

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA  
FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS BAURU  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Liliane Galli

**CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS DA POLUIÇÃO NO RIO TIETÊ:  
IMPACTO NAS ÁGUAS DOS PRINCIPAIS RIOS DA REGIÃO DE  
BAURU- SP**

BAURU - 2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA  
FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS BAURU  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Liliane Galli

**CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS DA POLUIÇÃO NO RIO TIETÊ:  
IMPACTO NAS ÁGUAS DOS PRINCIPAIS RIOS DA REGIÃO DE  
BAURU- SP**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte  
das exigências para a obtenção do título de bacharel em  
Ciência Biológicas.

Orientador: Prof. Assoc. Fábio Porto-Foresti

BAURU 2022

Galli, Liliane

Consequências ambientais da poluição no Rio Tietê:  
Impacto nas águas dos principais rios da região de  
Bauru - SP/ Liliane Galli, 2022  
60 f. : il.

Orientador: Fábio Porto-Foresti

Monografia (Graduação)-Universidade Estadual  
Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências, Bauru, 2022

1.Ecotoxicologia Aquática. 2.Bacia Hidrográfica do  
Rio Tietê. 3.Peixes. I. Universidade Estadual  
Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.



Laboratório de  
Genética de Peixes  
Unesp Bauru

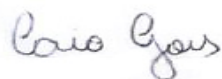


## **BANCA EXAMINADORA**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Fábio Porto-Foresti', written over a horizontal line.

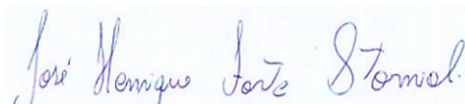
**Prof. Assoc. Fábio Porto-Foresti**

(Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências, Bauru, SP)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Caio Augusto Gomes Goes', written over a horizontal line.

**Mestre Caio Augusto Gomes Goes**

(Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências, Bauru, SP)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Henrique Forte Stornioli', written over a horizontal line.

**Mestre José Henrique Forte Stornioli**

(Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências, Bauru, SP)

## **DEDICATÓRIA**

A todos aqueles que acreditaram, apoiaram e me ajudaram, especialmente aqueles que não estão mais entre nós.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **Antônio Benedito Galli** e **Vera Lúcia Aiéllo Galli**, e minha irmã, **Ana Claudia Galli**, por todo amor, carinho e apoio que me deram em todos esses anos de graduação e no período de desenvolvimento da minha pesquisa. Aqueles que me guiaram a vida toda e me ajudaram a formar os meus princípios. Seria impossível chegar até aqui sem vocês. Ao meu amor, **Kethelyn Izabella Almeida Silva**, que fez toda a diferença no caminho que percorri até aqui, que ilumina e alegra minha vida e me apoia em tudo o que preciso.

Aos meus amigos, **Soraya, Fernanda, Wesley, Alex, Juliano, André, Mayre e Murillo**, cada um de vocês, dentro e fora da minha vida acadêmica foram de extrema importância. Agradeço pelo apoio, amizade, lealdade, pelas risadas e puxões de orelha, pela companhia nos momentos bons e nos ruins. Cada um me ajudou da sua maneira e me apoiou como pode durante o período conturbado da pandemia da COVID- 19 e isso fez toda a diferença.

Agradeço a todos os professores e profissionais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, por todo o conhecimento que me transmitiram durante a minha graduação e por todo o cuidado e dedicação. Ao meu orientador, **Prof. Dr. Fábio Porto-Foresti**, que, apesar de todas as dificuldades causadas pela pandemia da COVID-19, sempre me deixou livre para criar e se mostrou disponível para ajudar no que fosse preciso, propondo ideias e me encorajando nas minhas próprias.

Agradeço muito ao **Prof. Dr. Marcelo de Bello Cioffi** e todo o pessoal do Laboratório de Citogenética de Peixes da Universidade Federal de São Carlos, que me ajudaram e compartilharam muito conhecimento e bons momentos no período em que realizei estágio no laboratório, além de terem me incentivado e fornecido materiais e ideias para essa pesquisa.

À **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Bauru**, que me ajudou muito a crescer e amadurecer academicamente e profissionalmente, que me proporcionou tantas experiências maravilhosas e a oportunidade de conhecer e conviver com pessoas incríveis. Ao longo de todo o período pandêmico, proporcionou tudo o que fosse necessário para que a minha formação e a minha pesquisa continuassem sem outros empecilhos.

*“Somos a nossa bruma...  
É pra dentro que vemos...  
Caem-nos uma a uma  
As compreensões que temos  
E ficamos no frio  
Do Universo vazio...”*

Fernando Pessoa (1992).

## RESUMO

A água é umas das substâncias mais importantes na Terra, sendo considerada a mais abundante das substâncias encontradas na crosta terrestre. O Brasil tem posição privilegiada no mundo, em relação à disponibilidade de recursos hídricos. O Estado de São Paulo se encontra, em sua maioria, na Região Hidrográfica do Rio Paraná, com 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo que 6 unidades têm como rio principal o Tietê. Os principais rios do município de Bauru, Bauru e Batalha, se encontram nas UGRHI 13 e 16, respectivamente, que pertencem à Bacia Hidrográfica do rio Tietê. Um importante aspecto relacionado a poluição dos principais rios brasileiros, refere-se a carga de poluentes recebida de seus contribuintes, principalmente os que atravessam as áreas urbanas. O Rio Tietê recebe águas de uma grande quantidade de afluentes, tornando-se relevante avaliar a qualidade desses afluentes e investigar o impacto deles na vida aquática. Os peixes são um dos principais seres vivos afetados pela poluição dos rios, por isso se tornam bons indicadores da qualidade das águas. O presente estudo teve como objetivo analisar a situação das águas dos principais rios de Bauru-SP e as possíveis consequências ambientais dessa poluição no Rio Tietê, através de uma revisão narrativa da literatura. O rio Bauru recebe a totalidade dos efluentes, doméstico e industrial, *in natura*, e o rio Batalha, em contrapartida, abastece 40% da população do município. Os índices de qualidade de água e de tratamento de esgoto, além de outros fatores, apontam uma situação que necessita de uma ação urgente da Prefeitura Municipal, que, porém, vem negligenciando a finalização das obras da ETE Vargem Limpa. As Áreas de Proteção Ambiental (APA) ajudam a manter diversidade biológica da região, porém são áreas que ainda sofrem com as ações antrópicas. Estudos ecotoxicológicos ajudam a entender o panorama dessas contaminações e, nos estudos que utilizam peixes como bioindicadores, ajudam a diagnosticar como se encontra a bioacumulação de metais pesados e agrotóxicos na ictiofauna e as consequências disso em humanos. Porém, não há muitos estudos desse tipo para a região das bacias hidrográficas do rio Batalha e, principalmente, do rio Bauru. Ações como de investimento em estações de tratamento, fiscalização de descarte irregular nos corpos d'água, são de extrema importância, bem como uma atuação consciente por parte da comunidade local. Além disso, ações como educação ambiental e investimento em projetos de pesquisa na área se tornam fundamental e podem auxiliar no monitoramento e conservação de recursos hídricos.

**Palavras-chaves:** Rios. Esgoto. Peixes. Contaminação. Ecotoxicologia.

## ABSTRACT

Water is one of the most important substance in our world, considered the most abundant substance found in the earth's crust. The Brazil has a privileged position in the world, in relation to the availability of water resources. However, these waters are evenly distributed throughout the territory and a large amount is contaminated, being unsuitable for human consumption. The State of São Paulo is mostly located in the Paraná River Hydrographic Region, with 22 Water Resources Management Units, 6 of which have the Tietê as their main river. The main rivers in the municipality of Bauru, Bauru and Batalha, are located at UGRHI 13 and 16, respectively, which belong to the Tietê River Hydrographic Basin. An important aspect related to the pollution of the main Brazilian rivers refers to the load of pollutants received from their taxpayers, especially those that cross urban areas. The Tietê River receives water from a large number of tributaries, making it relevant to assess the quality of these tributaries and investigate their impact on aquatic life. Fish are one of the main living beings affected by river pollution, so they become good indicators of water quality. The present study aimed to analyze the situation of the waters of the main rivers of Bauru-SP and the possible environmental consequences of this pollution in the Tietê River, through a narrative review of the literature. The Bauru River receives all the effluents, domestic and industrial, *in natura*, and the Batalha River, on the other hand, supplies 40% of the population of the municipality. The water quality and sewage treatment indices, in addition to other factors, point to a situation that requires urgent action by the City Hall, which, however, has been neglecting the completion of the Vargem Limpa sewage treatment plant works. The Environmental Protection Areas (EPA) help to maintain the region's biological diversity, but they are areas that still suffer from the anthropic actions. Ecotoxicological studies help to understand the panorama of these contaminations and, in studies that use fish as bioindicators, they help to diagnose how the bioaccumulation of heavy metals and pesticides is found in the ichthyofauna and the consequences of this in humans. However, there are not many studies of this type for the region of the watersheds of the Batalha River and, especially, the Bauru River. Actions such as investment in treatment plants, inspection of irregular disposal in water bodies, are extremely important, as well as conscious action on the part of the local community. In addition, actions such as environmental education and investment in research projects in the area become fundamental and can help in the monitoring and conservation of water resources.

**Keyword:** Rivers. Sewage. Fish. Contamination. Ecotoxicology.

## SUMÁRIO

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                        | <b>11</b> |
| <b>2 OBJETIVOS</b>                         | <b>14</b> |
| 2.1 Objetivo Geral                         | 14        |
| 2.2 Objetivos Específicos                  | 14        |
| <b>3 METODOLOGIA</b>                       | <b>14</b> |
| 3.1 Fontes                                 | 14        |
| 3.2 Análise e Interpretação                | 15        |
| <b>4 REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA</b>   | <b>16</b> |
| 4.1 Bacia Hidrográfica do Rio Tietê        | 16        |
| 4.2 UGRHI 13- Tietê/Jacaré                 | 18        |
| 4.2.1 Sub- Bacia do Rio Bauru              | 21        |
| 4.3 UGRHI 16- Tietê/Batalha                | 24        |
| 4.3.1 Sub- Bacia do Rio Batalha            | 26        |
| 4.4 Ecotoxicologia                         | 31        |
| 4.5 Ensaios Ecotoxicológicos ou Bioensaios | 33        |
| 4.5.1 Ensaios de Toxicidade Aguda          | 35        |
| 4.5.2 Ensaios de toxicidade crônica        | 36        |
| 4.6 Bioindicadores                         | 37        |
| 4.7 Bioacumulação                          | 40        |
| 4.8 Legislação Ambiental                   | 42        |
| <b>5 DISCUSSÃO</b>                         | <b>44</b> |
| <b>6 CONCLUSÃO</b>                         | <b>49</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>          | <b>50</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A água é umas das substâncias mais importantes na Terra, sendo considerada a mais abundante das substâncias encontradas na crosta terrestre (GOMES; CLAVICO, 2005). Sua importância para a vida está no fato de que nenhum processo metabólico ocorre sem a sua ação direta ou indireta (ESTEVES, 1998).

O planeta possui um volume aproximado de 1,4 bilhão de km<sup>3</sup> de água, que cobre aproximadamente 71% da superfície da Terra, 2,5% desse total correspondem a água doce e apenas 0,3% desse montante, que equivale a 105 mil km<sup>3</sup>, são de água potável, que se encontra armazenada em rios e lagos e é essa quantidade que em geral é utilizada para consumo humano, animal e agrícola (VERIATO, 2015).

O Brasil tem uma posição privilegiada no mundo, em relação à disponibilidade de recursos hídricos, com uma vazão média anual dos rios, em território brasileiro, de cerca de 180 mil m<sup>3</sup>/s (MARENGO, 2008). Porém, essas águas não estão distribuídas uniformemente pelo território e uma grande quantidade está contaminada, sendo imprópria ao consumo humano.

Desde as últimas décadas do século XX, verifica-se uma tendência de superação da população rural pela urbana, ao passo que a população concentrada em cidades enfrenta maiores desafios para obter água de qualidade (RIBEIRO, 2008). Fatores como a poluição doméstica e industrial se agravaram, criando condições ambientais inadequadas, propiciando o desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica, aumento de temperatura, contaminação da água subterrânea, entre outros (TUCCI, 1997).

Biologicamente, muitos ambientes só se desenvolvem através de um Rio, que é responsável pela regulação, através de seu ciclo, dos ambientes que estão conectados com ele. Os rios transportam nutrientes vitais para o crescimento da vegetação, animais aquáticos e terrestres, estando encaixados em um sistema complexo que envolve condições geológicas e limnológicas (SAMMARCO; SOUZA; TEIXEIRA, 2018). Outra característica importante dos rios é a formação de bacias hidrográficas, que são grandes áreas, formadas por um conjunto de terras, por onde corre um rio principal e seus afluentes e subafluentes.

Regiões Hidrográficas são definidas como espaços territoriais compreendidos por uma ou mais bacias ou sub-bacias hidrográficas imediatas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos (MARCUSO, 2017). No Brasil há 12 regiões hidrográficas e o estado de São Paulo se localiza na Região Hidrográfica do Rio Paraná,

apresentando 22 Bacias Hidrográficas ou Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI), classificadas por área, população, geomorfologia, atividade econômica, número de municípios e sistemas de aquíferos (SAMMARCO; SOUZA; TEIXEIRA, 2018).

A Região Administrativa de Bauru, ilustrada na figura 1, contempla diversas UGRHI: Tietê- Jacaré, Tietê- Batalha, Médio Paranapanema, Baixo Tietê e Aguapeí. O município de Bauru, no entanto, está inserido nas UGRHI 13 Tietê- Jacaré e na UGRHI 16 Tietê- Batalha (DAE, 2014a). Os principais rios da cidade, Rio Batalha e Rio Bauru, pertencem às UGRHI Tietê-Batalha e Tietê-Jacaré, respectivamente.

**Figura 1.** Municípios da Região Administrativa de Bauru.



Retirado de SEADE (2013).

A Bacia Hidrográfica do Rio Batalha engloba 11 cidades, sendo elas Agudos, Piratininga, Bauru, Avai, Duartina, Reginópolis, Presidente Alves, Uru, Gália, Balbinos e Pirajuí. É um dos mais importantes afluentes do Rio Tietê, com uma extensão de 167 km (SEMMA, 2008). A cidade de Bauru encontra-se completamente inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Bauru, com dez afluentes do rio no total (SEMMA, 2008). Essa Sub-Bacia é uma das seis sub- bacias hidrográficas da UGRHI Tietê- Jacaré, sendo formada pelo

Rio Bauru, Ribeirão Grande, Ribeirão Pederneiras e afluentes diretos do Rio Tietê, com uma área de extensão de 862, 8 km<sup>2</sup> (CBH-TJ, 2019).

Os cursos de água que servem de eventuais mananciais para o abastecimento da cidade, têm suas nascentes nas proximidades da cidade e as possibilidades de disponibilidades hídricas de mananciais superficiais, ficam restritas ao Rio Batalha e ao Ribeirão da Água Parada. O Rio Bauru não é considerado para captação de água, visando o abastecimento, face às condições da sua qualidade, pois o mesmo é o receptor de quase a totalidade dos esgotos sanitários da cidade, hoje lançados *in natura* (DAE, 2014b).

Um rio, desde a sua nascente até sua foz, com seus diferentes compartimentos geomorfológicos, quando modificados, o são em escala geológica de tempo; no entanto, a partir da ação humana (canalização, retificação, barragens), podem ser introduzidas mudanças tanto em seu regime quanto em seu fluxo, visando à adequação da natureza às conveniências urbanas, manipuladas muitas vezes pelos interesses socioeconômicos (GUEDES, 2011, p. 215). A poluição de águas superficiais, principalmente no que concerne a rios urbanos, tem um grande potencial de gerar danos que potencialmente afetam essas águas, sujeitando-as a uma complexa e variada gama de impactos e riscos ambientais (GUEDES, 2011).

