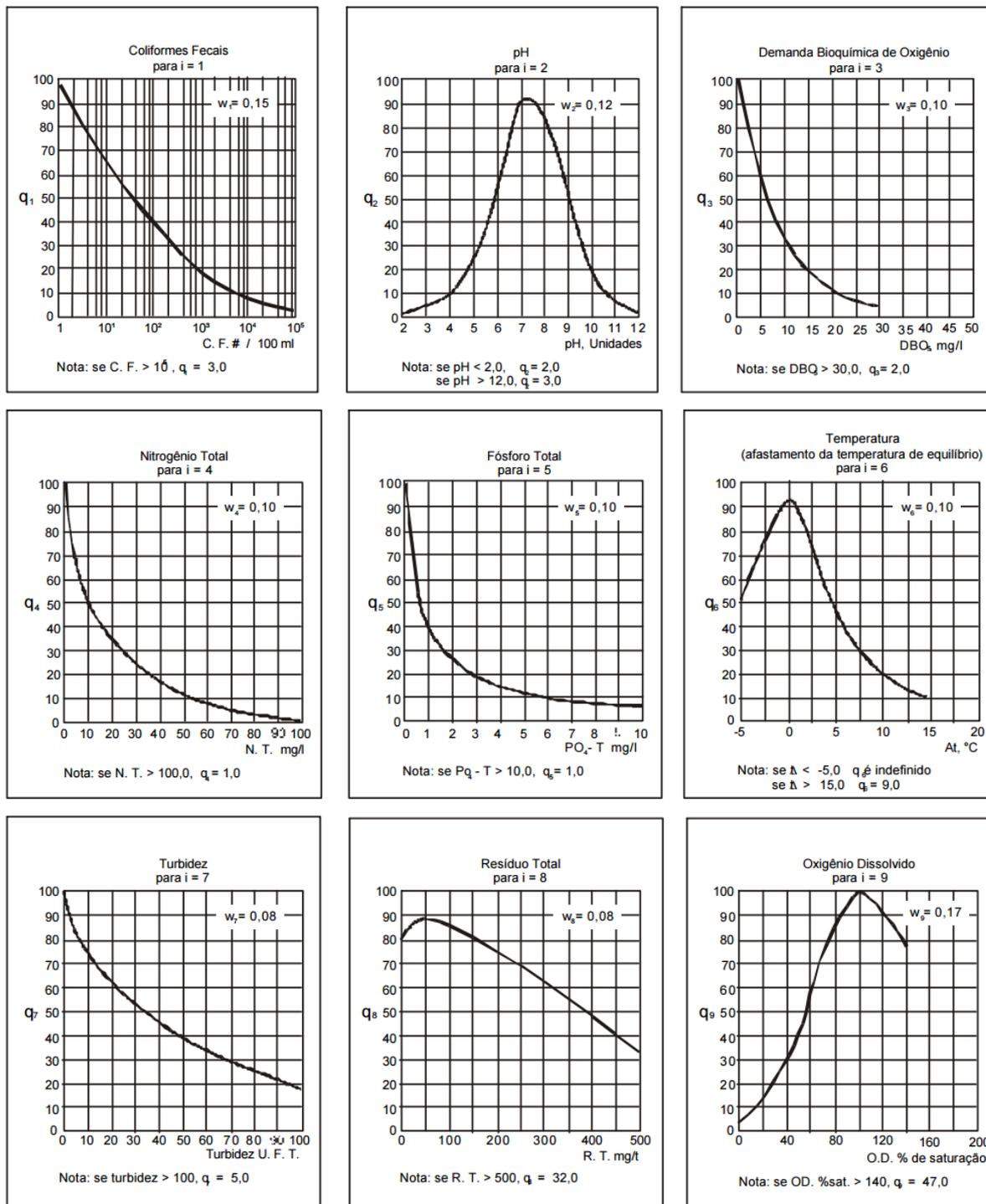
$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Onde:

n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada um dos nove parâmetros. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentadas abaixo.

Figura 02: Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas



Fonte: Adaptado de CETESB, 2016.

Tabela 01: Pesos dos parâmetros de qualidade aplicados no cálculo do IQA.

Parâmetro	Unidades	Peso – Wi
Oxigênio Dissolvido – (OD)	% OD	0,17
Coliformes Termotolerantes – (CF)	NMP 100 mL ⁻¹	0,15
Potencial Hidrogeniônico – (pH)	pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – (DBO)	mg/L	0,10
Nitrogênio total	mg/L	0,10
Fosfatos – (PO ₄)	mg/L	0,10
Variação de Temperatura – (T)	°C	0,10
Turbidez - (Tu)	UNT	0,08
Resíduos Totais – (ST)	mg/L	0,08

Fonte: CETESB, 2016.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na Tabela 02.

Tabela 02: Classificação do nível de qualidade de água conforme valores de IQA.

Classificação do IQA	
Categoria	Ponderação
ÓTIMA	79 < IQA ≤ 100
BOA	51 < IQA ≤ 79
RAZOÁVEL	36 < IQA ≤ 51
RUIM	19 < IQA ≤ 36
PÉSSIMA	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB, 2106.

3.8 ECOTOXICOLOGIA

A análise biológica da água, que qualifica os efeitos causados por substâncias poluentes, utiliza os princípios da microbiologia, limnologia e ecotoxicologia. Essa análise tem por finalidade saber se, e em qual grandeza, substâncias químicas são nocivas, e onde podem ser verificados seus efeitos. São empregados representantes

típicos dos grupos mais importantes da biocenose aquática, levando em consideração os diferentes níveis tróficos (KNIE & LOPES, 2004):

- Dos decompositores, as bactérias;
- Dos produtores primários, as algas;
- Dos consumidores primários, os protozoários;
- Dos consumidores entre os metazoários, os microcrustáceos;
- Como consumidores finais, os peixes.

3.8.1 Teste de Ecotoxicidade com *Daphnia magna*

Daphnia magna é um microcrustáceo planctônico de água doce (Figura 03), com tamanho entre 5 e 6 mm, popularmente conhecido como pulga d'água. Tem a função de consumidor primário entre os metazoários na cadeia alimentar aquática, alimentando-se por filtração de material orgânico particulado, principalmente algas unicelulares. Em condições ambientais favoráveis, se reproduz assexuadamente por partenogênese, originando apenas fêmeas (KNIE & LOPES, 2004; ARAÚJO & BURATINI, 2007).

Figura 03: *Daphnia magna*.



Fonte: STEMBERGER, 2017.

Este microcrustáceo é considerado um bom microrganismo teste, pois seus descendentes são geneticamente idênticos, assegurando uma certa uniformidade nos ensaios. O cultivo em laboratório é fácil e seu manuseio é simples, e é internacionalmente conhecido como um organismo teste (KNIE & LOPES, 2004).

Ao reproduzir assexualmente por partenogênese em condições ótimas de laboratório (principalmente de temperatura e alimento), a fêmea de *Daphnia magna* dá à luz a primeira ninhada de recém-nascidos geneticamente idênticos (10 a 18 recém-nascidos) entre o 7º e o 9º dia. Após a primeira ninhada, começam a liberar uma ninhada (de 20 a 40 recém-nascidos) a cada 3 dias (LOURO, 2013).

Grzesiuk e Mikulski (2006) explicam que a salinidade é um fator abiótico que delimita as condições ambientais ótimas de crustáceos de água doce. Concentrações ótimas de sal variam de próximo de zero a no máximo 2 g/Kg. Há uma redução na velocidade de movimentação de *Daphnia magna* quando expostas a quantidades elevadas de salinidade. O estudo realizado por Ghazy *et al* (2009) determinou a concentração letal a 50% da amostra (CL50) em uma concentração de NaCl de 2,99 g/Kg, e pode concluir que a melhor reprodução ocorreu em salinidade inferior a 3 g/Kg, abaixo de valores encontrados anteriormente, até 4 – 8 g/Kg. Em contrapartida, o estudo realizado por Gonçalves (2007) determinou a concentração efetiva a 50% da amostra (CE₅₀) para testes com *Daphnia magna*, sendo a salinidade limite no teste agudo de 5,9 g/L e no teste crônico 5 g/L.

O microcrustáceo *Daphnia magna* apresenta deficiências na regulação interna de sódio em pH abaixo de 5,5 para águas macias e 4,5 para águas duras, o que indica que eles são consideravelmente mais sensíveis a pH baixo na água macia do que na água dura (HAVAS, 1984).

3.9 INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE SAÚDE E MEIO AMBIENTE

A atividade humana, ao modificar o meio ambiente, é consumidora dos estoques naturais, que em bases insustentáveis tem como consequência a degradação dos sistemas físicos, biológicos e sociais (PHILIPPI JR & MALHEIROS, 2005b).

Os impactos das atividades humanas sobre o ambiente causam problemas que são exacerbados em situações em que se acumulam fontes de riscos advindas de processos produtivos passados ou presentes, como a disposição inadequada de resíduos industriais, a contaminação de mananciais de água e as más condições de trabalho e moradia. Essa conjunção de fatores torna o Brasil, e alguns outros países

em desenvolvimento, singulares na configuração dos riscos à saúde advindos de condições ambientais adversas (BARCELLOS E QUITÉRIO, 2006).

A exposição humana a poluentes no ar, na água, no solo e nos alimentos é um grande contribuinte para o aumento da morbidade e da mortalidade. O elo entre o ambiente e a saúde é percebido mais facilmente quando ocorre exposição à poluição, seja em episódios com altos níveis de concentração de poluentes ou ao longo do tempo com baixos níveis de exposição (CARDOSO, 2005).

A incidência e transmissão de doenças dependem das condições, favoráveis ou não, que o meio propicia. A presença de resíduos líquidos, sólidos e gasosos, em um ecossistema, pode favorecer a sobrevivência de macro e microrganismos que fazem parte da cadeia de transmissores de doenças (MOTA, 2000).

Os efeitos adversos à saúde se dividem em duas grandes categorias: efeitos agudos e efeitos crônicos, e variam de gravidade, como um simples desconforto temporário até morte prematura (CARDOSO, 2005).

Entre as doenças transmitidas por microrganismos patogênicos, segundo o agente infeccioso, citam-se (MOTA, 2000):

- Por bactérias: cólera, febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar, salmoneloses.
- Por vírus: hepatite infecciosa, poliomielite, febre amarela, dengue, sarampo, rubéola, gripe.
- Por protozoários: amebíase, malária, giardíase.
- Por helmintos (vermes): ascaridíase, esquistossomose, ancilostomíase.

A água é um elemento da natureza indispensável ao ser humano, sem a qual não sobrevive. O homem tem a obrigação de ingerir água, e por isso, a mesma pode constituir um importante meio de transmissão de doenças (MOTA, 2000).

É de fundamental importância o conhecimento do comportamento dos agentes transmissores de doenças em um corpo d'água, desde o local de seu lançamento até o seu local de utilização. Sabe-se que a maioria destes agentes encontram, no trato intestinal humano, condições ótimas para seu crescimento e reprodução (VON SPERLING, 1996).

As doenças veiculadas pela água tem origem principalmente nos dejetos. Muitos microrganismos patogênicos são parasitas do intestino humano e são eliminados juntamente com as fezes. Por falta de sistemas de esgotamento adequados, muitas vezes os dejetos de origem humana alcançam mananciais de água, introduzindo microrganismos patogênicos (MOTA, 2000).

As ações preventivas devem ser adotadas objetivando evitar o surgimento de problemas ambientais, tanto na área urbana como na rural. A integração entre as atividades de saneamento com as de planejamento territorial constitui o melhor meio para evitar ou minimizar a degradação ambiental, sendo uma importante ferramenta de promoção de saúde (MOTA, 2000).

4. METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O Rio Parati (Figura 04), objeto de estudo nessa pesquisa, está localizado no município de Araquari, nordeste de Santa Catarina. Esta sub bacia pertence à Bacia Hidrográfica Canal do Linguado, inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu, na Região Hidrográfica Catarinense número 6 (Figura 05).

O município de Araquari possui aproximadamente 386,1 km² de território, e faz divisa com Joinville ao norte, Guaramirim a noroeste, São João do Itaperiú ao sul, São Francisco do Sul e Balneário Barra do Sul a nordeste e Oceano Atlântico a sudeste. A atividade econômica de Araquari está alicerçada na agricultura, com destaque para as culturas de arroz, banana e maracujá (SILVA & PEREIRA, 2014).

A população do município é de 29.593 habitantes, conforme o censo do IBGE de 2013, e sua densidade populacional é de 64,61 hab/Km². O IDH (Índice de Desenvolvimento Urbano) do município é de 0,703 (2010). O clima é mesotérmico úmido, com verão quente, dependendo da Massa Polar Atlântica no inverno e outono e da Massa Tropical Atlântica no verão e primavera para as mudanças de estação e temperatura (ARAQUARI, 2016).

Em Santa Catarina o bioma Mata Atlântica está representado por quatro regiões fitoecológicas: Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Pluvial Atlântica, Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária, Floresta Estacional Decidual ou Floresta Subtropical da Bacia do Uruguai e Estepe ou Campos Sulinos. O município de Araquari está situado em área de Floresta Ombrófila Densa, que apresenta ecossistemas associados, denominados de Formação Pioneira com Influência Fluvio-marinha – manguezal e de Formação Pioneira com Influência Marinha – restinga (SEVEGNANI & SCHROEDER, 2013).

Os manguezais são ecossistemas de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, formados no oceano e estão associados às baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios, lagunas e reentrâncias costeiras e estão sujeitos diariamente ao regime das marés. Os ecossistemas costeiros, por sua variedade de ambientes e recursos, apresentam elevada riqueza biológica (AUMOND, 2013). A

destruição dos mesmos ameaça, portanto, a vida dos oceanos. Eles estão sujeitos a alterações provocadas pela ação do homem, sendo as principais: desmatamento e aterramento de áreas de manguezal, depósitos de lixo, lançamentos de esgoto doméstico e industrial, pesca e captura predatória de animais, canalização, drenagem e barramentos (MOTA, 2000).

O solo da região do município de Araquari é do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Latossólico, conforme descrito em Solos do Estado de Santa Catarina (EMBRAPA, 2004), em função de características como alta saturação de alumínio trocável, argila de atividade baixa, horizonte superficial do tipo A moderado, maior uniformidade das características morfológicas ao longo do perfil em relação as demais variedades e textura argilosa nos horizontes superficial e subsuperficial.

Solos com estas características foram desenvolvidos a partir de matérias provenientes da alteração de rochas migmatíticas e outras do Complexo Granulítico de Santa Catarina e de rochas sedimentares diversas (folhelhos siltico-argilosos, varvitos e argilitos). São solos fortemente ácidos a extremamente ácidos, com valores de pH entre 3,5 e 5,1 na superfície e entre 4,4 e 4,8 em profundidade e os teores de alumínio são elevados em níveis prejudiciais à maioria das culturas (EMBRAPA, 2004).

Figura 04: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Parati no município de Araquari.

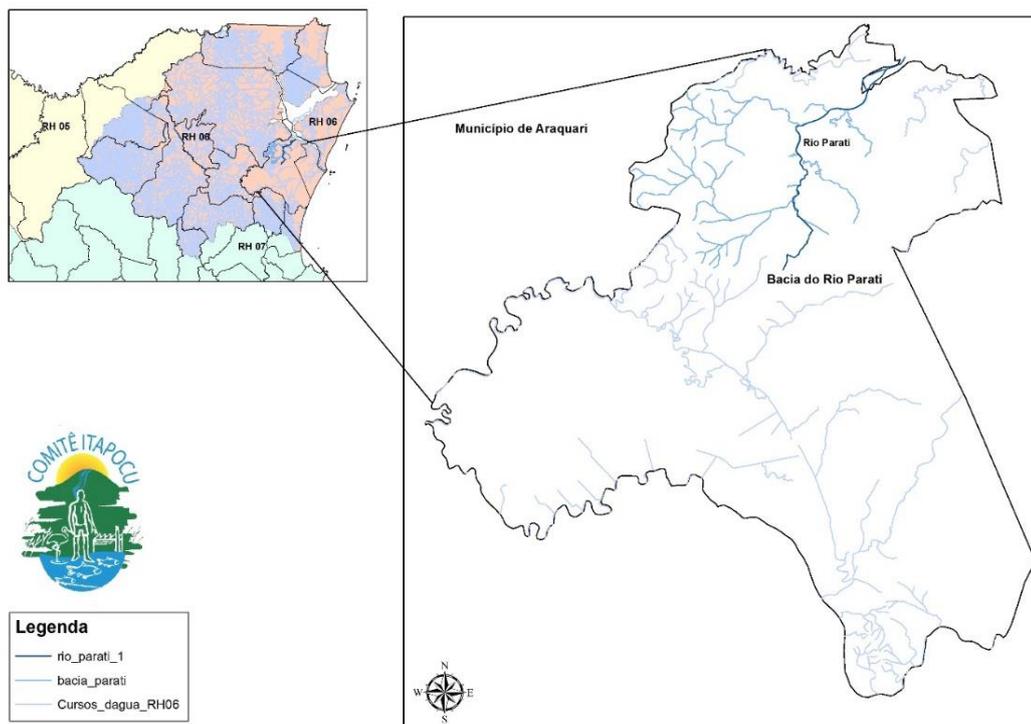
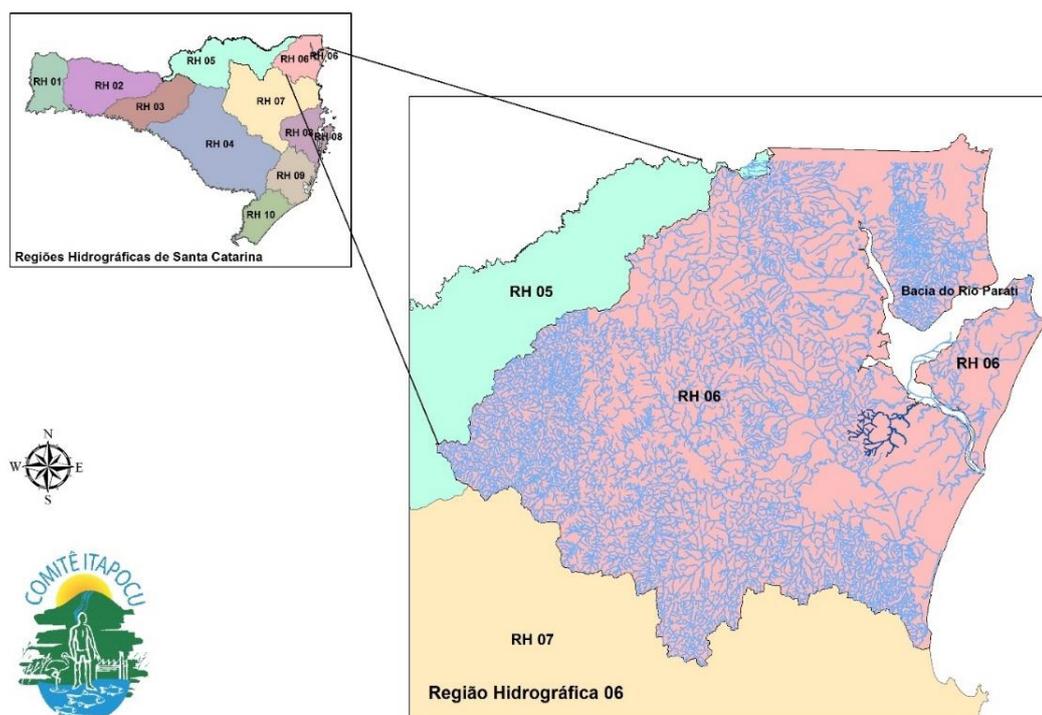


Figura 05: Bacia Hidrográfica do Rio Parati no município de Araquari e na Região Hidrográfica 06.



