

**UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
TERRITORIAL E MEIO AMBIENTE**

FERNANDO FRIGO

**Contribuição para o biomonitoramento do rio Jacaré Guaçu-SP pela utilização de
macroinvertebrados aquáticos**

ARARAQUARA - SP
2018

FERNANDO FRIGO

Contribuição para o biomonitoramento do rio Jacaré Guaçu-SP pela utilização de macroinvertebrados aquáticos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

Orientado: Fernando Frigo
Orientador: Prof. Dr. Nemésio Neves
Batista Salvador
Co-Orientadora: Prof^a Dr^a Vanessa
Colombo Corbi

ARARAQUARA - SP
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

F949c Frigo, Fernando

Contribuição para o biomonitoramento do rio Jacaré Guaçu-SP pela utilização de macroinvertebrados aquáticos/Fernando Frigo. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2018. 100f.

Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente- Universidade de Araraquara-UNIARA

Orientador: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador

1. Poluição. 2. Qualidade das águas. 3. Macroinvertebrados. 4. Rio Jacaré Guaçu. I. Título.

CDU 577.4



UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA - UNIARA

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14801-320 | (16) 3301-7100 | www.uniara.com.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

NOME DO ALUNO: *Fernando Frigo*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Juliano José Corbi
UNIARA - Araraquara

Prof. Dr. Nemesio Neves Batista Salvador
UNIARA - Araraquara

Araraquara – SP, 17 de agosto de 2018.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, que me apoiou ao ingressar ao mestrado.

Ao Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador, pela oportunidade de realizar o mestrado, pelo apoio, orientação, amizade e confiança em desenvolver este trabalho.

À Prof^a Dr^a. Vanessa Colombo Corbi, pela co-orientação, apoio, amizade, auxílios e conhecimentos transmitidos durante a realização desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Guilherme Rossi Gorni, pelas sugestões no decorrer do trabalho, transmissão de conhecimentos, empréstimos de equipamento e uso do Laboratório de Biodiversidade.

Ao Prof. Dr. Juliano José Corbi, pelas sugestões ao trabalho, transmissão de conhecimentos, empréstimos de equipamentos e pela disponibilização do Laboratório de Ecologia de Ambientes Aquáticos da EESC-USP.

Ao Prof. Dr. Victor Satoru Saito, pelas sugestões ao trabalho e pelo auxílio no tratamento estatístico dos resultados, através da análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS).

Ao Prof. Dr. Olavo Nardy, pela disponibilidade para transmissão do conhecimento nos cálculos estatísticos e construção do diagrama de abundância.

Ao Prof. Dr. Leonardo Rios, pelas sugestões no trabalho e também pelas indicações de artigos referentes a sub-bacia do rio Jacaré Guaçu.

À doutoranda Nathalie Aparecida de Oliveira Sanches, pela transmissão do conhecimento na identificação de Oligochaeta e também na indicação de chaves de identificação.

Ao doutorando Lucas Henrique Sahm, pela transmissão do conhecimento no procedimento de coleta, na identificação de macroinvertebrados e indicação de artigos científicos e livros de identificação de insetos aquáticos.

À doutoranda Bruna Nayara Pereira Cardoso, pelos ensinamentos de procedimentos de testes em laboratório e no auxílio na identificação de macroinvertebrados.

Ao meu amigo Sérgio Aparecido Martins, pela companhia na busca de pontos de coleta e auxílio em algumas coletas.

Ao meu tio Luiz Piscioneri Netto e ao amigo Josivaldo Fernando da Silva, pelo auxílio nas campanhas de coletas de amostras.

Aos meus amigos Cesar Augusto Feliciano, Eduardo Donato Alves e da amiga Renata Muniz Missurini, pelo auxílio em laboratório.

Ao amigo Fernando Henrique Ferreira de Oliveira, pelo auxílio à busca dos primeiros artigos relacionados ao rio Jacaré Guaçu.

Ao engenheiro agrônomo Antônio Carlos Iglessias que se disponibilizou a mostrar alguns pontos para coleta na antiga fazenda Fittipaldi.

Ao senhor José Geraldo Guimarães Aiello por permitir a entrada na área do rancho para a realização da coleta.

A minha mãe que me apoiou ao ingressar ao mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio ambiente da UNIARA, pelos ensinamentos e à Secretaria pelo auxílio.

À turma da classe, pela amizade e companhia ao longo do mestrado.

À UNIARA por fornecer o espaço da área de estudo.

RESUMO

A sociedade se beneficia dos rios, no entanto, os seres humanos têm mudado dramaticamente estes corpos d'água, deteriorando sua qualidade e causando impactos ambientais. Alguns impactos antropogênicos são: poluição industrial, urbana, agropecuária e mineração; construção de represas e reservatórios; salinização; aporte de sedimentos; entre outros. Para avaliar esses impactos são utilizadas medições físicas e químicas pontuais, que são apenas um registro momentâneo das condições ambientais da água e também são utilizadas medições biológicas que demonstram os efeitos destes impactos por um período de tempo maior. Para as medições biológicas são utilizados os macroinvertebrados aquáticos, compostos por protozoários, poríferos, rotíferos, platelmintos, nematoides, anelídeos, moluscos, crustáceos e os insetos. Os macroinvertebrados são considerados bons indicadores da poluição ambiental em sistemas lóticos devido à resposta aos estresses sofridos. No presente estudo foram coletados dados de características físicas, químicas e biológicas de quatro pontos amostrais no rio Jacaré Guaçu-SP – no município de Itirapina, a jusante da represa do Lobo em São Carlos, no município de Ribeirão Bonito e no município de Araraquara, nos meses de outubro/17, novembro/17, abril/18 e maio/18. Os dados biológicos foram obtidos a partir da coleta de macroinvertebrados aquáticos, fazendo-se a sua identificação até o nível de família. Utilizou-se macroinvertebrados aquáticos por serem considerados bons indicadores da poluição ambiental em sistemas lóticos e lênticos, devido à resposta aos estresses sofridos. Os objetivos do estudo foram analisar a estrutura e composição das comunidades de macroinvertebrados aquáticos, verificar a resposta da comunidade de macroinvertebrados aquáticos em relação à qualidade da água no rio Jacaré Guaçu, relacionando os dados obtidos com possíveis impactos ambientais, com a utilização de índices bióticos, e promover informações que contribuam para a utilização de macroinvertebrados como bioindicadores. Observou-se que a qualidade da água sofre alterações ao longo dos pontos estudados, pelo índice biótico *Biomonitoring Working Party System* (BMWP) no ponto amostral de Itirapina que classificou a água como excelente/boa; o índice *Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) classificou com uma provável poluição moderada; e o índice biótico de famílias de Hilsenhoff (IBFH) classificou a qualidade da água em muito boa com um grau de poluição orgânica. Em São Carlos o BMWP classificou a água como boa,

o BMWP-ASPT com poluição severa e a qualidade da água pelo IBFH foi classificada como moderadamente pobre, com poluição orgânica significativa. Nos pontos amostrais de Ribeirão Bonito e Araraquara, o BMWP classificou a qualidade da água como regular e o IBFH a classificou como pobre, com poluição orgânica muito significativa. Entretanto para o BMWP-ASPT, o ponto amostral de Ribeirão Bonito indicou provável poluição severa e para Araraquara poluição moderada. Nos pontos amostrais de Ribeirão Bonito e Araraquara são realizadas medições pela CETESB, que indicou o IET – mesotrófico e IVA – regular. Há uma diminuição de famílias amostradas nestes dois últimos pontos, com dominância de Oligochaeta e baixa porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera. A análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS) demonstrou que a variação espacial foi um fator de maior influência do que a variação temporal para a ocorrência dos macroinvertebrados presentes/ identificados nas amostras.

Palavras-chave: poluição, qualidade das águas, macroinvertebrados, rio Jacaré Guaçu.

ABSTRACT

Society benefits from rivers, however, humans have dramatically changed these bodies of water, deteriorating their quality and causing environmental impacts. Some anthropogenic impacts are: industrial, urban, agricultural and mining pollution; construction of dams and reservoirs; salinization; sediment supply; among others. To assess these impacts, one-off physical and chemical measurements are used, which are only a momentary record of the environmental conditions of the water, and biological measurements are also used to demonstrate the effects of these impacts over a longer period of time. For the biological measurements the aquatic macroinvertebrates, composed by protozoa, porifera, rotifers, flatworms, nematoids, annelids, molluscs, crustaceans and insects are used. Macroinvertebrates are considered good indicators of environmental pollution in lotic systems due to the response to the stresses suffered. In the present study, data on the physical, chemical and biological characteristics of four sample points were collected in the Jacaré Guaçu-SP River - in the municipality of Itirapina, downstream of the Lobo dam in São Carlos, Ribeirão Bonito municipality and Araraquara municipality, in the months of October / 17, November / 17, April / 18 and May / 18. The biological data were obtained from the collection of aquatic macroinvertebrates, being identified to the family level. Aquatic macroinvertebrates were considered as good indicators of environmental pollution in lotic and lentic systems, due to the response to the stresses suffered. The objectives of the study were to analyze the structure and composition of the aquatic macroinvertebrate communities, to verify the response of the community of aquatic macroinvertebrates in relation to water quality in the Jacaré Guaçu river, relating the data obtained with possible environmental impacts, with the use of biotic indices , and to promote information that contributes to the use of macroinvertebrates as bioindicators. It was observed that the quality of the water undergoes changes along the points studied, by the Biomonitoring Working Party System (BMWP) index in the sampling point of Itirapina that classified the water as excellent / good; the Average Score Per Taxon (BMWP-ASPT) rated with a likely moderate pollution; and the biotic index of Hilsenhoff families (IBFH) classified water quality into very good with a degree of organic pollution. In São Carlos BMWP classified water as good, BMWP-ASPT with severe pollution and water quality by IBFH was classified as moderately poor, with significant organic pollution. In the sample points of

Ribeirão Bonito and Araraquara, the BMWP classified the quality of water as regular and the IBFH classified it as poor, with very significant organic pollution. However for the BMWP-ASPT, the sampling point of Ribeirão Bonito indicated likely severe pollution and for Araraquara moderate pollution. In the sample points of Ribeirão Bonito and Araraquara measurements are carried out by CETESB, which indicated the mesotrophic EIT and regular VAT. There is a decrease of families sampled in these last two points, with dominance of Oligochaeta and low percentage of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera. The non-metric Multidimensional Scheduling (nMDS) analysis showed that the spatial variation was a factor of greater influence than the temporal variation for the occurrence of macroinvertebrates present / identified in the samples.

Key words: pollution, water quality, macroinvertebrates, Jacaré Guaçu river.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pontos amostrais e no rio Jacaré Guaçu e respectiva classificação.....	4
Figura 2 – Postos de monitoramento de qualidade de água (CETESB) e vazão (DAEE) da sub-bacia Jacaré Guaçu.....	7
Figura 3 – Postos de monitoramento pluviométrico ativos na sub-bacia do rio Jacaré Guaçu.....	8
Figura 4 – Proporção de redução da carga orgânica poluidora doméstica %.....	9
Figura 5 – Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município.....	9
Figura 6 - Localização da UGRHI-13 e seus cursos d'água.....	36
Figura 7 - Sub-bacia Jacaré Guaçu e afluentes diretos do rio Tietê: áreas prioritárias.....	39
Figura 8 - Divisão em sub-bacias da UGRHI13.....	40
Figura 9 – Localização dos quatro pontos de coleta no rio Jacaré Guaçu.....	43
Figura 10 – Ponto 1 de coleta, município de Itirapina, coleta em 17.Out.17 item A e em 24.Nov.17 no item B.....	44
Figura 11 – Ponto 2 de coleta, município de São Carlos, coleta em 17.Out.17 item A e em 24.Nov.17 no item B.....	44
Figura 12 – Ponto 3 de coletas, município de Ribeirão Bonito, coleta em 17.Out.17 item A e em 25.Nov.17 no item B.....	45
Figura 13 – Ponto 4 de coletas, município de Araraquara, coleta em 17.Out.17 item A e em 25.Nov.17 no item B.....	45
Figura 14 – Amostrador tipo rede em “D”.....	47
Figura 15 – Processo de triagem utilizando-se da bandeja plástica e o transiluminador.....	47
Figura 16 - Intensidade de chuvas mensais na URGH-13 em 2017 e média histórica.....	59
Figura 17 - Média de temperatura °C da água nos pontos amostrais.....	60
Figura 18 – Média do pH da água nos pontos amostrais.....	62
Figura 19 – Média do total de sólidos dissolvidos na água nos pontos amostrais.....	64
Figura 20 – Média do oxigênio dissolvido (mg/L) na água nos pontos amostrais.....	65
Figura 21 – Média da condutividade elétrica (µS/cm) da água.....	67
Figura 22 – Abundância relativa dos organismos coletados e identificados na primeira coleta por ponto amostral.....	73

Figura 23 – Abundância relativa dos organismos coletados e identificados na segunda coleta por ponto amostral.....	74
Figura 24 – Abundância relativa dos organismos coletados e identificados na terceira coleta por ponto amostral.....	75
Figura 25 – Abundância relativa dos organismos coletados e identificados na quarta coleta por ponto amostral.....	76
Figura 26 – Porcentagem de Ephemeroptera/Plecoptera/Trichoptera (% EPT) nas duas coletas.....	79
Figura 27 – Diagrama de abundância nos pontos amostrais nas quatro coletas.....	82
Figura 28 – Dendograma da análise de agrupamento utilizando o índice de Morisita.....	83
Figura 29 - Diagrama de Shepard para os dados de dispersão da regressão entre as distâncias entre pontos na configuração final em relação as suas diferenças originais.....	84
Figura 30– Diagrama de ordenação dos pontos amostrais do rio em relação aos organismos coletados.....	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resultados dos parâmetros químicos e de metais pesados registrados pela CETESB na água no ponto amostral de Araraquara JCGU03400 de 2014 a 2016.....	11
Quadro 2 – Resultados dos parâmetros químicos e de metais pesados registrados pela CETESB na água no ponto amostral de Ribeirão Bonito JCGU03200 de 2014 a 2016.....	12
Quadro 3 – Resultados das médias dos parâmetros dos relatórios publicados de 2002 a 2006 no ponto JCGU03400.....	16
Quadro 4 – Resultados das médias dos parâmetros dos relatórios publicados de 2002 a 2006 no ponto JCGU03400.....	17
Quadro 5 – Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade de água registrados pela CETESB no ponto amostral de Ribeirão Bonito JCGU03200.....	18
Quadro 6 – Ocorrências de mortandade de peixes e atendidos pela CETESB dentro dos pontos de coletas.....	19
Quadro 7 – Histórico do Índice da Qualidade da Água – IQA nos pontos de monitoramento JCGU03200 e JCGU03400.....	23
Quadro 8 - Histórico do Índice de Estado Trófico IET nos pontos de monitoramento JCGU03200 e JCGU03400.....	24
Quadro 9 - Histórico do Índice da Qualidade da Água para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas IVA nos pontos de monitoramento JCGU03200 e JCGU03400.....	25
Quadro 10 - Histórico do Índice de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município (ICTEM).....	27
Quadro 11 – Resultados das médias anuais do IAP ponto JCGU03400.....	27
Quadro 12 – Alguns exemplos de medidas de bioindicadores e sua resposta esperada com perturbação.....	30
Quadro 13- Descrição das análises realizadas pela CETESB na UGRH 13, sub-bacia Jacaré Guaçu.....	41

Quadro 14 – Tabela de pontuações para diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos para o BMWP.....	52
Quadro 15 – Faixa de resultados para determinação do BMWP (adaptado de CORBI, 2006).....	53
Quadro 16 - Valores de tolerância à poluição conforme Hilsenhoff (1988).....	54
Quadro 17– Qualidade da água baseada nos valores do Índice Biótico de Hilsenhoff (IBFH).....	55
Quadro 18– Ocorrência de chuvas antes das datas de coletas, considerando até três dias anteriores.....	56
Quadro 19 – Média e desvio padrão da temperatura em °C nos pontos amostrais nas quatro coletas.....	60
Quadro 20 – Faixa de variações do pH da água nos pontos amostrais.....	61
Quadro 21 – Média e desvio padrão dos sólidos totais dissolvidos mg/L nos pontos amostrais nas 4 coletas.....	63
Quadro 22 – Média e desvio padrão do oxigênio dissolvido mg/L nos pontos amostrais nas 4 coletas.....	65
Quadro 23 – Média e desvio padrão da condutividade elétrica µS/cm nos pontos amostrais nas 4 coletas.....	67
Quadro 24 – Valores registrados de fósforo nas amostras de água nos quatro pontos amostrais.....	69
Quadro 25 – Valores registrados de nitrogênio nas amostras de água nos quatro pontos amostrais.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias de 2016 e para o período de 2011 a 2015 das principais variáveis de qualidade.....	17
Tabela 2 – Resultados mensais e média anual do IQA 2016.....	22
Tabela 3 – Resultados mensais e média anual do IET 2016.....	23
Tabela 4 – Resultados mensais e média anual do IVA 2016.....	25
Tabela 5 – Composição do ICTEM.....	26
Tabela 6 - Área ocupada pelas classes de usos dos solos.....	38
Tabela 7 - Classificação de qualidade da água e significado dos valores do índice BMWP' - ASPT (Average Score Per Taxon).....	53
Tabela 8 - Caracterização ambiental dos pontos amostrais.....	57
Tabela 9 - Concentração média de matéria orgânica nos pontos amostrais.....	71
Tabela 10 - Abundância absoluta dos macroinvertebrados coletados e identificados nas quatro campanhas.....	72
Tabela 11 - Classificação trófica das famílias coletadas nos quatro pontos amostrais.....	77
Tabela 12 – Principais características comunitárias e valores de métricas de avaliação da qualidade de água nos pontos amostrais.....	80