Um importante aspecto relacionado à poluição dos principais rios brasileiros, refere-se à carga de poluentes recebida de seus contribuintes, principalmente os que atravessam as áreas urbanas (MADRUGA et al, 2008). A avaliação da qualidade das águas desses afluentes é de enorme relevância, para poder investigar o impacto que eles possuem na foz. O Rio Tietê, rio principal das UGRHI 13 e 16, recebe águas de uma grande quantidade de afluentes, devido à sua grandiosa extensão que o torna o rio principal de 6 Bacias Hidrográficas. O Rio Bauru tem sua foz no Ribeirão Grande, no município de Pederneiras, esse que despeja suas águas no Rio Tietê, no mesmo município.

O despejo de poluentes de origem industrial, doméstica ou agrícola na água vem afetando negativamente a biota aquática, bem como a saúde da população humana que depende destes corpos hídricos para sobreviver e manter seu estilo de vida (VANZETTO, 2014). Os organismos vivos podem bioacumular metais pesados, incorporando-os na cadeia trófica e atingindo grande parte dos diferentes estratos que constituem os ecossistemas aquáticos (VIARENGO, 1989). Animais como mamíferos, aves, peixes e vários macroinvertebrados são capazes de metabolizar os hidrocarbonetos ingeridos, porém, quando vivem muito próximos à fonte de contaminação, ou quando não possuem sistemas de detoxificação bem desenvolvidos, tendem a bioacumular esses compostos mais intensamente (ALBERS, 1995).

Os peixes são um dos principais seres vivos afetados pela poluição dos rios. Seu desaparecimento prejudica as atividades pesqueiras e sua contaminação, principalmente por metais pesados, leva à contaminação dos seres humanos que os ingerem. Os peixes são listados como bons bioindicadores da qualidade da água. As duas características mais importantes dos bioindicadores são a de permitir a identificação das interações que ocorrem entre os contaminantes e os organismos vivos, e a de possibilitar a mensuração de efeitos subletais (ARIAS et al, 2007).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O presente estudo tem como objetivo, com base em dados obtidos na literatura, analisar a situação das águas dos principais rios de Bauru- SP e as possíveis consequências ambientais dessa poluição no Rio Tietê.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Descrever as características das sub-bacias do Rio Bauru e do Rio Batalha, a partir do levantamento bibliográfico;
- b) Identificar a presença de ictiofauna;
- c) Averiguar possíveis danos ecotoxicológicos existentes nas Bacias Hidrográficas.

## **3 METODOLOGIA**

O estudo desenvolvido seguiu os preceitos de estudo exploratório por meio de pesquisa bibliográfica, sendo desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos (GIL, 2008)

### **3.1 Fontes**

A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente (GIL, 2008).

As fontes foram selecionadas nas plataformas de pesquisas acadêmicas Google Acadêmico, SCIELO (Scientific Electronic Library Online), Portal de Periódicos da Capes, Repositório Institucional Unesp, dados de órgãos públicos, além de teses, livros, monografias e manuais encontrados nos portais acadêmicos de outras instituições de ensino superior, públicas e privadas. Também foram utilizados materiais fornecidos pelo curso de especialização na área de educação ambiental, Curso de Formação em Educação Ambiental da Sub- Bacia do Jacaré-Guaçu, realizado pela equipe do Instituto Pró-Terra.

A pesquisa pelas fontes foi realizada entre os meses de janeiro e novembro de 2021, sendo selecionadas 200 publicações, sem passar pelos critérios de exclusão.

### **3.2 Análise e Interpretação**

Para ordenar e sumariar as informações contidas nas fontes bibliográficas, foi realizada uma leitura analítica. Nessa leitura procede-se à identificação das ideias-chaves do texto, à sua ordenação e finalmente à sua síntese (GIL, 2008).

Alinhada à leitura, procurou-se estabelecer uma relação entre o conteúdo das fontes pesquisadas e outros conhecimentos (GIL, 2008), a fim de explorar com mais precisão os resultados obtidos e realizar uma reflexão sobre os mesmos. Assim, para o presente trabalho, foram utilizados 150 referências bibliográficas.

## 4 REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA

### 4.1 Bacia Hidrográfica do Rio Tietê

O Rio Tietê faz parte da Bacia Hidrográfica do Alto Paraná, constituindo-se num dos rios mais importantes do Estado de São Paulo. Assim como o Rio Paranapanema, tem sua nascente junto a Serra do Mar (BEVILACQUA, 1996). A região de cabeceiras do rio Tietê é uma sub-região do Alto rio Tietê, com área aproximada de 1.889 Km<sup>2</sup>, abrangendo os municípios de Biritiba-Mirim, Ferraz de Vasconcelos, Guararema, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Poá, Salesópolis e Suzano (MARCENIUK; HILSDORF; LANGEANI, 2011). Ele atravessa os três compartimentos de relevo do Estado (Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste; Depressão da Borda Leste do rio Paraná e Planalto Ocidental Paulista, respectivamente), e deságua no rio Paraná, sendo sua extensão aproximada de 1100 Km (BEVILACQUA, 1996).

Em várias regiões do Brasil, o abastecimento de água para consumo doméstico ou industrial está seriamente comprometido, pois os mananciais limnicos, lacustres ou fluviais apresentam-se eutrofizados e contendo substâncias tóxicas prejudiciais à biota e saúde humana. A bacia do Rio Tietê enquadra-se neste tipo de ambiente, pois tem sido uma das principais fontes de abastecimentos de diversas comunidades numa extensa área do Estado, mas também, o repositório de esgotos domésticos e industriais, em sua grande maioria não tratados (NASCIMENTO, 2003). A intensa atividade industrial, tanto na região metropolitana de São Paulo como nos seus entornos, tem sido a principal causa de contaminação de metais pesados e compostos orgânicos tóxicos no sistema alto Tietê. No interior do Estado, as intensas atividades agrícolas, com predomínio do cultivo da cana de açúcar e laranja, são as principais componentes de degradação ambiental, juntamente com os esgotos domésticos ainda com elevada carga sem tratamento (MARTINELLI, 2001).

A bacia do Rio Tietê é constituída pela bacia do rio Tietê, propriamente dita, acrescida de bacias de pequenos cursos d'água afluentes do rio Paraná. Não inclui a parte da bacia do rio Piracicaba, situada em território mineiro. Engloba as seguintes Unidades de Gerenciamento: UGRHI 05 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí; UGRHI 06 – Alto Tietê; UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê; UGRHI 13 – Tietê/Jacaré; UGRHI 16 – Tietê/Batalha; UGRHI 19 – Baixo Tietê (SÃO PAULO, 2006). A localização de cada uma dessas unidades de gerenciamento podem encontradas na figura 2.

Em sistemas de reservatórios em cascata, a existência de barragens sequenciais modifica o tempo de retenção de água de rios contínuos e impacta o processo de filtração, que altera as concentrações e composições dos Compostos Opticamente Ativos (OACs), de montante para jusante, conforme previsto pelo *Cascade Reservoir Continuum Concept* (CRCC) (BARBOSA et al, 1999). O Rio Tietê apresenta seis reservatórios hidrelétricos localizados ao longo do Sistema de Reservatórios da Cascata de Tietê (SRCT) de montante para jusante (BERNARDO et al, 2019). As represas são: Barra Bonita, Bariri ou Álvaro de Souza Lima, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos, respectivamente.

A área drenada pelo Médio Tietê é de cerca de 42.277 Km<sup>2</sup>, havendo na sua bacia numerosas cidades importantes, entre as quais: Americana, Araraquara, Bauru, Botucatu, Campinas, Jaú, Limeira, Lins, Piracicaba, Rio Claro e São Carlos (LUZIA, 2004). O Médio Tietê Superior compreende um percurso de 260 Km de extensão, desde a cidade de Pirapora até a barragem de Barra Bonita. O Médio Tietê Inferior compreende desde a barragem de Barra Bonita até a corredeira de Laje (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2003; LUZIA, 2004). A barragem de Bariri se encontra dentro da UGRHI 13 e seus principais rios são Jau, Bauru e Lençóis (SENÔ; COSTA JUNIOR, 2016).

Segundo Cornélio (2004), na região de Bauru, as bacias hidrográficas Tietê/Batalha e Tietê/Jacaré, estão tendo a qualidade de suas águas comprometida, devido à grande quantidade de esgoto liberado nos rios sem tratamento prévio. A alta taxa de efluentes torna impossível a manutenção dos processos biológicos naturais, e, mesmo os minerais, benéficos para animais e plantas, em grandes concentrações podem ser danosos (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Os poluentes orgânicos e químicos interferem no funcionamento do ecossistema aquático (BOND, 1996), favorecendo algumas espécies de peixes e, ao mesmo tempo, levando outras a um gradativo declínio (BARRELLA, 2001; SANTOS; HEUBEL, 2008).

**Figura 2.** UGRHIs agrupadas por Região Hidrográfica do Estado de São Paulo.



Adaptado de SIGRH (2021).

#### 4.2 UGRHI 13 - Tietê/Jacaré

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos UGRHI 13 localiza-se na região central do Estado de São Paulo e é composta por 34 municípios, abrangendo cerca de 3,6% da população da região (CBH-TJ, 2020). Apresenta uma área territorial de 15.918,3 Km<sup>2</sup> (SEADE, 2019) e uma área de drenagem de 11.749 Km<sup>2</sup> (SÃO PAULO, 2006). Os principais rios e reservatórios da UGRHI são os rios Tietê, Jacaré- Guaçu e Jacaré- Pepira, e os reservatórios são o de Bariri, Ibitinga e Lobo (CBH-TJ, 2016).

Apresenta 1.106 km<sup>2</sup> de vegetação natural remanescente que ocupa, aproximadamente, 9% da área da UGRHI. As categorias de maior ocorrência são a Floresta Estacional Semidecidual e a Savana (SÃO PAULO, 2021). Possui Unidades de Conservação de Proteção Integral - Esec de Bauru; Esec de Itirapina; Esec Mata do Jacaré (antiga Esec São Carlos) - e Unidades de Conservação de Uso Sustentável - APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá - Perímetro Corumbataí; APA Ibitinga; APA Tanquã-Rio Piracicaba; ARIE Leopoldo Magno Coutinho; FE de Pederneiras; RPPN Floresta das Águas Perenes; RPPN Olavo Egydio Setubal; RPPN Reserva Ecológica Amadeu Botelho (MMA, 2019; FF, 2019; IF, 2019). Em

relação à disponibilidade hídrica superficial, apresenta uma Vazão média ( $Q_{\text{médio}}$ ) de  $97 \text{ m}^3/\text{s}$ , Vazão mínima ( $Q_{7,10}$ ) de  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  e Vazão  $Q_{95\%}$  de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  (SÃO PAULO, 2006). A bacia hidrográfica apresenta três sistemas de aquíferos: Bauru, Guarani e Serra Geral (CETESB, 2016).

Segundo o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2020, realizado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê- Jacaré, cujo o ano base foi 2019, a disponibilidade de água per capita apresenta tendência de redução ao longo dos anos devido ao crescimento populacional, impactando principalmente nas águas subterrâneas, já que praticamente todos os municípios da UGRHI 13 dependem desse recurso para consumo humano. Aproximadamente 50% desta demanda de água subterrânea é destinada para esse fim. Segundo análises do DAE (2014a) sobre o mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo, observou-se que o município de Bauru se encontra em uma área de potencial restrição e controle da captação e uso de águas subterrâneas. Os dados do CBH-TJ (2020) mostram que, em relação a exploração de água subterrânea, a Bacia Tietê-Jacaré já alcançou níveis críticos, atingindo a vazão outorgada de 78,1% da reserva explotável, sendo a bacia com maior exploração no Estado. A situação é pior nos municípios de Gavião Peixoto, Bauru e Araraquara, com 279%, 226% e 138% da vazão subterrânea outorgada em relação à vazão explotável, respectivamente.

O índice de atendimento de água geral da bacia é de 99,6%, o que é considerado bom. Analisando os dados referentes aos indicadores de Esgotamento Sanitário, a situação da UGRHI Tietê/Jacaré ainda requer grande atenção, pois, apesar da melhora gradual, apenas 69,6% dos efluentes da UGRHI são tratados. O município de Bauru é responsável por 40% da carga orgânica remanescente da UGRHI, e apresenta baixa porcentagem de tratamento (somente 3%). Este único município tem grande influência negativa nos indicadores de tratamento de toda a UGRHI (CBH-TJ, 2020). Além de Bauru, os municípios de São Carlos e Araraquara também apresentam altos índices de carga orgânica remanescente, chamando a atenção sobre as sub-bacias rio Jacaré-Guaçu e Rio Bauru, dentro da UGRHI 13 (CBH-TJ, 2020).

O Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município (ICTEM) considera a efetiva remoção da carga orgânica, (em relação à carga orgânica potencial gerada pela população urbana) sem deixar de observar a importância de outros elementos que compõem um sistema de tratamento de esgotos, como a coleta, o afastamento e o tratamento. Há uma tendência de melhoria neste indicador para a UGRHI 13 em geral, o

número de municípios com ICTEM considerado péssimo reduziu de 17 em 2008 para 4 em 2019, sendo eles: Ibitinga, Ribeirão Bonito, Itapuí e Bauru (CBH-TJ, 2020).

O Índice de Qualidade da Água leva em consideração a qualidade da água para abastecimento público e retrata principalmente a contaminação dos corpos d'água por esgoto sanitário. Mesmo que sejam análises pontuais, os resultados são muito importantes para a tomada de decisões e conhecimento da situação dos rios da bacia hidrográfica (CBH-TJ, 2020). Segundo dados do Diagnóstico da Rede de Monitoramento quanti-qualitativa de águas superficiais, e proposta de ampliação, alteração e manutenção da rede (CBH-TJ, 2015), em relação ao IQA, os pontos com desconformidades são os pontos receptores de esgoto doméstico. Um deles está localizado no Rio Grande (RGRA 02990), receptor do esgoto da cidade de Bauru, após se juntar ao Rio Bauru. Este ponto é classificado como ruim desde 2011, sendo que em 2015 e 2016 teve uma melhora e passou a ser classificado como regular, porém voltando a classificação ruim a partir de 2017 (CBH-TJ, 2015; CBH-TJ, 2020).

A UGRHI está dividida em 6 Sub-Bacias de acordo com a área de drenagem dos principais rios, conforme ilustrado na figura 3. Segundo CBH-TJ (2020), os recursos hídricos subterrâneos são os mais utilizados para o abastecimento público, sendo o aquífero Guarani o que apresenta as maiores vazões e que pode ser considerado o aquífero mais importante para a região.

A UGRHI Tietê/Jacaré passa por um processo de industrialização (DAE, 2014a), pois as atividades econômicas são inúmeras e também diversificadas, o que faz com que receba essa classificação. O ponto comum é a presença de usinas de açúcar e álcool em todas as regiões da UGRHI (CBH-TJ, 2020). De acordo com os dados do SEADE (2009), existem 4.693 estabelecimentos industriais totais. Além disso, por ser uma região extremamente urbanizada (a taxa de urbanização é de 96%), o setor de comércio e prestação de serviços é muito desenvolvido. Além disso e do setor agroindustrial, nos maiores municípios como Bauru, São Carlos, Araraquara e Jaú (que correspondem a 61% da população) outros setores da indústria como papel, bebidas, calçados e metal-mecânica também se destacam (CBH-TJ, 2020).

**Figura 3.** Sub- Bacias da UGRHI Tietê- Jacaré.



- 1 Sub-Bacia do Rio Jacaré-Guaçu e afluentes do Rio Tietê
- 2 Sub-Bacia do Rio Jacaré-Pepira e afluentes diretos do Rio Tietê
- 3 Sub-Bacia do Rio Jaú, Ribeirão da Ave Maria, Ribeirão do Sapé e afluentes diretos do Rio Tietê
- 4 Sub-Bacia do Rio Lençóis, Ribeirão dos Patos e afluentes diretos do Rio Tietê
- 5 Sub-Bacia do Rio Bauru, Ribeirão Grande, Ribeirão Pederneiras e afluentes diretos do Rio Tietê
- 6 Sub-Bacia do Rio Claro, Ribeirão Bonito, Ribeirão de Veado, Ribeirão da Água Limpa e afluentes diretos do Rio Tietê

Autor (2021).