Fonte: Comitê do Itapocu, AMVALE (2016)

A Bacia Hidrográfica do Rio Parati é uma das 8 sub bacias que podem ser encontradas no município de Araquari, são elas: Paranaguá-Mirim, Parati, Araquari, das Areias, Una, Preto, Piraí e Itapocu. O Rio Parati possui 12,88 Km de extensão, se estende pelos bairros Porto Grande, Colégio Agrícola, Centro e Volta Redonda, até desaguar na margem esquerda do Canal do Linguado, na Baía da Babitonga. A área de sua bacia é de 68,33 Km², totalmente inserida no Município de Araquari. Ele recebe todo deflúvio originário das precipitações ocorridas na área urbana e os esgotos domésticos da população, principalmente na região do Centro (ARAQUARI, 2015).

As águas do Rio Parati em Araquari são utilizadas desde o início da colonização da cidade, e inclusive a região central do município está localizada em suas margens. O Rio é muito utilizado pela população local para pesca e recreação, principalmente a partir do ponto que seu canal se torna mais largo. Nos últimos anos, o município tem visto crescer o número de empresas instaladas em seu território, algumas muito próximas ao Rio Parati, principalmente das áreas metal-mecânica e de galvanoplastia.

O município não possui rede coletora de esgoto sanitário e estações de tratamento desse efluente. Dados do Censo Demográfico de 2010 indicam 29,1% das instalações sanitárias através de fossa séptica, 26,7% através de fossa rudimentar, 35,9% com esgotamento através de rede pluvial e 8,3% através de vala ou lançamento a céu aberto.

A Divisão de Projetos de Esgoto da CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) elaborou projetos para a implantação em etapas de dois Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) para Araquari, que integra o projeto hidráulico da rede coletora, emissário de recalque, estações elevatórias e a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do tipo compacta. Um projeto visa atender a região central de Araquari e outro a região do bairro Itinga. O cronograma do projeto foi definido em etapas, sendo o início do plano em 2012 e fim de plano em 2032 (ARAQUARI, 2015).

O Zoneamento do município prevê a existência de Zonas de Preservação Permanente (ZPP), que correspondem às Áreas de Preservação Permanente presentes ao longo dos rios Itapocu, Piraí, Parati, Paranaguá-Mirim e seus afluentes, definidas também nas áreas de mangue, nas ilhas e topos de morro; Zonas de Interesse Ambiental (ZIA), estabelecidas em áreas em que buscam à manutenção da qualidade ambiental e a conservação dos recursos naturais disponíveis nestas áreas;

Zona de Uso Sustentável (ZUS), com características de baixa densidade populacional, abrangendo área de mananciais e vegetação significativa (ARAQUARI, 2006).

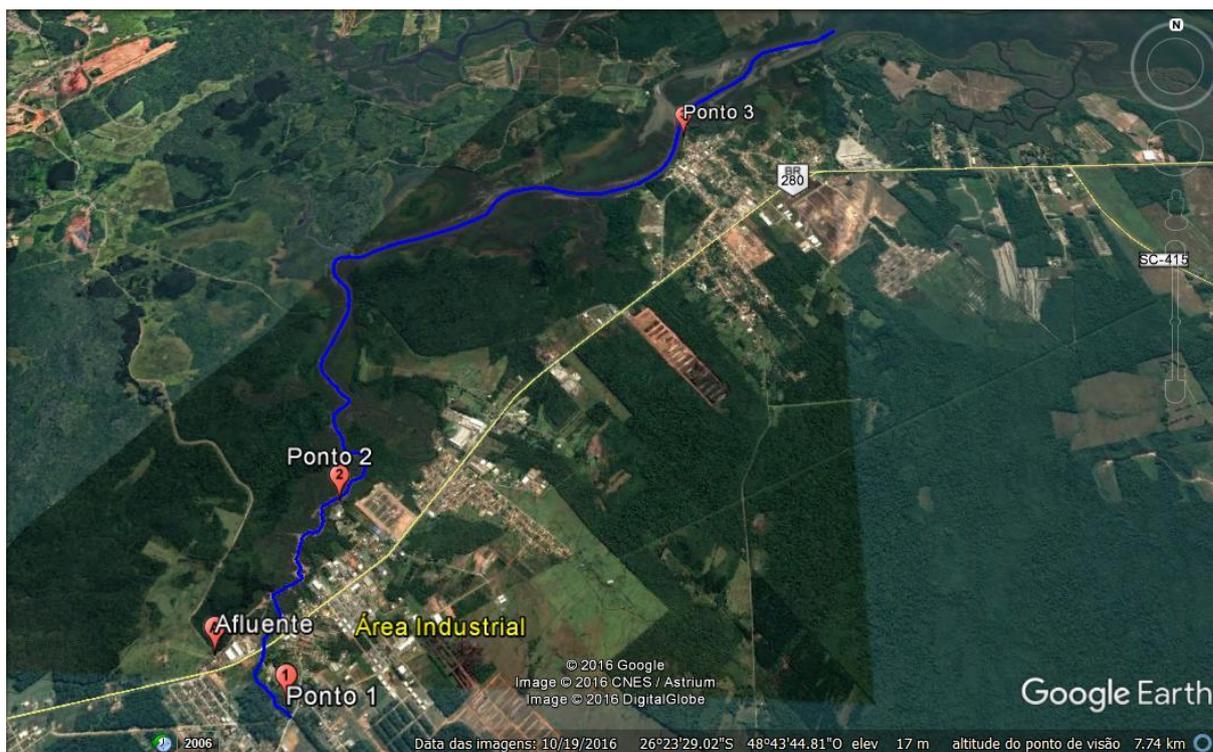
Para o enquadramento do Rio Parati foi considerada a Portaria nº 24/1974, da Fundação do Meio Ambiente (FATMA), que tem por objetivo enquadrar os cursos d'água do estado de Santa Catarina. Conforme consta em seu texto, todos os cursos de água que não foram citados nessa Portaria devem ser incluídos na "Classe 2" (SANTA CATARINA, 1974). Em concordância com o descrito acima, o Rio Parati, objeto de estudo desse trabalho, foi classificado como Classe 2 para águas salobras. Essa classe permite a utilização das águas para pesca amadora e a recreação de contato secundário (BRASIL, 2005).

Nas margens do Rio Parati podem ser encontradas diversas áreas de vegetação, principalmente mangue. A nascente do rio está localizada em uma área verde, e logo a frente ele percorre uma área residencial, atravessando a Rodovia BR 280. A partir daí sua margem esquerda no sentido montante - jusante contém apenas áreas de manguezal. A margem direita apresenta algumas áreas residenciais e também industriais, como o Centro e a Avenida das Indústrias, respectivamente, alcançando a Baía da Babitonga no lado esquerdo do Canal do Linguado. As indústrias localizadas em áreas próximas ao Rio Parati são, entre outras, do ramo metal-mecânico e de galvanoplastia (ACIAA, 2016)

4.2 DEFINIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS

Os Pontos de amostragem foram selecionados de forma a abranger toda a extensão do rio, desde a sua nascente até sua foz, na Baía da Babitonga. Foram pré-determinados utilizando o programa Google Earth e estabelecidos para essa pesquisa a partir de visita ao local (Figura 06). Os Pontos foram escolhidos considerando o uso e ocupação do solo no local e em áreas próximas e a facilidade de acesso para as coletas.

Figura 06: Localização dos pontos de coleta.



Fonte: Google Earth (2016).

O Ponto 1 está localizado na Estrada da Corveta, próximo à nascente do Rio Parati, no Bairro Porto Grande. Possui em seu entorno algumas residências, uma floricultura e uma pequena fazenda com criação de búfalos, conforme relatos, contribuindo com carga orgânica esporádica ao Rio. Suas coordenadas são: Latitude $26^{\circ}24'56,14''S$ e Longitude $48^{\circ}45'5,63''O$.

Figura 07: Localização do Ponto de Coleta 1.



Fonte: primária (2016).

O Ponto 2 encontra-se nos fundos de um galpão na Rua Serv. Joaquim Monteiro Cabral, no Bairro Porto Grande, porém agora do outro lado da Rodovia BR 280 em relação ao Ponto 1. Antes desse local, o Rio Parati recebe a contribuição de um afluente ou canal de drenagem, proveniente do Bairro Itinga, muito provavelmente utilizado para descarte de efluente doméstico. Nas redondezas podem ser encontradas residências e uma das principais áreas industriais do município, a Avenida das Indústrias. Suas coordenadas são: Latitude 26°24'4,17"S e Longitude 48°45'1,00"O.

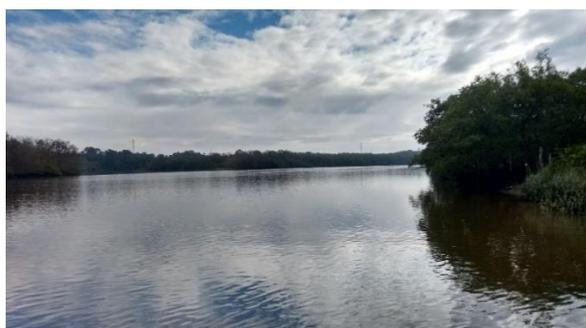
Figura 08: Localização do Ponto de Coleta 2.



Fonte: primária (2016).

O Ponto 3 encontra-se em um trapiche na Rua Rocha Coutinho, no centro do município de Araquari. Nessa altura do Rio Parati sua largura se aproxima de 80 metros, indicando um volume de água mais elevado que nos Pontos anteriores. Sua margem direita, de montante a jusante, é de uso residencial, e em sua margem esquerda pode ser encontrado áreas de manguezal. Suas coordenadas são: Latitude 26°22'5,24"S e Longitude 48°43'25,03"O.

Figura 09: Localização do Ponto de Coleta 3.



Fonte: primária (2016).

O Ponto Afluente está localizado entre os Pontos 1 e 2 em um canal afluente ao Rio Parati, que tem origem no Bairro Itinga. Seu canal está inserido em área residencial, recebendo o esgoto sanitário da comunidade local. Suas coordenadas são: Latitude 26°24'43,40"S e Longitude 48°45'27,25"O.

Figura 10: Localização do Ponto de Coleta Afluente.



Fonte: primária (2016).

4.3 AMOSTRAGEM

As coletas de água foram realizadas em período não chuvoso, em maré baixa, com início em fevereiro de 2016 e término em outubro de 2016, totalizando quatro coletas em cada ponto amostral para os testes físico-químicos e biológicos e duas coletas para os ensaios ecotoxicológicos. As coletas de água para os testes físico-químicos em cada um dos Pontos foram realizadas com a colaboração e supervisão de técnicos do Laboratório Acquaplant Ltda, e as coletas para os testes ecotoxicológicos foram realizados pela mestranda, observando todos os padrões de normatização, seguindo todas as metodologias certificadas pelo INMETRO, segundo a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 (Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração) e ABNT NBR 9898:1987 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores). Os procedimentos realizados para as análises ecotoxicológicas seguiram a metodologia descrita na ABNT NBR 15469:2015 (Ecotoxicologia - Coleta, preservação e preparo de amostras).

A coleta das amostras foi realizada manualmente com a utilização de um recipiente de metal com capacidade para 5 litros e uma haste de auxílio, conforme Figura 11. O mesmo era mergulhado rapidamente na borda do rio, cerca de 30 cm

abaixo da superfície da água. Após a coleta, a amostra foi distribuída em frascos pequenos (Figura 12) conforme posterior análise a ser realizada em laboratório, e os parâmetros analisados em campo eram observados e anotados em uma ficha de coleta. Os frascos para o armazenamento das amostras para a análise de metais pesados possuíam ácido nítrico em seu interior, os frascos para armazenamento de amostra para análise de DQO, ácido sulfúrico e os frascos para armazenamento de amostra para análise de coliformes fecais, tiosulfato de sódio. Os frascos foram identificados por local de coleta, e ficaram armazenados em uma caixa térmica (isopor) com gelo comum até a entrada no laboratório.

Figura 11: Recipiente utilizado para coletas.



Fonte: primária (2016).

Figura 12: Frascos utilizados para armazenamento de amostras.



Fonte: primária (2016).

As análises realizadas em campo no momento das coletas foram: Oxigênio Dissolvido (utilizando um oxímetro), pH (utilizando um pHmetro) e Temperatura (utilizando um termômetro). Os valores obtidos foram anotados no relatório de coleta.

4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E PRESENÇA DE METAIS

As análises descritas na Tabela 03 foram realizadas no laboratório Acquaplant, conforme a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 e incluem os parâmetros físico-químicos e os metais.

Tabela 03: Análises realizadas pelo laboratório Acquaplant.

PARÂMETRO	MÉTODO
Alumínio	Standard Methods 22a 3120 B
Antimônio	Standard Methods 22a 3120 B
Arsênio	Standard Methods 22a 3120 B
Bário	Standard Methods 22a 3120 B
Berílio	Standard Methods 22a 3120 B
Bismuto	Standard Methods 22a 3120 B
Boro	Standard Methods 22a 3120 B
Cádmio	Standard Methods 22a 3120 B
Cálcio	Standard Methods 22a 3120 B
Chumbo	Standard Methods 22a 3120 B
Cobalto	Standard Methods 22a 3120 B
Cobre	Standard Methods 22a 3120 B
Cromo total	Standard Methods 22a 3120 B
DBO (5 dias)	Standard Methods 22a Edição – 5210 B. [POP 073]
DQO	ISO 15705:2002.
Estanho	Standard Methods 22a 3120 B
Ferro	Standard Methods 22a 3120 B
Fósforo Total	Standard Methods 22a 3120 B
Lítio	Standard Methods 22a 3120 B
Magnésio	Standard Methods 22a 3120 B
Manganês	Standard Methods 22a 3120 B
Mercurio	Standard Methods 22a 3120 B
Molibdênio	Standard Methods 22a 3120 B

Níquel	Standard Methods 22a 3120 B
Nitrogênio Total	DIN 38405 D9 / ISSO 7890/1 e Standard Methods 22ª Edição 4500 D
Potássio	Standard Methods 22a 3120 B
Selênio	Standard Methods 22a 3120 B
Sílica	Standard Methods 22a 3120 B
Sólidos Totais	Standard Methods 22a Edição – 2540 B.
Turbidez	Standard Methods 22a 3120 B
Coliformes Fecais (Termotolerantes)	Standard Methods 22a Edição – Part 9221 - A,B,C

Fonte: Relatório de ensaio.

4.5 ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS

As análises ecotoxicológicas foram realizadas no Laboratório de Ecotoxicologia e Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, responsável também por ceder os exemplares de *Daphnia magna* utilizados nessa pesquisa. Eles foram cultivados conforme procedimentos descritos na norma ABNT NBR 12713:2016 (Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp). O meio de cultivo (natural) utilizado foi composto por um Meio Básico, com sais minerais característicos da água natural e pelo Meio M4, que contém elementos-traço e vitaminas, pH $7,8 \pm 0,2$, dureza total de 250 ± 25 mg.L⁻¹ em CaCO₃, com renovação do meio duas vezes por semana. Os organismos foram mantidos em lotes de até 25 adultos por litro, com luminosidade difusa com foto período de 16h de luz e 8h de escuro, e temperatura de 18 a 22°C.