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBH-TJ.....	Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré
CONAMA.....	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CETESB.....	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
DAEE.....	Departamento de águas e Energia Elétrica
DBO.....	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETE.....	Estaao de Tratamento de Esgoto
IET.....	ndice do Estado Trfico
IQA.....	ndice de Qualidade das guas
IVA.....	ndices de Qualidade das águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas
OD.....	Oxigênio Dissolvido
pH.....	Potencial Hidrogeniônico
UGRHI.....	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	01
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1	Qualidades da Água e dos Sedimentos Aquáticos.....	03
2.2	Índices de Qualidade Ambiental.....	19
2.3	Macroinvertebrados Aquáticos.....	27
2.4	Trabalhos realizados na sub-bacia Jacaré Guaçu.....	33
3	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	35
3.1.	Objetivo Geral.....	35
3.2.	Objetivos Específicos.....	35
4	LOCAL DE ESTUDO.....	35
5	METODOLOGIA.....	42
5.1.	Pontos Amostrais.....	42
5.2	Caracterização ambiental.....	45
5.3	Amostragem e Identificação da Fauna.....	46
5.4	Matéria Orgânica no Sedimento.	48
5.5	Análises de Fósforo total e Nitrogênio total.....	49
5.6	Aplicação de métricas.....	49
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
6.1	Condições Ambientais.....	56
6.2	Variáveis Ambientais.....	58

6.2.1 Pluviometria.....	58
6.2.2 Temperatura da água.....	59
6.2.3 Potencial Hidrogeniônico - pH.....	61
6.2.4 Sólidos totais dissolvidos.....	63
6.2.5 Oxigênio Dissolvido.....	64
6.2.6 Condutividade Elétrica.....	66
6.2.7 Fósforo Total e Nitrogênio Total.....	68
6.3 Sedimentos.....	70
6.4 Macroinvertebrados.....	71
6.4.1 Ocorrência de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera.....	78
6.5 Análise dos dados.....	80
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
8 REFERÊNCIAS	89

1 INTRODUÇÃO

Usos múltiplos da água, exploração para área urbana, industrial, rural, pesca, lazer, entre outros, geram resíduos que contribuem para a vulnerabilidade da bacia hidrográfica (TUNDISI et al, 2008) reduzindo a qualidade da água. Muitos estudos têm sido realizados para identificar as fontes poluidoras de um recurso que se torna escasso e é estratégico para a economia e para a manutenção da vida.

As ações antrópicas causaram um grande impacto negativo neste recurso, tornando-se uma preocupação para o ser humano devido a sua qualidade e disponibilidade (NEGREIROS, 1997). Neste contexto ocorre o monitoramento da água envolvendo critérios físicos, químicos e biológicos, pois os corpos d'água são influenciados pelas entradas de materiais provenientes de diversas fontes – poluição industrial, doméstica, da agroindústria, material particulado das margens. Além das entradas de materiais via ações antrópicas, deve-se considerar que a composição física e química do corpo de água está relacionada com clima, geomorfologia, precipitação pluviométrica (RODRIGUES, 2001).

A bacia hidrográfica inteira, não somente a massa de água ou trecho de vegetação, não é um sistema fechado e deve ser considerada a unidade mínima de ecossistema ao se tratar de interesse humano (ODUM, 1988). Além disso, o estado de conservação da vegetação marginal e a distância entre a área dos cultivos até a calha do rio são fatores fundamentais no processo de contaminação, podendo interromper ou amplificar a entrada de pesticidas, metais e nutrientes (EGLER, 2002; CORBI et al., 2006; COSTA et al., 2008).

O monitoramento ou biomonitoramento é um processo descrito na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, capítulo 1 - Das Definições, artigo 2º, inciso XXV “monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade de água”. Nesta mesma Resolução, no capítulo III – Das Condições e Padrões De Qualidade Das Águas, seção I – Das disposições Gerais, no artigo 8º, 3º parágrafo “a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas”.

Segundo a definição de Cairns e Pratt (1993), o monitoramento biológico funciona

como vigilância usando respostas dos organismos vivos para determinar se um ambiente é favorável ao material vivo. Programas de monitoramento das águas são importantes para preservar e manter a qualidade da água para o abastecimento da população, como também para o próprio ecossistema aquático (QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008), em contrapartida as análises físicas e químicas que apenas representam um conhecimento momentâneo daquele corpo d'água.

Devido a diversas fontes de poluição e os usos múltiplos da água, dar-se a importância do estudo da sub-bacia hidrográfica do rio Jacaré Guaçu que possui uma área de drenagem de 4.108 km², no qual o rio recebe influências de nove áreas urbanas e rurais – Itirapina, São Carlos, Ibaté, Ribeirão Bonito, Araraquara, Boa Esperança do Sul, Nova Europa, Tabatinga e Ibitinga. Nesse estudo além das análises físicas e químicas, a fauna de macroinvertebrados aquáticos foi utilizada como bioindicadores da qualidade da água. O estudo foi desenvolvido no rio Jacaré Guaçu com 4 pontos de coleta de materiais e 3 réplicas - no Alto Jacaré Guaçu (Classe 2), nos municípios de Itirapina, São Carlos e no Médio Jacaré Guaçu (Classe 3), nos municípios de Ribeirão Bonito e Araraquara. Estes dois últimos pontos de coletas são próximos aos pontos de coletas de dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), o JCGU03200 em Ribeirão Bonito e o JCG03400 em Araraquara. O órgão ambiental estadual possui uma rede de monitoramento que analisa vários índices de qualidade, incluindo a rede de sedimentos, entretanto, para o rio Jacaré Guaçu não são analisados todos os índices. São analisados apenas os índices de qualidade das águas (IQA), do estado trófico (IET), da qualidade das águas para proteção da vida aquática e de comunidades aquáticas (IVA) e o indicador de coleta e tratabilidade de esgoto da população urbana de município (ICTEM).

Este estudo visa contribuir para o melhor conhecimento das condições ambientais do rio Jacaré Guaçu, verificando a qualidade ambiental utilizando os macroinvertebrados aquáticos coletados nos referidos pontos amostrais, realizando as medições físicas e químicas e demonstrando a formação das comunidades de macroinvertebrados.

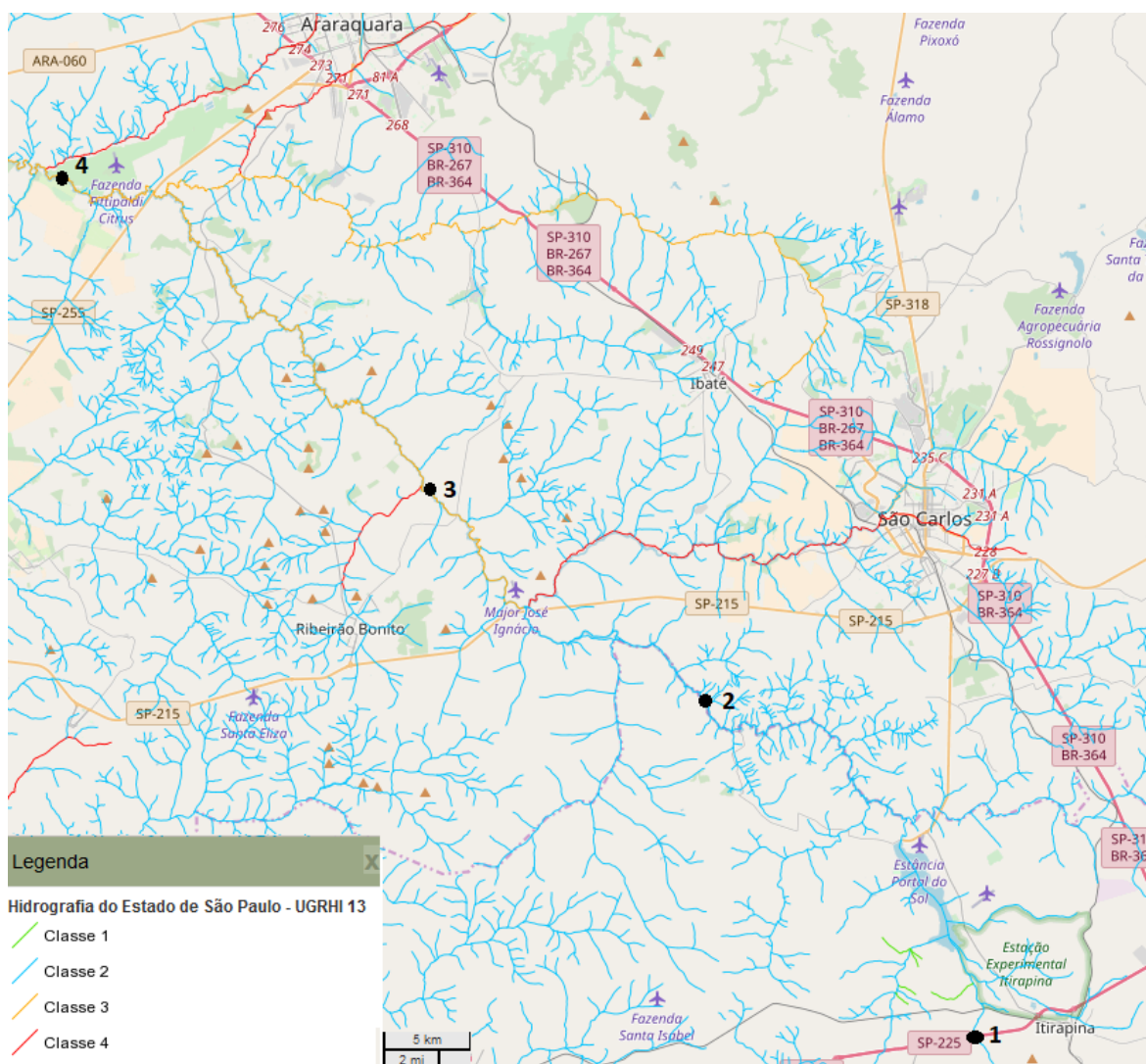
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Qualidades da Água e dos Sedimentos Aquáticos

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), as águas superficiais doces são classificadas segundo a qualidade exigida para seus diversos usos em cinco classes de qualidade – especial e as classes de 1 a 4. Para cada tipo de uso e classe de qualidade foram estabelecidos condições e padrões de qualidade por meio de variáveis (1) descritivas: materiais flutuantes não naturais, óleos e graxas, substâncias que propiciam gosto ou odor, corantes provenientes de fontes antrópicas, resíduos sólidos objetáveis e toxicidade e; (2) quantitativas: potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), substâncias orgânicas, metais totais e dissolvidos, densidade de cianobactérias, teor de clorofila, entre outras. O limite máximo permitido das variáveis em cada classe de água denominou-se padrão de qualidade (CETESB, 2017). Antes da resolução CONAMA 357/05 o Estado de São Paulo, por meio do Decreto Estadual nº 10.755/1977 enquadraram os corpos de água doce baseando-se no Decreto Estadual nº 8.468/1976 que discriminava as classes dos corpos d'água.

A bacia hidrográfica Tietê-Jacaré, particularmente na sub-bacia Jacaré Guaçu, objeto do presente trabalho, possui locais de campanha ou pontos amostrais com classificações diferentes da qualidade de água (Figura 1). Os pontos nos municípios de Itirapina e São Carlos estão enquadrados na Classe 2 e os pontos de amostragem Ribeirão Bonito e Araraquara na Classe 3, conforme o Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977 (SÃO PAULO, 1977). Os valores máximos dos parâmetros inorgânicos e orgânicos de qualidade de água doce para cada Classe são estabelecidos na resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

Figura 1 - Pontos amostrais e no rio Jacaré Guaçu e respectiva classificação.



Fonte: modificado de DataGEO (2018).

A sub-bacia Jacaré Guaçu possui um cultivo intensivo de cana de açúcar que utiliza agrotóxicos em larga escala, os quais terminam por poluir este rio. Além dos agrotóxicos, outros poluentes como os dos efluentes sanitários e industriais também causam impactos na qualidade das águas do rio Jacaré Guaçu.

Os agrotóxicos e fertilizantes utilizados no cultivo da cana de açúcar, associado ao problema da devastação das matas ciliares, têm impactado os recursos hídricos das áreas adjacentes às plantações, sobretudo através do processo de lixiviação do solo de áreas que foram adicionados fertilizantes e defensivos agrícolas (CORBI et al, 2006). Tais compostos, devido às propriedades físicas e químicas, possuem grande afinidade por componentes celulares dos organismos vivos, ocorrendo o processo de bioacumulação em

diferentes níveis tróficos, por exemplo, em peixes, aves e outros animais (Del Grande; Rezende, 2002) e, principalmente, em organismos do topo da cadeia trófica na qual o homem é um carnívoro final (ODUM, 1988).

Alguns agrotóxicos, poucos solúveis, chegam a persistir entre 15 a 20 anos no solo e parte destes podem ser arrastados pelas chuvas (por lixiviação) para o interior dos corpos d'água, que também recebem estes compostos através de efluentes industriais, de esgotos sanitários e da atmosfera (BRANCO, 2004). A concentração destes compostos tem alcançado níveis tóxicos em vários organismos terrestres, como pássaros e mamíferos, assim como em organismos aquáticos (RISSATO et al, 2004; BRANCO, 2004).

Segundo Allan (2004) as principais alterações causadas por diferentes usos da terra sobre os ecossistemas aquáticos são:

- Alteração hidrológica → modificador do equilíbrio entre evapotranspiração e escoamento superficial em relação à magnitude e frequência das inundações, assim contribuindo para a erosão das margens dos corpos d'água, aumentando o transporte de sedimentos e contaminantes. Modificação ou desaparecimento parcial de habitats com consequente diminuição na biodiversidade local e da fauna pré-existente;
- Contaminação → aumento da concentração de elementos químicos presentes naturalmente nos ambientes aquáticos e introdução na água, nos sedimentos e nos tecidos da fauna de elementos químicos externos ao sistema promovendo efeitos não letais sobre a biota, como o desenvolvimento de deformidades nos organismos, alterações na abundância e emergência dos insetos, diminuição das taxas de crescimento e de reprodução dos organismos. Alguns contaminantes podem ser acumulados ao longo da cadeia alimentar, inviabilizando o uso do recurso pesqueiro, podendo provocar um aumento das taxas de mortalidade e consequentemente a diminuição na biodiversidade da biota local;
- Enriquecimento com nutrientes → aumento da produção autotrófica e também da densidade de macrófitas interferindo na relação predador-presa. Aumento na densidade de cianobactérias podendo ocorrer linhagens tóxicas, aumento na taxa de decomposição e a diminuição nas concentrações de oxigênio dissolvido (OD) na água e consequente substituição de espécies sensíveis pelas mais tolerantes à redução do oxigênio.
- Retirada da vegetação ripária → permite uma maior incidência da luz levando ao aumento da temperatura dos corpos d'água favorecendo o crescimento de

macrófitas aquáticas e algas. Diminui da estabilidade das margens e da entrada de material vegetal alóctone; reduz a retenção de sedimentos, nutrientes e contaminantes com consequente redução/eliminação dos grupos tróficos que se alimentam de matéria orgânica particulada grossa;

- Assoreamento → aumento da turbidez, correnteza e erosão diminuindo a produção primária e modificam as cadeias alimentares e a homogeneização da comunidade biológica.

O sedimento pode ser considerado como o resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático (ESTEVEES, 1988; MARGALEF, 1983). A camada recente de sedimentos, geralmente tem maior concentração de matéria orgânica e a parte mais ativa por causa dos micro-organismos e organismos bentônicos por encontrarem condições favoráveis ao desenvolvimento (ESTEVEES, 1988).