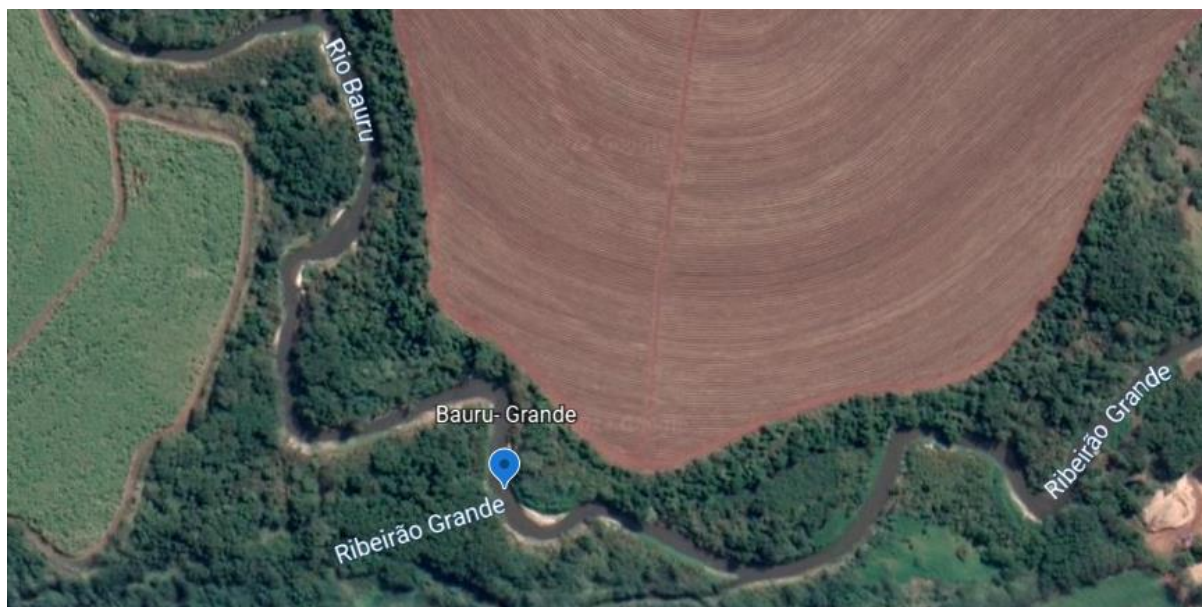
#### 4.2.1 Sub- Bacia Rio Bauru

A cidade de Bauru encontra-se completamente inserida na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Bauru. Os cursos d'água que compõem o Rio Bauru são: Córrego Água da Ressaca, Água da Forquilha, Córrego Água do Sobrado, Ribeirão da Grama, Córrego Barreirinho, Córrego Vargem Limpa, Ribeirão das Flores e Córrego do Matadouro. Sua nascente é na antiga Fazenda Fortaleza (recentemente loteada no Bairro Lago Sul) onde é chamado de Água da Ressaca. Na zona sul da cidade, ele encontra o Córrego Água da Forquilha e a partir daí é conhecido como Rio Bauru (SEMMA, 2008). Na zona rural de Pederneiras, encontra-se com o Ribeirão Grande (figura 4), e este deságua no Rio Tietê. O rio possui cerca de 37 km de extensão e é considerado um rio morto de intenso mau cheiro (CUNHA, 2015).

O município de Bauru apresenta clima Cwa pelo sistema Koppen (SETZER, 1966), ou seja, o clima é do tipo tropical de altitude, com temperatura média do mês mais quente no verão acima de 22°C, e o inverno tem a temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C. Na sub-bacia do Bauru ocorre o sistema de relevo de colinas amplas (SEMMA, 2016). O valor máximo pluviométrico do município é de 228,1 mm, ocorrendo no verão, e o mínimo é de 36,3 mm, no inverno. Os aspectos pluviométricos de Bauru, quando analisados em conjunto com as características de constituição, cobertura vegetal, uso e ocupação dos solos

dominantes, urbanizados e sem o necessário ordenamento territorial, explicam a ocorrência e instalação dos severos processos erosivos em curso, muitos já em estágio de voçorocas, especialmente nas áreas de expansão urbana (SEMMA, 2008).

**Figura 4.** Encontro do Rio Bauru com o Ribeirão Grande.



Autor (2021).

O Departamento de Água e Esgoto de Bauru (DAE – Bauru) é responsável pelos serviços de saneamento do município de Bauru. Segundo dados de SEMMA (2016), o DAE é responsável também pela coleta e disposição dos efluentes domésticos, conferindo ao município um índice de 99% de coleta, com eficiência de 8,97%, sendo que apenas 9,1% do esgoto produzido era tratado.

Dados de 2008 da Secretaria do Meio Ambiente do Município, apontavam que 100% do esgoto produzido em Bauru eram lançados diretamente nos rios e córregos da Bacia do Rio Bauru e do Rio Batalha sem qualquer tratamento, sendo 90% e 10%, respectivamente. No Ranking de Saneamento 2021, do Instituto Trata Brasil, considerando as 100 maiores cidades do país, Bauru ocupa a posição de número 77 no ranking que avalia indicadores de acesso à água potável, coleta e tratamento de esgoto, sendo apenas 3,38% do esgoto tratado na cidade. A cidade caiu 16 posições de 2020 para 2021 (TB, 2021).

A qualidade das águas do rio Bauru é péssima, saindo do município com zero de oxigênio dissolvido. Quando as águas atingem o rio Tietê, contribuem com imensos blocos de espuma e encontram-se altamente contaminada (SEMMA, 2008). Cerca de 700 litros de esgoto produzidos por segundo são despejados no leito do Rio Bauru, o equivalente a 60,5

milhões de litros por dia (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2018; G1 BAURU-MARÍLIA, 2018).

A sub-bacia do Rio Bauru está inserida em um compartimento de suscetibilidade média à erosão, que apresenta declividades suaves. A ocupação urbana instalou-se, em geral, sem implantar a infraestrutura necessária para evitar a deflagração dos processos erosivos. Destaca-se como importante fornecedora de sedimentos através dos córregos Vargem Limpa, Barreirinho, Grama, Sobrado, Água das Flores e Água da Ressaca, formadores do rio Bauru. Como consequência imediata do assoreamento, durante as chuvas intensas, ocorrem grandes inundações na cidade (SEMMA, 2008).

A categoria Área de Proteção Ambiental (APA) foi criada através da Lei n.º 6.902, de 27 de abril de 1981, com o “interesse na proteção ambiental”, para “conservar ou melhorar as condições ecológicas locais” e “assegurar o bem estar das populações humanas”. De acordo com a Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), a APA: “é uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem estar das populações humanas, e tem como objetivo básico proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais” (SEMMA, 2014).

No contexto estadual, o município de Bauru está contemplado na Sub-bacia do Rio Bauru. Já na escala municipal, as redes hídricas compõem duas sub-bacias hidrográficas: Sub-bacia do Ribeirão Campo Novo e Sub-bacia do Rio Bauru. Os principais cursos d’água existentes na Área de Proteção Ambiental Municipal Vargem Limpa-Campo Novo identificados são: Ribeirão Vargem Limpa, Córrego Água da Palmeira, Córrego do Alexandre, Córrego do Palmital e Ribeirão Campo Novo (BAURU, 2020). O Ribeirão Vargem Limpa é afluente do Rio Bauru.

A bacia do Ribeirão Campo Novo, possui uma área de drenagem de 42 km<sup>2</sup> (SEMMA, 2008), sendo o ribeirão do Campo Novo afluente do ribeirão Grande, que ultrapassa os limites municipais e deságua fora do município de Bauru.

De maneira geral, os cursos d’água localizados na APAM são de pequeno porte e com baixa vazão, com exceção do ribeirão Campo Novo, que faz o limite da porção sul da UC, o qual apresenta também maior extensão. Estes aspectos condicionam os cursos d’água para usos menores como: para irrigação de pequenos cultivos, especialmente hortaliças; dessedentação animal e, uma pequena parte para uso recreativo. A APAM abarca a nascente

do ribeirão Vargem Limpa e seus afluentes, localizados na área pertencente a Universidade Estadual Paulista (UNESP) campus de Bauru e ao Jardim Botânico do município, estando seu uso relacionado à dinâmica e manutenção do ecossistema. Após os limites da UC, o ribeirão Vargem Limpa atravessa aglomerados urbanos, recebendo contribuição de esgoto sem tratamento prévio (BAURU, 2020).

Prudente et al. (2010) realizaram um levantamento das espécies de peixes no córrego Vargem Limpa, na área do Jardim Botânico Municipal de Bauru, registrando a ocorrência de 16 espécies. Nos levantamentos do Plano de Manejo da APAM Vargem Limpa- Campo Novo (2020), foram coletadas 25 espécies de peixes, pertencentes a cinco ordens, foram capturadas 15 espécies da ordem Characiformes, sendo a mais representativa. A piaba *Piabina argentea* e o lambari *Astyanax fasciatus* foram as espécies que apresentaram as maiores abundâncias para a área, representando juntas aproximadamente 35% dos indivíduos coletados. Foram coletados cascudos do gênero *Hypostomus* o que é um bom indicador ambiental, pois, segundo Oyakawa et al (2006), esse gênero habita locais de correnteza e água bem oxigenada.

#### 4.3 UGRHI 16- Tietê/Batalha

A UGRHI-16 Tietê/Batalha ocupa uma área de 13.149 km<sup>2</sup> e conta com 537.122 habitantes (SEADE, 2020). Localiza-se no centro do Estado de São Paulo, em região considerada polo e vetor de desenvolvimento, apresentando enorme potencial hídrico, boa disponibilidade de água nos quesitos quantidade e qualidade, capaz de atender futuras demandas de múltiplos usos de recursos hídricos. A Unidade de Gerenciamento é constituída por 33 municípios com sedes na Bacia e outros 18 municípios com áreas urbanas e/ou rurais parcialmente inseridos na UGRHI, totalizando 51 municípios (CBH-TB, 2021), como pode ser visualizado na figura 5. A UGRHI Tietê/Batalha é de uso predominantemente agropecuário. O rio Batalha está localizado na fronteira oeste de Bauru e divide este município com o de Piratininga (DAE, 2014a).

Os principais rios da Unidade são o Tietê, Dourado, Batalha e São Lourenço e o principal reservatório é o de Promissão (CBH-TB, 2016). Em relação à disponibilidade hídrica superficial, apresenta  $Q_{\text{médio}}$  de 98 m<sup>3</sup>/s,  $Q_{7,10}$  de 31 m<sup>3</sup>/s e Vazão  $Q_{95\%}$  de 40 m<sup>3</sup>/s (SÃO PAULO, 2006).

A UGRHI 16 apresenta 893 km<sup>2</sup> de vegetação natural remanescente que ocupa cerca 6,5% da área de sua área. As principais formações são a Floresta Estacional Semidecidual e a

Savana (SÃO PAULO, 2021). Possui em seu território Unidades de Conservação de Uso Sustentável, sendo elas: APA Rio Batalha, RPPN Fazenda Relógio Queimado, RPPN Sítio Palmital e RPPN Trilha Coroados; e a Terra Indígena de Araribá (MMA, 2019; FF, 2020; FUNAI, 2020).

No que se refere à utilização dos recursos hídricos, dados apontam para uma vazão outorgada de 18,25 m<sup>3</sup>/s, sendo 59% caracterizada como demanda superficial e 41% como demanda subterrânea. As crescentes demandas impõem condição de atenção na UGRHI, tanto para a vazão outorgada superficial comparada às vazões de referência (Q<sub>95%</sub>, média e Q<sub>7,10</sub>), quanto para a vazão outorgada subterrânea que atingiu 82,8% das reservas explotáveis (CBH-TB, 2021).

Dados da CETESB (2020) demonstram que a UGRHI- 16 apresenta índices superiores aos observados no Estado no que se refere ao esgotamento sanitário, apresentando uma condição classificada como boa, pois registra coleta de 99,2% do esgoto produzido, sendo que 92,1% do esgoto coletado recebe tratamento. Apresenta condições favoráveis para o Índice de Qualidade das Águas para 6 pontos da rede de monitoramento básico da CETESB. O monitoramento com avaliações das variáveis químicas, físicas e biológicas dos corpos d'água, indica condição boa ( $51 < IQA \leq 79$ ) para 4 pontos, sendo eles: Rio Batalha, Rio Dourado, Ribeirão da Fartura e na calha do Rio Tietê (CBH-TB, 2021).

Entre as principais atividades econômicas estão a agricultura e a pecuária, destacando-se as culturas de cana-de-açúcar e laranja; e as atividades industriais nas áreas de mecânica e de alimentos, predominando a sucroalcooleira. A UHE Mário Lopes Leão, no município de Promissão, contribui para o desenvolvimento de toda a região, pois ao longo da área de inundação é possível observar o crescimento de atividades de recreação e lazer, o que demonstra o potencial turístico da região (CBH-TB, 2014).



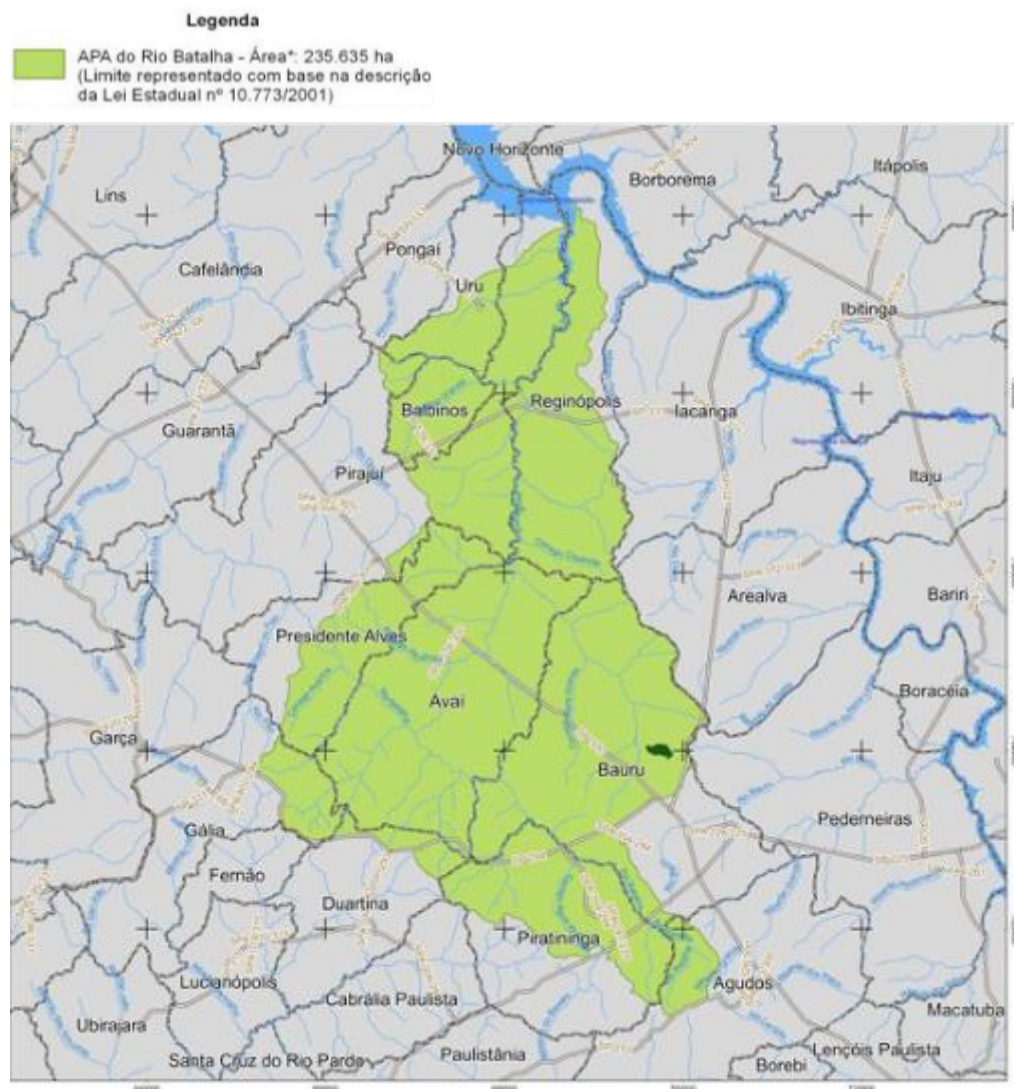
357/05 (FF; SEMMA, 2019). Se encontra com as matas ciliares desmatadas e por isso os processos de erosões e de assoreamento tornam-se evidentes (SEMMA, 2008).