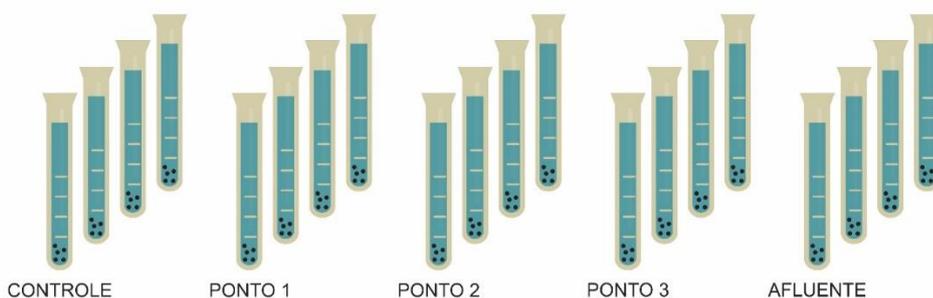
A alimentação do cultivo foi composta por uma suspensão de algas da espécie *Scenedesmus subspicatus* na quantidade aproximada de 10⁶ células/mL⁻¹ por organismo adulto, com intervalo de no máximo dois dias consecutivos.

4.5.1 Ensaio Agudo com *Daphnia magna*

A metodologia utilizada para a realização do teste agudo seguiu a norma ABNT NBR 12713:2016. Foram expostos organismos jovens, com 2 a 26 horas de vida, a amostras de água do Rio Parati coletados para os quatro Pontos amostrais selecionados. As diluições utilizadas foram o controle, 100% de água da amostra, 75%, 50% e 25%, completados com o meio de cultivo das Daphnias.

Para o desenvolvimento da análise foram utilizados tubos de ensaio de 15 ml, higienizados e identificados conforme o ponto amostral (Figura 13). Foram adicionados em cada tubo de ensaio do controle 10 ml do meio de cultivo das Daphnias. Para a concentração de 100%, foram adicionados 10 ml de água da amostra, para a concentração de 75%, foram adicionados 2,5 ml de meio de cultivo das Daphnias e 7,5 ml de água da amostra, para a concentração de 50%, foram adicionados 5 ml de meio de cultivo e 5 ml de água da amostra, e para a diluição de 25%, foram adicionados 2,5 ml de meio de cultivo e 7,5 ml de água da amostra. Em cada tubo de ensaio foram adicionados 5 organismos, sendo que cada diluição e o controle foram realizados em quadruplicata.

Figura 13: Esquema de quadruplicatas utilizado para o ensaio agudo.



Fonte: primária (2016).

Os tubos de ensaio foram incubados por 48h a uma temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, fotoperíodo de 16:8 e com ausência de alimentação. Ao final do período de incubação, foram contados os organismos que apresentaram incapacidade de movimentação ou mortos. Através dos dados obtidos foi calculado a Concentração Letal em 50% da amostra (CL_{50}) e o Fator de Toxicidade (FT). O Fator de Toxicidade para Daphnias

(FT_D) corresponde à menor diluição da amostra em que não ocorreu imobilidade em mais de 10% dos organismos.

4.5.2 Ensaio Crônico com *Daphnia magna*

O ensaio crônico foi realizado utilizando o microrganismo *Daphnia magna*, com 2 a 26 horas de vida, expostos a amostras de água do Rio Parati. A análise seguiu a metodologia da *International Organization for Standardization* – ISO 10.706:2000.

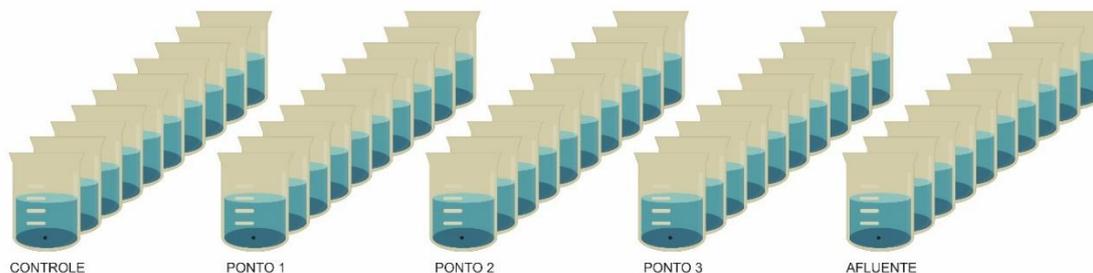
A diluição utilizada foi 100% de água da amostra, e o controle. Para o desenvolvimento da análise foram utilizados copos plásticos de 50 ml, identificados por letras conforme o ponto amostral (Figura 14). Foram adicionados em cada copo do controle 20 ml de meio de cultivo das Daphnias, e para os outros copos, 20 ml de água coleta nos pontos amostrais. Em cada copo foi adicionado 1 organismo, sendo 10 réplicas para o controle, 10 réplicas para o Ponto 1 e assim por diante (Figura 15).

Figura 14: Recipientes utilizados para o ensaio crônico.



Fonte: primária (2016).

Figura 15: Esquema de réplicas utilizado para o ensaio crônico.



Fonte: primária (2016).

Os copos foram incubados por 21 dias a temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, fotoperíodo de 16:8 e alimentação com a microalga *Scenedesmus subspicatus* 4 vezes por semana a partir da segunda semana. Duas vezes por semana as soluções teste e o controle foram renovados, observando todos os cuidados para manter os organismos vivos. Em cada dia de alimentação ou de troca do meio foram contados os filhotes presentes em cada copo, retirados e anotados na planilha de controle. Foram observados e registrados ainda os organismos adultos que morreram e a data.

Ao final do teste foi analisada a longevidade dos organismos em cada ponto amostral, a fecundidade de cada organismo e a média por ponto amostral.

4.6 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para a análise das amostras optou-se por uma metodologia consolidada, denominada Índice de Qualidade de Água (IQA) utilizando o software Excel da Microsoft.

Para os resultados dos ensaios crônicos com os organismos *Daphnia magna* aplicou-se análise estatística ANOVA para a verificação da existência de diferenças entre as médias dos tratamentos e controle, e posteriormente, para os resultados que mostraram-se significativos, foi realizada a análise de Dunnet.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos sobre o Rio Parati são necessários devido sua importância para a população e sua utilização como receptor de águas contaminadas, para que possa ser realizada sua gestão e conservação adequadamente. Entretanto, não foram encontrados na literatura ou em outras fontes de pesquisa nenhum dado real sobre a qualidade ambiental da bacia do Rio Parati, localizado no município de Araquari, Santa Catarina. Dessa forma, a pesquisa aqui apresentada vem contribuir para o conhecimento das características do Rio Parati, e deseja servir de base para estudos futuros.

A Tabela 04 mostra os resultados dos parâmetros analisados nos Pontos de amostragem. A seguir, são discutidos os dados por grupos de compostos indicadores de poluição.

Tabela 04: Médias dos valores encontrados nas coletas e desvio padrão no Rio Parati. O limite é estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005 Água salobra - Classe 2.

Variáveis analisadas	Unidades	Limites	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Oxigênio Dissolvido	mg/L	≥ 4	7,91 (±1,33)	4,69 (±1,33)	6,31 (±1,83)
Temperatura	°C		23,6 (±3,04)	24,58 (±3,71)	25,35 (±4,53)
DBO (5 dias)	mg/L		19,43 (±6,03)	14,98 (±8,77)	31,90 (±23,52)
DQO	mg/L		77,00 (±13,08)	42,25 (±5,5)	245,50 (±130,02)
Fósforo total	mg/L	≤ 0,186	0,98 (±1,64)	0,55 (±0,73)	0,43 (±0,45)
Nitrogênio total	mg/L	≤ 0,7	0,84 (±0,5)	0,90 (±0,65)	<0,6 (±0)
pH	-	6,5 a 8,5	5,54 (±0,44)	6,63 (±0,1)	6,85 (±0,36)
Sólidos totais	mg/L		120,75 (±8,42)	1721,50 (±1985,14)	14441,50 (±5455,06)
Turbidez	NTU		19,66 (±3,68)	54,75 (±52,23)	13,09 (±13,41)
Coliformes fecais termotolerantes	NMP/100ml	≤ 2500	6992,50 (±13338,96)	13647,50 (±20462,3)	1070,00 (±1220)
Alumínio	mg/L	≤ 0,1	1,00 (±0,45)	2,92 (±4,5)	0,41 (±0,19)
Antimônio	mg/L		<0,005	<0,005	<0,005
Arsênio	mg/L	≤ 0,069	<0,008	<0,008	<0,008
Bário	mg/L	≤ 1	0,028 (±0,01)	0,04 (±0,02)	0,03 (±0,02)
Berílio	mg/L	≤ 0,0053	<0,002	<0,002	0,002 (±0,0015)
Bismuto	mg/L		<0,2	<0,2	<0,2
Boro	mg/L	≤ 0,5	0,04 (±0,01)	0,20 (±0,18)	1,57 (±0,44)
Cádmio	mg/L	≤ 0,04	<0,001	<0,001	<0,001

Cálcio	mg/L		4,89 ($\pm 2,52$)	23,07 ($\pm 26,24$)	170,08 ($\pm 57,84$)
Chumbo	mg/L	$\leq 0,21$	<0,010	<0,010	<0,010
Cobalto	mg/L		<0,005	<0,005	0,01 ($\pm 0,0065$)
Cobre	mg/L	$\leq 0,0078$	<0,005	<0,005	<0,005
Cromo total	mg/L	$\leq 1,1$	<0,005	0,008 ($\pm 0,004$)	<0,005
Estanho	mg/L		<0,010	0,01 ($\pm 0,009$)	0,04 ($\pm 0,04$)
Ferro	mg/L	$\leq 0,3$	1,51 ($\pm 0,23$)	2,74 ($\pm 1,54$)	0,60 ($\pm 0,35$)
Lítio	mg/L		<0,005	0,008 ($\pm 0,004$)	0,06 ($\pm 0,04$)
Magnésio	mg/L		1,29 ($\pm 0,28$)	66,07 ($\pm 93,37$)	599,12 ($\pm 245,56$)
Manganês	mg/L	$\leq 0,1$	0,059 ($\pm 0,01$)	0,11 ($\pm 0,02$)	0,11 ($\pm 0,03$)
Mercúrio	mg/L	$\leq 0,0018$	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Molibdênio	mg/L		<0,005	0,007 ($\pm 0,0035$)	0,017 ($\pm 0,0088$)
Níquel	mg/L	$\leq 0,0074$	0,014 ($\pm 0,0078$)	<0,006	0,017 ($\pm 0,0058$)
Potássio	mg/L		1,23 ($\pm 0,44$)	33,67 ($\pm 40,9$)	282,44 ($\pm 123,74$)
Selênio	mg/L	$\leq 0,29$	<0,007	<0,007	<0,007
Sílica	mg/L		9,77 ($\pm 2,68$)	19,43 ($\pm 15,77$)	7,17 ($\pm 2,89$)
IQA	-		49,25 ($\pm 7,27$)	41,75 ($\pm 8,42$)	46,25 ($\pm 1,25$)

Ficou observado que alguns parâmetros (DBO, DQO, sólidos totais, coliformes fecais termotolerantes, alumínio, ferro) apresentaram elevados valores para desvio padrão. Coletas e análises em ambientes aquáticos podem apresentar esse comportamento, pois podem haver descartes não constantes de poluentes, levando à obtenção de diferentes valores para um mesmo parâmetro.

A salinidade é a soma dos sais dissolvidos na água (TUNDISI & TUNDISI, 2008). Conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, águas doces possuem salinidade igual ou inferior a 0,5 g/Kg, águas salobras salinidade superior a 0,5 g/Kg e inferior a 30 g/Kg, águas salinas salinidade superior a 30 g/Kg.

Os valores obtidos, em termos de salinidade, demonstraram que o Ponto de coleta 01 e o afluente não apresentavam salinidade, tendo média de 0,08 g/Kg ($\pm 0,053$) e 0,11 g/Kg ($\pm 0,035$), respectivamente. Os Pontos de coleta 02 e 03 apresentaram valores de salinidade variável de 5,19 g/Kg ($\pm 4,47$) e 14,50 g/Kg ($\pm 8,71$), respectivamente. Estes valores demonstraram a influência das marés sobre estes dois Pontos, enquadrando o rio como de águas salobras.

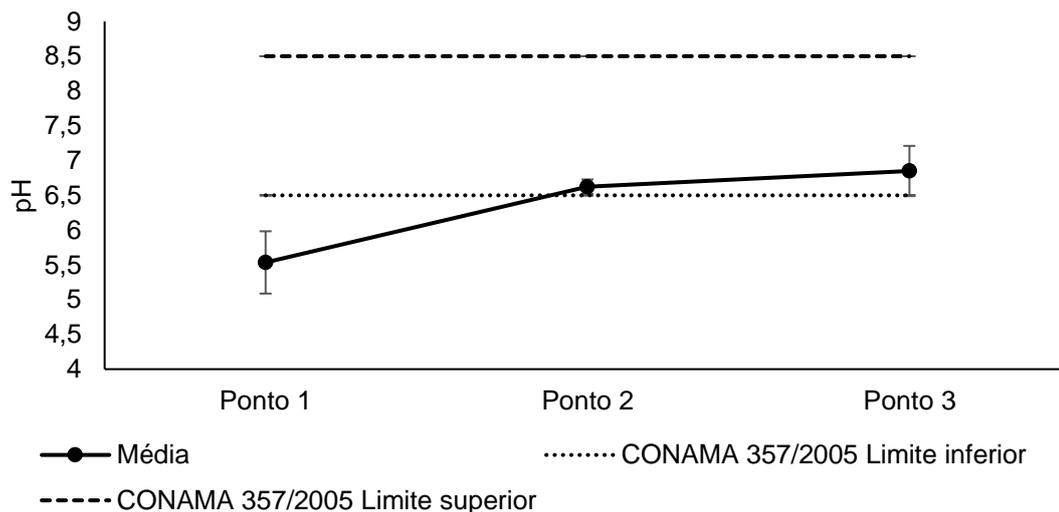
5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PARATI

Para conhecer a qualidade da água do Rio Parati foram analisados os três Pontos previamente estabelecidos até a sua foz, sendo que no município de Araquari não há rede coletora de esgoto sanitário. Os resultados abaixo foram obtidos considerando-se a média dos valores por Ponto de coleta e estão descritos nas Figuras 16 a 36.

Esperava-se que esta bacia hidrográfica estivesse totalmente em conformidade com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, haja visto que o município de Araquari é pequeno e tem poucos habitantes. Entre os parâmetros físico-químicos e biológicos, quatro não atenderam a legislação e podem ser observados nas Figuras 16 a 20.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece o intervalo de 6,5 a 8,5 para o pH em águas salobras Classe 2, sendo que sua variação afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas (ANA, 2016). Todas as amostras apresentaram valores muito próximos ao limite inferior, como pode ser observado na Figura 16. No Ponto 1, todas as amostras realizadas apresentaram valores inferiores a 6,5, podendo indicar acidez natural das águas do Rio Parati. A acidez natural das águas tem origem no CO₂ absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição da matéria orgânica (VON SPERLING, 1996). Outra justificativa seria a influência do solo da região, do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Latossólico (EMBRAPA, 2004), fortemente ácido a extremamente ácido, abaixando os valores de pH encontrados.

Figura 16: Valores médios e desvio padrão para pH no Rio Parati.



O nitrogênio total foi estimado para essa pesquisa, conforme pode ser verificado na Figura 17. Os Pontos 1 e 2 apresentaram médias acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005, de até 0,7 mg/L. O Ponto 3 atendeu ao limite estabelecido provavelmente por estar mais próximo à foz, e consequentemente seu canal mais largo promover a diluição do poluente.

De forma geral, o nitrogênio encontrado tem fonte antrópica, decorrente da matéria orgânica presente no esgoto doméstico que alcança o Rio Parati pois o município não tem rede coletora, conforme Figura 18. Despejos domésticos e o uso de fertilizantes são os principais responsáveis pela alteração dos níveis de nitrogênio em corpos d'água (VON SPERLING, 1996).

O Ponto 1 é o local mais próximo do ponto considerado nascente do rio. Uma das hipóteses que podem justificar os valores alterados de nitrogênio foi o relato de que próximo à nascente do rio se encontra uma fazenda de criação de búfalos. Os bubalinos se adaptam bem às condições ambientais úmidas. Como sua pele é preta, sofrem muito quando estão sob a luz do sol. Por esse motivo, em seu ambiente criatório, necessitam de um local que possam ficar mergulhados nas horas mais quentes do dia bem como áreas de sombra, sendo, portanto, uma fonte de fósforo e coliformes fecais (EMBRAPA, 1998).

Figura 17: Valores médios e desvio padrão para nitrogênio total no Rio Parati.