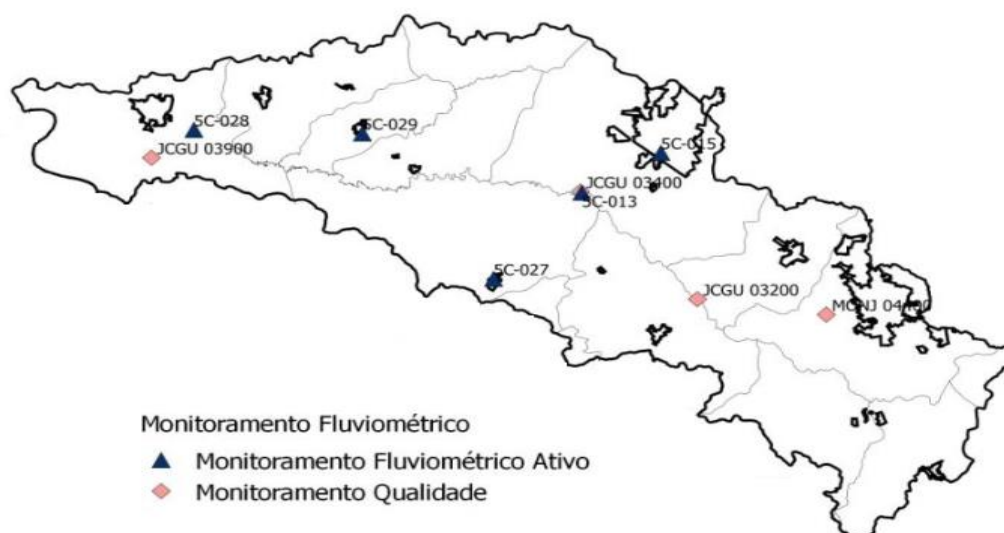
Com a crescente preocupação social e econômica com o meio ambiente, em específico a qualidade da água, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) realiza o monitoramento das águas superficiais desde 1974 para realizar um diagnóstico da qualidade das águas no Estado. Na sua melhora na representatividade nas bacias hidrográficas a CETESB instalou uma rede de monitoramento no Estado de São Paulo, vem ampliando os pontos de monitoramento e realiza análise alguns dos parâmetros que são:

- Campo: chuvas das últimas 24 horas, coloração, condutividade, OD, pH, temperatura da água e do ar;
- Ecotoxicológico: ensaio ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*;
- Físico: coloração, condutividade, sólido dissolvido total, sólido total, temperatura da água, temperatura do ar, turbidez.
- Químico: alumínio dissolvido, alumínio total, bário total, cádmio total, carbono orgânico dissolvido, carbono orgânico total, chumbo total, cloreto total, cobre dissolvido, cobre total, cromo total, DBO_{5,20}, ferro dissolvido, ferro total, fósforo total, manganês total, mercúrio total, níquel total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio Kjeldahl, nitrogênio-nitrato, nitrogênio nitrito, OD, pH, potássio, sódio, substância tensoativa reagem com azul de metileno e zinco total;
- Hidrobiológico: clorofila-*a* e feofitina-*a*;
- Microbiológico: *Escherichia coli*.

A rede de monitoramento da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI 13) é composta por 15 estações fluviométricas, 10 estações de qualidade da água e 109 estações pluviométricas, além disso, na bacia há uma rede de monitoramento em operação com 8 estações fluviométricas, 12 estações de qualidade da água e 19 estações pluviométricas (CBH-TJ, 2015).

Os postos de qualidade da água ativos estão nos municípios de Ribeirão Bonito identificado pela sigla JCGU03200 e Araraquara JCGU03400. O único posto fluviométrico ativo está localizado no município de Araraquara JCGU03400 (Figura 2).

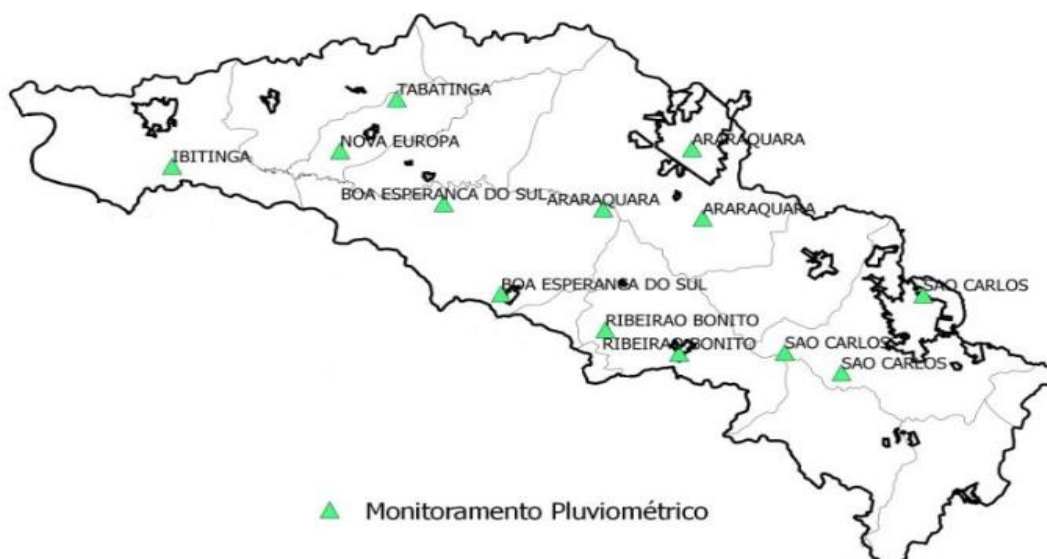
Figura 2 – Postos de monitoramento de qualidade de água (CETESB) e vazão (DAEE) da sub-bacia Jacaré Guaçu.



Fonte: CBH-TJ (2015).

Na sub-bacia do rio Jacaré Guaçu os postos de pluviométricos ativos estão localizados em São Carlos, Ribeirão Bonito e Araraquara (Figura 3).

Figura 3 – Postos de monitoramento pluviométrico ativos na sub-bacia do rio Jacaré Guaçu.

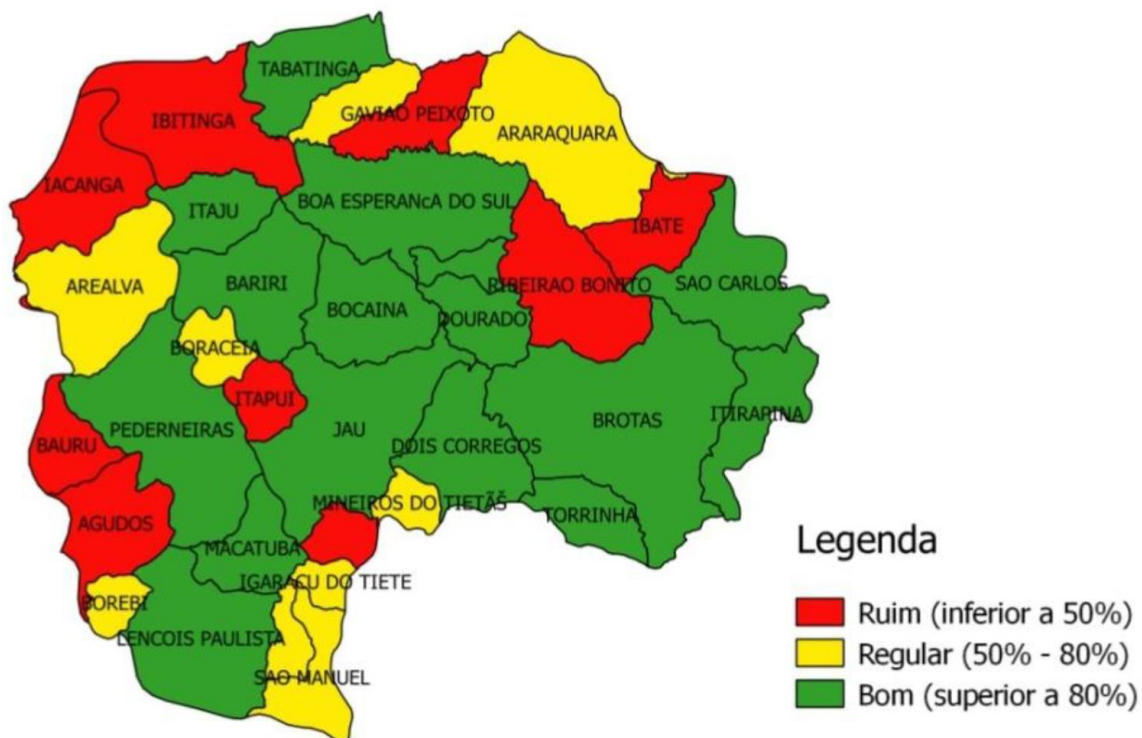


Fonte: CBH-TJ (2015).

O comitê da bacia hidrográfica do Tietê – Jacaré, publicou em seu relatório 2017, ano base 2016 a situação do saneamento básico – esgotamento sanitário e no contexto geral, a UGRHI 13 ainda requer grande atenção, pois apenas 66% dos efluentes são tratados, sendo a 8ª bacia com menor porcentagem de tratamento. Os municípios de Agudos, Gavião Peixoto, Ibitinga, Itapuí, Ribeirão Bonito, não trataram nenhuma parte do esgoto gerado em 2016. Ribeirão Bonito tem a obra da estação de tratamento de esgoto (ETE) concluída, no entanto falta emissário de esgoto. Ibaté apresentam índices de tratamento ruins, inferiores a 50%. Por conter grandes municípios como Bauru, São Carlos, Araraquara e também apresentar altos índices de carga orgânica remanescente a atenção recai sobre as sub-bacias rio Jacaré Guaçu e Rio Bauru.

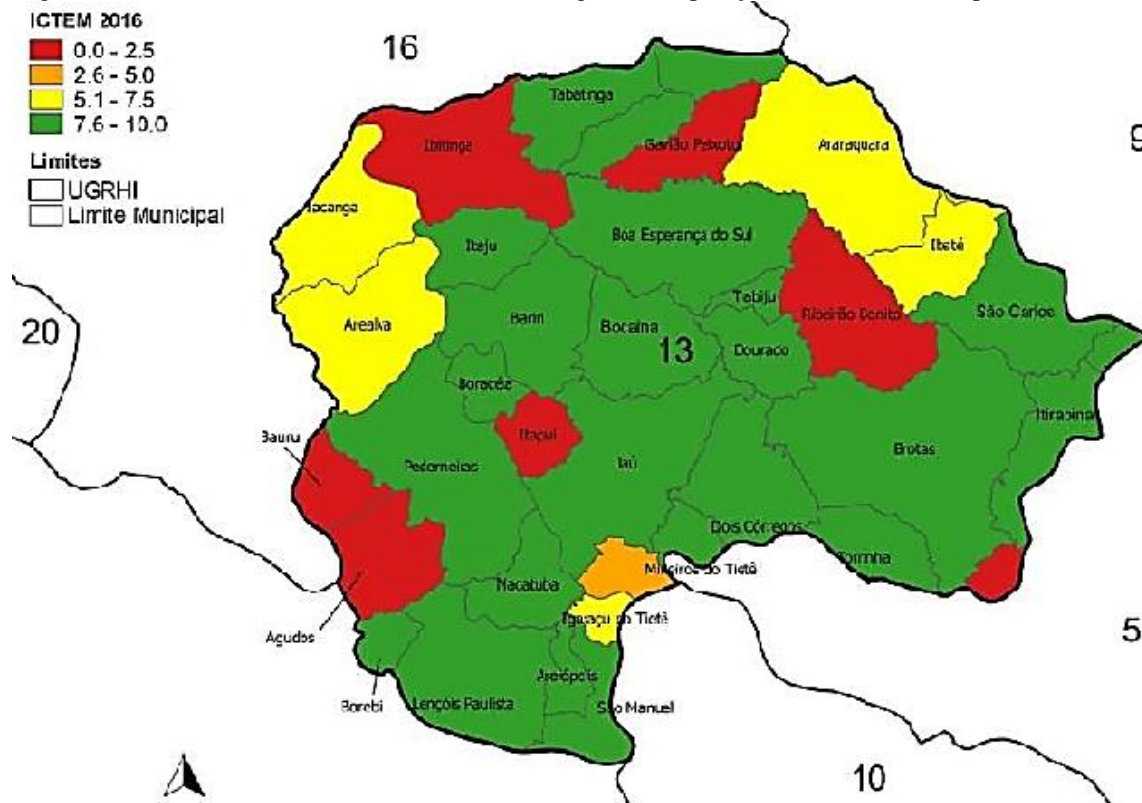
Em 2007 apenas 34,8% do esgoto gerado recebia tratamento, passando para 66% em 2016 (Figura 4). Há uma tendência de melhoria neste indicador nesta UGRHI em geral e o número de municípios com Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto por Município (ICTEM) (Figura 5) considerado “Péssimo” reduziu de 17 em 2008 para 6 em 2016. Foram eles: Ibitinga, Ribeirão Bonito, Gavião Peixoto, Itapuí, Agudos e Bauru. Os municípios com classificação “Bom” aumentou de 14 para 22 no mesmo período.

Figura 4 – Proporção de redução da carga orgânica poluidora doméstica %.



Fonte: CBH-TJ (2017).

Figura 5 – Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município.



Fonte: CBH-TJ (2017).

Segundo Esteves (1988) o esgoto doméstico e industrial, fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contido na atmosfera são fatores artificiais que acrescentam o fósforo (na forma iônica) ou o fosfato (forma complexa) nos ecossistemas aquáticos. As fontes naturais podem ser material particulado presente na atmosfera, decomposição de origem alóctone e de rochas. Além disso, o fósforo é apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial.

Segundo a CETESB (2017) o fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes: fosfatos orgânicos (fósforo compõe moléculas orgânicas), os ortofosfatos e os polifosfatos ou fosfatos condensados. O fósforo assim como o nitrogênio constitui em um dos principais nutrientes para os processos biológicos.

O nitrogênio é um dos elementos importante no metabolismo e tem com sua fonte natural a chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone. Está presente em diversas formas, como nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+) entre outras e o nitrato juntamente com íon amônio representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários no sistema aquático (ESTEVES, 1988).

Conforme a CETESB (2017) as fontes artificiais de nitrogênio são os esgotos sanitários, efluentes industriais de químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, entre outras e também nas áreas agrícolas onde ocorre o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados. A atmosfera é outra fonte devido à biofixação desempenhada por bactérias e algas presentes nos corpos hídricos; e a fixação química, reação que depende da presença de luz.

Outro componente importante por ser um elemento nutricional essencial, o potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais devido à resistência das rochas às ações do tempo. Os sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura (CETESB, 2017).

Além dessas três variáveis químicas existem outras que são chamados de "metais traço", "traços inorgânicos", "metais pesados", "microelementos", "micronutrientes" e elementos de traço (ESTEVES, 1988; FÖRSTNER & WITTMANN, 1983). Os elementos traços são elementos químicos que ocorrem na natureza, de um modo geral em pequenas partes com importância no metabolismo dos organismos aquáticos, participando de vários processos fisiológicos como: fotossíntese, cadeia respiratória e fixação de nitrogênio.

Através das cadeias alimentares, estes metais pesados são distribuídos pela biota e podem atingir a população humana devido ao efeito acumulativo (ESTEVEES, 1988).

Alguns elementos traço como magnésio, ferro, zinco, manganês, cobre, cobalto, molibdênio e boro são essenciais aos seres vivos, mas o mercúrio, chumbo, cádmio, prata, cromo, níquel e selênio são tóxicos a uma grande variedade de organismos, mesmo aqueles elementos traço essenciais se tornam tóxicos em altas concentrações (ESTEVEES, 1988).

A CETESB em seus relatórios anuais ano base de 2014 e 2015 apêndice I e 2016 apêndice K, registrou os valores para alguns metais pesados nos pontos de Araraquara (Quadro 1) e Ribeirão Bonito (Quadro 2), dentre as seis coletas anuais, os meses de março e setembro não foram analisados estes parâmetros pelo órgão ambiental. Os quadros a seguir demonstram três anos de dados coletados pela CETESB com valores registrados em Janeiro, Julho e Novembro de 2014 a 2016.

Quadro 1 – Resultados dos parâmetros químicos e de metais pesados registrados pela CETESB na água no ponto amostral de Araraquara JCGU03400 de 2014 a 2016.

Descrição do parâmetro em mg/L	Padrão CONAMA	2014			2015			2016		
		29/Jan	23/Jul	05/Nov	07/Jan	14/Jul	04/Nov	06/Jan	05/Jul	17/Nov
Alumínio dissolvido	< 0,2	0,114	0,056	0,143	0,178	0,116	*0,327	0,165	0,077	0,131
Bário total	< 1	0,048	0,041	0,067	0,047	0,056	0,045	0,045	0,042	0,0359
Cádmio total	< 0,01	< 0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,0005
Chumbo total	< 0,033	< 0,009	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008
Cobre dissolvido	< 0,013	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cromo total	< 0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0011
Ferro dissolvido	< 5	0,0622	0,31	0,847	1,32	1,53	0,857	1,94	0,468	1,19
Manganês total	< 0,5	0,116	0,073	0,18	0,135	0,086	0,105	0,044	0,0626	0,0779
Mercúrio total	< 0,002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Níquel total	< 0,025	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,005
Zinco total	< 5	0,007	0,005	0,008	0,008	0,006	0,012	0,005	< 0,005	0,0063

Fonte: baseado em CETESB (2015, 2016, 2017).