Além de possuir a função social de fornecer a água para a cidade de Bauru, o rio Batalha é um marco geográfico, demarcando os limites entre os municípios de Bauru e Piratininga. A cidade de Piratininga lança seus esgotos tratados pouco depois da captação de água de Bauru e despeja lixo em uma das nascentes de um afluente do Batalha. O município de Bauru despeja aproximadamente 60 litros por segundo de esgoto no rio Batalha, em mais de três pontos (SEMMA, 2008).

A bacia hidrográfica do rio Batalha foi declarada APA - Área de Proteção Ambiental pela Lei Estadual nº 10773 de 01/03/2001 (SEMMA, 2008). De acordo com o Plano de Bacia 2016-2027, os afluentes do rio Batalha considerados como mananciais de interesse são os ribeirões Batalhinha, Jacutinga e Guaricanga, nos municípios de Avaí e Presidente Alves, ribeirão Duas Pontes, em Balbinos e Pirajuí, ribeirão da Corredeira no município de Reginópolis e ribeirão da Água Parada em Avaí e Bauru. O ribeirão da Água Parada se encontra dentro de uma região de APA também. A APA Municipal Água Parada é uma unidade de uso sustentável, criada pelo inciso III do parágrafo único do Art.19 da Lei Municipal nº 4.126/1996, ampliada e regulamentada pela Lei Municipal nº 4.704/2001, esta última alterada pela Lei Municipal nº 5.631/2008, dentro do Plano Diretor Participativo de Bauru, apresentando uma área territorial de aproximadamente 34.800 ha, equivalente a 51% do município de Bauru (SEMMA, 2014).

Avaliações da demanda em relação à disponibilidade hídrica, de quase todos os 11 municípios incluídos na APA do Batalha apresentam uma boa situação. Apenas o município de Bauru apresenta situação crítica, com demanda superficial e total ultrapassando 50% de  $Q_{7,10}$  e  $Q_{95\%}$ , respectivamente (CBH-TJ, 2015). As águas superficiais são utilizadas também para lançamento de efluentes e a maior parte dos municípios incluídos da APA utilizam o rio Batalha ou seus tributários para esse fim (DAEE, 2017).

**Figura 6.** APA Rio Batalha.



Retirado de FF; SEMMA (2019).

A APA Rio Batalha (figura 6) apresenta 235.635 ha e localiza-se em região de ecótono entre a Floresta Estacional Semidecidual e a Savana (IBGE, 2012). A vegetação nativa está presente em apenas 20.189 ha. De acordo com as Metas de Biodiversidade de Aichi, até 2020, pelo menos 17% das zonas terrestres e de águas continentais deveriam estar conservadas. Considerando esse percentual como referência para o planejamento ambiental em diferentes escalas, a meta não foi atingida para a vegetação natural remanescente na APA e muito menos para os municípios que a compõem. Na APA Rio Batalha, a cobertura herbáceo-arbustiva é predominante, especialmente ao norte da Unidade de Conservação, a jusante do rio Batalha, característica de vegetação de pequeno porte, de áreas de pastagem ou de cultivos agrícolas e, ainda, áreas remanescentes de campo cerrado. O clima da região é classificado como

temperado macrotérmico, moderadamente chuvoso, de inverno seco não rigoroso, com temperatura média máxima ocorrendo após o solstício de verão. Há a influência das massas de ar Equatorial e Continental Tropical, que alteram o calor, a umidade e as precipitações (ALMEIDA FILHO, 2000).

Os municípios integrantes da UC apresentam atividades econômicas variadas, mas voltadas principalmente para o setor agropecuário. Na agricultura, a região se caracteriza pelos cultivos de cana-de-açúcar, citros e pela criação de gado. No extrativismo vegetal, a região sul da UC se destaca com os produtos da silvicultura, principalmente em Avaí, Piratininga, Reginópolis e Bauru (FF; SEMMA, 2019).

Os dados socioeconômicos e de infraestrutura, derivados dos setores censitários, apresentavam as seguintes variações quanto aos índices calculados, em 2019: abastecimento de água com valores variando de 1 a 81; coleta de esgoto de 2 a 63; coleta de lixo de 2 a 72; grau de instrução de 0 a 20 e renda de 0,1 a 9, o que indica grandes variações no atendimento de serviços sanitários, desde classe muito baixa até muito alta para os índices de água, esgoto e lixo. As águas do rio Batalha, ao longo dos últimos anos, mantiveram-se com qualidade variando entre boa e ótima de acordo com o Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA) e o Índice de Qualidade da Água (IQA) e as concentrações dos principais parâmetros monitorados atendem aos padrões legais e não apresentam tendência de piora do ponto de vista ambiental (FF; SEMMA, 2019). Desta forma, pode-se considerar que as águas do Rio Batalha se encontram em boas condições para os usos que lhe foram conferidos. Esta análise não deve ser extrapolada para os outros corpos d'água superficiais situados na APA Rio Batalha, pois, para a determinação da atual situação da qualidade das águas destes, são necessários monitoramentos e estudos específicos para este fim (CETESB, 2017).

Em relação a fauna da APA, por estar inserida em meio a dois “hotspots” (Mata Atlântica e Cerrado), apresenta refúgios para a biodiversidade regional, dispostas nas várzeas naturais, nas matas ripárias, nas florestas estacionais semidecíduais e nas manchas de cerrado. O total de espécies de vertebrados com ocorrência confirmada para a UC é de 516, sendo 51 espécies de peixes (BAURU, 2015ab). Das espécies de peixes, uma é endêmica da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, *Hisonotus depressicauda*, o cascudinho. A espécie *Coptodon rendalli*, tilápia, é considerada exótica-invasora na área.

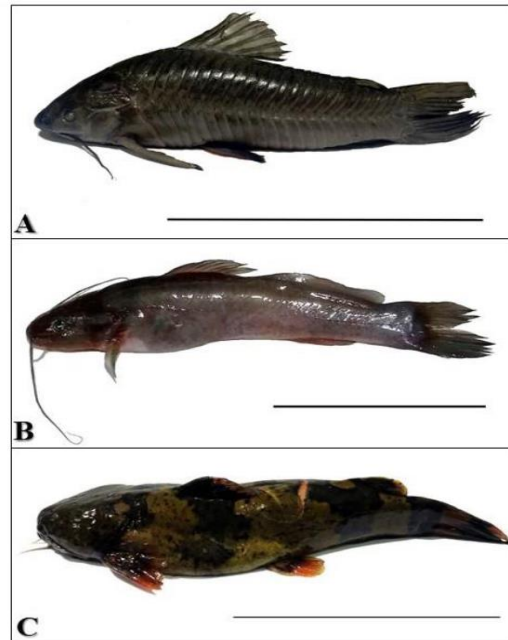
Na figura 7, temos três exemplos de peixes que são encontradas na Bacia Hidrográfica do Tietê/Batalha e na região, seja para o consumo ou por esporte, são encontrados as espécies: *Acestrorhynchus lacustris* (peixe-cachorro); *Leporinus striatus* (piauí); *Schizodon nasutus* (timboré); *Oligosarcus paranensis* e *O. pintoii* (tajibucus); *Astyanax altiparanae* (tambuí); *A.*

*bockmanni*, *A. fasciatus* e *A. paranae* (lambaris); *Roeboides descalsvadensis* e *Galeocharax knerii* (saicangas); *Cyphocharax modestus* (saguiru); *Prochilodus lineatus* (curimbatá); *Hoplias malabaricus* (traíra); *Hoplosternum littorale* (caborja); *Rhamdia quelen* (jundiá); *Hypostomus ancistroides* (cascudo); *Iheringichthys labrosus* (mandi-branco); *Pimelodus maculatus* (mandijuba); *Gymnotus pantherinus* e *G. sylvius* (tuviras, usadas para isca de pesca); *Synbranchus marmoratus* (muçum); *Crenicichla britskii* (joaninha); *Geophagus brasiliensis* (cará) e *C. rendalli* (FF; SEMMA, 2019).

O rio Batalha é utilizado, em todo o seu trajeto, para recreação, dessedentação de animais e irrigação, dentre outras finalidades, mas vem acumulando problemas crônicos, como a utilização dos solos de suas encostas sem a adoção de práticas de conservação, o uso de agrotóxicos sem controle nessas áreas e a devastação de suas matas ciliares, ensejando severos processos de erosão e assoreamento, e ainda recebe enorme carga de efluentes poluidores (SEMMA, 2008). Tanto os remanescentes de vegetação natural quanto os cursos d'água estão sujeitos a vetores de pressão antrópica que desafiam a conservação desta biodiversidade. Poluição, sedimentação e perda da vegetação ciliar alteram as comunidades aquáticas, enquanto a fragmentação e a perda de conectividade empobrecem as biotas terrestres (FF; SEMMA, 2019).

Dentro da Unidade de Conservação, além da APA municipal Água Parada, encontram-se outras áreas de interesse de recursos hídricos para o município de Bauru: Estação Ecológica de Bauru (no município de Bauru), com importante função na preservação dos recursos hídricos, com contenção da erosão e proteção de nascentes (IF/FF, 2010); APA municipal rio Batalha (no município de Bauru), com a finalidade de proteger as encostas do rio Batalha; e Área de Proteção de Mananciais, sobreposta à APA municipal de Bauru, com objetivo de proteger a captação de água superficial para abastecimento público (BAURU, 2008).

**Figura 7:** Peixes Siluriformes coletados no rio Batalha, durante os anos de 2014 a 2016. A) *Hoplosternum littorale* (HANCOCK, 1828); B) *Rhamdia quelen* (QUOY; GAIMARD, 1824); C) *Pseudopimelodus mangurus* (VALENCIENNES, 1835). (Barra de escala = 10cm).



Retirado de PELEGRINI (2018).

#### 4.4 Ecotoxicologia

A toxicologia é uma área antiga da ciência, muito importante para a história da humanidade, que evoluiu com o passar do tempo, tendo grande desenvolvimento, principalmente, após a Segunda Guerra Mundial (OGA; CAMARGO; BATISTUZZO, 2008). Pode ser definida como a ciência que estuda os efeitos nocivos decorrentes das interações de substâncias químicas com o organismo, sob condições específicas de exposição (OGA; CAMARGO; BATISTUZZO, 2008, p. 5).

Por ser uma área muito ampla, pode ser subdividida em diversos campos de trabalho. O estudo dos efeitos nocivos causados por certos agentes do tipo praguicidas e herbicidas ao meio ambiente constitui uma dessas modalidades da Toxicologia, a Ecotoxicologia (OGA; CAMARGO; BATISTUZZO, 2008, p. 8).

O termo Ecotoxicologia foi proposto por Renè Truhaut, que a caracteriza enquanto ciência, como:

“Ecotoxicological studies comprise the following three principal sequences, which often overlap, particularly sequences 1 and 2: (1) Study of the emission and entry of pollutants into the abiotic environment, with their distribution and fate. (2) Study of the entry into and fate of pollutants in the biosphere, with the very important problem of contamination of biological chains, in the first place of food chains. (3) Study, qualitative and quantitative, of the toxic effects of chemical pollutants, at a certain level, to ecosystems, with investigation of the impact on man.” (THUHAUT, 1977).

Para Oga, Camargo e Batistuzzo (2008, p. 128), a ecotoxicologia compreende também o estudo da influência de fatores bióticos e abióticos sobre a resposta aos poluentes, tratando de sistemas complexos. Dessa forma é necessário utilizar métodos para coletar informações importantes sobre a relação ambiente x poluente, estudando as interações desses poluentes, como ocorre a bioacumulação e as respostas bioquímicas e fisiológicas dos organismos expostos. É uma ciência que traz uma visão muito mais ampla e complexa do que a simples avaliação dos efeitos das substâncias sobre os seres vivos (CAVALCANTE, 2017).

O objetivo da ecotoxicologia é o de proteger populações e comunidades, entretanto não é possível a utilização de todas espécies existentes, o que leva a extrapolação no grau de incerteza, o que é dificultado ainda mais pelas variações dos fatores ambientais (RAND; WELLS; MACCARTY, 1995). Muito dificilmente o resultado da toxicidade será apenas por uma substância isolada, por isso é necessário conhecer as fontes de emissão dos poluentes, suas transformações, difusões e destinos no local (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2006).

No ambiente aquático, os poluentes estão sujeitos a interações, como a concentração ou diluição, sendo que os compostos podem ser alterados em função de diversas reações químicas (CAVALCANTE, 2017). Os efeitos deletérios que são ocasionados pela ação dos poluentes nos organismos se propagam pelos demais componentes do ecossistema (CAVALCANTE, 2017). Tais efeitos podem causar alterações na reprodução, nas taxas de mortalidade, na diversidade de espécies, na relação predador-presa, assim como nos processos de respiração e fotossíntese (COSTA et al, 2008). Isso compromete todos os organismos, inclusive os humanos.

A avaliação da toxicidade de agentes químicos no meio aquático ocorre por meio de ensaios ecotoxicológicos (CAVALCANTE, 2017), que são utilizados para monitorar e avaliar a qualidade da água (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008), e de fornecer dados científicos que possam ser utilizados para a avaliação do risco da presença de substâncias químicas no meio ambiente e na dinâmica populacional, além de estabelecer limites de segurança nos mais diversos ecossistemas, pela comparação entre substâncias e predição dos efeitos ambientais (OGA; CAMARGO; BATISTUZZO, 2008).

Nos ensaios, organismos representativos da coluna d'água ou dos sedimentos, de ambientes de água doce, estuarina e marinha, são expostos a substâncias potencialmente tóxicas, por um tempo, visando observar a resposta dos organismos ao contaminante testado (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2006). Os testes de toxicidade avaliam o efeito de substâncias sobre a biota e as análises químicas identificam e quantificam as concentrações dessas substâncias (CAVALCANTE, 2017).

#### **4.5 Ensaios Ecotoxicológicos ou Bioensaios**

Na década de 70, nos E.U.A e na Europa os ensaios de toxicidade para a avaliação da qualidade de águas e de efluentes começaram a ser utilizados, tendo sido regulamentados a partir dos anos 80 (GOMES, 2007). No Brasil, eles começaram a ser desenvolvidos nas décadas de 70 e 80, mas foi apenas na década de 90 que a área se consolidou na preparação de procedimentos e normas técnicas (ABESSA, 2002). Em termos metodológicos, a primeira iniciativa se deu em 1975, com participação da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), num programa internacional de padronização de teste de toxicidade aguda com peixes, desenvolvido pelo Comitê Técnico de Qualidades das Águas da International Organization for Standardization (ISSO; MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008).

Para Cassidy (2010) o princípio fundamental pelo qual os testes de toxicidade se regem está na resposta de organismos ecologicamente relevantes à presença ou exposição a agentes tóxicos, dependendo da dose de exposição a esses mesmos agentes. Assim, os bioensaios aquáticos foram desenvolvidos para determinar uma relação dose-resposta, ou seja, a relação entre a quantidade de contaminante ao qual o organismo está exposto e a natureza e grau de efeitos nocivos (tóxicos). Magalhães e Ferrão Filho (2008) afirmam que o objetivo principal da Ecotoxicologia foi sempre a análise custo-benefício no processo de produção de bens de consumo, onde o problema é minimizar os custos da produção tanto quanto os efeitos da poluição química causada por esta produção nos seres humanos. Assim, os testes desenvolvidos e os protocolos seguem essa análise.

Os ensaios de ecotoxicidade são capazes de avaliar impactos ambientais, pois o conhecimento da toxicidade dos contaminantes possibilita estabelecer os limites permissíveis de diversas substâncias químicas para a proteção da vida aquática (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2006). Eles permitem avaliar a contaminação ambiental por diversas fontes poluidoras, tais como: efluentes agrícolas, industriais e domésticos, sedimentos,

medicamentos e produtos químicos em geral, assim como, avaliar a resultante de seus efeitos sinérgicos e antagônicos (LOMBARDI, 2004).