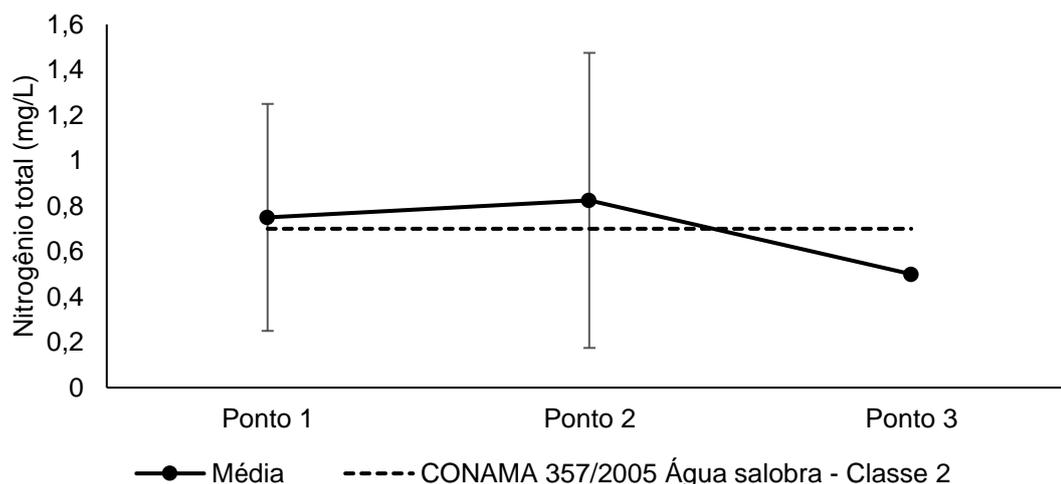


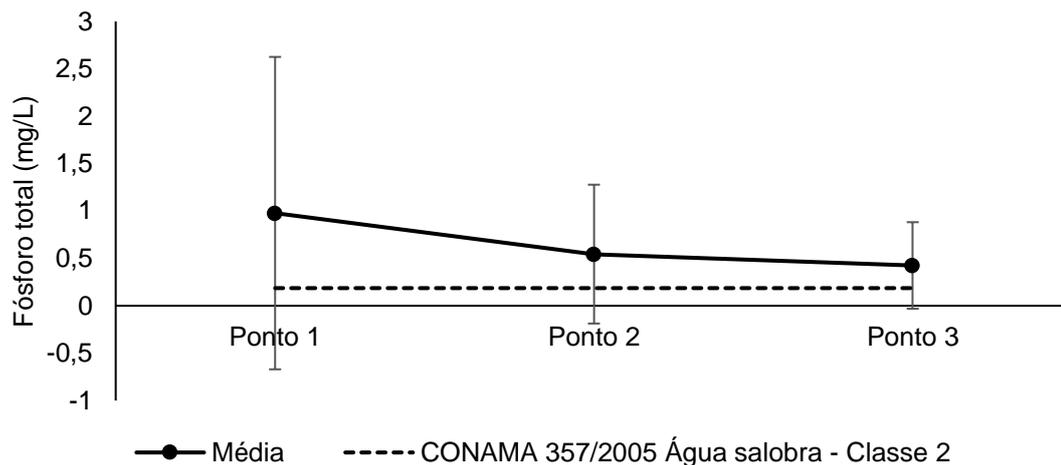
Figura 18: Despejo de águas residuárias no Ponto 3, centro do município.



Os valores encontrados para Fósforo oscilaram próximo ao limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, de até 0,186 mg/L, conforme Figura 19. As médias dos Pontos apresentaram desconformidade com a legislação.

Pode-se constatar a presença de matéria orgânica ao longo de todo o Rio Parati através da presença de nitrogênio e fósforo em valores elevados, comprovando que a cidade não apresenta sistema de tratamento de esgoto sanitário. O Ponto 1 pode sofrer influência da fazenda de criação de búfalos, e os demais Pontos podem receber dejetos humanos. As principais fontes antrópicas de fósforo são os esgotos domésticos, devido à presença dos detergentes superfosfatados e da própria matéria fecal (ANA, 2016).

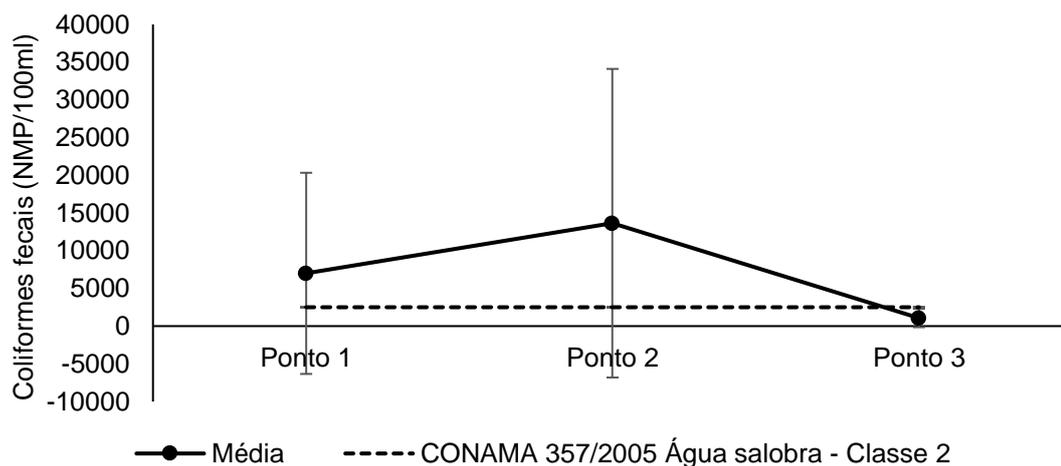
Figura 19: Valores médios e desvio padrão para fósforo total no Rio Parati.



Os valores encontrados para Coliformes Termotolerantes variaram muito durante as coletas, conforme Figura 20. O limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 é de até 2500 NMP, e apenas o Ponto 3 atendeu ao estabelecido. Acredita-se que esse fato se deve ao grande volume de água que pode ser encontrado nesse Ponto, diluindo os poluentes presentes.

As médias para os Pontos 1 e 2 estão acima do limite estabelecido, indicando presença de dejetos humanos e/ou animais no Rio Parati. As bactérias coliformes Termotolerantes são encontradas no trato intestinal de animais de sangue quente e são indicadoras de poluição por esgotos domésticos. Elas não são patogênicas, mas sua presença indica a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ANA, 2016).

Figura 20: Valores médios e desvio padrão para coliformes fecais no Rio Parati.

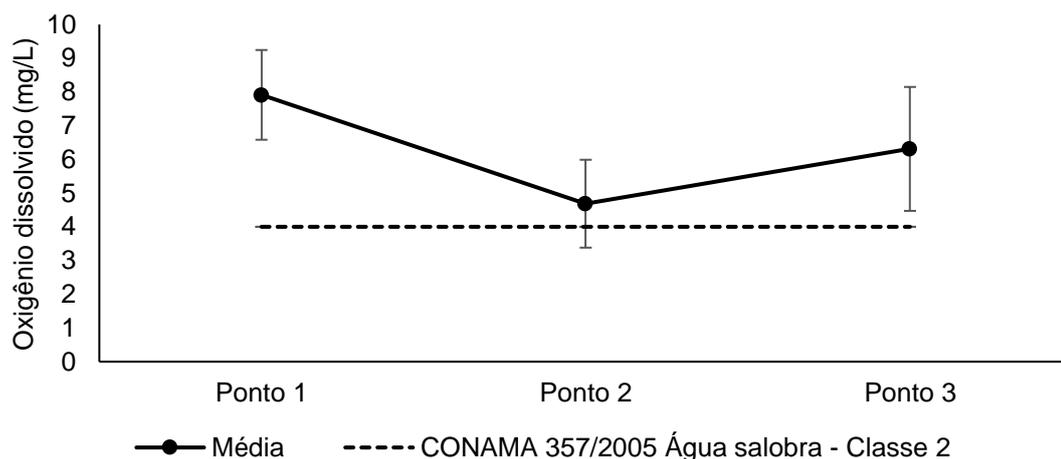


Os demais parâmetros como oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos totais, turbidez, DBO e DQO podem ser verificados nas Figuras 21 a 26, e estão em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 ou não possuem limites estabelecidos.

O limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para oxigênio dissolvido é de no mínimo 4 mg/L. As médias dos Pontos estão em conformidade com a Resolução, como pode ser verificado na Figura 21.

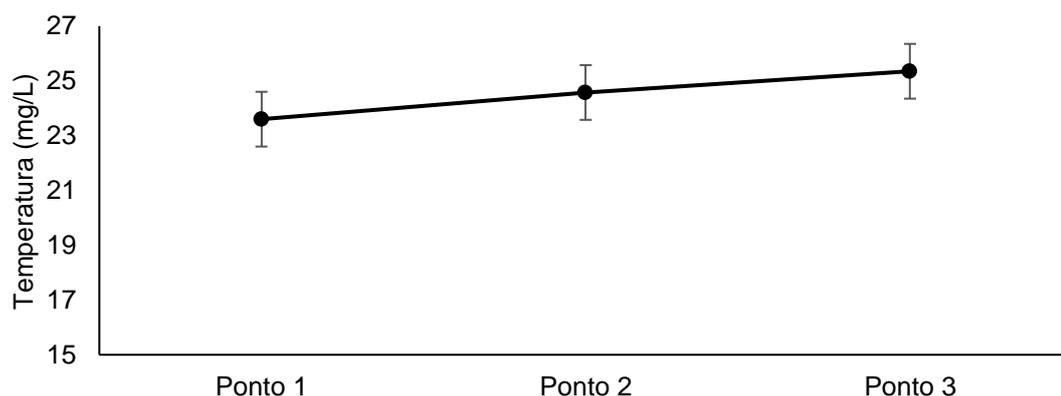
O Ponto 2 apresenta um resultado menor provavelmente em decorrência da baixa velocidade de escoamento da água em relação aos outros Pontos. A temperatura da água também pode influenciar a solubilidade do oxigênio (VON SPERLING, 1996).

Figura 21: Valores médios e desvio padrão para oxigênio dissolvido no Rio Parati.



Foram encontrados diferentes valores de temperatura, conforme a Figura 22, pois uma coleta foi realizada no verão e três no outono. Porém, as médias permaneceram bem próximas. Corpos d'água com temperaturas fora de seus limites de tolerância podem causar impactos sobre o crescimento e reprodução de organismos aquáticos (ANA, 2016).

Figura 22: Valores médios e desvio padrão para temperatura no Rio Parati.

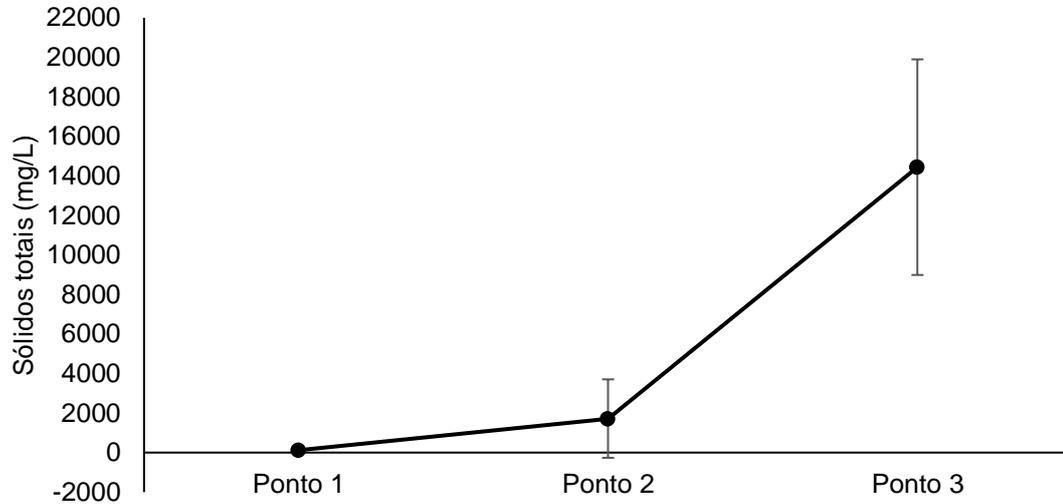


A quantidade de material sólido dissolvido nas amostras apresentou grande variação conforme o local de coleta, como pode ser observado na Figura 23. A média mais baixa corresponde ao Ponto 1, e a mais elevada ao Ponto 3.

O sedimento inorgânico ou orgânico transportado pelo rio deriva da erosão das margens, sendo que à jusante há uma maior concentração de material orgânico fino particulado e de matéria orgânica dissolvida, como pode ser observado no Ponto 3. A

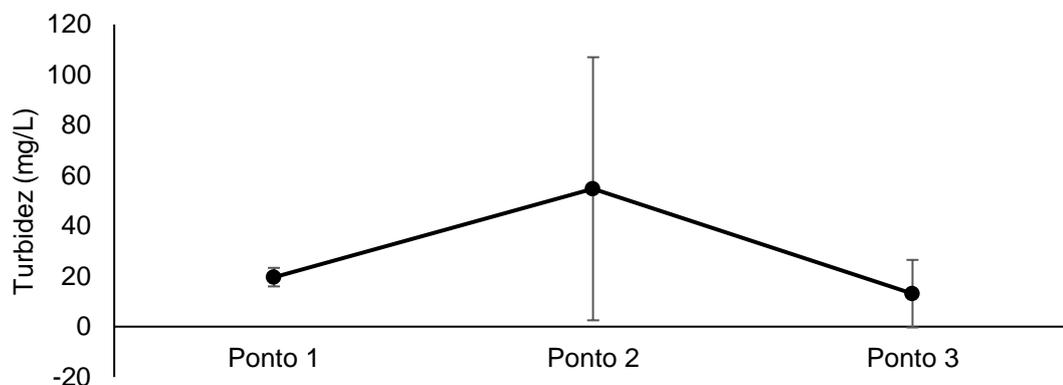
presença de manguezais também influencia a concentração de material orgânico, produzindo uma coloração característica (TUNDISI & TUNDISI, 2008). Ainda, este Ponto pode apresentar sedimentos oriundos da Baía da Babitonga.

Figura 23: Valores médios e desvio padrão para sólidos dissolvidos no Rio Parati.



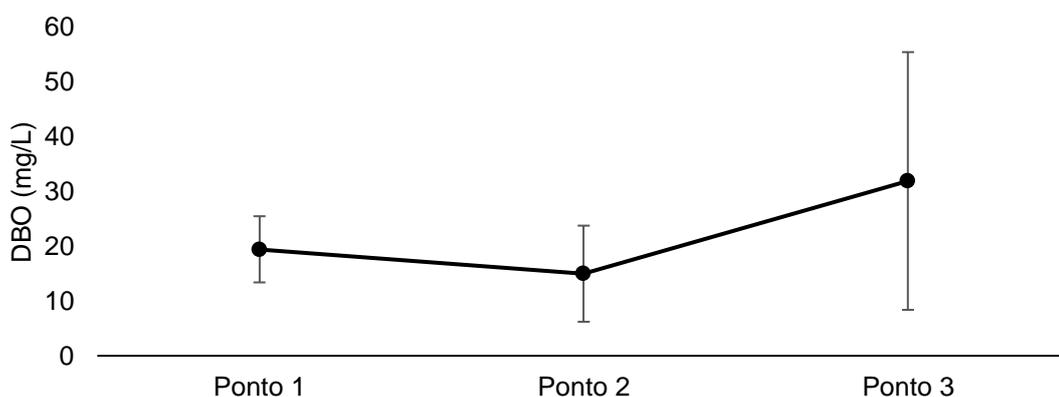
A turbidez representa o grau de interferência da passagem de luz através da água, conferindo uma aparência turva (VON SPERLING, 1996). Sua origem natural está relacionada a partículas de argila e silte. Foram encontrados resultados variáveis, conforme pode ser verificado na Figura 24, sendo a média mais elevada encontrada no Ponto 2.

Figura 24: Valores médios e desvio padrão para turbidez no Rio Parati.



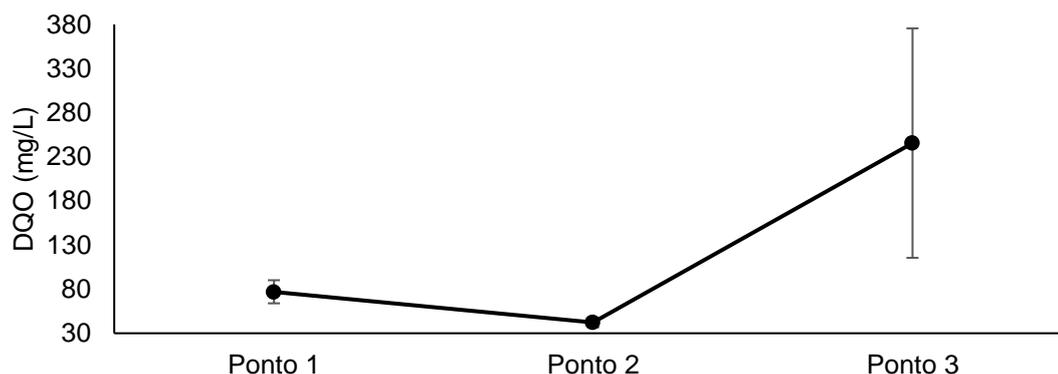
Valores altos de DBO num corpo d'água estão relacionados ao lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos, levando a diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água (ANA, 2016). As médias obtidas variaram de 14,9 a 31,9 mg/L, conforme pode ser verificado na Figura 25. O Ponto 3 encontra-se no centro do município de Araquari, e recebe o esgoto gerado por essa população, contribuindo para a elevação do valor de DBO.

Figura 25: Valores médios e desvio padrão para DBO no Rio Parati.



A Demanda Química de Oxigênio (DQO) refere-se à quantidade de oxigênio necessária para a oxidação do material orgânico a partir de um oxidante forte composto por dicromato de potássio e ácido sulfúrico, juntamente com um catalisador e aumento de temperatura (VALENTE, PADILHA & SILVA, 1997). Os valores médios variaram de 42,24 a 245,5 mg/L, conforme pode ser verificado na Figura 26. O alto valor encontrado no Ponto 3, assim como para DBO, deve-se à presença de matéria orgânica nas águas do Rio Parati.