Segundo a CETESB (2017), o aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. Em novembro de 2015 houve um índice pluviométrico maior que 200 mm de chuva e o alumínio pode ter sido carregado por lixiviação até o rio no ponto JCGU03400, superando o valor padrão estipulado pelo CONAMA.

O solo do cerrado é bastante ácido com pH podendo variar de menos de 4 a pouco mais de 5 e esta acidez é devida em boa parte aos altos níveis de Al^{3+} , o que os torna aluminotóxicos para a maioria das plantas agrícolas, como também os íons Fe e de Mn. A correção do pH pela calagem (aplicação de calcário, de preferência o calcário dolomítico, que é um carbonato de cálcio e magnésio) e adubação possa torná-los férteis e produtivos (COUTINHO, 2000).

Quadro 2 – Resultados dos parâmetros químicos e de metais pesados, registrados pela CETESB na água no ponto amostral de Ribeirão Bonito JCGU03200 de 2014 a 2016.

Descrição do parâmetro em mg/L	Padrão CONAMA	2014			2015			2016		
		29/Jan	23/Jul	05/Nov	07/Jan	14/Jul	04/Nov	06/Jan	05/Jul	17/Nov
Alumínio dissolvido	< 0,2	0,125	< 0,05	*1,32	< 0,05	0,13	*0,31	*0,222	< 0,05	0,114
Bário total	< 1	0,042	0,034	0,041	0,045	0,051	0,039	0,043	0,041	0,0353
Cádmio total	< 0,01	< 0,002	< 0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,0005
Chumbo total	< 0,033	< 0,009	0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008
Cobre dissolvido	< 0,013	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cromo total	< 0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,001
Ferro dissolvido	< 5	0,378	0,195	1,25	0,56	0,519	0,994	0,917	0,25	0,623
Manganês total	< 0,5	0,123	0,066	0,116	0,186	0,102	0,057	0,066	0,0684	0,0536
Mercúrio total	< 0,002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Níquel total	< 0,025	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,005
Zinco total	< 5	0,007	< 0,005	0,012	0,006	0,006	< 0,005	0,022	< 0,005	0,0103

Fonte: baseado em CETESB (2015, 2016, 2017).

No ponto Rieirão Bonito JCGU03200 o alumínio apresentou valores superiores ao padrão CONAMA em três ocasiões, justamente com o aumento das chuvas em Novembro de 2014, em Novembro de 2015 e Janeiro de 2016.

Outra variável de qualidade da água são os bioindicadores que conforme Cairns e Pratt (1993), o conceito de bioindicadores da condição ambiental originou-se com o trabalho de Kolkwitz e Marsson (1908, 1909) que desenvolveram o Sistema Sapróbio, o índice de qualidade de água que envolve o grau de poluição pela contaminação por matéria orgânica e a diminuição do oxigênio dissolvido. O termo sapróbio significa a dependência de um organismo pela decomposição de matéria orgânica como um recurso alimentar (METCALFE, 1989).

Os indicadores biológicos requerem um entendimento sobre as características e as relações existentes entre componentes dos sistemas biológicos, e também em relação às diferenças relacionadas com a tolerância das comunidades biológicas a poluentes específicos e outros estressores. Leva-se em conta a avaliação das comunidades biológicas que compõem ecossistemas similares poluídos e não poluídos em uma mesma bacia hidrográfica (QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

Segundo Callisto et al (2005) há espécies de bioindicadores que estão diretamente relacionados a um determinado agente poluidor ou a um fator natural potencialmente poluente (p.ex. altas densidades *Oligochaeta* e de larvas vermelhas de Díptera - Chironomidae, em rios com elevados teores de matéria orgânica).

Conforme Silveira (2004) há uma variedade de medidas bioindicadores empregadas no biomonitoramento, sendo divididas em cinco categorias:

- . Medidas de riqueza – número de espécies ou unidades taxonômicas específicas encontradas numa amostra ou em um ponto de coleta;
- . Enumerações – contagem de todos os organismos coletados para estimar a abundância relativa de diferentes grupos taxonômicos (ex: número de indivíduos em ordens, famílias ou espécies, ou táxons dominantes dentro destes grupos);
- . Índices de diversidade – combinam os dados de riqueza com as enumerações através de cálculos estatísticos (ex: índices de Shannon e de Simpson);

. Índices de similaridade – calculam o grau de semelhança entre as comunidades de diferentes amostras tanto espacialmente (amostras de diferentes locais) como temporalmente (de diferentes anos);

. Índices bióticos – utilizam valores de tolerância pré-estabelecidos para táxons (famílias, gêneros, espécies) que foram coletados e identificados; e medidas tróficas – porcentagem de indivíduos de diferentes categorias funcionais de alimentação (fragmentadores, coletores, filtradores, predadores) (RESH & JACKSON, 1993).

As vantagens de usar biomonitoramento, segundo Barbour (1999) são que as comunidades biológicas refletem integridade ecológica global (químicas, físicas, e integridade biológica), integrando os efeitos de diferentes perturbações, fornecendo uma grande medida do seu impacto agregado, além de integrarem as perturbações ao longo do tempo, fornecendo uma medida das variações das condições ambientais. A rotina de monitoramento das comunidades biológicas pode ser relativamente barata, em comparação com o custo de outros tipos de avaliação; o estado das comunidades biológicas é de interesse público, como medida de um ambiente livre de poluição; onde não existem critérios para impactos ambientais, as comunidades biológicas podem ser o único meio de avaliação.

Neste último caso, os organismos e as comunidades podem responder a alterações nos recursos alimentares, nas variáveis ambientais como velocidade da água, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido e substâncias dissolvidas (PARESCHI, 2008).

Nos processos que influenciam a distribuição espacial, o acúmulo de matéria orgânica no sedimento serve como fonte de alimento e ponto de apoio para a construção de abrigos. O padrão de abundância de invertebrados observados em diferentes tipos de substratos pode ser explicado pela variação na qualidade de detritos presentes no substrato (ARUNACHALAM et al., 1991).

O fluxo de água também apresenta profunda influência sobre a comunidade bentônica, onde a maior pluviosidade (época de cheia) acarreta aumento do fluxo de água promovendo mais habitat de corredeiras, em contrapartida, o baixo fluxo de água no período de seca faz crescer a heterogeneidade de micro-habitats com locais de remansos e corredeiras mais definidos (SILVEIRA, 2004; SAULINO; CORBI; CARACCIOLI, 2011).

Os principais substratos normalmente disponíveis em ambientes lóticos podem ser divididos basicamente em duros e moles, variando a quantidade de matéria orgânica, sendo os substratos rochosos os mais estáveis e permanentes, sofrendo menor influência da vegetação ribeirinha e da correnteza (HENRIQUES-OLIVEIRA et al., 1999).

Os rios envolvem uma complexa interação da biota com o seu habitat, com o ambiente físico (luz, temperatura, correnteza e vazão, substrato, fisiologia do canal-remanso/corredeiras, substrato) e químico (carbono orgânico e inorgânico, oxigênio, nutrientes), tornando-os dinâmicos e sendo estruturados pelo regime climático, com os quais também interagem com o ambiente biológico (herbivoria, predação, competição). Um rio ou um trecho do mesmo não é um sistema isolado, pois são ecossistemas abertos com dinâmica de importação e exportação de nutrientes, energia e água (SILVEIRA, 2004).

Cairns e Pratt (1993) definiram o monitoramento biológico como vigilância usando as respostas de organismos vivos para determinar se o ambiente é favorável à vida. O monitoramento biológico é essencial para mostrar respostas biológicas às ações humanas, utilizando os resultados para descrever as condições dos rios e das paisagens adjacentes e diagnosticar as causas da degradação, auxiliando planos de restauração (KARR, 1999). Por isso a bacia hidrográfica inteira, não somente a massa de água ou trecho de vegetação, não é um sistema fechado e deve ser considerada a unidade mínima de ecossistema ao se tratar de interesse humano (ODUM, 1988). Além disso, o estado de conservação da vegetação marginal e a distância entre a área dos cultivos até a calha do rio são fatores fundamentais no processo de contaminação, podendo interromper ou amplificar a entrada de pesticidas (EGLER, 2002).

Dentre as variáveis físicas da água a temperatura, segundo a CETESB (2017), desempenha um papel crucial no meio aquático, influenciando em uma série de variáveis físico-químicas como a viscosidade, tensão superficial, calor específico, etc. Também influenciam nos organismos como a migração, desova e incubação do ovo.

Outra variável é a condutividade que é a capacidade da água em conduzir a corrente elétrica e que também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, representando assim uma medida indireta da concentração de poluentes que em geral valores acima de 100

$\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2017).

O pH influi em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, sendo um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental. O pH influencia na fisiologia dos ecossistemas aquáticos naturais e indiretamente contribui para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; pode exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Sendo assim, as restrições de faixas de pH por legislação federal quanto pela legislação do Estado de São Paulo, a faixa de pH para a proteção à vida aquática varia de 6 e 9 (CETESB, 2017).

Segundo Esteves (1998) o oxigênio (O_2) é um dos gases mais importantes na dinâmica e caracterização de um ecossistema aquático, sendo a atmosfera e a fotossíntese as maiores fontes, por outro lado o seu consumo é feito pela decomposição de matéria orgânica, perda para a atmosfera, respiração e oxidação. O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial e a sua taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas sendo proporcional à velocidade (CETESB, 2017).

Tem-se registros obtidos pela CETESB no ponto JCGU03400 da média a partir de 2001 dos principais parâmetros como condutividade, turbidez, nitrogênio nitrato, nitrogênio amoniacal, OD, $\text{DBO}_{5,20}$ e fósforo total (P total) (Quadro 3).

Quadro 3 – Resultados das médias dos parâmetros dos relatórios publicados de 2002 a 2006 no ponto JCGU03400.

Ano	Variável						
	CONDUTIVIDADE	TURBIDEZ	NITROGÊNIO – NITRATO	NITROGÊNIO AMONICAL	O. D	DBO (5,20)	P total
Média 2001	53	54	-	-	5,6	2,6	0,153
Média 2002	64	37	0,48	-	4,6	7	0,149
Média 2003	62	46	0,42	-	4,6	6,5	0,156
Média 2004	57	24	0,41	0,15	5	3	-
Média 2005	65	33	0,42	0,25	4,9	3,7	-

Fonte: baseado em CETESB (2002 a 2006).

No relatório de 2017, as médias das principais variáveis de qualidade e também a média de 2011 a 2015 estão na Tabela 1.

Tabela 1– Médias de 2016 e para o período de 2011 a 2015 das principais variáveis de qualidade.

Ponto	Condutividade			Turbidez			Nitrogênio-Nitrato			Nitrogênio Amoniacoal			Oxigênio Dissolvido			DBO (5, 20)			Fósforo Total			Escherichia coli**			Clorofila-a		
	2016	2011 a 2015	2016	2011 a 2015	2016	2011 a 2015	2016	2011 a 2015	2016	2011 a 2015	2016	2011 a 2015	2016	2011 a 2015	2016	2011 a 2015	2016	2011 a 2015	2016	2011 a 2015	2016	2011 a 2015	2016	2011 a 2015			
JCGU03200	71	78	17	23	0,66	0,64	0,66	0,80	6,0	5,6	2,0	3,3	0,063	0,093	1,4E+03	2,2E+03	1,5	4,4									
JCGU03400	66	74	21	24	1,1	0,91	0,15	0,22	5,6	5,8	2,2	2,8	0,073	0,083	671	1,3E+03	1,0	2,7									

Fonte: CETESB (2017).

Para melhor entendimento da ação dos fatores de campo, física e química na água durante e próximo aos meses de coleta, montou-se um quadro com três anos de dados coletados pela CETESB para o ponto de Araraquara - JCGU03400 (Quadro 4) e Ribeirão Bonito - JCGU03200 (Quadro 5) com valores registrados em julho, setembro e novembro de 2014 a 2016. Assim podem-se compreender possíveis interferências dos fatores que antecedem as coletas dos dados obtidos durante a campanha amostral deste trabalho.

Quadro 4 – Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade de água registrados pela CETESB no ponto amostral de Araraquara JCGU03400.

Descrição do parâmetro	Padrão CONAMA	2014			2015			2016		
		23/Jul	03/Set	05/Nov	14/Jul	15/Set	04/Nov	05/Jul	08/Set	17/Nov
Condutividade $\mu\text{s/cm}$	-	96,5	103,2	81,2	80,1	81,7	56,3	73,7	72,7	59,7
Oxigênio dissolvido mg/L	> 4	6,1	5,1	4,05	7,41	5,6	4,94	6,96	6,51	5,18
pH	6 até 9	6,78	6,9	6,55	6,94	6,98	6,77	7,06	7,15	6,78
Temperatura	°C	22,5	23,2	26,1	20,8	23,2	25,3	20,2	21,1	25,3
DBO _{5,20} mg/L	< 10	4	7	7	< 2	< 2	< 2	< 2	3	< 2
Fósforo total mg/L	< 0,15	0,11	0,153*	0,12	0,072	0,118	0,104	0,068	0,101	0,077
Nitrogênio total mg/L	-	2,8	4,63	2,31	2,19	2,46	1,067	1,892	3,862	3,315
Sólido Total Dissolvido mg/L	< 500	< 50	< 50	140	65	122	71	69	88	< 50
Turbidez UNT	< 100	18	21	35	19	22	37	11	18	16

Fonte: baseado em CETESB (2015, 2016, 2017).

(*) Valor acima do padrão CONAMA

Segundo a CETESB (2017) para a condutividade elétrica os valores acima de $100\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados e para o ponto amostral de Araraquara no mês de julho de 2014 o valor se aproximou da referência máxima e em setembro do mesmo ano ultrapassou o valor, indicando um possível impacto ambiental.

No mesmo ano nota-se que o menor valor para oxigênio dissolvido na comparação dos três anos analisados, sendo registrado em novembro um valor pouco acima da referência CONAMA e com um índice de precipitação de chuva atingindo a média histórica para o mês. Conseqüentemente ocorre a diminuição da fotossíntese pelo fitoplâncton devido à transparência da água (ESTEVES, 1998). Além disso, a maior temperatura diminui a solubilização do oxigênio (SILVEIRA, 2004).

Ainda em Setembro de 2014 foi registrado um aumento na quantidade de fósforo.

Quadro 5 – Resultados dos parâmetros e indicadores de qualidade de água registrados pela CETESB no ponto amostral de Ribeirão Bonito JCGU03200.

Descrição do parâmetro	Padrão CONAMA	2014			2015			2016		
		23/Jul	03/Set	05/Nov	14/Jul	15/Set	04/Nov	05/Jul	08/Set	17/Nov
Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$		112,5	130,6	74,8	92,5	116,7	61,5	76,8	79,3	62,4
Oxigênio dissolvido mg/L	> 4	6,7	5,91	5,55	7,7	6,6	4,74	7,23	7,27	5,84
pH	6 até 9	6,54	6,98	6,65	7,96	7,23	6,77	7,11	7,39	7,1
Temperatura	°C	18,1	21,7	24,5	19,8	21,7	24,4	19,8	19,5	24,1
DBO (5,20) mg/L	< 10	6	10	5	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Fósforo total mg/L	< 0,15	0,12	*0,185	*0,297	0,075	*0,157	0,087	0,075	0,068	0,065
Nitrogênio total mg/L		7,06	6,21	5,92	5,03	5,47	1,686	3,3	2,84	2,11
Sólidos Dissolvidos totais mg/L	< 500	< 50	< 50	< 50	62	125	53	66	81	< 50
Turbidez UNT	< 100	11	23	55	12	18	18	11	15	17

Fonte: baseado em CETESB (2015, 2016, 2017).

(*) Valor acima do padrão CONAMA

Para o trecho do rio em Ribeirão Bonito, ocorrem valores altos de condutividade elétrica em julho e setembro de 2014, e em julho e setembro de 2015. No mês de julho e

setembro de 2014 foram registrados valores acima do padrão CONAMA para fósforo. No ano de 2015 no mês de julho o valor da condutividade elétrica estava próximo do valor de referência da CETESB, mas em setembro do mesmo ano o valor foi ultrapassado.

Nos dois pontos – Ribeirão Bonito e Araraquara, os valores de fósforo podem ter ocorrido devido a processos antropogênicos como lançamento de esgoto, detergentes, fertilizantes e pesticidas (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). EM ambos os pontos o cultivo predominante da área é a cana de açúcar.

Outra variável da qualidade de água é a mortalidade de peixes. Segundo a CETESB (2017) a mortalidade de peixes também é um indicador de pressão no corpo d'água, pois as mortalidades estão normalmente associadas a alterações da qualidade da água. Entretanto nem sempre é possível identificar suas causas, mas o seu registro consiste em um bom indicador da suscetibilidade do corpo hídrico em relação às fontes de poluição.