Os procedimentos ecotoxicológicos tradicionais têm maior preocupação em caracterizar os efeitos adversos causados por uma amostra tóxica sem a preocupação de identificar os agentes tóxicos isoladamente (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008). A escolha do ensaio de toxicidade mais adequado depende do objetivo do estudo a ser realizado e deve considerar os seguintes fatores: sensibilidade, distribuição geográfica, abundância, importância ecológica e relevância do organismo indicador (REGINATTO, 1998).

Existem diversos critérios usados para determinar a aplicabilidade de um teste modelo standard, Rand, Wells e Maccarty (1995) definem alguns deles:

- O teste deve ter aceitação generalizada pela comunidade científica;
- O procedimento do teste deve ter uma sólida base estatística, e deve ser reprodutível gerando resultados similares em diferentes laboratórios;
- Os resultados devem incluir efeitos de uma vasta gama de concentrações dentro de tempos de exposição realistas. Devem também ser quantificáveis através de interpolação gráfica, análise estatística, ou outros métodos de avaliação quantitativa válidos;
- O teste deve ter alguma capacidade preditiva face a organismos similares;
- Os resultados devem ser úteis em avaliação ambiental;
- O teste deve ser econômico e de fácil execução;
- O teste deve ser sensível e o mais realista possível na detecção e medição do efeito.

Os bioensaios são classificados de acordo com a duração (agudo ou crônico), método de adicionar a solução-teste (sistema estático, semi- estático e de fluxo contínuo) e propósito (teste de composto isolado; monitoramento da qualidade de efluente; toxicidade relativa; sensibilidade relativa, taxa de crescimento, etc.) (RUBINGER, 2009). Os bioensaios de toxicidade aguda são os mais usados na avaliação da toxicidade dos compostos químicos e efluentes (GUILHERMINO, 1996). Os bioensaios de toxicidade crônica são usados para fornecer uma estimativa da concentração que não provoca efeitos nefastos nos organismos. Também pretendem simular as reações dos organismos a longo prazo, quando sujeitas a concentrações pequenas e contínuas de tóxico, que podem, por exemplo, resultar do lançamento continuado de pequenas porções de pesticida para um lago (COONEY, 1995; CRUZ, 2007; GUILHERMINO, 1996; HOFFMAN et al., 1995; WALKER et al., 2001).

#### 4.5.1 Ensaios de Toxicidade Aguda

A avaliação ecotoxicológica aguda de corpos de água, com organismos aquáticos, constitui-se numa abordagem exploratória para evidenciar um problema de qualidade de corpos hídricos que recebem despejos domésticos e industriais (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2006). Correspondendo a uma resposta severa e rápida dos organismos aquáticos a um estímulo (SILVA, 2002).

Os testes de toxicidade aguda também podem ser aplicados para avaliar a sensibilidade relativa de organismos aquáticos para um determinado agente tóxico isolado e as concentrações seguras de agentes químicos para preservação da vida aquática e do ambiente (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008).

No Brasil, os testes de toxicidade aguda vêm sendo empregados no monitoramento de efluentes industriais com o intuito de minimizar o impacto ambiental e também são utilizados para avaliar a eficiência de estações de tratamento (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008).

Para Gomes (2007), a toxicidade aguda está relacionada diretamente com a mortalidade:

“A mortalidade é um dos indicadores utilizados para avaliar a resposta dos organismos à toxicidade aguda provocada por um composto ou um efluente. O seu principal objetivo é determinar as Concentrações Letais Médias ( $CL_{50}$ ) em curto tempo de exposição, que geralmente varia entre 0 a 96 horas. A  $CL_{50}$  é definida e padronizada como a concentração do agente tóxico que causa 50% de mortalidade na população de organismos submetidos ao teste.” (GOMES, 2007, p. 27)

Para Pankratz (2001), o teste de toxicidade aguda é um método de teste usado para determinar a concentração de uma substância capaz de produzir efeito venenoso a um organismo por um curto tempo de exposição que resulta em danos biológicos severos ou letais.

Devido à facilidade de execução, curta duração e baixo custo, os ensaios de toxicidade aguda foram os primeiros a serem desenvolvidos e constituem a base de dados ecotoxicológicos (RUBINGER, 2009). Esses testes disponibilizam informações básicas para outros estudos mais criteriosos como os testes de toxicidade crônica e avaliação de risco ecotoxicológico (GOMES, 2007).

#### 4.5.2 Ensaios de toxicidade crônica

Na década de 1960, surgiu a necessidade de avaliar o potencial risco de substâncias tóxicas à biota aquática em longo prazo, o que proporcionou o desenvolvimento do teste de toxicidade crônica (CAVALCANTE, 2017). No início, eles se baseavam na duração do ciclo de vida completo do organismo, o que implicava em ensaios muito numerosos, levando ao desenvolvimento de ensaios que abrangem parte do ciclo ou estágios iniciais de vida dos organismos- teste, gastando menos tempo de exposição e tornando-os mais acessíveis (ARAGÃO; ARAÚJO, 2006).

Os testes de toxicidade crônica são ensaios de longa duração que visam o estudo dos efeitos não letais nos organismos aquáticos, a partir da sua exposição prolongada a concentrações sub-letais (GOMES, 2007). As concentrações sub-letais são calculadas a partir da CL50 (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008).

De modo geral, estes efeitos são sub-letais e observados em situações em que as concentrações do agente tóxico, às quais ficam expostos os organismos, permitem sua sobrevivência, mas afetam uma ou várias de suas funções biológicas, como reprodução, desenvolvimento de ovos, crescimento, etc. (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008).

Ensaios crônicos são muito importantes uma vez que nos ambientes aquáticos ocorrem mais efeitos crônicos do que agudos, o que se deve a alguns fatores, como, por exemplo, a diluição dos contaminantes e as relações antagonistas entre as substâncias, assim os organismos ficam expostos a baixas concentrações de determinados poluentes por longos períodos, o que leva a efeitos crônicos sub-letais e letais ao longo do tempo (CAVALCANTE, 2017).

Estes efeitos são geralmente avaliados através de análises específicas (histológicas, hematológicas, comportamentais, etc.), utilizadas para a detecção de alterações crônicas, tais como: distúrbios fisiológicos, deformidades em tecidos somáticos e/ou gaméticos, alterações no crescimento e reprodução do organismo, entre outras (GOMES, 2007).

Os organismos teste tendem a reagir de forma diferente a um mesmo composto, em testes realizados em laboratório ou em meio natural, pelo que a utilização de métodos de ensaio, que se aproximem das condições reais, pode trazer respostas mais precisas do efeito ao ecossistema (SILVA, 2002).

#### 4.6 Bioindicadores

O termo bioindicador pode ser reconhecido como sendo de espécies sentinelas que são utilizadas como primeiros indicadores de efeito da contaminação de seu habitat (ADAMS, 2002). Em se tratando de ambiente aquático, plantas aquáticas, algas, crustáceos, moluscos, peixes, mamíferos, aves, entre outros, podem ser alvos de estudos, portanto são considerados bioindicadores. Ao escolher um bioindicador, devem ser observadas algumas características importantes de acordo com o estudo que será desenvolvido (LINS et al, 2010). Um bioindicador ideal deve sobreviver em ambientes saudáveis, mas também apresentar resistência relativa ao contaminante que está exposto. Outros aspectos que podem facilitar o desenvolvimento de um estudo são a abundância dessa espécie no ambiente e a facilidade em adaptar-se aos ensaios laboratoriais (AKAISHI, 2004).

Para Noor e Zutshi (2016), os peixes estão no nível superior da cadeia alimentar aquática e são bons indicadores da contaminação por metais pesados, pois acumulam metais em seus tecidos por meio da absorção, dependendo das exigências ecológicas, metabolismo e outros fatores, como salinidade, nível de poluição, alimentação, etc. Para Lins et al (2010), organismos pertencentes ao topo da cadeia alimentar, como os peixes, são comumente utilizados por possuírem intrínseca relação com toda a cadeia inferior, indicando respostas de efeitos crônicos, acumulativos e persistentes no nível de cadeia, além de efeitos diretos no nível do indivíduo.

Os organismos testes devem apresentar um intervalo de sensibilidade amplo a vários compostos ou fatores ambientais; devem apresentar distribuição natural ampla e ser abundantes durante todo o ano; devem ser representativos do tipo de ecossistema em estudo, e apresentar relevância ecológica, económica e/ou social, tanto à escala local como nacional; devem ser de fácil cultura laboratorial e passíveis de ser facilmente mantidos em boas condições, saudáveis e não parasitados (RAND; WELLS; MACCARTY, 1995; MASON, 2002).

Não é recomendado que a avaliação da toxicidade seja realizada com apenas um único teste de espécie única, utilizando apenas um organismo representante de um único nível trófico) (TISLAER; ZARGOC-KONCAN, 1999; COTMAN; ZARGOC-KONCAN; ZGAJNAR-GOTVAJN, 2004). Para uma avaliação mais adequada recomenda-se o uso de uma série de ensaios utilizando organismos representantes de diferentes níveis da cadeia alimentar (GUIMARÃES; LACAVA; MAGALHÃES, 2004). Na tabela 1, estão descritos alguns exemplos de organismos testes mais utilizados por nível trófico.

A fim de obter resultados mais precisos e detectar um efeito tóxico específico, aumentando a probabilidade de se obter uma resposta tóxica com organismos de diferentes sensibilidades, recomenda-se empregar no mínimo três espécies, representando diferentes níveis da cadeia trófica (BAUN et al, 1999).

**Tabela 1.** Níveis tróficos das espécies mais utilizadas nos testes de ecotoxicologia.

| Nível Trófico | Descrição                 | Exemplo        | Espécies teste mais utilizadas |
|---------------|---------------------------|----------------|--------------------------------|
| 1             | Produtores Primários      | Algas          | Algas Verdes Unicelulares      |
| 2             | Consumidores primários    | Dáfnia         | <i>Daphnia magna</i>           |
| 3             | Consumidores secundários  | Aranha d'água  | Sem espécies definidas         |
| 4             | Consumidores terciários   | Peixes         | Truta arco-íris                |
| 5             | Consumidores quaternários | Aves de Rapina | Falcão Peregrino               |

Adaptado de GOMES (2007).

Testes de toxicidade aguda com peixes e dafnideos continuam sendo o método principal de testes de controle ambiental (SANDBACKA; CHRISTIANSON; ISOMAA, 2000). Assim, *Daphnia magna* e *Danio rerio* podem ser usados conjuntamente como um sistema de alerta no caso de contaminação aguda como despejos acidentais, despejos de efluentes industriais, contaminação aguda de pesticida, contaminação acidental ou intermitente de água (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008).

Os ensaios que utilizam peixes têm por objetivo compreender como um agente tóxico afeta organismos de maior grau de estruturação como os vertebrados (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2006; RUBINGER, 2009).

Esses organismos são sensíveis a mudanças no ambiente (CAVALCANTE, 2017). A espécie *D. rerio* (zebrafish) possui grande sensibilidade quando exposta a produtos químicos, por ser capaz de absorver rapidamente os compostos que são diretamente adicionados na água e acumulá-los em vários tecidos (ALBINATI et al; 2009). Ele apresenta 70% de semelhança genética com humanos, semelhanças essas que são a níveis fisiológicos e anatômicos, incluindo células endoteliais, presença de barreira hematoencefálica e respostas

imunogênicas, o que facilita a previsão de efeitos de toxicidade em humanos (BAR-LLAN et al, 2009; CAVALCANTE, 2017).

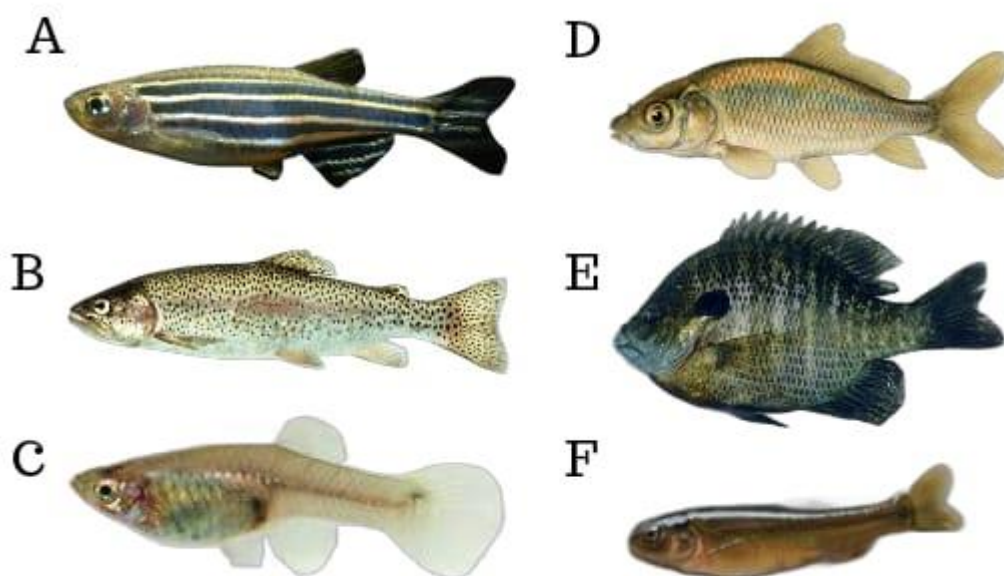
Além do zebrafish, outras espécies de peixes também são muito utilizados em testes de ecotoxicidade (figura 8), como *Oncorhynchus mykiss* (truta arco-íris), *Lepomis macrochirus*, *Pimephales promelas*, *Cyprinus carpio* (carpa) e o peixe da espécie *Poecilia reticulata* (SHAW; CHADWICK, 1998). O peixe *O. mykiss*, é uma espécie muito sensível e com necessidades muito específicas, designadamente água pura e bem oxigenada (GOMES, 2007).

Um nível seguro para uma espécie de peixe "A" pode não ser para espécie "B" que faz parte da mesma comunidade biológica (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008). Avaliações de 200 compostos tóxicos a diferentes espécies de peixes (*Poecilia reticulata*, *D. rerio*, *P. promelas*, *C. carpio*, *Oryza latipes*, *Salmo gairdnerii* e *Leuciscus idus*), verificaram o que se denomina de "toxicidade aguda a espécie seletiva", ou seja, cada espécie apresenta uma sensibilidade à uma determinada substância (VITTOZZI; DE ANGELIS, 1991).

Para Silva (2002), os peixes, por serem considerados um importante recurso alimentar, podem ser a principal via de contaminação de metais pesados para o ser humano, daí a sua importância como bioindicadores, utilizados em bioensaios para verificar a presença ou a ausência de efeitos aparentes dos contaminantes sobre os organismos vivos.

Os metais pesados entram nos peixes através de cinco vias principais (partículas alimentares ou não alimentares, brânquias, água e pele), seguem para o sangue e são transportados para um ponto de armazenamento ou para o fígado para sua transformação ou armazenamento (ADAMS, 2002).

**Figura 8.** Espécies de peixes mais utilizadas em testes de ecotoxicidade. A) *Danio rerio* (HAMILTON, 1822); B) *Oncorhynchus mykiss* (WALBAUM, 1792); C) *Poecilia reticulata* (PETERS, 1859); D) *Cyprinus carpio* (LINNAEUS, 1758); E) *Lepomis macrochirus* (RAFINESQUE, 1819); F) *Pimephales promelas* (RAFINESQUE, 1820).



Autor, 2021.

#### 4.7 Bioacumulação

O termo bioacumulação é mais geral e está relacionado ao maior acúmulo, em relação à eliminação de substâncias como praguicidas, metilmercúrio ou outros compostos químicos em organismo vivo ou parte dele. O processo de acumulação está diretamente relacionado à via que as substâncias se utilizam para serem absorvidas por um determinado organismo. Estas vias podem ser a respiração, o consumo de alimentos contaminados, o contato pela epiderme, entre outras formas (OGA; CAMARGO; BATISTUZZO, 2008).

A bioacumulação pode ocorrer de uma forma direta, pelo ambiente que envolve os organismos, conceito também denominado de bioconcentração; ou ainda, indiretamente, pela alimentação (biomagnificação). Quando a água passa, por exemplo, pelas brânquias de peixes, os compostos nela dissolvidos podem ter maior afinidade (lipofilicidade semelhante, de acordo com seu  $K_{ow}$ ) no organismo em questão do que na água, tendendo a se acumular nos tecidos e, ocasionando uma bioconcentração (OGA; CAMARGO; BATISTUZZO, 2008).