Figura 26: Valores médios e desvio padrão para DQO no Rio Parati.



Foi analisado também nessa pesquisa a presença de metais na água, com o objetivo de verificar o impacto da presença de empresas e indústrias em áreas próximas ao Rio Parati. Existe uma área industrial próxima ao Ponto 2, onde é possível verificar que alguns metais analisados apresentam valores mais elevados. Dos 24 parâmetros analisados, alumínio, boro, ferro, manganês e níquel apresentaram valores em desconformidade ao longo do Rio Parati.

A concentração de metais dissolvidos nas águas dos rios é influenciada por vários fatores, como a geologia da bacia de drenagem do rio, restrições químicas dentro do próprio sistema aquoso, pH e os acréscimos de origem antropogênica (GUEDES *et al*, 2005).

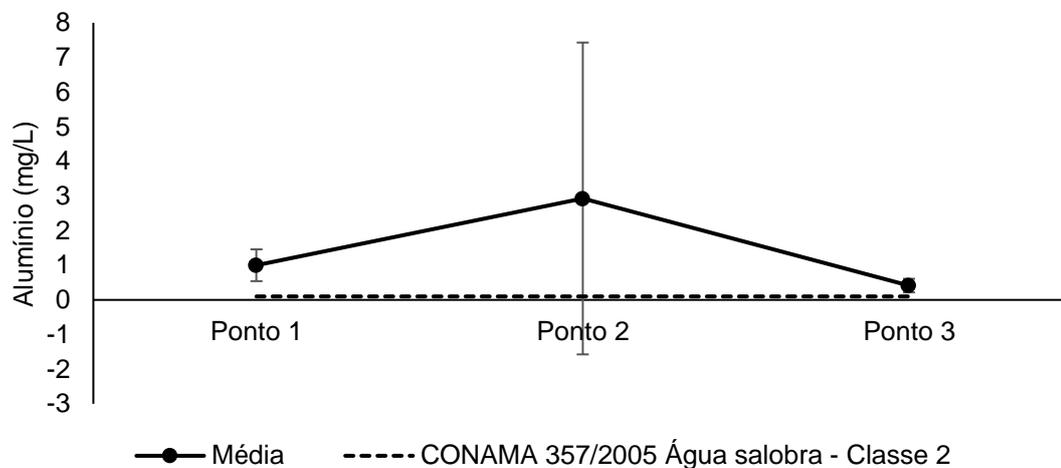
As concentrações encontradas para alumínio foram elevadas em praticamente todas as coletas, conforme pode ser verificado na Figura 27. O limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 é de até 0,1 mg/L, e todas as médias obtidas estão acima desse valor.

O local mais crítico é o Ponto 2 (média 2,92 mg/L e desvio padrão $\pm 4,5$), indicando possível contaminação por efluentes industriais. Estes valores e o alto desvio padrão podem ser justificados pela proximidade da Avenida das Indústrias, onde se concentram indústrias que podem contribuir para a elevação da concentração de alumínio. Algumas fontes antropogênicas de alumínio são os processos industriais, como a metalurgia, produção de embalagens e estocagem de produtos alimentares (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Fica demonstrado uma descarga deste contaminante de forma irregular, comprovado pelo alto valor de desvio padrão das amostras. Aliado à presença de

alumínio de fonte antrópica tem-se a ocorrência natural desse elemento em solos Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Latossólico, conforme descrito anteriormente para o município de Araquari (EMBRAPA, 2004), alcançando os corpos hídricos da região.

Figura 27: Valores médios e desvio padrão para alumínio no Rio Parati.

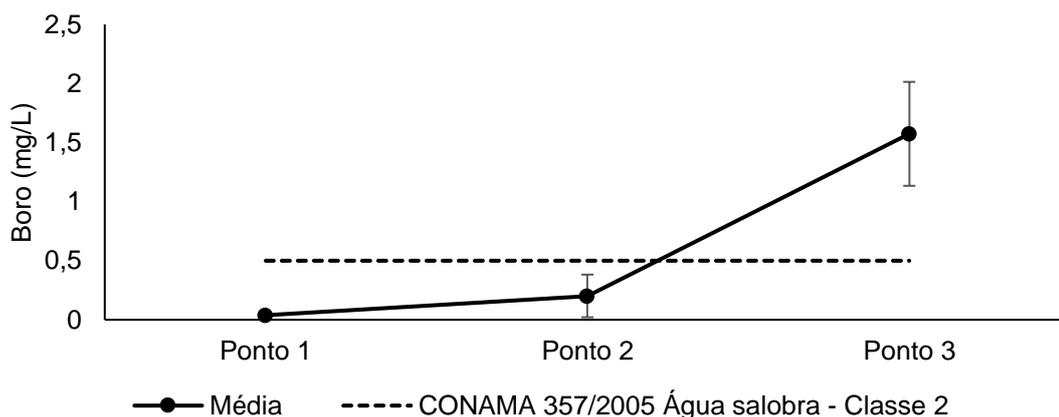


Os valores encontrados para Boro colocam esse parâmetro em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece o limite de até 0,5 mg/L. Os Pontos 1 e 2 não apresentaram problemas, e suas médias estão dentro do valor permitido.

O Ponto 3 surpreendeu e todas as coletas apresentaram valores muito elevados, indicando a possível presença de água do mar. A concentração de boro na água do mar é de aproximadamente 4,4 mg/L (MESQUITA, 2006). A presença de água do mar se confirma também pela salinidade deste Ponto.

A presença de boro na água superficial pode ser atribuída a natureza geoquímica da superfície de drenagem, a proximidade de regiões costeiras e a incorporação de efluentes industriais e urbanos (OMS, 1999).

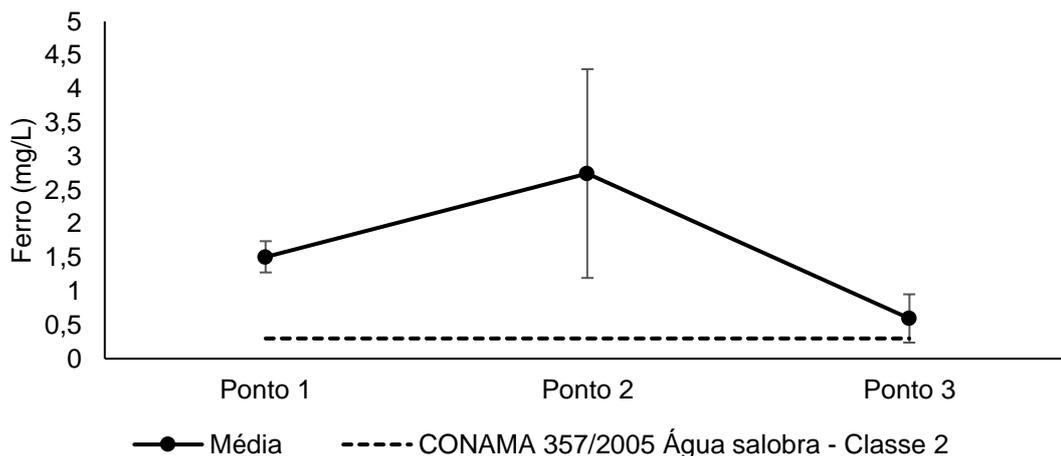
Figura 28: Valores médios e desvio padrão para boro no Rio Parati.



Águas de áreas costeiras e de manguezais podem apresentar valores elevados para ferro, em decorrência das características do solo. Para esse parâmetro, todas as médias estão em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece o limite de até 0,3 mg/L. As médias ao longo do Rio Parati variaram de 0,59 a 2,74 mg/L, indicando que há a possibilidade de o ferro ser naturalmente encontrado em águas dessa região.

O Ponto 2 foi o que apresentou a maior média e o maior desvio padrão, mostrando que os valores variaram muito ao longo das coletas. Cabe ressaltar que o Ponto 2 está localizado próximo à uma área industrial, que pode contribuir com descargas desse poluente. As principais fontes antrópicas de ferro são os efluentes de esgotos municipais e industriais, o escoamento superficial urbano e o uso de fertilizantes na agricultura (AZEVEDO & CHASIN, 2003). O intemperismo das rochas que compõem a bacia de drenagem e a erosão de solos ricos nesses materiais são as principais fontes naturais de ferro para o ambiente aquático (ESTEVES, 1998). A concentração aproximada de ferro na água do mar é de 0,002 mg/L (MESQUITA, 2006).

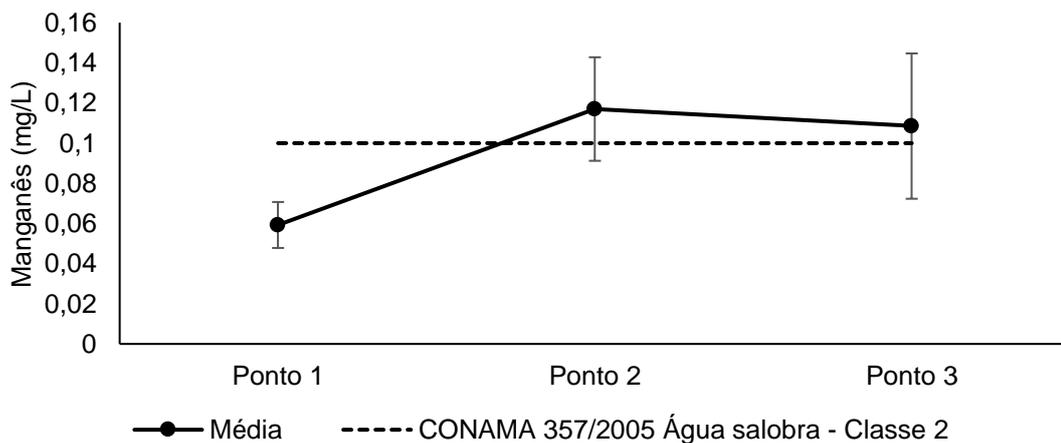
Figura 29: Valores médios e desvio padrão para ferro no Rio Parati.



Os valores de manganês encontrados também estão em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece o limite de até 0,1 mg/L. Nos oceanos, as concentrações apresentam-se no intervalo de 0,0004 - 0,01 mg/L (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Nos Pontos 2 e 3 foram verificados valores elevados de manganês, sendo a maior média 0,117mg/L. A erosão do solo é uma das mais importantes fontes naturais de manganês, e na água é derivado do solo e das pedras. Algumas fontes antrópicas de manganês para o ambiente são os resíduos domésticos e o refinamento do aço e ferro (AZEVEDO & CHASIN, 2003). Conforme a Figura 30, uma hipótese para os valores elevados a partir do Ponto 1 seria a presença de manganês oriundo de fonte antrópica, visto que os valores não se mantiveram constantes ao longo do Rio Parati.

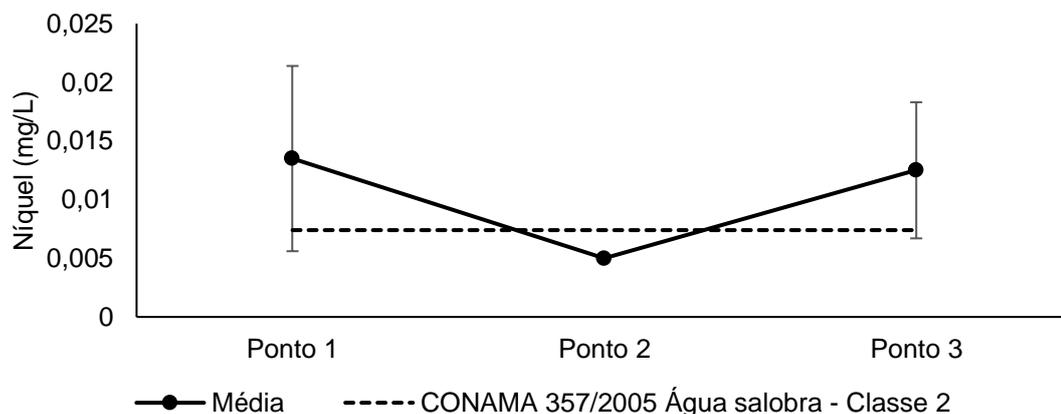
Figura 30: Valores médios e desvio padrão para manganês no Rio Parati.



O níquel é um dos cinco elementos mais abundantes, vindo depois do ferro, oxigênio, magnésio e sílica. Concentrações em mananciais são geralmente menores que 0,002 - 0,01 mg/L, e nos oceanos as concentrações estão em torno de 0,0002-0,0006 mg/L. É introduzido na hidrosfera por remoção da atmosfera, erosão dos solos e rochas, lixo municipal e descargas industriais (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

O Ponto 2, onde esperava-se encontrar os maiores valores, está em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece o valor máximo de 0,0074 mg/L. Os Pontos 1 e 3 apresentaram médias elevadas, conforme pode ser verificado na Figura 31, o que pode ser indicativo de fontes pontuais de emissão de níquel. Indústrias metalúrgicas, de galvanoplastia (ambas encontradas no município de Araquari), de tintas e inseticidas, farmacêuticas, de produtos luminescentes e de fibras podem lançar esse elemento em corpos hídricos (MARTIN *et al*, 1976).

Figura 31: Valores médios e desvio padrão para níquel no Rio Parati.



As concentrações encontradas para alumínio, boro, ferro, manganês e níquel podem indicar a presença de empresas do setor metal-mecânico, principalmente próximo ao Ponto 2, que deveriam ser alvo de fiscalizações por parte da prefeitura. Para indicar precisamente a origem desses poluentes seria necessário realizar uma análise detalhada dos efluentes despejados no Rio Parati. Os demais metais analisados não apresentaram inconformidades, e seus valores médios podem ser verificados nas Figuras 32 a 36.

Os valores de cálcio encontrados podem ser verificados na Figura 32, sendo que a Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece um limite para sua concentração em águas. A dureza é a concentração de cátions multimetálicos em solução, e os mais frequentemente associados são Ca^{2+} e Mg^{2+} . A origem natural está relacionada com a dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, e a origem antrópica está associada aos despejos industriais (VON SPERLING, 1996). A concentração de cálcio é de aproximadamente 15 mg/L em águas naturais, e na água do mar, 412 mg/L (PARRON, MUNIZ & PEREIRA, 2011), podendo haver presença de água da Baía da Babitonga no Rio Parati.

Assim como para o cálcio, não há valores permitidos estabelecidos para magnésio. Sabe-se que concentração de magnésio em águas naturais é de aproximadamente 4 mg/L, e na água do mar, 1290 mg/L (PARRON, MUNIZ & PEREIRA, 2011). Os valores encontrados para magnésio podem ser verificados na Figura 33, e estão em conformidade com os valores obtidos de salinidade, indicando a presença de água do mar através da Baía da Babitonga.

Figura 32: Valores médios e desvio padrão para cálcio no Rio Parati.

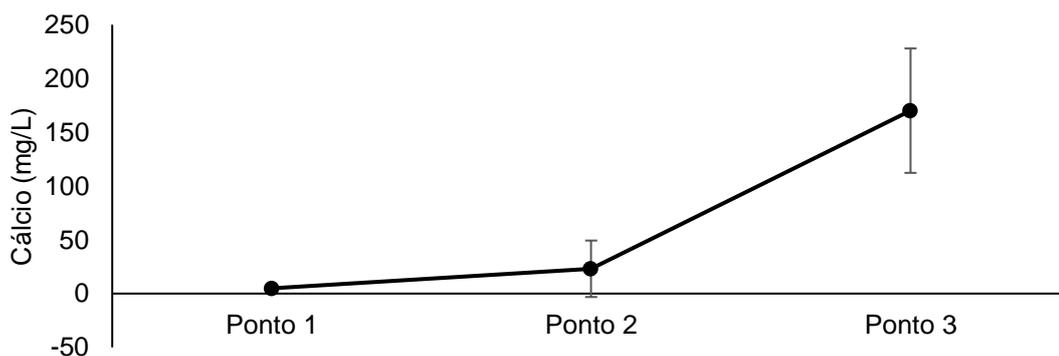
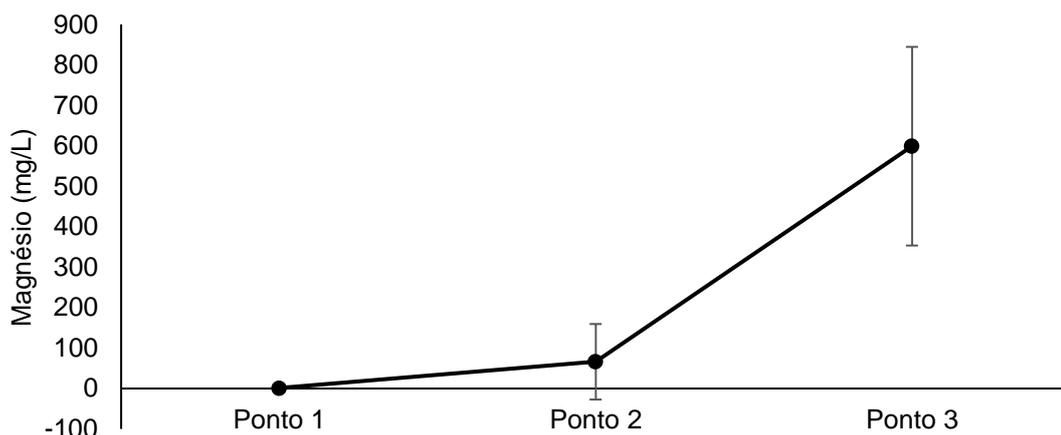
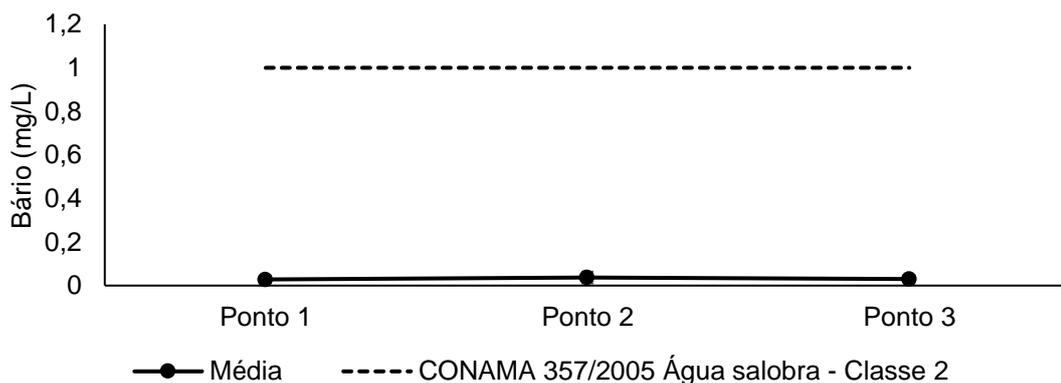


Figura 33: Valores médios e desvio padrão para magnésio no Rio Parati.