Atendimentos de ocorrências de mortalidade de peixes (Quadro 6) realizadas pela CETESB, levando-se em consideração apenas os pontos de coleta no rio Jacaré Guaçu entre Itirapina a Araraquara. Segundo o relatório da CETESB (2017) os dados foram obtidos nos registros de reclamações feitas pela população à CETESB, dos atendimentos realizados pelas Agências Ambientais e áreas de apoio (Setor de Comunidades Aquáticas – ELHC e Divisão de Amostragem) e das ocorrências derivadas dos atendimentos às emergências químicas, realizados pelas Agências Ambientais da CETESB e pelo Setor de Atendimento às Emergências – CEEQ da CETESB. Os números apresentados não correspondem exatamente ao somatório dessas diferentes fontes, uma vez que algumas ocorrências geram mais de um registro de reclamações, ou mais de um atendimento.

Quadro 6 – Ocorrências de mortalidade de peixes e atendidos pela CETESB nos trechos contribuintes aos pontos de coletas.

Ano	Data	Local	Organismo	Motivo	Município
2013	15/12	Rio Jacaré	Não especificado	Indeterminado	Ribeirão Bonito
2016	20/10	Represa do Broa	Tilápias	Indeterminado	Itirapina

Fonte: CETESB (2017).

2.2 Índices de Qualidade Ambiental

A avaliação da qualidade da água doce no Estado de São Paulo é complementada por meio de análises temporais, que consistem na comparação com dados obtidos naquele

ano com os cinco anos anteriores e análise espacial através da elaboração de perfis sanitários. (CETESB, 2016). Também fazem parte desta avaliação e apresentados no Relatório de Qualidade de Águas Superficiais do Estado de São Paulo publicado pela CETESB vários índices, dentre os quais podem ser mencionados os que têm relação com este trabalho:

. IQA - Índice de Qualidade das Águas que foi criado em 1970, nos Estados Unidos e a partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB e hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no País. Foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são: DBO, coliformes fecais, fósforo total, nitrogênio total, OD, pH, resíduo total, temperatura e turbidez. A avaliação da qualidade da água obtida apresenta limitações, já que é composto apenas por 9 parâmetros dos 35 propostos inicialmente.

. IET - Índice do Estado Trófico - tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias, processo conhecido como eutrofização. Nesse índice, os resultados do índice calculados a partir dos valores de fósforo, devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo.

. IVA - Índices de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas - tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral, levando em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e duas variáveis consideradas essenciais para a biota (pH e OD), variáveis essas agrupadas no IPMCA (Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática) que considera a concentração de substâncias que causam efeito tóxico sobre os organismos aquáticos, além do pH e do oxigênio dissolvido. Os limites dos parâmetros são aqueles determinados pela Resolução CONAMA nº 357 para as classes de enquadramento que se destinam à preservação da vida aquática, bem como o IET. Desta forma, o IVA fornece informações não só sobre a qualidade da água em termos ecotoxicológicos, como também sobre o seu grau de trofia.

. IPMCA - Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática - composto por dois grupos de variáveis: o grupo de variáveis essenciais (oxigênio

dissolvido, pH e toxicidade) onde cada variável incluída no IPMCA, são estabelecidos três diferentes níveis de qualidade, com ponderações numéricas de 1 a 3 e que correspondem a padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, e padrões preconizados pelas legislações americana e francesa. Estes estabelecem limites máximos permissíveis de substâncias químicas na água, com o propósito de evitar efeitos de toxicidade crônica e aguda à biota aquática. O outro grupo é o de substâncias tóxicas (cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes) onde foram incluídas as variáveis que são atualmente avaliadas pela Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo e que identificam o nível de contaminação por substâncias potencialmente danosas às comunidades aquáticas.

. ICB - Índice da Comunidade Bentônica é analisado amostras de sedimento para análise das comunidades bentônicas e são calculados os seguintes índices descritores da estrutura das comunidades bentônicas:

1. Riqueza (S), sendo a soma das categorias taxonômicas encontradas na amostra, exceto as espécies exóticas com potencial de invasão.

2. Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H'), em \log_2 (Washington, 1984). Utilizado em situações em que a comunidade inteira não pode ser inventariada, equação: $H' = - \sum p_i \cdot \log p_i$, onde $p_i = n_i/N$ (n_i = número de indivíduos de cada táxon na amostra e M = número total de indivíduos na amostra).

3. Índice de Comparação Sequencial (ICS) (Cairns & Dickson, 1971), em cujo cálculo foi empregado software desenvolvido pelo prof. Dr. Aristotelino Monteiro Ferreira para a CETESB (Henrique-Marcelino et al., 1992), permite estimar a variação morfológica de espécies separando os organismos de certa área, agrupando os indivíduos morfológicamente semelhantes, sem a determinação da espécie.

4. Razão Tanytarsini/Chironomidae (Tt/Chi) (USEPA, 1988).

5. Riqueza de taxa sensíveis (Ssens), em que foram consideradas sensíveis às famílias de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e os gêneros *Stempellina*, *Stempellinella* e *Constempellina* de Chironomidae-Tanytarsini em rios e as famílias de Ephemeroptera, Odonata, Trichoptera e os gêneros *Stempellina*, *Stempellinella* e *Constempellina* de Chironomidae-Tanytarsini em reservatórios.

6. Dominância de grupos tolerantes (T/DT, onde T= densidade de tolerantes e DT= densidade total de organismos da amostra), tendo sido considerados tolerantes, Tubificidae sem queta capilar, Tubificidae com queta capilar (se Tubifex), Naididae e *Chironomus*, em rios e *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Bothrioneurum*, Tubifex, Dero, Pristina, Pristinella e Chironomus, em reservatórios.

Para o diagnóstico, estes descritores foram fundidos em índices multimétricos, adequados a cada tipo de ambiente. Para o cálculo do Índice da Comunidade Bentônica apenas um dos índices de diversidade (H' ou ICS) é considerado, dando-se preferência ao ICS. O valor final, que gera o diagnóstico ou a classificação final da qualidade do habitat, será simplesmente a média aritmética do ranking dos índices parciais.

. ICTEM - Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município sendo formado por cinco elementos: coleta; existência e eficiência do sistema de tratamento de esgoto; remoção da carga orgânica em relação à carga potencial; a destinação do lodo e dos resíduos; e o não desenquadramento da classe do corpo receptor pelo efluente tratado e lançamento direto e indireto de esgotos não tratados; sendo atribuído o valor 10.

Na UGRHI 13, sub-bacia Jacaré Guaçu foram determinados e apresentados no Relatório de Qualidade de Águas Superficiais 2017 da CETESB os índices IQA, IET, IVA, ICTEM e seus resultados apresentados a seguir. O ponto JCGU03200 refere-se ao local de amostragem no município de Ribeirão Bonito-SP e o ponto JCGU03400 ao local de amostragem no município de Araraquara-SP. Nos outros dois pontos de coletas deste estudo (São Carlos e Itirapina) a CETESB não realiza a aplicação desses testes.

Os resultados obtidos no ano 2016 do IQA (Tabela 2) realizadas pela CETESB nos pontos JCGU03200 e JCGU03400 classificou a qualidade das águas como boa.

Tabela 2 – Resultados mensais e média anual do IQA 2016.

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	IQA 2016
13	Rio Jacaré-Guaçu	JCGU03200	59		66		67		68		65		63		65
		JCGU03400	59		56		70		74		61		70		65
			Ótima		Boa		Regular		Ruim		Péssima				

Fonte: CETESB (2017).

O monitoramento do IQA no ponto de monitoramento JCGU03200 iniciou-se em 2011 e no ponto JCGU03400 em 2001. O histórico das medições do IQA a partir de 2001 (Quadro 7) no ponto JCGU03400 apresenta entre 2001-2003 a classificação como regular e até o 2016 o IQA recebeu a classificação como boa. No ponto JCGU03200 onde a medição iniciou-se em 2011 o IQA em todos os anos foi classificado como boa.

Quadro 7 – Histórico do Índice da Qualidade da Água – IQA nos pontos de monitoramento JCGU03200 e JCGU03400.

Ano		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Pontos	JCGU3200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	64	64	57	59	65
	JCGU3400	51	51	48	56	55	53	59	61	53	67	66	68	66	60	62	65
		Boa		Regular		Ruim		Péssima									

Fonte: baseado em CETESB (2002 a 2017).

Segundo a CETESB (2017) no seu relatório, apêndice D, o IET sofre influência devido a:

...variabilidade sazonal dos processos ambientais que têm influência sobre o grau de eutrofização de um corpo hídrico, esse processo pode apresentar variações no decorrer do ano, havendo épocas em que se desenvolve de forma mais intensa e outras em que pode ser mais limitado. Em geral, no início da primavera, com o aumento da temperatura da água, maior disponibilidade de nutrientes e condições propícias de penetração de luz na água, é comum observar-se um incremento do processo, após o período de inverno, em que se mostra menos intenso. Nesse sentido, a determinação do grau de eutrofização médio anual de um corpo hídrico pode não identificar, de forma explícita, as variações que ocorreram ao longo do período anual, assim também serão apresentados os resultados mensais para cada ponto amostral.

As análises do IET nos dois pontos durante o ano 2016 (Tabela 3) registrou em apenas no ponto JCGU03200 em Janeiro de 2016 o estado oligotrófico, no restante das amostragens o estado registrado foi mesotrófico. Entretanto, na média geral em 2016 os dois pontos de coletas registraram o IET como mesotrófico.

Tabela 3 – Resultados mensais e média anual do IET 2016

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	IET 2016
13	Rio Jacaré-Guaçu	JCGU03200	52,02				53,56		56,44				55,86		54,47
		JCGU03400	53,09				53,59		52,98				53,71		53,34
			Mesotrófico		Eutrófico		Supereutrófico		Hipereutrófico						

Fonte: CETESB (2017).

Nota-se que praticamente em todos os meses amostrados, a classificação foi mesotrófico, entretanto ao se verificar os valores de fosforo total (PT) os valores estão abaixo do padrão CONAMA. Segundo a CETESB (2017) para a interpretação dos resultados nos rios, os pontos são classificados conforme os resultados obtidos para o IET anual, sendo assim, para cada ponto serão utilizados as médias geométricas das concentrações de PT e clorofila *a* para cálculo do IET (PT) e IET (CL) anual, sendo o IET final resultante da média aritmética simples dos índices anuais relativos ao PT e a clorofila *a*. Fórmulas:

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20$$

onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

CL: concentração de clorofila *a* medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln: logaritmo natural.

O resultado dos valores mensais apresentados na tabela segundo a equação:

$$\text{IET} = [\text{IET (PT)} + \text{IET (CL)}] / 2$$

Histórico do IET a partir 2002 no ponto JCGU03400 e posteriormente no ponto JCGU03200 (Quadro 8). Durante os anos registrados das análises a categoria o IET variou bastante com a primeira medição em 2002 em JCGU03400 hipereutrófico, passando em 2003 para supereutrófico e no restante dos anos variando entre mesotrófico e eutrófico. A exceção ocorreu no ano de 2013 onde a categoria enquadrada foi oligotrófico.

No ponto JCGU03200 a medição teve início em 2013 com a medição na categoria oligotrófico e nos anos seguintes variando entre mesotrófico e eutrófico.

Quadro 8 - Histórico do Índice de Estado Trófico IET nos pontos de monitoramento JCGU03200 e JCGU03400.

Ano		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Pontos	JCGU3200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	59	61	54,5
	JCGU3400	68	65,93	54,48	60	60	58,9	52,5- 59,5	60,3	55	-	57	48	57	58	53,3
		Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico		Supereutrófico		Hipereutrófico							

Fonte: baseado em CETESB (2003 a 2017).

Outra variável monitorada é o IVA que registou na sua média anual a qualidade da água como regular (Tabela 4). Os destaques são para o ponto JCGU03200 no mês de maio e o ponto JCGU03400 no mês de Julho que registrou a categoria como boa.

Tabela 4 – Resultados mensais e média anual do IVA 2016.

UGHRI	Corpo Hídrico	Ponto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	IVA 2016
13	Rio Jacaré-Guaçu	JCGU03200	3,4				3,2		4,4				4,4		3,9
		JCGU03400	4,4				4,4		3,2				4,4		4,1
			Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima								

Fonte: CETESB (2017).

A análise do IVA começou a partir 2002 no ponto JCGU03400 e apenas em 2013 iniciou-se no ponto JCGU03200 (Quadro 9). O IVA também sofre variações na sua classificação durante os anos, no ponto JCGU03200 a primeira análise registrou a categoria boa, mas nos anos posteriores já ocorre à mudança para a categoria de regular. No ponto JCGU03400 as variações das categorias são maiores abrangendo quase todas, exceto boa e péssima.

Quadro 9 - Histórico do Índice da Qualidade da Água para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas IVA nos pontos de monitoramento JCGU03200 e JCGU03400.

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Pontos	JCGU3200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,3	4	4,5	3,9	
	JCGU3400	5,2	5	4,3	4,8	5,2	4,3	3,4 - 4,5	4,6	3,6	-	3,6	2,5	5	3,8	4,1
		Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima										

Fonte: baseado em CETESB (2003 a 2017).

O Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município (ICTEM) é outra variável monitorada, formado por cinco elementos e com uma média ponderada de 10 (Tabela 5).

Tabela 5 – Composição do ICTEM.

Elemento do indicador		Composição (%)	Ponderação
1	Coleta	15	1,5
2	Tratamento e eficiência de remoção	15	1,5
3	Eficiência global de remoção	65	6,5
4	Destino adequado de lodos e resíduos de tratamento	2	0,2
5	Efluente da estação não desenquadra a classe do corpo receptor	3	0,3
Total		100	10

Fonte: CETESB (2017).

Notas:

i) coleta: % da população urbana atendida por rede de esgotos ou sistemas isolados.

ii) tratamento e eficiência de remoção: % da população urbana com esgoto tratado.

iii) a eficiência global de remoção depende da eficiência unitária das ETEs. Se a eficiência global for igual ou maior que 80%, o valor para esse elemento do indicador será de 6,5.

Fórmula:

$$\text{ICTEM} = 0,015C + 0,015T + 0,065E + D + Q$$

Sendo:

C = % da população urbana atendida por rede de coleta de esgotos;

T = % da população urbana com esgoto tratado;

E = Eficiência global de remoção de carga orgânica, que é: $(0,01C * 0,01T * 0,01N) * 100$;

N = % de remoção da carga orgânica pelas ETEs;

D = zero se destinação de lodos e resíduos de tratamento for inadequada e 0,2 se for adequada;

Q = zero se efluente desenquadrar a classe do corpo receptor ou existir lançamento direto ou indireto de esgotos não tratados. Será atribuído o valor de 0,3 se o efluente não desenquadrar a classe do corpo receptor.

Registraram-se em Araraquara, Ibaté, Itirapina Ribeirão Bonito e São Carlos os seguintes valores para o ICETEM descritos no Quadro 10.

Quadro 10 - Histórico do Índice de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município (ICTEM)

Ano		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Cidades	Itirapina	8,1	8,1	8,1	8,12	8,43	6,92	7,79	10	10
	São Carlos	1,4	6,3	5,272	6,29	7,83	6,65	8,27	9,86	9,86
	Ibaté	7,3	7,3	7,3	7,33	4,34	4,34	4,85	4,85	5,68
	Ribeirão Bonito	1,4	1,4	1,4	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
	Araraquara	8,2	7,6	7,6	7,61	8,12	8,12	6,33	7,74	6,84

Fonte: baseado em CETESB (2008 a 2016).

Entre os quatros pontos de coleta, nota-se que houve uma melhora significativa no ICTEM em Itirapina e São Carlos, entretanto Araraquara e Ibaté tiveram seus resultados oscilando durante os anos com uma queda no índice a partir de 2008 para Araraquara e 2011 para Ibaté.

O Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP) é um índice utilizado para o abastecimento público, sendo um produto da ponderação dos resultados atuais do IQA (Índice de Qualidade de Águas) e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é composto pelo grupo de substâncias que afetam a qualidade organoléptica da água, bem como de substâncias tóxicas. Foram registradas apenas algumas medições pela CETESB no ponto JCGU03400 (Quadro 11).

Quadro 11 – Resultados das médias anuais do IAP ponto JCGU03400.

Ano		2002	2003	2004	2005	2006	2007
Ponto	JCGU3400	46	-	-	47	49	58
		Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima	

Fonte: baseado em CETESB (2003 a 2008).

2.3 Macroinvertebrados Aquáticos

A comunidade bentônica é formada por animais (zoobentos) e vegetais (fitobentos) e esta comunidade pode habitar o sedimento aquático. Os zoobentos compreendem animais invertebrados e vertebrados que são encontrados em quase todos os tipos de habitats de água doce e a maioria deles pertence aos grupos dos protozoários, poríferos, rotíferos, platelmintos, nematoides, anelídeos, moluscos, crustáceos e os insetos. Em geral as larvas de inseto tendem a ser o grupo mais abundante (EATON, 2004; EGLER, 2002; ESTEVES,

1988). Podem ser visto com observação direta e capturados em uma malha que varia de tamanho podendo chegar até 500 μm (micrômetros) (ESTEVES, 1998; MARGALEF, 1983).