Biomagnificação (ou magnificação trófica) é um fenômeno que ocorre quando há acúmulo progressivo de substâncias de um nível trófico para outro ao longo da teia alimentar. Assim, os predadores de topo têm maiores concentrações dessas substâncias do que suas presas (MONTONE, 2021).

Segundo a NBR 10004 (2004), um resíduo é caracterizado como tóxico se uma amostra representativa dele, apresentar as seguintes propriedades:

- Ensaio de lixiviação;
- Natureza e concentração do constituinte tóxico;
- Potencial de migração para o meio ambiente;
- Persistência e potencial de degradação para constituintes não perigosos;
- Potencial de bioacumulação do constituinte ou do produto de degradação;
- Efeitos nocivos pela presença de agente teratogênico, mutagênico, carcinogênico ou ecotóxico;
- Parâmetros de dose e/ou concentrações letais ( $DL_{50}$  e/ou  $CL_{50}$ ) em cobaias.

Compostos tóxicos como inseticidas organoclorados, PCBs, metais pesados e hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (PAH), são de interesse especial pois estão presentes no solo e/ou água subterrânea (OGA; CAMARGO; BATISTUZZO, 2008). Os hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (PAHs) são originados por fontes antropogênicas (queima de florestas, atividades industriais e atividades residenciais) ou por atividades naturais (atividades vulcânicas e biosíntese por algas) (TREVELIN, 1992).

A presença de contaminantes químicos nos alimentos pode causar vários danos, incluindo reações de hipersensibilidade e toxicidade, que podem ocorrer de forma aguda, crônica e/ou retardada, como a ação carcinogênica (MIDIO; MARTINS, 2000). Dentre esses contaminantes químicos, destacam-se os bifenilos policlorados (PCBs), compostos pertencentes à classe dos poluentes orgânicos persistentes (POPs), presentes em inúmeras amostras indicadoras da contaminação ambiental (MOHR; COSTABEBER, 2012).

Os inseticidas organoclorados podem ser introduzidos em organismos vivos como peixes, os quais, por meio de processos de bioacumulação, podem apresentar concentrações muito maiores do que a da água poluída (OGA; CAMARGO; BATISTUZZO, 2008).

A natureza não degradável dos metais pesados desempenha um papel significativo em torná-los poluentes persistentes (KUMAR et al, 2020). Metais que atingem corpos aquáticos através de várias fontes, podem danificar a flora e fauna aquática e afetar negativamente todo o ecossistema devido à sua toxicidade, persistência e comportamento cumulativo (EBRAHIMPOUR et al, 2011; ESINULO; KELLE; OGBUAGU, 2016).

Os metais essenciais são aqueles que fazem bem à saúde, de modo geral, quando usados em pequenas quantidades, porém ultrapassando esses valores, tornam-se prejudiciais à saúde humana e da natureza (MARTINS et al., 2011). Os metais não essenciais são aqueles que se acumulam no organismo, seja humano ou dos animais, provocando efeito tóxico (MWALIKENGA; VITAL, 2020). Entre esses metais temos prata, mercúrio, bário, arsênio, cobre, ouro, cádmio, zinco, níquel, manganês, cromo, cobalto, chumbo entre outros (CSUROS, 2002).

Quando a água está contaminada, mesmo em pequena quantidade, acaba contaminando os peixes. Com a contaminação dos peixes, os seres humanos que utilizam os mesmos para a sua alimentação acabam se contaminando por metais pesados através da cadeia alimentar (YI; ZANG, 2012). Metais vestigiais, incluindo elementos essenciais e não essenciais, têm um significado particular na ecotoxicologia, uma vez que são altamente persistentes e têm potencial para serem tóxicos para os organismos vivos (STORELLI et al, 2005; AGATHA, 2010).

A presença de cádmio na água e seus níveis significativos nos tecidos dos peixes (músculos e brânquias), pode causar distúrbios na respiração (NOOR; ZUTSHI, 2016). Alguns dos metais pesados como Cr, Zn e Cu induzem nefrite, anúria e lesões extensas no rim de peixes (ZEITOUN; SAYED; MEHANA, 2014).

Nos tecidos examinados de diferentes espécies de peixes, foram encontrados baixa concentração de níquel, uma vez que o Ni é um veneno corporal cumulativo, portanto sua concentração permanece a mais baixa possível (RAHMAN et al, 2012). A sua concentração aumentada em sedimentos leva a um maior acúmulo nos peixes que se alimentam de fundo do que nos que se alimentam na coluna e na superfície. O aumento da concentração de Ni em humanos, devido ao consumo contínuo de peixes contaminados, pode causar inflamação pulmonar, fibrose, enfisema e tumores (KUMAR, 2020).

#### **4.8 Legislação Ambiental**

A Lei nº 9.433/97 estabelece como um de seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (ANA, 2021a). Esta lei também estabelece o enquadramento como um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Atualmente, o enquadramento da lei pertence tanto ao Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, quanto ao Sistema Nacional de Recursos Hídricos – SINGREH (ANA, 2021a). O artigo 10 da Lei nº 9.433

determina que “as classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental”. Portanto, sua implementação exige a articulação entre o SINGREH e o SISNAMA (BRASIL, 1997).

As principais regulamentações para o enquadramento são resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH): Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências; Resolução CNRH nº 91/2008, que estabelece os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos d’água superficiais e subterrâneos; Resolução CONAMA nº 396/2008, que estabelece o enquadramento das águas subterrâneas (ANA, 2021a).

O artigo 16 da Resolução nº 430/11 estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam a condições e padrões previstos no artigo, como as condições de lançamento de efluentes e os padrões de lançamento desses efluentes (CONAMA, 2011).

Na instância estadual reitera-se o Conselho Estadual de Meio Ambiente – CONSEMA enquanto órgão normativo e recursal e a CETESB como órgão executor da política estadual do meio ambiente (CETESB, 2021a). A Resolução nº 03/2000, da Secretaria do Meio Ambiente (SMA), estabelece os critérios para a realização do controle ecotoxicológico de efluentes líquidos no Estado de São Paulo (PUSCEDDU, 2016; CAVALCANTE, 2017).

No Estado de São Paulo, os parâmetros e limites a serem obedecidos para o Padrão de Emissão (efluentes líquidos) e para o Padrão de Qualidade (corpos hídricos receptores), constam no regulamento da Lei 997 de 1976, do estado (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008). A Resolução nº 03/2000 SMA, acrescenta a essa lei, determinando que os efluentes lançados não deverão causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com as normas que fixam a toxicidade permissível (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008)

Os estados que não possuem legislação específica para toxicidade, devem seguir as orientações da Resolução nº 430/11 CONAMA (CONAMA, 2011).

## 5 DISCUSSÃO

O município de Bauru possui um território de 667,684 km<sup>2</sup> e 379.297 habitantes, obtendo a maior população da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê/Jacaré, estando entre as 100 maiores cidades do Brasil. Relacionando os dados da literatura com esses dados demográficos, encontra-se um panorama sanitário muito delicado. Os principais rios possuem papéis distintos, sendo o Batalha o fornecedor de água para consumo e o Bauru, em contrapartida, o receptor do esgoto sanitário *in natura*.

O ICTEM e o IQA da UGRH - 13 mostram que o município de Bauru, em relação ao tratamento de esgoto, se encontra com péssimas avaliações, o que se torna mais preocupante ainda levando em conta que 40% da carga orgânica remanescente da unidade pertence a Bauru. O IQA avalia a qualidade da água bruta e apesar dos seus parâmetros serem indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos, apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas, protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (ANA, 2021b). Os dados do ICTEM para a sub-bacia do Rio Bauru resultam de apenas um ponto de receptor de esgoto doméstico, localizado no Ribeirão Grande. Para avaliações mais precisas é interessante a utilização de mais de um ponto, embora isso não seja necessariamente uma regra.

Em relação ao tratamento de esgoto, somente 3,38% é tratado atualmente, algo que ocorre devido à ausência de tratamento de esgoto eficiente. O município apresenta duas estações de tratamento de esgoto, a ETE Tibiriçá, que atende o Distrito de Tibiriçá, e a ETE Candeia, que atende o Bairro Candeia, ambas possuem projetos de expansão estipulados em cerca de 20 anos (BAURU, 2017). São responsáveis pelo tratamento de 5% do esgoto da cidade e apresentam apenas 60% de eficiência. Seus efluentes são lançados nos córregos Pau D'alho e Barra Grande de Baixo, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Parada, Bacia do Rio Batalha (VIGARANI, 2021).

Os esgotos brutos coletados, pelo DAE, na área urbana são direcionados aos interceptores existentes, cujo trecho final é formado pelo Interceptor Rio Bauru, que fica localizado junto à área onde está sendo construída a ETE Vargem Limpa. O projeto executivo da ETE foi assinado em 2010 e a previsão inicial para o início de suas operações era em 2017 (BAURU, 2016). No entanto, a obra sofreu com diversos adiamentos desde 2015, sendo

previsto, atualmente, que a primeira parte seja entregue em 2023 (G1 BAURU-MARÍLIA, 2021).

Um dos parâmetros do IQA refere-se ao oxigênio dissolvido e este é um dos parâmetros mais importantes para a existência de vida no ecossistema aquático. As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração, pois este é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, as águas limpas apresentam concentrações mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg/L (ANA, 2021b). A ausência de oxigênio dissolvido do Rio Bauru inviabiliza a presença de praticamente toda a vida no ambiente. A quantidade de OD necessária para sobrevivência varia de espécie para espécie. A carpa comum chega a sobreviver por até 6 meses em águas frias e sem nenhum Oxigênio Dissolvido, mas essa condição seria fatal para as trutas, que necessitam de uma concentração maior para sobreviverem, em torno de 8,0 mg/L de OD. O peixe dourado, *Salminus brasiliensis* (CUVIER, 1816), sobrevive por até 22 horas em águas anóxicas a 20°C, enquanto que as larvas destes peixes são menos tolerantes que os adultos (CETESB, 2021b). O grupo dos Siluriformes, como os cascudos, apresenta espécies altamente tolerantes à hipóxia (HOCHACHKA; LUTZ, 2001).

Foi possível observar que os pontos da Sub-bacia do rio Bauru que apresentam uma qualidade considerável das águas e presença de ictiofauna, estão localizados em áreas de proteção ambiental. A APA Municipal Vargem Limpa- Campo Novo garante a proteção de pequenos corpos d'água e o ecossistema presente neles. Sua localização, na área pertencente à UNESP e ao Jardim Botânico, a colocando em uma região geográfica estratégica para monitoramento e futuros estudos. As Áreas de Proteção Ambiental (APAs) sustentam a diversidade biológica e garantem a sustentabilidade da utilização dos recursos naturais, preservando a biodiversidade, os recursos hídricos, o equilíbrio geológico, favorecem a evolução da flora e fauna e ajudam a preservar o solo (SOUZA; LEÃO, 2016), tornando-se bons locais de pesquisa.

Na APA Municipal Vargem Limpa- Campo Novo e na Bacia do Rio Batalha foram encontrados muitas espécies da ordem Characiformes, o que era esperado por ser uma ordem dominante em todas as bacias sul-americanas (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). As espécies com maiores abundâncias na APA, *Piabina argentea* e *Astyanax fasciatus*, pertencem à família Characidae. Muitos trabalhos realizados na bacia do alto Paraná apontam o predomínio de espécies e a abundância de indivíduos dessa família (FERREIRA et al, 2000; PEREZ JR; GARAVELLO, 2007; OLIVEIRA; GARAVELLO,

2003). Essas espécies de pequeno porte podem ser classificadas como oportunistas por possuírem características sedentárias, alto potencial reprodutivo, plasticidade trófica, baixa longevidade e ampla tolerância a adversidades ambientais, exibindo maior facilidade na colonização desses ambientes (BENEDITO-CECÍLIO; AGOSTINHO, 1997).

Apesar dos dados positivos, a região do ribeirão Vargem Limpa recebe esgoto sem tratamento, contribuindo com carregamento da matéria orgânica excessiva e com os resíduos industriais, colocando em risco os organismos vivos presentes na área.

Como dito anteriormente, os rios Bauru e Batalha apresentam distinções em seus papéis dentro do município de Bauru, algo que também ocorre dentro da dinâmica de suas Bacias Hidrográficas. O rio Batalha possui águas boas para consumo humano e é utilizado para pesca e atividades de lazer ao longo de todo o seu percurso, além de ter uma ictiofauna diversificada. No entanto, também recebe uma porcentagem de esgoto não tratado ao longo do seu percurso, o que pode causar danos ambientais a longo prazo.

Além do Batalha, as águas subterrâneas também são utilizadas para o consumo humano. A Bacia Tietê/Jacaré possui a vazão outorgada de 78,1% da reserva explotável, sendo a bacia com maior exploração no Estado, e Bauru apresenta 226% dessa vazão. A Bacia Tietê/Batalha utiliza 41% da demanda subterrânea, com uma vazão outorgada subterrânea que atingiu 82,8% das reservas explotáveis.

Esses valores se tornam ainda mais preocupantes ao analisar os estudos de Giafferis e Oliveira (2006), que analisaram a qualidade das águas subterrâneas do município a partir de 26 poços de água de regiões consideradas críticas. A maioria dos poços contaminados se encontram na região central da cidade, evidenciando infiltração por redes de esgotos antigas ou dos córregos poluídos que cortam toda a cidade de Bauru. Dos pontos avaliados, 2 pertencem ao aquífero Guarani, apresentando índices de contaminação por nitrato. Também constataram que os córregos afluentes do Rio Bauru, que recebem os esgotos “*in natura*” e cortam essa região, podem estar causando infiltrações que atingem os aquíferos.

As regiões das Sub-Bacias Hidrográficas dos rios Batalha e Bauru estão inseridas em regiões populosas, com uma alta variedade de atividades econômicas, principalmente do setor agropecuário, com uso de agrotóxicos envolvido, o que, aliado a falta de uma estrutura eficiente no tratamento de efluentes e problemas como o descarte de lixo nas regiões marginais dos rios, favorece a contaminação das águas e, conseqüentemente, a contaminação

da ictiofauna dessas sub-bacias. No caso do Rio Bauru, sua situação é mais delicada, exigindo uma ação urgente por parte das autoridades competentes do Município.

Não há muitas avaliações ecotoxicológicas envolvendo as regiões do presente estudo, principalmente para a sub-bacia do Bauru. No entanto, Silva et al (2007) realizaram um estudo no Córrego Vargem Limpa e diagnosticaram a presença em grande quantidade de Oligochaeta (Tubificidae e Naididae) e Chironomidae (98,04% da fauna amostrada), indicando má qualidade da água do ecossistema. O estudo avaliou pontos dentro e fora da APA. Apesar das boas estatísticas, estudos de Silva et al (2009) no reservatório de captação de água do Batalha, em Bauru, constataram a presença de uma fauna bentônica oportunista de organismos pertencentes às famílias Chironomidae, Tubificidae e Naididae, conhecidas como tolerantes ao enriquecimento orgânico das águas, sugerindo um processo de eutrofização, devido às alterações ambientais consequentes das atividades antrópicas.

Essas ações antrópicas têm consequências negativas para a ictiofauna, resultando desde o desaparecimento de espécies, mortandade e modificações morfológicas, fisiológicas e genéticas. Os efluentes, seja doméstico ou industrial, e drenagens da agricultura, podem levar à produção de vibriões e bactérias heterotróficas, que provocam uma pressão infecciosa nas populações de peixes submetidos a estresse devido a poluentes químicos, temperatura anormal ou baixas taxas de OD. Entre as não- infecciosas, a ictiofauna pode apresentar anomalias morfológicas, disfunções fisiológicas, desordens metabólicas e formação de neoplasias. Uma lesão muito comum é a condição não específica que acomete peixes de fundo, conhecida como "nadadeira podre", em decorrência do contato com sedimentos contaminados (CUNHA, 1994). Também estão sujeitas a mudanças comportamentais, que podem levar a problemas reprodutivos devido ao comportamento reprodutivo ser anormal, alterações no sistema reprodutor, que pode afetar a maturação dos gametas ou até mesmo a inviabilidade dos mesmos (JOBLING; TYLER, 2003; VOS et al, 2000).