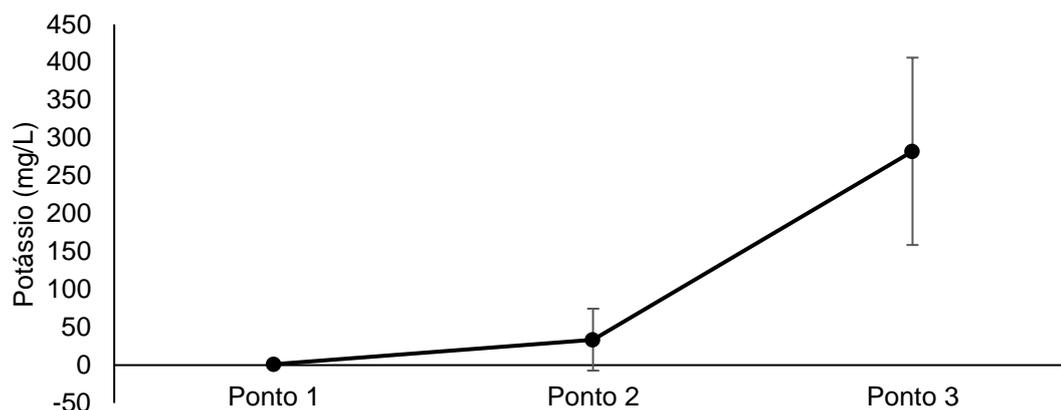
O bário é um elemento metálico e suave, nunca encontrado puro na natureza devido à sua reatividade (BARBALACE, 2016). A concentração de bário na água do mar é de 0,02 mg/L (MESQUITA, 2006). Todas as amostras estavam em conformidade com a resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 34: Valores médios e desvio padrão para bário no Rio Parati.



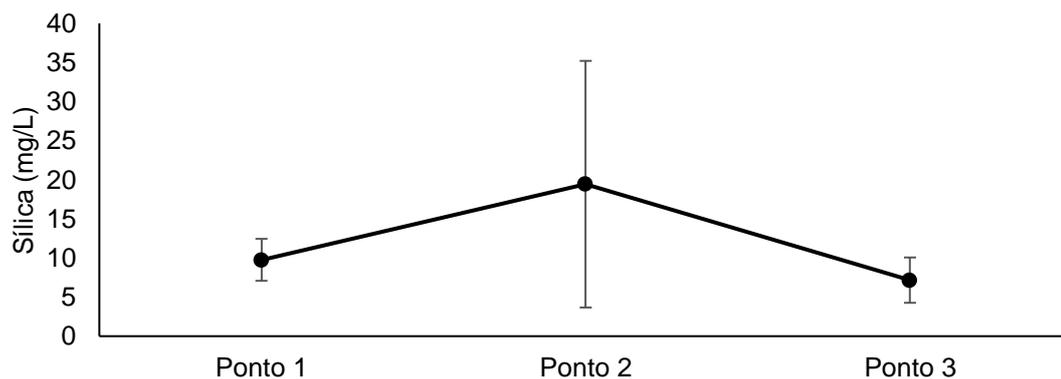
A concentração de potássio em águas superficiais varia de 1 a 3 mg/L (PARRON, MUNIZ & PEREIRA, 2011), e na água do mar é de aproximadamente 380 mg/L. Sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura, alcançando as águas doces através das descargas industriais e de áreas agrícolas (CETESB, 2009). Os valores médios podem ser verificados na Figura 35, e possivelmente são resultado de despejos industriais somados à presença de água da Baía da Babitonga.

Figura 35: Valores médios e desvio padrão para potássio no Rio Parati.



A sílica encontra-se presente nas águas naturais sob a forma de polímeros, provenientes do solo ou de organismos como as diatomáceas. As concentrações de sílica solúvel em águas naturais variam de 1,2 - 10 mg/L a 200 - 300 mg/L (TUNDISI & TUNDISI, 2008). As concentrações de sílica encontradas estão situadas na faixa de valores indicada por Tundisi & Tundisi (2008), sendo os maiores valores encontrados no Ponto 2 e os menores no Ponto 1.

Figura 36: Valores médios e desvio padrão para sílica no Rio Parati.



Os seguintes elementos não apresentaram variação ao longo das coletas, e/ou estão em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005: antimônio, arsênio, berílio, bismuto, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, estanho, lítio, mercúrio, molibdênio e selênio.

Entre os 24 metais analisados nessa pesquisa, 14 estão presentes na resolução CONAMA nº 357/2005. Apenas 4 parâmetros de metais não atenderam aos limites estabelecidos, e 10 parâmetros atenderam.

5.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CANAL DO ITINGA, AFLUENTE

Como forma de complementar a caracterização da qualidade da água do Rio Parati, foram realizadas coletas também do Canal do Itinga, um afluente de grande importância, pois carrega dejetos humanos coletados no Bairro Itinga. O Canal deságua no Rio Parati logo após ele atravessar a Rodovia BR 280, antes do Ponto 2. A tabela a seguir (Tabela 05) apresenta os valores médios para as coletas realizadas nesse afluente.

Tabela 05: Médias dos valores encontrados nas coletas e desvio padrão no Canal Afluente. O limite é estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005 Água salobra - Classe 2.

Variáveis analisadas	Unidades	Limites	Média (Desvio Padrão)
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Maior que 4	6,99 ($\pm 0,97$)
Temperatura	°C		24,35 ($\pm 3,59$)
DBO (5 dias)	mg/L		17,50 ($\pm 15,68$)
DQO	mg/L		43,75 ($\pm 24,45$)
Fósforo total	mg/L	0,186	0,88 ($\pm 1,3$)
Nitrogênio total	mg/L	0,7	1,20 ($\pm 1,2$)
pH	-	6,5 a 8,5	6,75 ($\pm 0,27$)
Sólidos totais	mg/L		219,75 ($\pm 166,08$)
Turbidez	NTU		49,25 ($\pm 27,14$)
Coliformes fecais termotolerantes	NMP/100ml	2500	12502,5 ($\pm 21079,41$)
Alumínio	mg/L	0,1	0,70 ($\pm 0,18$)
Antimônio	mg/L		<0,005
Arsênio	mg/L	0,069	<0,008
Bário	mg/L	1	0,050 ($\pm 0,023$)
Berílio	mg/L	0,0053	<0,002
Bismuto	mg/L		<0,2
Boro	mg/L	0,5	0,028 ($\pm 0,03$)
Cádmio	mg/L	0,04	<0,001
Cálcio	mg/L		8,44 ($\pm 1,14$)
Chumbo	mg/L	0,21	<0,010
Cobalto	mg/L		<0,005

Cobre	mg/L	0,0078	<0,005
Cromo total	mg/L	1,1	<0,005
Estanho	mg/L		<0,010
Ferro	mg/L	0,3	2,09 ($\pm 0,28$)
Lítio	mg/L		<0,005
Magnésio	mg/L		2,58 ($\pm 0,54$)
Manganês	mg/L	0,1	0,17 ($\pm 0,02$)
Mercúrio	mg/L	0,0018	<0,0002
Molibdênio	mg/L		<0,005
Níquel	mg/L	0,0074	<0,006
Potássio	mg/L		3,96 ($\pm 0,78$)
Selênio	mg/L	0,29	<0,007
Sílica	mg/L		13,82 ($\pm 2,19$)
IQA	-		49,25 ($\pm 10,65$)

Dos parâmetros analisados, seis estão em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, e influenciam negativamente o Rio Parati, são eles Fósforo, Nitrogênio, Coliformes Fecais, Alumínio, Ferro e Manganês.

Os parâmetros fósforo, nitrogênio e coliformes fecais são indicativos da presença de dejetos humanos, visto que o canal recebe contribuições de uma área residencial, e podem ser verificados nas Figuras 37 a 39.

Para o fósforo, pode-se perceber que as águas do canal afluyente estão em condições melhores que as encontradas no Ponto 1, agindo como um diluidor. Segundo Santos *et al* (2007) as águas de rios, como exemplo a bacia do Rio Amazonas, apresentam concentrações mais elevadas de fósforo que águas marinhas. Na Figura 37 fica demonstrado a influência da água do mar, comprovado através da determinação da salinidade, obtendo-se valores de fósforo em escala decrescente do Ponto 1 ao Ponto 3.

No caso do nitrogênio e dos coliformes fecais, o canal afluyente contribuiu com carga poluidora, aumentando os valores encontrados anteriormente a ele, no Ponto 1.

Figura 37: Valores médios e desvio padrão para fósforo no Canal Afluente.

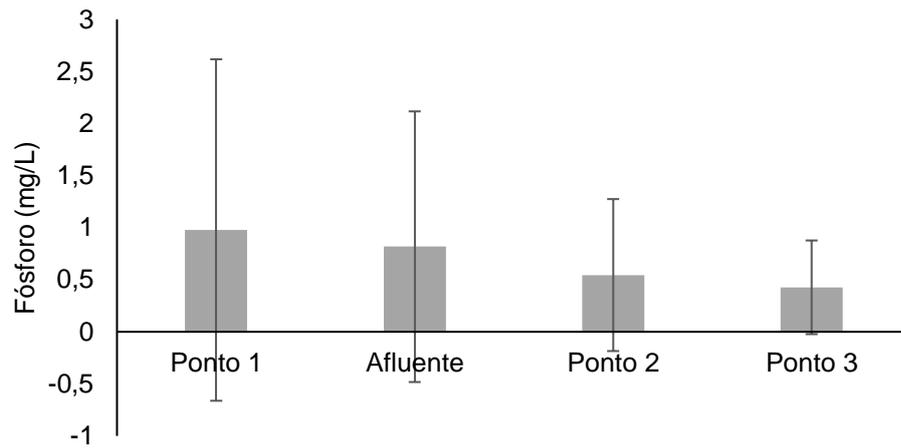


Figura 38: Valores médios e desvio padrão para nitrogênio no Canal Afluente.

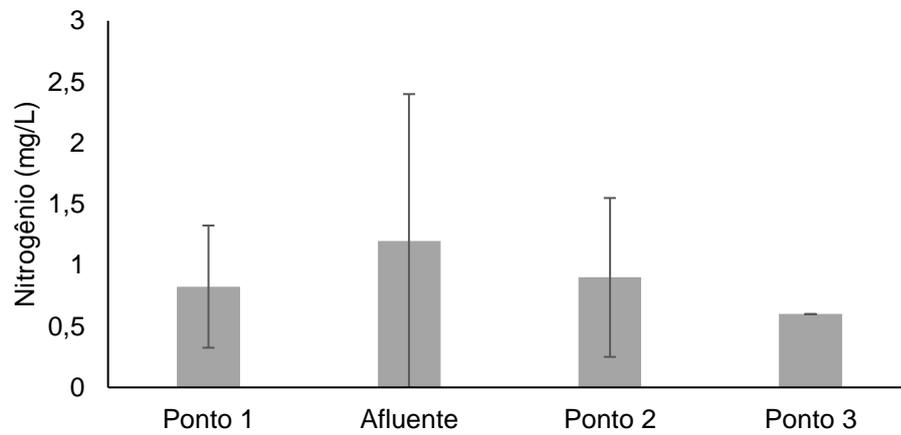
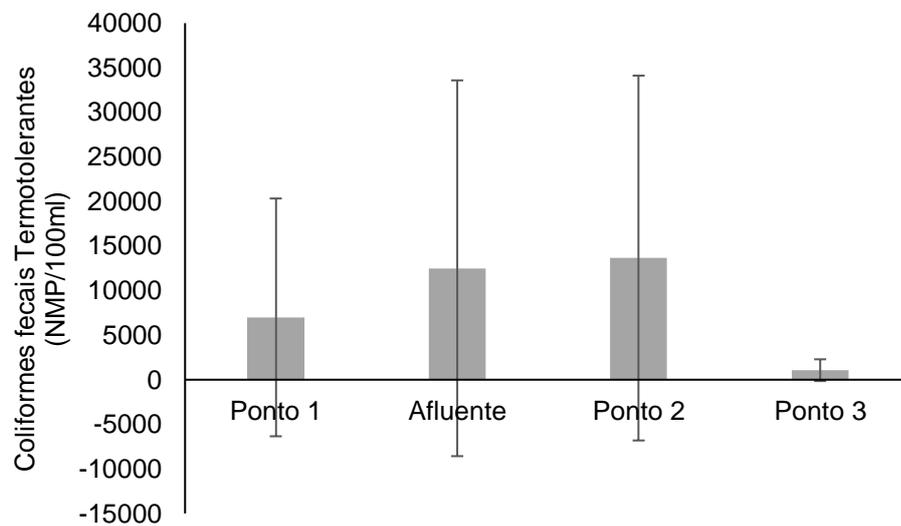


Figura 39: Valores médios e desvio padrão para coliformes fecais Termotolerantes no Canal Afluente.



Assim como no Rio Parati, a presença de Alumínio, Ferro e Manganês é elevada, indicando que essa pode ser uma característica da água e solo da região. Para o alumínio e ferro, o Canal Afluente contribuiu com carga poluidora ao Rio Parati, elevando o valor anteriormente encontrado no Ponto 1. No caso do manganês, o Canal Afluente também contribuiu com carga poluidora, porém diminuiu o valor anteriormente encontrado no Ponto 1.

Figura 40: Valores médios e desvio padrão para alumínio no Canal Afluente.

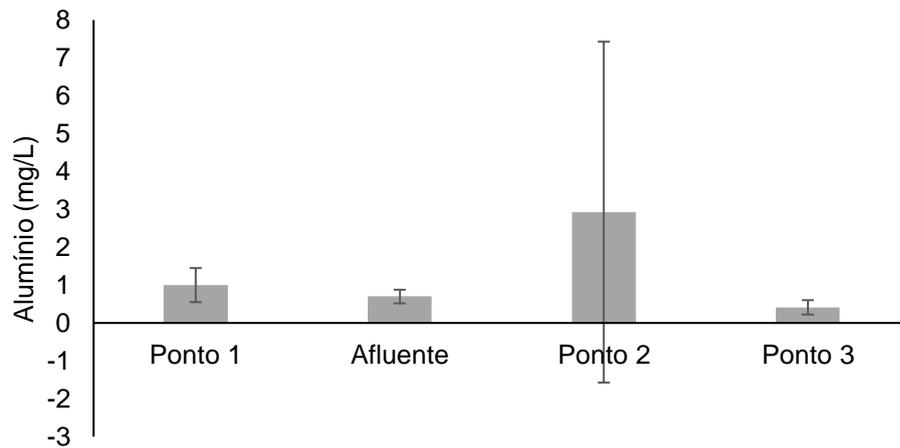


Figura 41: Valores médios e desvio padrão para ferro no Canal Afluente.