As comunidades aquáticas se localizam em diferentes regiões do substrato e esta distribuição está relacionada com o tipo de substrato, da concentração de matéria orgânica, da velocidade e transporte de sedimento pela corrente da água, da temperatura e da concentração de oxigênio dissolvido na água (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Para Salles & Ferreira-Júnior (2014) os organismos aquáticos podem ser agrupados em três categorias, de acordo com o local que passam a maior parte do seu tempo:

- Bentônicos → organismos associados ao fundo ou a qualquer substrato relacionado;

- Pelágicos → aqueles que vivem suspensos na coluna d'água – enquanto alguns podem ser levados pela corrente (plâncton), outros têm a capacidade de nadar independente desta (nécton);

- Nêuston → os que vivem acima (epinêuston) ou logo abaixo (hiponêuston) da superfície da água, associados à tensão superficial.

Os macroinvertebrados, de acordo com Kuhlmann et al (2012, p.19):

Colonizam o substrato de fundo dos ambientes aquáticos (bentos), onde podem viver na água de fundo (hiperbentos), sobre o substrato (epifauna), se enterrar em sedimento mais fino (infauna), ocupar os espaços entre os grãos de areia (fauna intersticial), ou podem estar associados às macrófitas (fitófilos) ou ao filme superficial (nêuston).

De acordo com Salles & Ferreira-Júnior (2014), em relação ao habitat, um inseto aquático não se restringe apenas à área onde ele vive, mas ao conjunto das características associadas com a velocidade da correnteza mais o substrato no caso dos insetos bentônicos. Associando todos os itens citados podem-se organizar os insetos aquáticos de acordo com uma classificação funcional quanto ao seu hábito de ocupação. Nesta classificação, a seguir, um dado inseto aquático não pertence a uma determinada categoria a vida toda ou todo o tempo:

- Reptantes: insetos bentônicos que habitam substratos em áreas de deposição ou correnteza fraca, tais como pedras, sedimentos finos, madeira, folhiço de fundo. As

principais adaptações relacionam-se à proteção das superfícies respiratórias contra a abrasão por conta dos sedimentos na água;

- Agarradores: insetos bentônicos que habitam substratos em áreas de erosão (zonas de forte correnteza ou batimento de ondas), tais como pedras, troncos, raízes, folhiço de superfície. Adaptados a ficarem fortemente aderidos ao substrato, seja por meio de pernas ou garras tarsais robustas, corpo achatado dorso-ventralmente, presença de ventosas na superfície ventral do corpo, etc;

- Escaladores: insetos bentônicos que habitam substratos como caules e raízes de plantas, algas filamentosas, musgos. Apresentam modificações para se moverem verticalmente entre superfícies finas e cilíndricas ou ramificadas;

- Fossadores: insetos bentônicos que habitam substratos arenosos ou argilosos, ou eventualmente substratos mais duros. Possuem adaptações para cavar o substrato, como pernas fossoriais, ou para manter túneis no substrato (glândulas de seda, por exemplo);

- Nadadores: insetos bentônico-pelágicos respiram o oxigênio dissolvido no próprio ambiente aquático e nadam por meio de ondulações do corpo;

- Mergulhadores: insetos bentônico-pelágicos, em geral respiram ar. Apresentam pernas natatorias, especialmente as posteriores;

- Patinadores: insetos neustônicos, deslizam sobre a superfície da água sem romper a tensão superficial. Apresentam cerdas hidrófugas na extremidade dos tarsos e/ou garras pré-apicais. Podem ainda apresentar pernas longas, distribuindo o peso do corpo;

- Saltadores: insetos neustônicos, pulam sobre a superfície da água. Apresentam estruturas saltatorias, como a fúrcula, no caso de Collembola, ou pernas posteriores bem desenvolvidas, como no caso de Ensiifera.

Para Silveira (2004) o uso de macroinvertebrados bentônicos para o monitoramento de rios atua como uma ferramenta de vigilância, sendo uma metodologia para acompanhar as condições do ecossistema e detectar impactos acidentais ou de atividades produtivas. A diversidade e a densidade populacional dos organismos bentônicos dependem, em primeiro lugar, da quantidade de alimento disponível e da concentração de oxigênio (ESTEVEZ, 1988). Segundo o Laboratório de Ecologia de Bentos da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), o ciclo de vida dos macroinvertebrados bentônicos é longo, podendo viver entre semanas, meses e mesmo mais de um ano, caracterizando-se como "organismos sentinelas".

Habitam praticamente todos os ecossistemas aquáticos, possuem facilidade no uso de manipulações experimentais e resultados precisos; tolerância a vários graus de impacto; estão presentes antes e após eventos antrópicos (BICUDO & BICUDO, 2004; ROSENBERG & RESH, 1993).

Os macroinvertebrados são considerados bons indicadores da poluição ambiental em sistemas lóticos e são amplamente usados na formulação de índices bióticos devido à resposta aos estresses hidráulicos, orgânicos e tóxicos com a redução de espécies sensíveis e a proliferação de espécies tolerantes, por serem sedentários ou de motilidade reduzida e estão associados ao sedimento (BARBOUR et al, 1999; KUHLMANN et al, 2012; SILVEIRA, 2004).

Algumas medidas bioindicadoras da comunidade de macroinvertebrados bentônicos são frequentemente utilizadas para avaliar a qualidade da água e do ecossistema aquático e a sua resposta ao aumento ou diminuição do valor da medida bioindicadora dependerá do seu comportamento em relação ao impacto (Quadro 12) (SILVEIRA, 2004).

Quadro 12 – Alguns exemplos de medidas de bioindicadores e sua resposta esperada com perturbação.

Categoria	Medida	Resposta esperada com impacto
Riqueza	Riqueza taxonômica total	Diminui
	Riqueza de EPT	Diminui
Enumerações	% EPT	Diminui
	% Chironomidae	Aumenta
Índices Bióticos	BMWP	Diminui
Índice de diversidade e de Equitabilidade	Índice de diversidade de Shannon	Diminui

Fonte: SILVEIRA (2004).

Segundo Alba-Tercedor (1996) outra vantagem deste grupo é a necessidade de um tempo mínimo após uma perturbação para a recolonização, aproximadamente de um mês ou mais. Sendo assim, a perturbação poderá ser detectada por várias semanas ou até meses depois do ocorrido.

A recolonização de espécies implica em substituição de algumas espécies por outras, devido à resposta dos fatores ambientais e/ou espaciais e processos históricos de dispersão (BASELGA; JIMÉNEZ-VALVERDE; NICCOLINI, 2007).

De acordo com Holanda (2011) a recolonização dos substratos pode ser de espécies provenientes de locais não perturbados no canal do riacho com o efeito mais provável do distúrbio é a redistribuição dos organismos entre os diferentes habitats.

Segundo Dornfeld (2002) deve-se analisar a aptidão de cada organismo possui a diferentes tipos de substrato como areia, pedras, argila/silte, devido à íntima associação com o substrato a que maioria dos macroinvertebrados vivem e se observa que muitos apresentam algum grau de especialização.

Segundo Kuhlmann et al (2012) os macroinvertebrados são os componentes efetivos para o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, agindo nos processos de transferência de energia, na ciclagem de nutrientes, na movimentação de contaminantes e nutrientes dos sedimentos por:

1. Biorrevolvimento ou bioturbação→ alteração física e química dos sedimentos através da escavação do substrato ao se enterrem;
2. Bioacumulação→ aumento da concentração corpórea de determinada substância devido ao tempo de contato;
3. Transferência trófica ou biomagnificação→ aumento da concentração com o nível trófico;
4. Biodegradação→ modificação após ingestão da substância;
5. Migração→ quando o contaminante é transportado para outro sistema ou trecho do mesmo ambiente.

Estes organismos habitam praticamente todos os ecossistemas aquáticos, possuem facilidade no uso de manipulações experimentais e resultados precisos; tolerância a vários graus de impacto; estão presentes antes e após eventos antrópicos (BICUDO & BICUDO, 2004; ROSENBERG & RESH, 1993).

Alguns autores relacionam os macroinvertebrados bentônicos em grupos segundo a sensibilidade à poluição e dentro destes grupos existem exceções. Um grupo de organismos classificados como sensíveis ou intolerantes inclui principalmente representantes das ordens de insetos aquáticos Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, os quais são organismos que possuem elevada necessidade de concentrações de oxigênio dissolvido na água e geralmente habitam ambientes com alta diversidade de habitats (DE CÁSSIA FRENEDOZO, 2011; GOULART; CALLISTO, 2003).

Segundo Bispo et al (2001) os Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) são organismos comuns em ambientes lóticos de baixa e média ordem, sendo muitos sensíveis às interferências ambientais.

Outro grupo de organismos é classificado como tolerantes são formados por uma ampla variedade de insetos aquáticos e outros invertebrados, incluindo moluscos, bivalves, algumas famílias de Díptera, e principalmente por representantes das ordens Heteroptera, Odonata e Coleoptera, embora algumas espécies destes grupos sejam habitantes típicos de ambientes não poluídos (BUSS et al., 2003; CALLISTO, 2000; GOULART & CALLISTO, 2003; RODRIGUES, 2007). A necessidade de concentrações elevadas de oxigênio dissolvido é menor, alguns representantes como os Heteroptera, adultos de Coleoptera e alguns Pulmonata (Gastropoda) utilizam o oxigênio atmosférico. A diversidade de habitats diminui, muitos heterópteros e coleópteros vivem na lâmina d'água ou interface coluna d'água-superfície.

Segundo Alba-Tercedor (1996), os organismos habitam cursos de água possuem adaptações a determinadas condições ambientais, com limites de tolerância a diferentes alterações dos mesmos. Estas tolerâncias podem variar de sensíveis por não aceitar as novas condições, comportando-se como "intolerantes", enquanto outros são tolerantes, por não serem afetados.

Alguns macroinvertebrados como os Chironomidae (Insecta: Diptera) e os Tubificidae e Naididae (Annelida: Oligochaeta) estão praticamente em todos os tipos de ecossistemas aquáticos, principalmente em ambientes impactados e enriquecidos por matéria orgânica onde as populações desses atingem elevadas densidades (ESTEVES, 1998).

A classe Oligochaeta tem como os principais fatores que influenciam sua ocorrência e distribuição são a estrutura do substrato, conteúdo de matéria orgânica e fluxo de água (Rosa; Martins; Alves, 2015), sendo importante na ciclagem de matéria orgânica nos ecossistemas de água doce (SANCHES et al, 2016).

O conhecimento sobre a abundância, composição dos Oligochaeta pode ser utilizado como um indicador biológico da qualidade da água e dos sedimentos (GORNI; PEIRÓ; SANCHES, 2015; MARTINS; STEPHAN; ALVES, 2008).

A relação entre os macroinvertebrados e a maneira que obtém o alimento está relacionada com o impacto que ocorre no rio e estes grupos ou categorias tróficas são

usualmente utilizados em estudos de impacto ambiental, por fornecerem informações sobre o que está afetando a fauna local, em função da proporção e abundância dos diversos organismos que compõem a comunidade daquele ambiente (SILVEIRA, 2004). Os insetos aquáticos apresentam cinco grupos tróficos funcionais: fragmentadores que se alimentam de tecido vegetal, podendo ser herbívoro ou detritívoro; coletores ao alimentam-se de matéria orgânica particulada fina, podendo ser detritívoros ou filtradores; raspadores que se alimentam de perifíton; predadores; e parasitos (MERRITT & CUMMINS, 1996).

2.4 Trabalhos realizados na Sub-bacia Jacaré Guaçu

Na área estudada, a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo Tietê-Jacaré (UGRHi 13), Sub-bacia do rio Jacaré Guaçu, já foram feitos diversos levantamentos com vários enfoques e podem-se destacar os trabalhos seguintes.

Teixeira (1993) analisou as variáveis físicas, químicas e da comunidade bentônica na sub-bacia do ribeirão do Feijão. Peláez (2001) na sub-bacia do alto Jacaré Guaçu realizou a avaliação da qualidade da água do Alto Jacaré Guaçu – SP (ribeirão do Feijão e rio Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas.

Andrade (2009) trabalhou com macroinvertebrados bentônicos e fatores físicos e químicos como indicadores de qualidade de água no Alto Jacaré Guaçu. O objetivo foi relacionar a riqueza e abundância dos macroinvertebrados bentônicos com a qualidade de água por meio de uso de mensurações e índices bióticos.

Fracácio (2006) realizou estudos limnológicos e ecotoxicológicos (laboratoriais e in situ), com ênfase na avaliação da toxicidade de metais e de pesticidas organoclorados em peixes (*Danio rerio* e *Poecilia reticulata* nos tributários do rio Monjolinho (São Carlos SP), sub-bacia Jacaré Guaçu. Campagna (2010) realizou estudos limnológicos e ecotoxicológicos no Alto da bacia do Jacaré Guaçu com ênfase em no desenvolvimento de sedimentos artificiais para avaliar a toxicidade do cromo com objetivo de avaliar a qualidade dos rios da bacia por meio de análises físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas. Nos testes ecotoxicológicos foram utilizados *Danio rerio* e *Poecilia reticulata* como organismos testes de toxicidade.

Roque; Corbi e Trivinho-Strixino (2000) contribuíram com informações para a elaboração de sistemas de avaliação da qualidade ambiental de córregos do Estado de São

Paulo (principalmente na região Centro-Oeste), utilizando macroinvertebrados como bioindicadores, sendo parte do estudo realizado na sub-bacia do Jacaré Guaçu. Pareschi (2008) estudou os macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água em rios e reservatórios da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré (SP) teve como objetivo de relacionar a riqueza e abundância dos macroinvertebrados bentônicos com a qualidade de água, sob duas metodologias de amostragem, substratos artificiais e substratos naturais, comparando também sistemas lóticos e lênticos.

Corbi et al (2006) realizaram o diagnóstico ambiental de metais e organoclorados nas sub-bacias do alto e médio Jacaré Guaçu, em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana de açúcar (Estado de São Paulo, Brasil).

Rezende (2011) avaliou a qualidade da água do rio Monjolinho, localizado no município de São Carlos-SP, usando o modelo matemático de qualidade da água QUAL-2E, através de estudos do nitrogênio em suas diversas formas amoniacal, nitrito, nitrato e da concentração de fósforo.

Carvalho (1996) fez a avaliação da qualidade da água e da interação entre o ecossistema aquático e o terrestre em dois afluentes do rio Jacaré Guaçu, na APA Corumbataí (Itirapina-SP). Silva (1998) trabalhou com a caracterização abiótica do ribeirão do Feijão, considerando dois regimes hidrológicos, chuva e seca (São Carlos-SP).

Souza e Tundisi (2000) realizaram um estudo hidroquímico comparativo entre duas bacias hidrográficas no estado de São Paulo, o rio Jacaré Guaçu e o rio Jaú.

Carvalho; Schlittler; Tornisielo (2000) fizeram uma amostragem limnológica e microbiológica sazonal em dois ribeirões na região de São Carlos (SP): ribeirão da Onça e ribeirão do Feijão que estão inseridos em área de intensa atividade pecuária e agrícola, dentro da sub-bacia do Jacaré Guaçu.

Novelli (2005) avaliou a qualidade dos compartimentos água e sedimento do rio Monjolinho, localizado na sub-bacia hidrográfica do Alto Jacaré Guaçu, na região centro-norte do estado de São Paulo.

Luzia (2009) estudou a estrutura organizacional do fitoplâncton nos sistemas lóticos e lênticos da bacia do Tietê-Jacaré (UGRHi-Tietê-Jacaré) em relação à qualidade da água e estado trófico.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é estudar as variáveis físicas e químicas, como também a comunidade de macroinvertebrados aquáticos indicadores de qualidade do ambiente aquático do rio Jacaré Guaçu-SP.

3.2 Objetivos Específicos

- Verificar as variáveis de temperatura da água, pH, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, fósforo total, nitrogênio total e matéria orgânica no sedimento.
- Descrever a estrutura e composição das comunidades de macroinvertebrados aquáticos nos locais estudados.
- Verificar a comunidade identificada, sua estrutura e composição face com os dados de qualidade física e química da água nos locais de amostragem, comparando as comunidades.
- Verificar a possível utilização das comunidades analisadas para o monitoramento do rio Jacaré Guaçu-SP em complementação ao monitoramento efetuado pela CETESB.