As águas desses dois rios acabam chegando no Rio Tietê e aumentam a poluição presente no mesmo. A bacia do alto Paraná drena uma área com grandes centros urbanos, industriais e agrícolas, e se constitui na região mais intensivamente explorada do país, apresentando assim um empobrecimento de sua fauna (AGOSTINHO; JÚLIO JR., 1999).

O Tietê se encontra severamente poluído em seu curso leste- oeste até a foz no Rio Paraná. Os reservatórios do Médio e Baixo Tietê proporcionaram desenvolvimento agrícola e industrial para as regiões em que estão inseridas, mas acabaram contribuindo para o aumento da poluição nessas áreas, como a eutrofização devida aos dejetos oriundos das diversas

atividades, sedimentação e contaminação de corpos d'água (TUNDISI, 2000; RODGHER et al, 2002; CASTRO et al, 2008).

Estudos realizados nas áreas desses reservatórios, encontraram altas concentrações de metais biodisponíveis, principalmente, cádmio, ferro, cobre e manganês, sendo as maiores no próprio Tietê, no rio Piracicaba e no rio Bauru (TUNDISI, 2000; RODGHER et al, 2002). Moura (2004) investigando sobre os níveis de ocorrência de mercúrio (Hg) total em peixes carnívoros das represas de Barra Bonita e Bariri, observou que para o consumo humano, os níveis estavam abaixo dos limites estabelecidos (0,5 mg Hg. Kg<sup>-1</sup>), porém para a conservação da vida aquática, os valores estavam acima (0,01 mg Hg. Kg<sup>-1</sup>), representando risco devido à bioacumulação.

As análises geradas pelo levantamento bibliográfico apontam que estudos de ecotoxicologia e avaliação ambiental envolvem também a saúde pública. O consumo de peixes contaminados pelo chumbo afeta órgãos e sistemas, trazendo como consequências a diminuição do coeficiente intelectual (QI) e cognitiva, agindo no sistema nervoso, sistema renal e pode se acumular na medula óssea, além de poder causar parto prematuro ou a criança nascer com baixo peso, tanto em adultos como crianças pode ocorrer o desenvolvimento de encefalopatia crônica ou aguda (STEWART et al., 2002). O chumbo afeta também os espermatozoides, diminuindo a sua densidade, motilidade, viabilidade e aumenta a morfologia da cabeça do espermatozoide (QUEIROZ; WAISSMANN, 2006; MWALIKENGA; VITAL, 2020).

Estudos comprovam que o consumo por um longo tempo de metais, como o arsênio, por exemplo, podem levar a abortos, natimortos ou prematuros e crianças abaixo do peso, além de anormalidade e diminuição de crescimento. Podem provocar, também, mutações oncogênicas que podem afetar enzimas que realizam a replicação e reparo do DNA (OGA; CAMARGO; BATISTUZZO, 2008). Os metais essenciais ao organismo humano, como zinco e manganês, também podem causar danos se passado o limite destes no organismo. O manganês traz malefícios como deficiência intelectual nas crianças, mortalidade infantil e também pode causar doença de Parkinson (CSUROS; CSUROS, 2002; STEPENS et al., 2008; MWALIKENGA; VITAL, 2020).

Embora os dados coletados na literatura possam ser utilizados para estabelecer relação entre a poluição presente nas águas das sub-bacias hidrográficas com as da bacia do Tietê, há poucos dados na literatura sobre avaliações ecotoxicológicas utilizando peixes como indicadores, principalmente nessas regiões hidrográficas.

## 6 CONCLUSÃO

Diante do analisado, é possível concluir que há uma relação entre a contaminação, causada pelas ações antrópicas, das sub-bacias hidrográficas dos rios Batalha e Bauru, principalmente da segunda, na poluição do Rio Tietê. Essa contaminação gera consequências na ictiofauna das três regiões analisadas e coloca em risco a saúde humana.

Os atrasos nas obras da Estação de Tratamento de Esgoto Vargem Limpa são reflexos de um descaso público com o meio ambiente e com a população que mora nas regiões dos córregos poluídos do Rio Bauru. É possível pensar que o término dessas obras permitirá que a saúde dos córregos, ribeirões e do rio principal venha a ser, aos poucos, recuperada.

No entanto, é preciso considerar que, além da atuação política municipal, a atuação consciente por parte da comunidade é extremamente importante, pois se não houver boa vontade e ação no sentido de preservar as matas ciliares e respeitar a vida aquática, o lixo continuará sendo depositado nos corpos de água. Esses casos pedem uma fiscalização mais rigorosa dos órgãos responsáveis e ações de educação ambiental para a comunidade.

Existe uma necessidade, também, de estudos mais específicos para se ter uma noção da situação da ictiofauna dessas regiões e de como isso afeta os organismos humanos.

Por fim, enquanto integrante da comunidade, a universidade e seus integrantes também podem contribuir para a recuperação das águas da sub-bacia do Bauru e da manutenção das águas do Batalha, para, conseqüentemente, melhorar e preservar o Rio Tietê e a ictiofauna. As avaliações ecotoxicológicas, monitoramentos e estudos de pesquisas alternativas para o tratamento dessas águas e dos efluentes despejados podem ajudar, mesmo que em pequena escala, a melhorar essa situação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABESSA, D. M. S. **Avaliação da qualidade de sedimentos do sistema estuarino de Santos, SP, Brasil**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2002.
- ADAMS, S. M. Biological indicators of aquatic ecosystem stress. **American Fishers Society**, v. 3, p. 104- 112, 2002.
- AGATHA, N. Níveis de alguns metais pesados em tecidos de peixe bonga, *Ethmallosa fimbrita*, do Rio Forçados. **Jornal de Ciências Ambientais e Biológicas Aplicadas**, p. 44-47, 2010.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Enquadramento - bases legais. Portal Qualidade das Águas. 2021a.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA). Portal da Qualidade das Águas. 2021b.
- AGOSTINHO, A.A.; JÚLIO JR., H.F. Peixes da Bacia do Alto Paraná. In: LOWE-MC-CONNELL, R.H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. **EDUSP**, 1 ed., 1999.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L.C.; PELICICE, F.M. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. **EDUEM**, Maringá, 2007.
- AKAISHI, F.M., ASSIS, H.C., JAKOBI, S.C., EIRAS-STOFELLA, D.R., ST-JEAN, S.D., COURTENAY, S.C., LIMA, E.F., WAGENER, A.L., SCOFIELD, A.L.; RIBEIRO, C.A. Morphological and neurotoxicological findings in tropical freshwater fish (*Astyanax* sp.) after waterborne and acute exposure to water soluble fraction (WSF) of crude oil. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 46, n. 2, pp. 244-253, 2004.
- ALBERS, P. H. Petroleum and individual polycyclic aromatic hydrocarbons. In: HOFFMAN, D. J.; RATTNER, B. A.; BURTON JR., G. A.; CAIRNS JR., J. (ED). **Handbook of Ecotoxicology**. Lewis Publishers. Boca Raton, 2 ed., cap. 14, 1995.
- ALBINATI, A. C. L.; MOREIRA, E. L. T.; ALBINATI, R. C. B.; CARVALHO, J.V.; LIRA, A.D.; SANTOS, G.B.; VIDAL, L.V.O. Biomarcadores histológicos - toxicidade crônica pelo Roundup em piaçu (*Leporinus macrocephalus*). **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 61, n. 3, p.621-627, 2009.
- ALMEIDA FILHO, G.S. **Diagnósticos de processos erosivos lineares associados a eventos pluviosos no município de Bauru, SP**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2000.
- ARAGÃO, M. A. ARAÚJO, R. P. A. Métodos de Ensaio de Toxicidade com Organismos Aquáticos. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática: princípios e aplicações**. Rima. São Carlos, cap. 6, p. 117-152, 2006.
- ARIAS, A. R. L. BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. Utilização de bioindicadores na avaliação de

impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 61-72, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos sólidos – Classificação. **Norma ABNT NBR 10004**, 2 ed., 2004.

BARBOSA, F.A.R.; PADISCIK, J.; ESPINDOLA, E.L.G.; BORIAS, G.; ROCHA, O. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê-basin, São Paulo State, Brazil. In: TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (eds). **Theoretical Reservoir Ecology and its Application**. São Pedro, Brasil, p. 425 – 439, 1999.

BARRELA, W. Os peixes como indicadores da qualidade das águas dos rios. In: BOLHMAM et al. **Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo, 2001.

BAR-LLAN, O.; ALBRECHT, R. M.; FAKO, V. E.; FURGESSON, D.Y. Toxicity assessment of multisized gold and silver nanoparticles in zebrafish embryos. **Small**, v. 5, p. 1879-1910, 2009.

BAUN, A.; KLOEFT, L.; BJERG, P.L.; NYHOHN, N. Toxicity testing of organic chemicals in groundwater polluted with landfill leached. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 18, n. 9, p. 2046-2053, 1999.

BENEDITO-CECILIO, E.; AGOSTINHO, A. A. Estrutura das populações de peixes no reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. (orgs). Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. **EDUEM**, Maringá, p. 113-139, 1997.

BERNARDO, N.; ALCANTARA, E.; WATANABE, F.; RODRIGUES, T.; CARMO, A.; GOMES, A.C.C.; ANDRADE, C. Light Absorption Budget in a Reservoir Cascade system with Widely differing optical properties. **Water**, v. 11, ed. 2, p. 229, 2019.

BEVILACQUA, J.E. **Estudos sobre a caracterização e a estabilidade de amostras de sedimentos do Rio Tietê, SP**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

BOND, C.E. Biology of fishes. **Saunders College Publishing**. United States of America, ed. 2, 1996.

CASSIDY, J. S. **Avaliação da qualidade da água do Rio Cértima através de ensaios ecotoxicológicos**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Aveiro. Portugal, 2010.

CASTRO, P. M. G.; MARUYAMA, L. S.; CAMPOS, E. C.; PAIVA, P.; SPIGOLON, J. R.; MENEZES, L. C. B. Mapeamento da pesca artesanal ao longo do Médio e Baixo Rio Tietê (São Paulo, Brasil). **Série Relatórios Técnicos**. São Paulo, n. 33, p. 01-34, 2008.

CAVALCANTE, A.K. Avaliação da Ecotoxicologia do Revatrol no estágio embrionário de peixes da espécie *Danio rerio*. **Ipen**, São Paulo, 2017.

CETESB. Relatório de Qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo: 2013-2015. São Paulo: **CETESB**, 2016.

CETESB. Ficha técnica da qualidade das águas: APA Rio Batalha. São Paulo: **CETESB**, p.4, 2017.

CETESB. Relatório de Qualidade das águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. **CETESB**, 2020.

CETESB. Gestão Ambiental e dos Recursos Hídricos. Águas Subterrâneas. Governo do Estado de São Paulo, **CETESB**, 2021a.

CETESB. Mortandade de Peixes: Oxigênio Dissolvido. São Paulo: **CETESB**, 2021b.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ BATALHA. Plano da Bacia Hidrográfica. Relatório Síntese. **CBH-TB**, 2014.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-BATALHA. Plano de Bacia Hidrográfica 2016-2027. **Diagrama Editorial**, 2016.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ BATALHA. Relatório de Situação de Recursos Hídricos 2021: UGRHI-16. Ano Base 2020. **CBH-TB**, 2021.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ. Diagnóstico da Rede de Monitoramento da UGRHI 13. **CBH-TJ**, 2015.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2016. Ano Base 2015. **CBH-TJ**, Araraquara, 2016.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-JACARÉ. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2020. Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 - Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. **CBH-TJ**, 2019.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ. Relatório de Situação de Recursos Hídricos 2020. Ano Base 2019. **CBH-TJ**, Araraquara, 2020.

CONAMA. Classificação dos Corpos de Água e Diretrizes Ambientais. **Brasil**, Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011.

COONEY, J. D. Freshwater tests. In: RAND, G.M.; WELLS, P.G.; MACCARTY, L.S. **Fundamentals of aquatic toxicology: effects, environmental fate and risk assessment**. London, 2 ed., 1995.

CORNÉLIO, R.C. Falta água potável nas duas Bacias Hidrográficas da região. **Jornal da Cidade**. Bauru, p. 17-20, 2004.

COSTA, C.R.; OLIVI, P.; BOTTA, C.M.R.; ESPINDOLA, E.L.G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v. 31, p. 1820- 1830, 2008.

COTMAN, M.; ZARGOC-KONCAN, J.; ZGAJNAR-GOTVAJN, A. The relationship between composition and toxicity of tannery wastewater. **Water Science Technology**, v. 49, n. 1, p. 39-46, 2004.

CUNHA, L. P. R. Efeitos da poluição em peixes. **Revista do Ministério Público**. Porto Alegre, v. 32, p. 218-229, 1994.

CUNHA, N. Rio Bauru: Problemas e Desafios. **Assecom UNESP**, 2015.

CRUZ, I. F. V. C. **Avaliação hidrogeológica e ecotoxicológica da água subterrânea do manancial de Paranhos, Porto**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geociências. Universidade de Aveiro, Aveiro, 2007.

CSUROS, M.; CSUROS, S. Introduction to Metals. In: **Environmental Sampling and Analysis for Metals**. Boca Raton: CRC, p. 413, press, 2002.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO. Diagnóstico Qualitativo, Quantitativo, Técnico e Operacional do Sistema Existente: Caracterização da área de estudo. Plano Diretor de Água do município de Bauru (SP). Tomo I, v. 1, out., 2014a.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO. Diagnóstico Qualitativo, Quantitativo, Técnico e Operacional do Sistema Existente: Levantamento de dados sobre os mananciais superficiais. Plano Diretor de Água do município de Bauru (SP). Tomo III, v. 1, out., 2014b.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Pesquisa de dados dos recursos hídricos do Estado de São Paulo. **DAEE**, 2017.

EBRAHIMPOUR, M.; POURKHABBAZ, A.; BARAMAKI, R.; BABAEI, H.; REZAEI, M. Concentração de metais pesados em espécies de peixes de água doce, Anzali, Irã. **Bull. Environ. Contam. Toxicol**, p. 386-392, 2011.

ESINULO, A. C.; KELLE, I. A.; OGBUAGU, D. H. Concentração de Zn em tecidos musculares e cerebrais do bagre africano *Clarias gariepinus*. **Journal Geosci Environ. Prot**, 2016.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Editora Interciência. São Paulo, 1998.

FERREIRA, A.G.; VERANI, J.R.; PERET, A.C.; CASTRO, P.F. Caracterização de comunidades ícticas de lagoas marginais do rio Mogi Guaçu: composição, abundância e biomassa de peixes. In: DOS SANTOS, J.E.; PIRES, J.S.R. (eds). **Estudos integrados em ecossistema: Estação Ecológica de Jataí**. RIMA. São Carlos, p. 791-804, 2000.

FUNAI. Terras Indígenas. 2020.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. 2020.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. RPPN Instituídas pela Fundação Florestal/SIMA. 2019.

FUNDAÇÃO FLORESTAL; SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. Área de Proteção Ambiental Rio Batalha: Diagnóstico. Bauru, 2019.

GUEDES, J. A. Poluição de Rios em áreas urbanas. **Ateliê Geográfico**. Goiânia, v. 5, n. 2, p. 212-226, ago., 2011.

GIAFFERIS, G. P.; OLIVEIRA, E. L. Investigação da qualidade das águas subterrâneas do município de Bauru. **XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 2006.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. Editora Atlas S.A. São Paulo, ed. 6, 2008.

GUILHERMINO, L. **Modelos e Sistemas de Avaliação da Toxicidade de Substâncias Químicas**. Tese (Doutorado). Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar. Universidade do Porto, 1996.

GUIMARÃES, E.; LACAVA, P.; MAGALHÃES, N. Avaliação da toxicidade aguda com *Daphnia similis* na água captada no Rio Paraíba e processada na Estação de Tratamento de Água do município de Jacareí. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 124-130, 2004.

GOMES, A. I. E. **Avaliação da Ecotoxicidade de Águas Superficiais: aplicação à Bacia Hidrográfica do Rio Leça**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007.