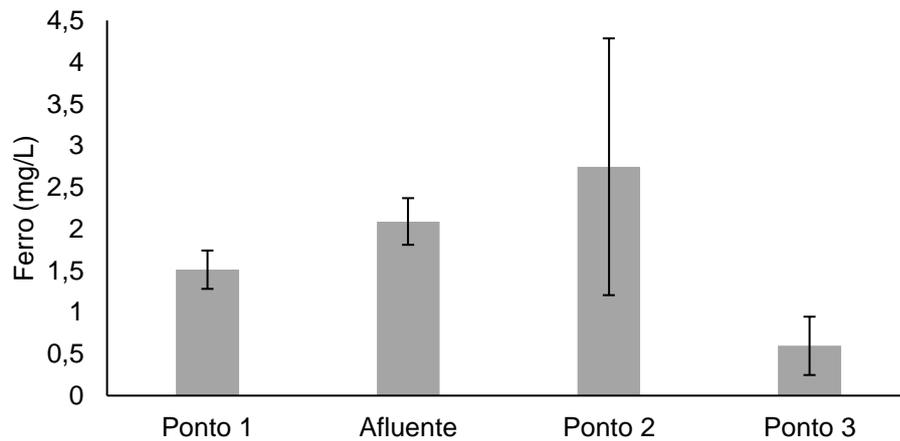
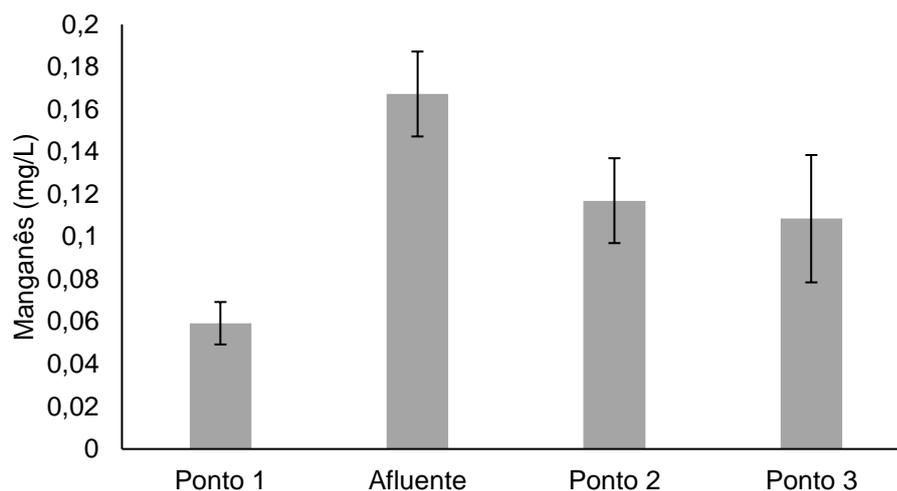


Figura 42: Valores médios e desvio padrão para manganês no Canal Afluyente.

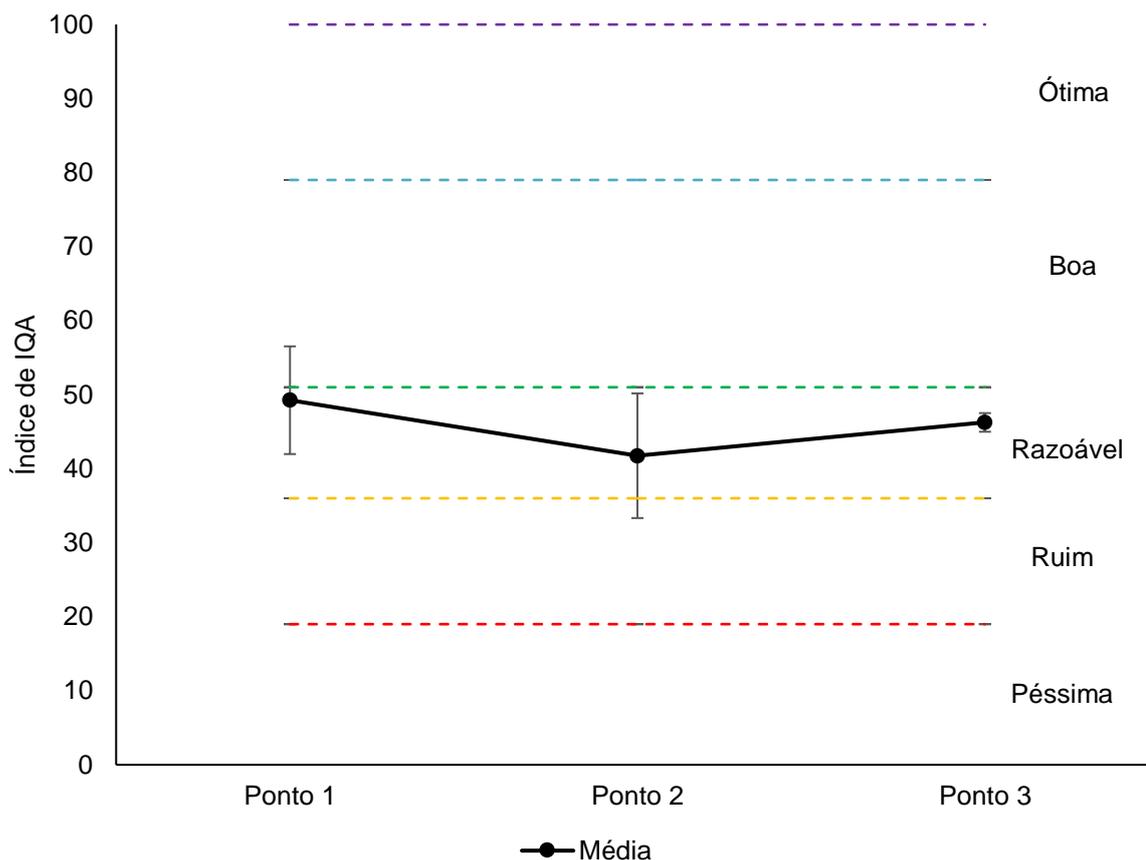


O Canal Afluyente analisado contribui para a poluição do Rio Parati, principalmente com matéria orgânica proveniente de esgoto doméstico. Nas condições de coleta, em que foram respeitados períodos não incidentes de chuva, sua baixa vazão impediu que ocorresse uma diluição das águas do Rio Parati, provocando uma melhora em sua qualidade.

5.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi estimado utilizando os métodos e padrões adotados pela CETESB. A Figura 43 apresenta os valores médios de IQA encontrados por Ponto de coleta.

Figura 43: Valores médios e desvio padrão de IQA e a respectiva classificação.



O IQA médio para o Rio Parati foi de 45,75 enquadrando-se na qualidade “Razoável”. Para um primeiro estudo, é possível perceber que o Rio Parati vem sofrendo interferências antrópicas, mesmo localizado em um município pequeno e possuindo um curso relativamente curto até sua foz.

Esse rio está em estágio inicial de degradação devido principalmente ao despejo de efluente doméstico e industrial sem tratamento em seu curso, visto que o município não possui estações de tratamento. A presença de água da Baía da Babitonga através das marés permite que diversos poluentes entrem no rio Parati, prejudicando sua qualidade, fauna e flora.

Esse resultado deve ser analisado pelos órgãos ambientais para que possam instituir medidas que visem a preservação do Rio Parati enquanto ainda há tempo. São necessárias mudanças efetivas nos padrões de lançamento de efluentes, tanto por parte da prefeitura como por parte das empresas, para que a biota local não seja irreversivelmente prejudicada.

O IQA é um índice amplamente utilizado para avaliação da qualidade de água de cursos d'água. Segundo ANA (2016), ele apresenta algumas limitações, como não considerar a presença de substâncias tóxicas, metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos e protozoários. Apenas uma análise simultânea de diversos tipos de poluentes pode qualificar a água de um curso d'água, a exemplo do realizado nessa pesquisa.

5.4 ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS

5.4.1 Ensaio agudo com *Daphnia magna*

A Tabela 06 apresenta os resultados do ensaio ecotoxicológico agudo realizado nos quatro Pontos amostrais para a coleta do Rio Parati e Canal Afluente.

Tabela 06: Resultados do ensaio agudo com *Daphnia magna*, percentual de organismos vivos ao final do teste.

Ponto de coleta	Concentração da amostra (%)			
	100	75	50	25
Controle	100	100	100	100
1	80	100	100	100
2	0	100	100	100
3	0	0	75	95
Afluente	100	100	100	100

A norma ABNT NBR 12713:2016 considera um ensaio agudo válido quando o controle apresentar menos que 10% de organismos submetidos ao teste imóveis, validando o ensaio realizado nessa pesquisa.

As amostras utilizadas no ensaio agudo apresentaram resultados diferentes, conforme o local de coleta. O Ponto 1 apresenta salinidade média de 0,08 g/Kg, o que permitiu a realização do teste utilizando *Daphnia magna*. Apenas na concentração de 100% houve alguma letalidade, indicando que nesse Ponto o Rio Parati não se classifica como impróprio.

O Ponto 2 apresentou 100% de letalidade na concentração 100% da amostra do Rio Parati, indicando a presença de algum agente causador de estresse aos

microcrustáceos. A salinidade média nesse Ponto era de 5,19 g/Kg, acima do limite tolerável para o organismo teste, por esse motivo a partir da diluição de 75% foi possível estabelecer um ambiente tolerável de crescimento.

O Ponto 3 apresentou letalidade em todos os organismos-teste utilizados na concentração 100% e 75%, indicando que a amostra desse Ponto é muito prejudicial para a *Daphnia magna*. Os valores de salinidade médios encontrados nessa altura do Rio, 14,5 g/Kg, são elevados devido à presença de água da Baía da Babitonga, e tornaram o ambiente impróprio para o desenvolvimento das Daphnias. Não é possível verificar se algum outro poluente encontrado é tóxico para as Daphnias devido à presença de salinidade, sendo necessário a utilização de organismos-teste adequados para essas características.

O Ponto Afluente não apresentou toxicidade às Daphnias, sendo que não houve letalidade em nenhuma concentração testada. Nesse Ponto não havia salinidade, a carga orgânica era relativamente elevada em relação aos outros Pontos, assim como a concentração de manganês.

Estes resultados podem ser justificados de acordo com Schuytema e colaboradores (1997) na qual a *Daphnia magna* pode viver e produzir alguns jovens em salinidades elevadas como 7,5 g/Kg, porém a sobrevivência e a reprodução em condições de salinidades mais baixas só são possíveis a concentrações de 4 ou 5 g/Kg ou menos.

Segundo Costa (2008), os testes de toxicidade aguda permitem que valores de CE₅₀ e CL₅₀ sejam determinados por vários métodos estatísticos computacionais. Geralmente os valores de concentrações efetivas e letais são expressos em relação a 50% dos organismos porque estas respostas são mais reprodutíveis, podem ser estimadas com maior grau de confiabilidade e são mais significativas para serem extrapoladas para uma população. As letalidades obtidas neste trabalho foram apenas nas amostras não diluídas, não permitindo se obter o cálculo de CL₅₀. Nos Pontos 2 e 3 os valores determinados da salinidade, como descrito anteriormente, foram superiores aos procedimentos descritos na norma ABNT NBR 12713:2016 (Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp) inviabilizando o uso desta técnica como forma de determinação de toxicidade ambiental.

5.4.2 Ensaio crônico com *Daphnia magna*

A Tabela 07 apresenta os resultados do ensaio ecotoxicológico crônico realizado nos quatro Pontos amostrais no Rio Parati e Canal Afluente.

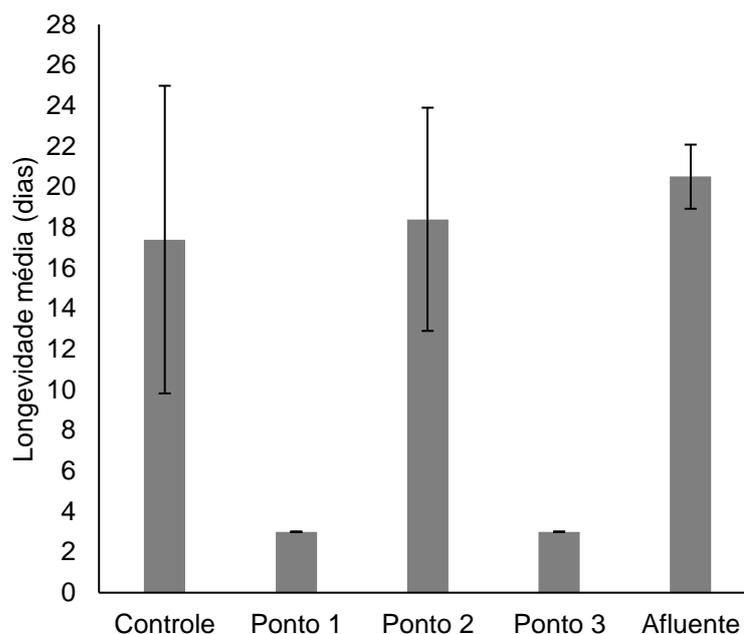
Tabela 07: Resultados do ensaio crônico com *Daphnia magna*.

Ponto amostral	Média de filhotes por adulto	Média de posturas	Adultos sem postura	Número de mortes	Dia da morte
Controle	16,87 ($\pm 3,90$)	3,62 ($\pm 0,74$)	2	2	3 ^o
Ponto 1	0	0	10	10	3 ^o
Ponto 2	30,1 ($\pm 8,83$)	3,71 ($\pm 0,75$)	3	2	7 ^o e 9 ^o
Ponto 3	0	0	10	10	3 ^o
Afluente	30,42 ($\pm 3,43$)	3,71 ($\pm 0,48$)	3	1	16 ^o

Em seu trabalho, Brentano (2006) identifica que para assegurar a validade do ensaio crônico é necessário que o controle apresente ao menos 80% de sobrevivência das Daphnias em 21 dias e no mínimo 4 posturas.

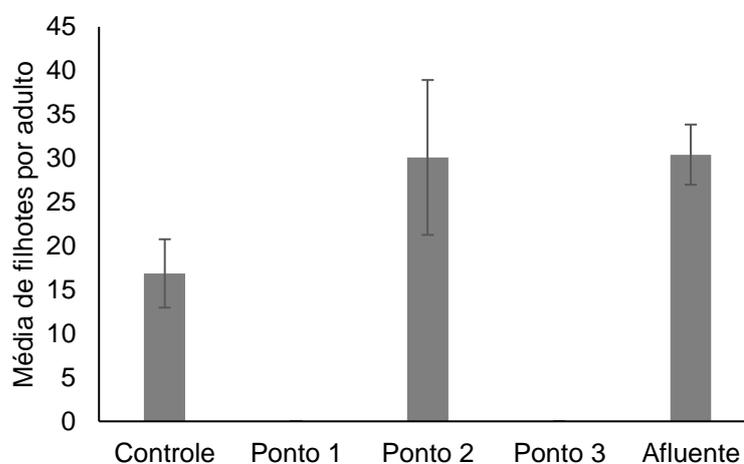
No ensaio desenvolvido foi observado a longevidade dos organismos expostos à concentração de 100% da amostra, conforme pode ser verificado na Figura 44. No Ponto 2 sobreviveram 80% dos organismos, e apenas uma não realizou nenhuma postura. No Ponto Afluente sobreviveram 90% dos organismos, e dois não realizaram nenhuma postura. Uma possível justificativa para estas amostras que não geraram descendentes pode ser fatores externos que causaram estresse nos organismos que não realizaram nenhuma postura, levando-os a se tornarem machos. Inácio *et al* (2010) descrevem que o mecanismo de reprodução dos daphnídeos depende de fatores ambientais. Em condições desvantajosas as Daphnias são estimuladas pelo meio para produzir machos que posteriormente fecundam as fêmeas (reprodução sexuada).

Figura 44: Longevidade média e desvio padrão dos organismos-teste utilizados no ensaio crônico.



Houve uma grande variação na média de filhotes de cada adulto, como pode ser verificado na Figura 45. O Controle apresentou uma média inferior aos Pontos 2 e Afluente, indicando a presença de agentes causadores de estresse às Daphnias, levando-as à terem mais filhotes.

Figura 45: Número de filhotes médio e desvio padrão por adulto no ensaio crônico.



Para verificar se haviam diferenças estatísticas entre o número de filhotes no Controle e nos outros Pontos, foi realizada a Análise da Variância (ANOVA),

considerando um intervalo de confiança de 95%. Conforme Downing e Clark (2002), essa análise testa se vários grupos de observações provêm de distribuições com a mesma média. Considerando apenas o Controle, Ponto 2 e Afluente, o valor obtido de p a partir da ANOVA foi de $p = 0,36$. Valores de p maiores que 0,05 (intervalo de confiança) indicam que os grupos observados apresentam a mesma média. Para o número de filhotes no ensaio crônico, tem-se que esses três Pontos amostrais apresentam valores estatisticamente iguais, não sendo identificada toxicidade na água.

Considerando agora os quatro pontos amostrais, o valor obtido de p a partir da ANOVA foi de $p = 0,000058$. Valores de p menores que 0,05 indicam que os grupos observados não apresentam a mesma média. Para o número de filhotes no ensaio crônico, tem-se que um ou mais Pontos apresentam valores estatisticamente diferentes dos demais. Para identificar quais Pontos diferem do Controle, foi realizado o Teste de Dunnett. Conforme Zar (2010), este teste tem como objetivo comparar a média do grupo de controle com a média de cada outro grupo. A Tabela 08 apresenta os valores de p encontrados para cada comparação.

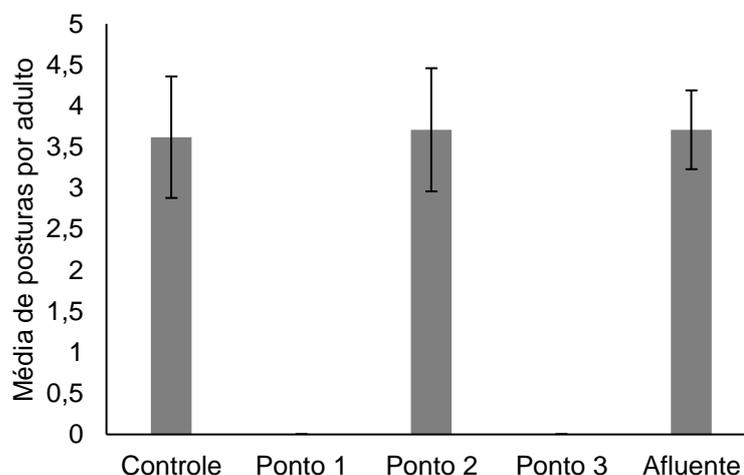
Tabela 08: Valores de p encontrados para cada comparação no Teste de Dunnett.