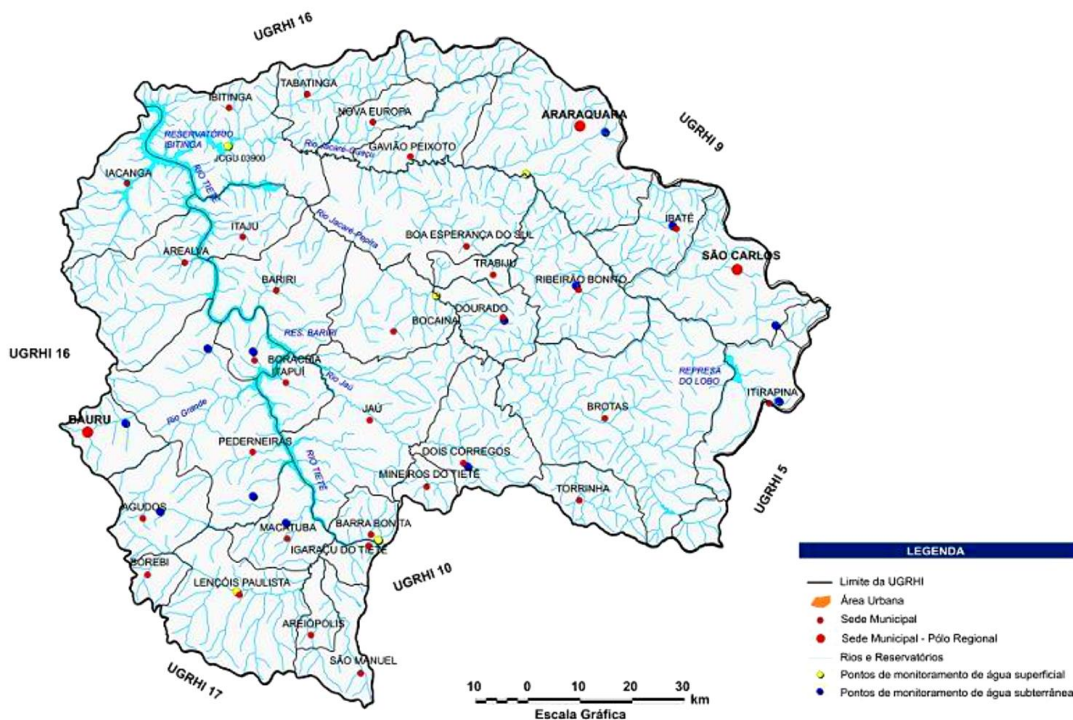
4 LOCAL DE ESTUDO

A sub-bacia do rio Jacaré Guaçu está localizada na região central do Estado de São Paulo, inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 (UGRHI) (Figura 6), cuja bacia de drenagem ocupa uma área de aproximadamente de 4.057 km², abrangendo os municípios de Nova Europa, Gavião Peixoto, São Carlos, Brotas, Analândia, Ribeirão Bonito, Araraquara, Ibaté, Matão, Ibatinga, Tabatinga, Dourado, Boas Esperança do Sul, Trabiju e Itirapina (SOUZA et al, 2015).

Conforme o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do CBH-TJ (2016), o clima dessa unidade, pela classificação de Köppen é do tipo Cwa – clima quente e úmido,

com inverno seco com temperaturas médias inferiores a 18°C e verão úmido com temperaturas médias acima de 22°C. Neste mesmo relatório, segundo o IPT/CPTI (CPTI, 2008) há os solos latossolo roxo e terra roxa estruturada, latossolo vermelho-escuro textura média e latossolo vermelho-amarelo textura média, poszólico vermelho-amarelo abrupto e não abrupto textura média, areias quartzosas, solos litólicos e cambissolos e planossolos.

Figura 6 - Localização da UGRHI-13 e seus cursos d'água.



Fonte: CBH-TJ (2016).

Setzer (1966) *apud* Funari; Schiavetto (2006) existem pequenas regiões com o tipo de clima Cwb – temperado úmido, com estações secas e temperaturas médias no mês mais quente inferiores a 22°C e no mês mais frio as médias são menores que 18°C.

Segundo o relatório da CETESB (2018), verifica-se que a média histórica anual de chuvas na UGRHI-13 é de 1.410mm, com uma alta precipitação em janeiro; já no mês seguinte ocorre uma diminuição que persiste até o mês de agosto e em setembro ocorre um aumento da média com início das chuvas e assim sucessivamente até dezembro. Este comportamento corrobora com a classificação de Köppen, que define o inverno seco com poucas chuvas e verão úmido com maior intensidade de chuvas.

A UGRHI-13 é dividida em seis sub-bacias, onde os principais são: o rio Tietê (que corta toda a URGHI em 150 km de extensão, de Barra Bonita à Ibitinga), os rios Jacaré-Guaçu (com 155 km de extensão que nasce na divisa entre os municípios de São Carlos e Itirapina) e Jacaré-Pepira (com 174 km de extensão que nasce na divisa entre Brotas e São Pedro), estes dois últimos que desaguando no rio Tietê em Ibitinga (CBH-TJ, 2016). Na região da URGHI13 as principais atividades econômicas estão ligadas principalmente à agroindústria (açúcar, álcool, processamento de cítricos) sendo classificada como em industrialização e os recursos hídricos superficiais são utilizados principalmente no setor rural com 58% do total da vazão captada, enquanto o setor industrial é responsável por 35% (CBH-TJ, 2015).

Nos maiores municípios como Bauru, São Carlos, Araraquara e Jaú outros setores da indústria como papel, bebidas, calçados e metal mecânica também se destacam, sendo esta UGRHI classificada como em industrialização (TEIA, 2016). Juntas estas cidades concentram cerca de 61% da população total da Unidade de Gerenciamento, sendo estimada em 1.530.664 a população urbana, coletados 98% do esgoto e tratados apenas 66% (CETESB, 2015).

Dados do Instituto Florestal do Estado de São Paulo de 2009, a bacia Tietê-Jacaré registrou cobertura vegetal com 57.916ha de Floresta Estacional Semidecidual, 2ha de Floresta Ombrófila Densa, 19.110ha de Formação Arbustiva em Região de Várzea, 33.651ha de savana, sendo no total de cobertura vegetal nativa 110.679ha.

De acordo com Dias; Salvador; Branco (2014) em estudo realizado no município de São Carlos usando o Sistema de Informações Geográficas (SIG) o rio Jacaré Guaçu neste município apresenta várias áreas de preservação permanente (APP) com matas fechadas ou em estágios de regeneração.

Segundo Rodrigues (2001), dos diversos impactos antrópicos do uso da terra na sub-bacia do Alto Jacaré Guaçu, pode-se citar: [...] desmatamento e a substituição por monocultura e pastagens; erosão e assoreamento; expansão urbana próxima as nascentes; descontrole na comercialização e uso de agrotóxicos.

Souza *et al* (2015) determinaram uso do solo na bacia hidrográfica do Jacaré Guaçu por meio de sistematização metodológica no SIG SPRING usando imagens de 2004, sendo verificado um predomínio de pastagens, campos, cultura temporária, vegetação, cultura anual, silvicultura, área urbana, lagos e represas (Tabela 6).

Tabela 6 - Área ocupada pelas classes de usos dos solos.

Classe de Uso	Área em km ²	%
Vegetação	937,3	23,1
Pastagens/Campos	1270,5	31,3
Cultura Anual	524,4	13
Cultura Temporária	1012,5	24,9
Silvicultura	166,2	4,1
Área Urbana	14,7	3,2
Lagos e Represas	132,1	0,4
Total	4057,7	100

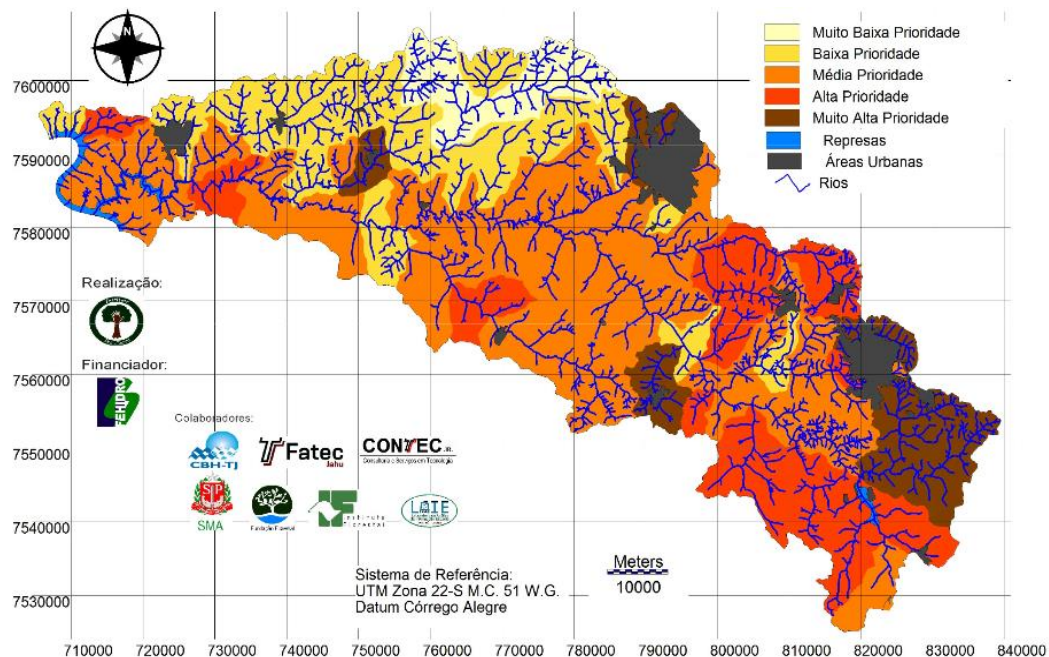
Fonte: SOUZA *et al* (2015).

A sub-bacia do rio Jacaré Guaçu e afluentes do rio Tietê ocupam uma área de 4.183,74 km², ocupando cerca de 35,4% do território da UGRHI-13. A demanda e a disponibilidade das águas superficiais na UGRHI 13 estão em uma situação confortável, entretanto, na sub-bacia do rio Jacaré Guaçu a demanda já atingiu 49,3% da disponibilidade, próximo do nível crítico de 50%. Essa sub-bacia tem fortes características rurais, que representam 67% do total da demanda, enquanto o setor industrial é responsável por 29% (CBH-TJ, 2015).

Segundo Attanasio *et al* (2014), a área da sub-bacia Jacaré Guaçu e afluentes diretos do rio Tietê tem como estimativa de vegetação nativa remanescente 45.455,75ha e que corresponde a 10,90% da área total da UGRHI-TJ. As áreas de preservação permanente (APP) correspondem a 15.876,07ha, ou seja, a 3,81% da sub-bacia, com uma vegetação nativa remanescente 5.332,41ha e APP degradada de 10.543,66ha sendo 66,41% do total da UGRHI TJ.

O Instituto Pró-Terra (2009) elaborou um plano diretor de restauração florestal visando à produção de água e a preservação da biodiversidade da UGRHI- Tietê Jacaré. Neste plano foram elencadas as áreas prioritárias para uma restauração florestal na sub-bacia Jacaré Guaçu (Figura 7).

Figura 7 – Sub-bacia Jacaré Guaçu e afluentes diretos do rio Tietê: áreas prioritárias.



Fonte: Instituto Pró-Terra (2009).

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (1999), a sub-bacia do rio Jacaré Guaçu é dividida em Alto Jacaré Guaçu com uma área de 1.112,91 km² e ocupando uma área de 9,5% da UGRHI, Médio Jacaré Guaçu com área de 1065,67 km² e área de 9% e Baixo Jacaré Guaçu com área de 1.708,34 km² e área de 14,5% na UGRHI (Figura 8).

Figura 8 - Divisão em sub-bacias da UGRHI13.



Fonte: IPT (1999).

Com a instalação da rede de monitoramento no Estado de São Paulo, que em alguns casos é compartilhado entre o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), os parâmetros analisados foram os ecotoxicológicos, física e química, hidrobiológico e microbiológico. As análises realizadas pela CETESB na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 – Tietê/Jacaré, na sub-bacia do rio Jacaré Guaçu, estão descritas no Quadro 13.

Quadro 13- Descrição das análises realizadas pela CETESB na UGRH 13, sub-bacia Jacaré Guaçu.

Parâmetros	Tipo
Físico	Coloração, condutividade, sólido dissolvido total, sólido total, temperatura da água, temperatura do ar, turbidez.
Químico	Alumínio (Al) dissolvido, Al total, bário total, cádmio total, carbono (C) orgânico dissolvido, C orgânico total, chumbo total, cloreto total, cobre (Cu) dissolvido, Cu total, cromo total, DBO _{5,20} , ferro (Fe) dissolvido, Fe total, PT, manganês total, mercúrio total, níquel total, nitrogênio (N) amoniacal, N Kjeldahl, N-nitrato, N nitrito, OD, pH, potássio, sódio, substância tensoativa reagem com azul de metileno e zinco total.
Hidrobiológico	Clorofila-a e feofitina-a.
Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>
Ecotoxicológico	Ensaio ecotoxicológico com <i>Ceriodaphnia dubia</i> .

Fonte: CETESB (2015).

5 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida coletando materiais em quatro pontos amostrais e em quatro campanhas, coletando-se água, macroinvertebrados aquáticos e sedimentos.

5.1 Pontos Amostrais

Foram realizadas coletas em quatro pontos de amostragem (Figura 9) no rio Jacaré Guaçu. O primeiro ponto de coleta foi no município de Itirapina-SP (Figura 10), a montante da represa do Lobo (Broa), ao lado da rodovia engenheiro Paulo Nilo Romano, SP-225, coordenadas geográficas: 22°15'29.679" S; 47°51'53.243" W. O segundo ponto de coleta foi no município de São Carlos-SP (Figura 11), coordenadas geográficas: 22°06'41.367" S; 47°59'46.990" W, de frente a entrada da fazenda Paineira. O terceiro ponto de coleta foi no município de Ribeirão Bonito – SP (Figura 12), ao lado da ponte na estrada de terra do bairro Malvinas, a jusante do córrego Santa Rufina, local onde há medições de alguns parâmetros da água pela CETESB, coordenadas geográficas 22°00'59.175" S, 48°07'29.977" W. O quarto ponto de coleta foi próximo da ponte na rodovia SP-255, no trecho que liga Boa Esperança do Sul a Araraquara, próximo à régua DAEE 5C-013, no município de Araraquara-SP (Figura 13), coordenadas: 21°51'32.9" S, 48°19'13.6".

Figura 10 – Ponto 1 de coleta, município de Itirapina, coleta em 17.Out.17 item A e em 25.Nov.17 no item B.



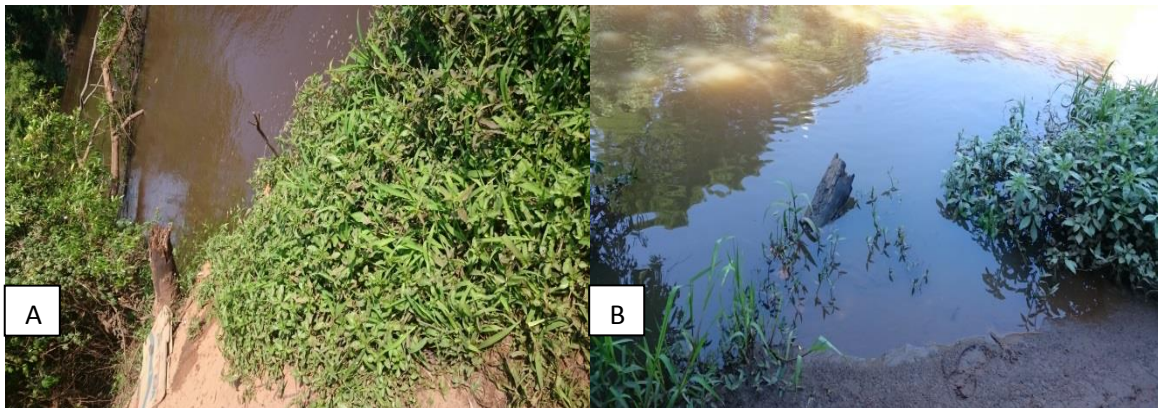
Fonte: Fernando Frigo (2017).

Figura 11 – Ponto 2 de coleta, município de São Carlos, coleta em 17.Out.17 item A e em 25.Nov.17 no item B.



Fonte: Fernando Frigo (2017).

Figura 12 – Ponto 3 de coletas, município de Ribeirão Bonito, coleta em 17.Out.17 item A e em 24.Nov.17 no item B.



Fonte: Fernando Frigo (2017).

Figura 13 – Ponto 4 de coletas, município de Araraquara, coleta em 17.Out.17 item A e em 24.Nov.17 no item B.



Fonte: Fernando Frigo (2017).

5.2 Caracterização ambiental

A caracterização ambiental seguiu o protocolo do programa BIOTA/FAPESP (Suriano, 2008; Saulino; Corbi; Caracciolo, 2011), que auxilia na padronização dos dados fornecendo um panorama qualitativo de cada ponto amostral.

Utilizando a planilha do protocolo, observou-se o uso do solo do entorno, alguma evidência de poluição e erosão, a vegetação ripária, comprimento do rio, cobertura do dossel, componentes inorgânicos e orgânicos do substrato e a largura da vegetação ripária.