GOMES, A. S.; CLAVICO, E. Propriedades físico-químicas da água. **Departamento de Biologia Marinha**. Universidade Federal Fluminense. 2005.

G1 BAURU- MARÍLIA. Mais de 60 milhões de litros de esgoto são despejados no Rio Bauru todos os dias. **Globo.com**, 2018.

G1 BAURU E MARÍLIA. Prefeitura de Bauru faz novo estudo nas obras da ETE e prorroga prazo de entrega para 2023. **Globo.com**, 2021.

HOCHACHKA, P. W.; LUTZ, P. L. Mechanism, origin and evolution of anoxia tolerance in animals. **Comp. Biochem. Physiol**, p. 435-459, 2001.

HOFFMAN, D. J.; RATTNER, B. A.; BURTON JR., G. A.; CAIRNS JR., J. **Handbook of Ecotoxicology**. Lewis Publishers, 1995.

INSTITUTO FLORESTAL, 2019.

INSTITUTO FLORESTAL; FUNDAÇÃO FLORESTAL. Estação Ecológica de Bauru: Plano de Manejo. Volume Principal e Anexos. São Paulo, 2010.

JOBLING, S; TYLER, C.R. Endocrine disruption in wild freshwater fish. **Pure and applied chemistry**, v. 75, n. 11-12, p. 2219-2234, 2003.

KUMAR, M.; GUPTA, N.; ARUN, R.; AWASTHI, Y.; PRASDA, R.; TRIVED, A.; TRIVEDI, S. P. Biomonitoring of heavy metals in river Ganga water, sediments, plants, and fishes of different trophic levels. **Biological Trace Element Research**, p. 536-5477, 2020.

LINS, J. A. P. N.; KIRSCHNIK, P. G.; QUEIROZ, V. S.; CIRIO, S. M. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 8, n. 4, p. 469–484, 2010.

LOMBARDI, J. V. Fundamentos de Toxicologia Aquática. In: RANZANI-PAIVA, M.J.T. TAKEMOTA, R.M.; LIZAMA, M.A.P. **Sanidade de Organismos Aquáticos**. Livraria Varela. São Paulo, p. 261- 270, 2004.

LUZIA, A.P. **Limnologia e grau de trofia dos reservatórios em cascata do Rio Tietê (médio e baixo Tietê, São Paulo)**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004.

MADRUGA, F.V.; REIS, F.A.G.V.; GIORDANO, L.C.; MEDEIROS, G. A. Avaliação da influência do Córrego dos Macacos na Qualidade da Água do Rio Mogi Guaçu, no município de Mogi Guaçu-SP. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 152-168, 2008.

MAGALHÃES, D.P.; FERRÃO FILHO, A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecol. Bras.**, p. 355- 381, 2008.

MARCENIUK, A.P.; HILSDORF, A.W.S.; LANGEANI, F. The ichthyofauna from the headwaters of the Rio Tietê, São Paulo, Brazil. **Biota Neotropical**, set., 2011.

MARCUZZO, F. F. N. Bacias Hidrográficas e Regiões Hidrográficas do Brasil: cálculo de áreas, diferenças e considerações. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Santa Catarina, 2017.

MARENGO, J. A. Águas e Mudanças Climáticas. **Dossiê Água**, 2008.

MARTINELLI, L. A. Bioquímica dos rios da Bacia do Piracicaba - Profundas alterações já ocorreram. In: FERRAZ, E.S.B.; MARTINELLI, L. A.; VICTÓRIA, R.L. **Coletânea de Notícias PiraCena - A Bacia do Rio Piracicaba**. Universidade de São Paulo, p. 85, 2001.

MARTINS, C. A. S.; NOGUEIRA, N. O.; RIBEIRO, P. H.; RIGO, M. M.; CANDIDO, A. O. A dinâmica de metais: traços no solo. **Revista Agrociência. Pelotas**, v. 17, n. 3-4, p. 383-391, jul-set, 2011.

MASON, C. F. **Biology of freshwater pollution**. Longman, 4 ed., 2002.

MIDIO, A. F.; MARTINS, I. S. **Toxicologia de alimentos**. Varela. São Paulo, p. 295, 2000.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE, 2019.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Resumo informativo sobre eclusas. Brasil, 2003.

MOHR, S.; COSTABEBER, I. H. Toxicological aspects and occurrence of polychlorinated biphenyls in food. Tecnologia de alimentos. **Ciência Rural**, 2012.

MONTONE, R.C. Bioacumulação e biomagnificação. **Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo**. Universidade de São Paulo, 2021.

MOURA, M. A. A. M. **Níveis de ocorrência de Hg total em peixes carnívoros das represas de Barra Bonita e Bariri, em função da variação de parâmetros biológicos e da**

**presença de selênio.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, p. 154, 2004.

MWALIKENGA, M. K.; VITAL, F. A. C. Perfil de contaminação das águas e peixes por metais pesados e suas consequências para a saúde humana. **Revista Brasileira de Ciências Biomédicas**, v.1, n.1, p. 16-23, 2020.

NASCIMENTO, M.R.L. **Proposição de valores de referência para concentração de metais e metabólicos em sedimentos limnicos e fluviais da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, SP.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, p. 111, 2003.

NOOR, N.; ZUTSHI, B. Bioaccumulation of trace metals in Tissues of Rohu Fish for environmental risk assessment. **Journal of Water. Resource and Protection**, 2016.

OGA, S.; CAMARGO, M.M.A.; BATISTUZZO, J.A.O. **Fundamentos de Toxicologia.** Atheneu, 3 ed., p. 5- 145, 2008.

OLIVEIRA, A.K.; GARAVELLO, J.C. Fish assemblage composition in a tributary of the Mogi-Guaçu River basin, southeastern Brazil. **Iheringia, Sér. Zool**, p. 127-138, 2003.

OYAKAWA, O.T.; AKAWA, A.; MAUTARI, K.C.; NOLASCO, J.C. Peixes e Riachos da Mata Atlântica nas Unidades de Conservação do Vale do Rio Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo. **Neotrópica**, p.201, 2006.

PANKRATZ, T. M. **Environmental engineering dictionary and directory.** Lewis Publishers. Boca Raton, Florida, 2001.

PELEGRINI, L.S. **Biodiversidade dos Metazoários parasitas das espécies dominantes de peixes siluriformes do Rio Batalha, Médio Rio Tietê, SP, Brasil.** Tese (Doutorado). Instituto de Biociências de Botucatu. Universidade Estadual Paulista, 2018.

PEREZ Jr., O.R.; GARAVELLO, J.C. Ictiofauna do Ribeirão do Pântano, afluentes do Rio Mogi-Guaçu, Bacia do Alto Rio Paraná, São Paulo, Brasil. **Iheringia, Sér. Zool**, p. 328-335, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BAURU. Lei 5631, de 22 de agosto de 2008, institui o Plano Diretor participativo do município de Bauru. Bauru, p.95, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BAURU. Plano de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica e do Cerrado. Bauru, p.71, 2015a.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BAURU. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Municipal Água Parada. **SEMMA**. Bauru, 2015b.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BAURU. Plano municipal de saneamento básico: Diagnóstico Técnico-Participativo dos Serviços de Saneamento Básico. Tomo III, Sistema de Esgotamento Sanitário. Bauru, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL BAURU. Plano municipal de saneamento básico. Bauru, v.2, 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BAURU. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Municipal (APAM) Vargem Limpa-Campo Novo. **Arcadis**. Bauru, 2020.

PRIMACK, R.B. RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina, 2001.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. Tratamento de Esgoto. 2018.

PUSCEDDU, F.H. **Avaliação do risco ambiental de sedimentos contaminados com Triclosan, Ibuprofeno e 17 $\alpha$ -etinilestradiol empregando invertebrados marinhos bentônicos**. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2016.

PRUDENT, B.S.; MONTAG, L.F.A.; HEUBEL, M.T.D. Influência da vegetação ripária na Ictiofauna do Córrego Vargem Limpa. **XXVIII Congresso Brasileiro de Zoologia**. CD Resumos. Belém, PA, 2010.

QUEIROZ, E. K.; WAISSMANN, W. Occupational exposure and effects on the male reproductive system. **Cadernos de Saúde Pública**. São Paulo, 2006.

RAHMAN, M. S.; MOLLA, A. H.; SAHA, N.; RCHMAN, A. Estudo sobre os níveis de metais pesados e sua avaliação de risco em alguns peixes comestíveis do rio Bangshi, Sanar, Dhaka, Bangladesh. **Food Chem**, p. 1847-1854, 2012.

RAND, G.M.; WELLS, P.G.; MACCARTY, L.S. **Fundamentals of aquatic toxicology: effects, environmental fate and risk assessment**. Taylor & Francis. Washington, DC, 2 ed. p. 1125, 1995.

REGINATTO, V. **Avaliação do Ensaio de Toxicidade com a alga *Scenedesmus suspicatus* para o estudo de efluentes industriais**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1998.

RIBEIRO, W. C. **Geografia Política da Água**. Editora Annablume. São Paulo, 2008.

RODGHER, S.; SPINDOLA, E. L.; FRAGÁCIO, R.; RODTRUIQUES, M. H.; PEREIRA, R. H. G.; ROCHA, O. Estudos ecotoxicológicos nos Reservatórios em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê: uma avaliação dos impactos ambientais. In: **Recursos Hidroenergéticos: Usos, Impactos e Planejamento integrado**. Rima. São Carlos, p. 131-144, 2002.

RUBINGER, C.F. **Seleção de Métodos Biológicos para a avaliação toxicológica de efluentes industriais**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

SAMMARCO, Y. M.; SOUZA, A. M.; TEIXEIRA, T. **Águas e paisagens educativas da bacia Tietê-Jacaré: material didático em educação ambiental para a UGRHI Tietê-Jacaré**. Instituto Pró-Terra, 2. ed., Jaú, São Paulo, 2018.

SANDBACKA, M.; CHRISTIANSON, I.; ISOMAA, B. The acute toxicity of surfactants on fish cells, *D. magna* and fish - a comparative study. **Toxicology in Vitro**, p. 61-68, 2000.

SANTOS, F.S.; HEUBEL, M.T.C.D. Composição da comunidade ictiológica e biometria taxológica na lagoa de captação de água do DAE no Rio Batalha (Bauru, SP). **Salusvita**. Bauru, v. 27, n. 1, p. 29-44, 2008.

SÃO PAULO (Estado). Plano Estadual de Recursos Hídricos: 2004-2007. **Conselho Estadual de Recursos**. São Paulo, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Plano Estadual de Recursos Hídricos. **Conselho Estadual de Recursos Hídricos**, 2021.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. 2019.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análises de Dados. **Informações dos Municípios Paulistas - IMP**, 2020.

SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. Diagnóstico ambiental e dos recursos hídricos do município de Bauru: Relatório Final. Bauru, maio, 2008.

SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Municipal Água Parada. **Ecossistema Consultoria Ambiental**. Bauru, 2014.

SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. Plano de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica e do Cerrado. Bauru, 2016.

SENÔ, K.C.A.; COSTA JUNIOR, L.L. Projeto de Recuperação e Renaturalização dos córregos Sapé, Godinho e Ribeirão Sapé em seus trechos urbanos. **Kadima Engenharia**. Bariri, 2016.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. Comissão Interestadual da Bacia Paraná- Uruguai, p. 61, 1966.

SILVA, A. C. **Tratamento do Percolado de um Aterro Sanitário e Avaliação da Toxicidade do Efluente Bruto e Tratado**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

SILVA, F.L.; BOCHINI, G.L.; RUIZ, S.S.; MOREIRA, D.C. Desempenho de dois índices biológicos na avaliação da qualidade das águas do Córrego Vargem Limpa, Bauru, SP, através de macroinvertebrados bentônicos. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v.2, n.3, p. 231-234, 2007.

SILVA, F.L.; TALAMONI, J.L.B.; BOCHINI, G.L.; RUIZ, S.S.; MOREIRA, D.C. Macroinvertebrados aquáticos do reservatório do rio Batalha para a captação das águas e abastecimento do município de Bauru, SP, Brasil. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 66-74, 2009.

SHAW, I.C.; CHADWICK, J. **Principles of Environmental Toxicology**. Taylor & Francis, 1998.

SOUZA, F. H. F.; LEÃO, E. C. A questão da ocupação irregular no entorno de áreas protegidas ambientalmente-Uma análise do caso do Parque Estadual do Utinga no município

de Belém-PA. **Revista Eletrônica de Direito da Faculdade Estácio do Pará**, v. 3, n. 3, jun. 2016.

STEPETS, A.; LOGINA, I.; LIGUTS, V.; ALDINS, P.; EKSTEINA, I.; PLATKAJIS, A.; MÃRTINSONE, I.; TERAUDS, E.; ROZENTĀLE, B.; DONAGHY, M. Parkinsonian syndrome in methcathinone users and the role of manganese. **The New England and Journal of medicine**, v. 358, n. 10, p. 1009-1017, 2008.

STEWART, W. F.; SCHWARTZ, B. S.; SIMÃO, D.; KELSEY, K.; TODD, A. C. ApoE genotype, past adult lead exposure, and neurobehavioral function. **Environ Health Perspect**, v.110, n.5, p. 501-505, 2002.

STORELLI, M.M.; STORELLI, A.; D'DDABBO, R.; MARANO, C.; BRUMO, R.; MARCOTRIGIANO, G. O. Oligoelementos em tartarugas cabeçudas (*Caretta caretta*) do Mar Mediterrâneo Oriental: Visão geral e avaliação. **Poluição Ambiental**, p. 163-170, 2005.

TRATA BRASIL. Ranking do Saneamento Instituto Trata Brasil 2021. **SNIS 2019**. São Paulo, mar., 2021.

THUHAUT, R. Ecotoxicology: Objectives, principles and perspectives. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 1, p. 151- 173, 1977.

TISLER, T.; ZARGOC-KONCAN, J. Toxicity evaluation of wastewater from the Pharmaceutical industry to aquatic organisms. **Water Science Technology**, v. 39, n. 10-11, p. 71-76, 1999.

TREVELIN, W.R. **Otimização da análise de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em sistemas aquosos**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Química, Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 83, 1992.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. **Instituto de Pesquisas Hidráulicas**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 40, 1997.

TUNDISI, J.G. Limnologia e Gerenciamento integrado de Recursos Hídricos- Avanços Conceituais e Metodológicos. **Revista Ciência & Ambiente**, v. 21, p. 09-20, 2000.

VANZETO, G. V. A. **Utilização de bioindicadores para avaliar o potencial mutagênico e citotóxico das águas do Rio Pirapó, Região Norte do Paraná, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

VERIATO, M. K. L.; BARROS, H. M. M.; SOUZA, L. P.; CHICÓ, L. R.; BAROSI, K. X. L. Água: Escassez, crise e perspectivas para 2050. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 17 - 22, 2015.

VIARENGO, A. Heavy metals in marine invertebrates: mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. **Reviews in Aquatic Sciences**. Boca Raton, Florida, v. 1, n. 5, p. 295-317, 1989.

VIGARIANI, A. Q. **Avaliação da presença de fármacos no esgoto sanitário da cidade de Bauru-SP**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Engenharia, Bauru, 2021.

VITTOZZI, L.; DE ANGELIS, G. A critical review of comparative acute toxicity data on freshwater fish. **Aquat. Toxicol.** v.19, p. 167-204, 1991.

VOS, J.G. et al. Health effects of endocrine-disrupting chemicals on wildlife, with special reference to the European situation. **Critical reviews in toxicology**, v. 30, n. 1, p. 71-133, 2000.

WALKER, C.H.; HOPKIN, S. P.; SÀBLY, R. M.; PEAKALL, D. B. **Principles of ecotoxicology**. Taylor & Francis, 2001.

YI, Y.; ZANG, S. Heavy metal (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) concentrations in seven fish species in relation to fish size and location along the Yangtze River. **Environmental Science and Pollution Research**, cap. 19, p. 3989-3996, 2012.

ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. Rima. São Carlos, 2006.

ZEITOUN, M.M.; SAYED, E.; MEHANA, E. Impacto da poluição da água com metais pesados na saúde dos peixes: visão geral e atualizações. **Glob. Vet.**, p. 219-231, 2014.