Diferença entre níveis	Valor de p
Afluente - Controle	0,2993
Ponto 1 – Controle	0,0225
Ponto 2 – Controle	0,3208
Ponto 3 – Controle	0,0228

Valores de p menores que 0,05 indicam que os grupos comparados não apresentam a mesma média em relação ao Controle, são diferentes. Os Pontos 1 e 3 apresentaram valores de p menores que 0,05, indicando que o número de filhotes nesses Pontos é estatisticamente diferente do Controle. Tal fato se deve à presença de agentes causadores de estresse às daphnias que causaram a morte dos organismos utilizados no ensaio crônico nos Pontos 1 e 3. O Ponto 2 e Afluente apresentaram valores de p maiores que 0,05, indicando que o número de filhotes é estatisticamente igual ao obtido no Controle, não sendo constatada toxicidade da água, concordando com teste ANOVA realizado para o Controle, Ponto 2 e Afluente.

As médias do número de posturas para os organismos utilizados no ensaio por Ponto de Coleta foram muito próximas (Figura 46), sendo o menor valor encontrado no Controle. Os organismos-teste dos Pontos 1 e 3 não sobreviveram o número de dias necessários para o desenvolvimento de filhotes.

Figura 46: Número de posturas médio e desvio padrão por adulto no ensaio crônico.



A amostra utilizada no ensaio crônico para o Ponto 1 não permitiu o desenvolvimento dos organismos-teste, embora no ensaio agudo não tenha apresentado toxicidade. Neste Ponto foram observados em diferentes dias de coleta uma elevada presença de espuma na superfície. Verificou-se que anterior ao Ponto de coleta se encontra uma intensiva criação de búfalos já citados anteriormente. Esta atividade agroindustrial pode estar descartando outros produtos no leito do rio que não foram analisados no presente trabalho, mas podem ser os causadores desta alta letalidade das Daphnias. Os demais Pontos não apresentaram os mesmos resultados podendo ter como fator de diluição o afluente.

Para o Ponto 2, o ensaio agudo apresentou 100% de letalidade dos organismos expostos. No ensaio crônico, entretanto, 80% dos organismos sobreviveram 21 dias, não sendo encontrada toxicidade. Tal fato pode ser explicado pela variação de salinidade encontrada entre as amostras.

No Ponto 3 não foi possível observar o crescimento dos organismos-teste no ensaio agudo e nem no ensaio crônico, devido à salinidade do local, decorrente da proximidade com a Baía da Babitonga. Nesse Ponto, a salinidade ultrapassa os

valores de tolerância estabelecidos por Grzesiuk e Mikulski (2006) de zero a no máximo 2 g/Kg e Ghazy *et al* (2009), inferior a 3 g/Kg.

O Canal Aflente, apesar de não fazer parte do Rio Parati, influencia o mesmo ao diluir ou concentrar os poluentes. No ensaio crônico realizado no Ponto Aflente foi possível observar o crescimento e desenvolvimento dos organismos-teste ao longo de 21 dias, sendo que apenas 10% morreu antes do fim do ensaio.

Outra possível hipótese para estes resultados é a alta presença de ferro nas amostras, fato este considerado normal no tipo de estuário que se encontra o rio Parati.

De acordo com Vuori (1995) os efeitos diretos e indiretos do ferro na estrutura e função dos ecossistemas lóticos são revisados. Além da mineração de minérios enriquecidos com Fe, a intensificação da silvicultura, produção de turfa e drenagem agrícola aumentaram a carga de ferro em muitos ecossistemas fluviais. Os efeitos do ferro sobre os animais aquáticos e seus habitats são principalmente indiretos, embora os efeitos tóxicos diretos do Fe^{2+} também sejam importantes em alguns habitats lóticos que recebem efluentes enriquecidos em Fe em épocas frias, em particular. O hidróxido férrico e os precipitados de Fe-humus, tanto em superfícies biológicas como em outras superfícies, afetam indiretamente os organismos lóticos, perturbando o metabolismo normal e a osmoregulação e alterando a estrutura e a qualidade dos habitats e recursos alimentares bentônicos.

Os efeitos diretos e indiretos combinados da contaminação por ferro diminuem a diversidade e abundância de espécies de perifíton, invertebrados bentônicos e peixes. A absorção e co-precipitação de metais por óxidos de Fe diminuem a biodisponibilidade e a toxicidade dos metais aquosos, mas podem aumentar o suprimento alimentar de metais e levar a efeitos tóxicos ao longo da cadeia alimentar. Ao nível celular, Fe funciona tanto como um mecanismo de desintoxicação, bem como um agente de degeneração celular induzindo a formação de radicais livres hidroxilo. São necessárias mais pesquisas sobre os fatores que afetam o destino ambiental e os impactos ecotoxicológicos do ferro nos ecossistemas fluviais. Como o fluxo de ferro é fortemente afetado por processos físicos, químicos e biológicos sazonalmente variáveis, seu impacto nos ecossistemas deve ser estudado em múltiplas escalas espaciais e temporais e em diferentes níveis de organização biológica (Vuori, 1995).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais resultados obtidos foram:

- O Índice de Qualidade da Água - IQA médio encontrado para o Rio Parati foi de 45,75 enquadrando-o na categoria “Razoável”. Esperava-se que o IQA encontrado fosse mais elevado, visto a população do município ser baixa, demonstrando que o município não possui coleta e tratamento de esgoto sanitário e industrial.
- Foram analisados nessa pesquisa dez parâmetros físico-químicos e biológicos, sendo que 4 deles não atenderam os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005: pH, nitrogênio, fósforo e coliformes fecais.
- Foram analisados também 24 parâmetros de metais pesados, e quatro deles apresentaram valores em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005: alumínio, boro, ferro, manganês e níquel. Uma possível causa para esses valores elevados é a ocorrência natural desses elementos em águas da região somados à despejos antrópicos irregulares.
- Foi analisado ainda a qualidade da água do Canal Afluente considerando todos os parâmetros citados acima. Seis deles estavam em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, e influenciam negativamente o Rio Parati: fósforo, nitrogênio, coliformes fecais, alumínio, ferro e manganês.
- Os valores obtidos para salinidade mostraram que os Pontos 1 e Afluente não apresentam salinidade, e os Pontos 2 e 3 recebem influência de água salgada proveniente da Baía da Babitonga.
- O ensaio agudo com *Daphnia magna* sofreu influência da salinidade. Nos Pontos 1 e Afluente os organismos sobreviveram ao final do teste. Nos Pontos 2 e 3 a salinidade encontrada foi acima do limite tolerável por esse organismo-teste, inviabilizando a utilização dessa técnica.
- O ensaio crônico com *Daphnia magna* também sofreu influência da salinidade. Nos Pontos 2 e Afluente foi possível a realização do ensaio, e sobreviveram ao final do teste 80% e 90% dos organismos, respectivamente. Nos Pontos 1 e 3 todos os organismos utilizados morreram antes do final do ensaio,

evidenciando a presença de fatores causadores de estresse às Daphnias, como valores elevados de salinidade.

- Os testes de toxicidade ambiental utilizando Daphnias não se apresentaram como adequados para avaliação ambiental do Rio Parati.

Recomenda-se a realização de trabalhos futuros para o acompanhamento e evolução da qualidade da água do Rio Parati, e a utilização de ensaios ecotoxicológicos mais apropriados para a salinidade média encontrada no Rio Parati.

7. REFERÊNCIAS

ABERS, Rebecca; JORGE, Karina Dino. **Descentralização da gestão da água**: por que os comitês de bacia estão sendo criados. *Ambiente e Sociedade*, v. 8, n. 2, p. 99-124, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12713: ecotoxicologia aquática - toxicidade aguda - método de ensaio com *Daphnia spp* (Crustacea, Cladocera)**. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15469: ecotoxicologia - coleta, preservação e preparo de amostras**. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17025: requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**. Rio de Janeiro, 2006.

ACIAA, Associação Comercial, Industrial e Agrícola de Araquari. Disponível em: <<http://www.aciaa.com.br/>> Acesso em: 06/02/2017.

ALVIM, Angélica Tanus Benatti; BRUNA, Gilda Collet; KATO, Volia Regina Costa. **Políticas ambientais e urbanas em áreas de mananciais**: interfaces e conflitos. *Cadernos MetrÓpole*, n. 19, 2008.

ARAQUARI. **Lei Complementar nº 50/2006** – Plano Diretor. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-araquari-sc>> Acesso em: 02/09/2016.

ARAQUARI. **Plano municipal de saneamento básico e Gestão integrada de resíduos sólidos**. Araquari, 2015.

ARAQUARI. **Conheça Araquari**. Disponível em: <<http://www.araquari.sc.gov.br/c/conheca-araquari>> Acesso em: 01/09/2016.

ARAÚJO, R. P. de A.; BURATINI, S. V. Aspectos gerais: cultivo e testes de toxicidade com *Daphnia*. In: **Métodos de avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos**. CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental), Cursos e Treinamentos. Volume 1, 2007.

AUMOND, Juarês José. As grandes unidades da paisagem e a biodiversidade de Santa Catarina. In: SEVEGNANI, Lúcia; SCHROEDER, Edson (Org.). **Biodiversidade Catarinense**: características, potencialidades, ameaças. Blumenau: FURB, 2013.

AZEVEDO, Fausto Antonio de; CHASIN, Alice A. da Matta. **Metais**: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu, 2003.

BARBALACE, Kenneth. **Periodic Table of Elements**. Disponível em: <environmentalchemistry.com> Acesso em: 25/08/2016.

BARCELLOS, Cristovam; QUITÉRIO, Luiz Antônio Dais. **Vigilância ambiental em saúde e sua implantação no Sistema Único de Saúde**. Revista de Saúde Pública, v. 40, n. 1, p. 170-77, 2006.

BRAGA, Benedito (Diretor editorial) *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo, SP: Prentice Hall, 2013.

BRASIL. CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 10/08/2016.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm> Acesso em: 22/10/2015.

BRASIL. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil**. Brasília: ANA, 2007.

CARDOSO, Maria R. Alves. Epidemiologia Ambiental. In: PHILIPPI JR., Arlindo (Editor). **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2005.

CETESB. Secretaria de Meio Ambiente. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2009.

CETESB. **Informações toxicológicas**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/servicos/informacoes-toxicologicas/>> Acesso em: 29/08/2016.

COSTA, Carla Regina *et al.* A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.

DOWNING, Douglas; CLARK, Jeffrey. **Estatística aplicada**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

EMBRAPA. **Criação de Búfalos**. Brasília, DF: 1998.

EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

GHAZY, Mahassen M. El-Deeb *et al.* **Effects of salinity on survival, growth and reproduction of the water flea, *Daphnia magna***. Nature and Science, v. 7, n. 11, p. 28-41, 2009.

GONÇALVES, A. M. M. *et al.* **Salinity effects on survival and life history of two freshwater cladocerans (*Daphnia magna* and *Daphnia longispina*)**. In: Annales De Limnologie-International Journal of Limnology. EDP Sciences, 2007. p. 13-20.

GRZESIUK, Małgorzata; MIKULSKI, Andrzej. **The effect of salinity on freshwater crustaceans**. Polish Journal of Ecology, v. 54, n. 4, p. 669-674, 2006.

GUEDES, Josiel de Alencar; LIMA, Raquel Franco de Souza; SOUZA, Laécio Cunha de. **Metais pesados em água do rio Jundiaí-Macaíba/RN**. Revista de Geologia, v. 18, n. 2, p. 131-142, 2005.

HAVAS, Magda; HUTCHINSON, Thomas C.; LIKENS, Gene E. **Effect of low pH on sodium regulation in two species of *Daphnia***. Canadian journal of zoology, v. 62, n. 10, p. 1965-1970, 1984.

INÁCIO, Ana Paula *et al.* **Fatores condicionantes da reprodução em *Daphnia magna***. Revista Captar: Ciência e Ambiente para Todos, v. 2, n. 2, 2010.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Determination of long term toxicity of substances to *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea)**. Zurich, Switzerland, 2000.

JACOBI, Pedro. **Meio ambiente e sustentabilidade**. O Município no século XXI: cenários e perspectivas. Cepam–Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal, 1999.

KNIE, Joachim. Leonard; LOPES, Ester. Warken Bahia. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA: GTZ, 2004.

LIBÂNIO, Paulo Augusto Cunha; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira. **A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.

LOURO, Filipe José Afonso Sabino de *et al.* **Heritability and inheritance of tolerance to copper in *Daphnia magna***. 2013.

MARTIN, J. M.; MEYBECK, M.; SALVADOR, F.; THOMAS, A. **Pollution chimique des estuaries: état des connaissances**. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 1976. 283p. Série Report Scientifiques et Techbiques.

MATTAR NETO, Jorge; KRÜGER, Cláudio Marchand; DZIEDZIC, Maurício. **Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna**. Eng Sanitária e Ambiental, v. 14, n. 2, p. 205-214, 2009.

MERICO, Luis Fernando Krieger. **A transição para a sustentabilidade**. São Paulo: Edições Loyola, 2014.

MESQUITA, A. R. de. **Fundamentos de oceanografia**: notas de aula. São Paulo: USP, 2006.

MINAYO, Maria Cecília de S.; SANCHES, Odécio. **Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade**. Cadernos de saúde pública, v. 9, n. 3, p. 239-262, 1993.

MINAYO, Maria Cecilia de Souza; MIRANDA, Ary Carvalho de (Organizador). **Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2002.

MOTA, Suetônio. **Introdução a engenharia ambiental**. 2.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. **Trajetória da sustentabilidade**: do ambiental ao social, do social ao econômico. Estudos avançados, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012.

NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; HELLER, Léo. **Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 1, p. 36-48, 2005.

OMS. Organization Mundial de la Salud. **Guias para la calidad del agua potable**. 2 ed. v.1. Genebra,1999.

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; PEREIRA, Claudia Mara. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

PHILIPPI JR, Arlindo; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. Saúde Ambiental e Desenvolvimento. *In*: PHILIPPI JR, Arlindo; PELICIONI, Maria Cecília Focesi. **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. Barueri: Manole, 2005b. Cap. 4, p. 59-84.

PHILIPPI JR., Arlindo; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. Saneamento e Saúde Pública: Integrando Homem e Ambiente. *In*: PHILIPPI JR., Arlindo (Editor). **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2005a.

PHILIPPI JR., MARTINS, Getúlio. Águas de Abastecimento. *In*: PHILIPPI JR., Arlindo (Editor). **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2005.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. *In*: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. (Editor). **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. Ilhéus, BA: Editus, 2005.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

SANTA CATARINA. **Portaria nº 24/1979**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/Santa%20Catarina.pdf>> Acesso em: 04/08/2016.

SANTA CATARINA. **Panorama dos recursos hídricos de Santa Catarina**. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável, 2005.

SANTOS, Maria de Lourdes Souza *et al.* **Estudo das diferentes formas de fósforo nas águas da plataforma continental do Amazonas**. Química Nova, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 569-573, 2007.

SCHUYTEMA, G. S.; NEBEKER, A. V.; STUTZMAN, T. W. **Salinity tolerance of *Daphnia magna* and potential use for estuarine sediment toxicity tests**. Archives of environmental contamination and toxicology, v. 33, n. 2, p. 194-198, 1997.

SEVEGNANI, Lúcia; SCHROEDER, Edson. A vegetação no contexto brasileiro e catarinense: uma síntese. In: SEVEGNANI, Lúcia; SCHROEDER, Edson (Org.). **Biodiversidade Catarinense: características, potencialidades, ameaças**. Blumenau: FURB, 2013.

SILVA, Andrey Freitas da; PEREIRA, Maurício Fernandes. **Análise Prospectiva e Crítica do Território de Araquari: Relação dos Critérios de Sustentabilidade e do Plano Diretor Municipal com o Desenvolvimento Territorial Sustentável**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade: GeAS, v. 3, n. 2, p. 1-15, 2014.

SILVEIRA, André L. L. da. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2013.

STEMBERGER, Richard S. ***Daphnia magna***. Disponível em: <http://cfb.unh.edu/cfbkey/html/Organisms/CCladocera/FDaphnidae/GDaphnia/DaphDap_magna/daphniamagna.html#1> Acesso em: 06/02/2017.

TEODORO, Valter Luiz Iost; TEIXEIRA, Denilso; COSTA, Daniel Jady Leite; FULLER, Beatriz Buda. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Uniara, n. 20, p. 137-155, 2007.

TOLEDO, Luís Gonzaga de; NICOLELLA, Gilberto. **Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano**. Scientia Agrícola, v. 59, n. 1, p. 181-186, 2002.

TUCCI, Carlos E. M. **Águas urbanas**. Estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

TUCCI, Carlos E. M. **Modelos hidrológicos**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Ed. da UFRGS, 2005.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. **Limnologia**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2008.

UNESCO. World Water Assessment Programme. **The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk**. Paris, 2012.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhães; SILVA, Assunta Maria Marques. **Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP**. Eclética Química, p. 49-66, 1997.

VUORI, Kari-Matti. Direct and indirect effects of iron on river ecosystems. In: *Annales Zoologici Fennici*. **Finnish Zoological and Botanical Publishing Board**, 1995. p. 317-329.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

ZAR, Jerrold H. **Biostatistical analysis**. 5. ed. New Jersey, USA: Prentice Hall, 2010.

ZIONI, Fabiola. Ciências Sociais e Meio Ambiente. *In*: PHILIPPI JR, Arlindo; PELICIONI, Maria Cecília Focesi. **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. Barueri: Manole, 2005. Cap. 3, p. 39-58.