As variáveis ambientais foram analisadas em quatro momentos, na primeira coleta realizada na data de 17.Out.17 nos quatro pontos. A segunda coleta realizou-se em dois dias, em 24.Nov.17 para os pontos de Araraquara e Ribeirão Bonito e dia 25.Nov.17 para os pontos de São Carlos e Itirapina. A terceira coleta realizou-se em 10.Mar.18 nos quatro pontos e a última coleta foi em 07.Abr.18 nos quatro pontos amostrais. Em todos os pontos utilizou-se da sonda de multiparâmetros (YSI 556 MPS) que registrou os valores dos parâmetros relacionados a seguir, sendo que em cada ponto de coleta realizaram-se três medições relativas às três réplicas amostradas.

Nos pontos de coletas determinados foram aferidas da água as variáveis de temperatura (°C), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigênio dissolvido (OD), total de sólidos dissolvido e potencial hidrogeniônico (pH) utilizando uma sonda multiparâmetros (YSI 556 MPS).

Para calcular a média dos parâmetros mencionados, utilizou-se a média aritmética (MÉDIAA) e o desvio padrão amostral (DESVPAD.A) no programa Excel. Posteriormente estes dados obtidos foram colocados no programa PAST v.3 – Palaeontological Statistics Software Package (2001) para a produção dos índices.

5.3 Amostragem e Identificação da Fauna

As coletas dos sedimentos e macroinvertebrados foram realizadas entre os meses de Outubro de 2017 até Abril/2018. Foram coletadas amostras de sedimento próximas da região marginal nos quatro pontos amostrais pelo método de varredura, conforme descrito por DOS SANTOS PINTO et al (2010). Apenas o tempo de varredura foi reduzido para 1 minuto devido à quantidade de material coletado pela rede em “D” (Figura 14) na coleta piloto em maio de 2017. O espaçamento utilizado na varredura foi de aproximadamente de 1m de comprimento. O material coletado foi acondicionado em potes contendo água do córrego etiquetado com data, local e o número da réplica, sendo posteriormente conduzido ao Laboratório de Biodiversidade da UNIARA para triagem e identificação.

Figura 14 – Amostrador tipo rede em “D”



Fonte: Muniz (2016).

O material coletado foi lavado com água de torneira (Kuhlmann, 2012) em peneira granulométrica Granutest, com malha de 0,210 mm, visando facilitar o processo de triagem eliminando partículas orgânicas e inorgânicas finas. Após o processo de lavagem realizou-se o processo de triagem dos macroinvertebrados aquáticos colocando-os em bandeja de plástico branca e com o transiluminador (Figura 15) debaixo da mesma para facilitar a triagem com a luz. Fez-se a separação dos macroinvertebrados com o auxílio pinça, estilete com ponta fina (agulha) e pipeta conta gotas. Os organismos foram acondicionados em frascos contendo formol 10% para os Oligochaeta e álcool 70% para os demais macroinvertebrados, para conservação do material. Posteriormente utilizou-se de estereomicroscópio e de chaves de identificação taxonômica dos macroinvertebrados aquáticos até família, de acordo com BRINKHURST & MARCHESI (1989), DE SOUZA; COSTA e OLDRINI (1973), HAMADA et al (2014), MUGNAI et al (2010), OTTOBONI SEGURA et al (2011).

Figura 15 – Processo de triagem utilizando-se da bandeja plástica e o transiluminador.



Fonte: Fotografado pelo autor (2017).

5.4 Matéria Orgânica no Sedimento

Em um sentido amplo, a matéria orgânica do solo pode ser definida pela composição de organismos vivos, resíduos de plantas e animais em vários estágios do processo de decomposição e nos solos tropicais, os atributos físicos e químicos da matéria orgânica são essenciais para a manutenção dos ecossistemas (SILVA; TORRADO; ABREU JÚNIOR, 1999).

O procedimento para análise da matéria orgânica no sedimento dos pontos estudados foi realizado no Laboratório de Saneamento Ambiental, vinculado ao Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo e no Laboratório de Química de UNIARA.

As amostras dos quatro pontos de coleta foram acondicionadas em recipientes de polipropileno não tóxico (500 ml) e mantidas refrigeradas até o procedimento laboratorial.

A determinação do teor de matéria orgânica pelo método de calcinação por meio do uso da mufla foi feita seguindo-se método descrito por Lopes do Carmo; Silva (2012) com as seguintes modificações: os cadinhos de porcelana foram previamente lavados com água deionizada, identificados e secos na estufa a 60°C por duas horas. Em seguida os cadinhos vazios foram acondicionados em um dessecador e em seguida pesados. Após a pesagem colocou-se 2,00 gramas de sedimentos úmidos e os cadinhos foram levados à estufa por 24 horas a uma temperatura de 105°C para uma secagem prévia visando eliminar toda a água presente nas amostras. Após esse período, os cadinhos foram acondicionados em forno do tipo mufla e incinerados em uma temperatura de 550°C por 4 h. Posteriormente o conjunto (cadinhos + amostras) foi acondicionado em dessecador para esfriar e, em seguida, pesado.

A concentração de matéria orgânica foi determinada em razão da perda de massa do sedimento, considerando-se o material perdido pela queima no intervalo de variação da temperatura de 105 °C a 550 °C, conforme a fórmula:

$$MO (\%) = \frac{(P - (T - C) \times 100)}{P}$$

P = peso da amostra (g) depois de aquecida a 105 °C;

C = tara do cadinho (g);

T = peso da cinza + cadinho (g).

5.5 Análises de Fósforo Total e Nitrogênio Total

O fósforo tem sua importância nos sistemas biológicos por participar dos elementos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, como armazenamento de energia e estruturação da membrana celular (ESTEVES, 1998). A presença do fósforo na água pode estar relacionada com dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição da matéria orgânica e processos antropogênicos como lançamento de esgoto, detergentes, fertilizantes e pesticidas (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Segundo Esteves (1998), o nitrogênio é importante devido a sua participação na formação de proteínas e está presente em diversas formas no ambiente aquático como Nitrato (NO_3^-), Nitrito (NO_2^-), Amônia (NH_3), Íon Amônio (NH_4^+), Óxido Nitroso (N_2O), Nitrogênio Molecular (N_2), Nitrogênio Orgânico. Parron, Muniz e Pereira (2011) o Nitrogênio Total (NTK) refere-se à combinação de íons de amônio e do nitrogênio orgânico.

As amostras de todos os pontos de coleta para as quatro amostras foram acondicionadas em recipientes de polipropileno não tóxico (1000 mL) e mantidas refrigeradas até a entrega no laboratório para a realização das análises.

Para a análise da água coletada em relação às variáveis químicas de Fósforo Total (PT) e Nitrogênio Total (NT), o material foi analisado e utilizando-se respectivamente os procedimentos do Standard Methods for Water and Wastewater Examination, 22ª edição, método 4500 PE e método 4500 Norg B (APHA; AWWA; WEF, 2012), para as coletas de outubro e novembro de 2017 no laboratório Keller Ambiental em Araraquara. Para as coletas de março e abril de 2018, os ensaios foram efetuados de acordo com a 23ª edição do Standard Methods, método SM 4500 PE para o Fósforo e método 4500 NTK B para o Nitrogênio (APHA; AWWA; WEF, 2017), no Laboratório de Saneamento da USP-São Carlos.

5.6 Aplicação de métricas

Com a intenção de relacionar a qualidade de água e seus reflexos na comunidade de macroinvertebrados bentônicos, algumas métricas e índices bióticos foram calculados.

As características da fauna de macroinvertebrados foram estabelecidas por meio da determinação da riqueza de famílias, do total de espécimes coletados, da dominância, do Índice de Simpson, do Índice de Shannon, Índice de riqueza de Margalef, do índice de Equitabilidade. Para avaliação da qualidade da água utilizou-se de diferentes métricas: Índice Biótico “Biomonitoring Working Party System” (BMWP), porcentagem de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera), razão entre o número de famílias de EPT e o número de famílias de macroinvertebrados (família EPT/Total de famílias x 100), análise de dimensionamento multidimensional não métrico (NMDS).

Os índices de Shannon, Margalef, Simpson, equitabilidade, dominância, riqueza de famílias, total de espécimes coletados e índice de similaridade de Morisita foram calculados utilizando-se o programa PAST v.3 – Palaeontological Statistics Software Package (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

O índice de diversidade de Shannon – Weaver (Odum, 1998) é expresso pela fórmula:

$$H' = - \sum P_i \cdot \log P_i$$

Onde:

$P_i = n_i/N$ = probabilidade de importância de cada espécie

n_i = número de indivíduos de cada táxon na amostra

N = número total de indivíduos na amostra

O índice de riqueza de Margalef é utilizado para estimar a biodiversidade de uma comunidade com base na distribuição numérica dos indivíduos das diferentes espécies em função do número total de indivíduos existentes na amostra analisada.

$$D_{Mg} = (S - 1) / \ln N$$

Onde: s é o número de espécies amostradas; N é o número total de indivíduos em todas as espécies.

O índice de diversidade de Simpson fornece a probabilidade de que dois indivíduos tomados ao acaso de uma amostra com N indivíduos e S espécies sejam pertencentes à mesma espécie, sendo assim, quanto maior o valor encontrado, menor é a diversidade de espécies na amostra (ZANZINI, 2005).

$$D_s = \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

onde:

D_s = índice de diversidade de Simpson

n_i = número de indivíduos da i -ésima espécie na amostra

N = número total de indivíduos na amostra

O índice de equabilidade de Pielou demonstra distribuição de indivíduos entre as diferentes espécies presentes na amostra.

$$E' = \frac{H'}{\ln S}$$

onde:

E' = índice de equabilidade

H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener

S = número total de espécies presentes na amostra

\ln = logaritmo neperiano (base e)

O índice de similaridade de Morisita é um índice quantitativo baseado na abundância de espécies nas amostras, varia de 0 a 1 e é dado pela seguinte fórmula:

$$S_{MQ} = \frac{2 \sum (a_i b_i)}{(d_a + d_b) N_a N_b}$$

onde:

S_{MQ} = índice de similaridade de Morisita

a_i = número total de indivíduos da i -ésima espécie na amostra "a"

b_i = número total de indivíduos da i -ésima espécie na amostra "b"

N_a = número total de indivíduos na amostra "a"

N_b = número total de indivíduos na amostra "b"

A classificação dos organismos quanto da tolerância à poluição foi realizada com o BMWP, onde os organismos são identificados ao nível taxonômico de família e cada um recebe uma pontuação de acordo com a sensibilidade dos organismos a poluição. Famílias sensíveis à baixa poluição recebem valores altos, enquanto famílias tolerantes recebem valores baixos. Os scores são somados e estão comparados no Quadro 14, que indica as diversas pontuações do Índice BMWP' adaptado.

Quadro 14 – Tabela de pontuações para diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos para o BMWP.






FAMÍLIAS	PONTUAÇÃO
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Calamoceratidae , Helicopsychidae , Megapodagrionidae, Athericidae , Blephariceridae	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegastridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae	8
<i>Ephemerellidae</i> , Prosopistomatidae , Nemouridae, Gripopterygidae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephelidae, Ecnomidae, Hydrobiosidae, Pyralidae, Psephenidae, Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Thiaridae	7
Hydroptilidae, Unionidae, Mycetopodidae, Hyriidae, Corophilidae, Gammaridae, Hyalellidae, Atyidae , Palaemonidae, Trichodactylidae, Platycnemididae, Coenagrionidae, Leptohiphidae	6
Oligoneuridae , Polymitarcyidae , Dryopidae, Elmidae, <i>Helophoridae</i> , <i>Hydrochidae</i> , <i>Hydraenidae</i> , Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae, Aegliidae	5
Baetidae, <i>Caenidae</i> , <i>Haliplidae</i> , <i>Curculionidae</i> , <i>Chrysomelidae</i> , Tabanidae , Stratiomyidae , Empididae , Dolichopodidae , Dixidae , Ceratopogonidae , Anthomyidae , Limoniidae , Psychodidae , Sciomyzidae , Rhagionidae , Sialidae, Corydalidae, Piscicolidae, Hydracarina	4
Mesoveliidae , Hydrometridae , Gerridae , Nepidae , Naucoridae (Limnocoeridae), Pleidae, <i>Notonectidae</i> , <i>Corixidae</i> , Veliidae , <i>Helodidae</i> , <i>Hydrophilidae</i> , <i>Hygrobidae</i> , <i>Dytiscidae</i> , <i>Gyrinidae</i> , Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, <i>Bithyniidae</i> , <i>Bythinellidae</i> , Sphaeridae, Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda	3
Chironomidae, Culicidae , Ephydriidae , Thaumaleidae	2
Oligochaeta (toda a classe), Syrphidae	1

Fonte: SEMA-PR (2018).

Descrição: em itálico as famílias que Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega (1988) mudaram a pontuação (score); em negrito – famílias novas, incluídas pelos autores citados.

Depois de somado as pontuações na tabela BMWP, o valor é comparado com os do Quadro 15 para obtenção da qualidade da água do ambiente.

Quadro 15- Faixa de resultado para determinação do BMWP (adaptado de CORBI, 2006).

Classe	Faixa de "Score" BWMP	Qualidade da água	Cor indicativa (padrão)
1	≥ 81	Excelente	
2	80 – 61	Boa	
3	60 – 41	Regular	
4	40 - 26	Ruim	
5	≤ 25	Péssima	

Fonte: CORBI (2006).

O índice BMWP'-ASPT (Average Score Per Taxon), é uma adaptação do índice anterior, obtido pelo resultado do BMWP dividido pelo número de famílias pontuadas na amostra e comparados com os valores da Tabela 7 para a avaliação da qualidade da água.

Tabela 7 - Classificação de qualidade da água e significado dos valores índice do BMWP'- ASPT (Average Score Per Taxon).

Valor BMWP-ASPT	Avaliação da Qualidade da Água
>6	Água Limpa
5-6	Qualidade Duvidosa
4-5	Provável Poluição Moderada
<4	Provável Poluição Severa

Fonte: GONÇALVES (2007)

O índice Biótico de Famílias de Hilsenhoff (IBFH) consiste em atribuir pesos de 0 a 10 de tolerância à poluição orgânica a cada grupo taxonômico (Tabela 3), sendo atribuído 0 aos menos tolerantes e 10 aos mais tolerantes à poluição. Depois se multiplica estes pesos pelo número de indivíduos de cada táxon encontrado e os produtos resultantes são somados e divididos pelo número total de organismos na amostra. Quanto mais próximo de 0, melhor a qualidade ambiental do corpo d'água (SILVA J., 2015; FERREIRO, 2007). A expressão a seguir resume a metodologia de cálculo:

$$IBF = \frac{\sum n_i a_i}{N}$$

onde:

n_i : número de indivíduos do grupo taxonômico i ;

a_i : valor de tolerância do grupo taxonômico i ;

N : número total de indivíduos.

O IBFH foi desenvolvido para rios da América do Norte, no entanto, devido à simplicidade de seu cálculo, tem sido amplamente utilizado em outras regiões. O Quadro 16 mostra a classificação do IBFH.

Quadro 16 - Valores de tolerância à poluição conforme Hilsenhoff (1988).

Plecoptera		Calamoceratidae	3	Empididae	6
Capniidae	1	Glossosomatidae	0	Ephydriidae	6
Chloroperlidae	1	Helicopsychidae	3	Psychodidae	10
Leuctridae	0	Hydropsychidae	4	Simuliidae	6
Nemouridae	2	Hydroptilidae	4	Muscidae	6
Perlidae	1	Lepidostomatidae	1	Syrphidae	10
Perlodidae	2	Leptoceridae	4	Tabanidae	6
Pteronarcyidae	0	Limnephilidae	4	Tipulidae	3
Taeniopterygidae	2	Molannidae	6		
		Odontoceridae	0	Amphipoda	
Ephemeroptera		Philpotamidae	3	Gammaridae	4
Baetidae	4	Phrygancidae	4	Talitridae	8
Baetiscidae	3	Polycentropodidae	6		
Caenidae	7	Psychomyiidae	2	Isopoda	
Ephemerebellidae	1	Rhyacophilidae	0	Asellidae	8
Ephemeridae	4	Sericostomatidae	3		
Heptageniidae	4	Uenoidae	3	Acariformes	4
Leptophlebiidae	2				
Metretopodidae	2	Megaloptera		Decapoda	6
Oligoneuridae	2	Corydalidae	0		
Polymitarcyidae	2	Sialidae	4	Mollusca	
Potomanthidae	4			Lymnaciidae	6
Siphonuridae	7	Lepidoptera		Psysidae	8
Trichorythidae	4	Pyralidae	5	Sphaeridae	8
Odonata		Coleoptera		Oligochaeta	8
Aeshnidae	3	Dryopidae	5		
Calopterygidae	5	Elmidae	4	Hirudinea	
Coenagrionidae	9	Psephenidae	4	Bdellidae	10
Cordulegastridae	3				
Cordullidae	5	Diptera		Turbellaria	
Gomphidae	1	Anthericidae	2	Platelmintidae	4
Lestidae	9	Blepharoceridae	0		
Libellulidae	9	Ceratopogonidae	6		
Macromiidae	3	Blood-red Chironomidae	8		
Trichoptera		Other Chironomidae	6		
Brachiccatridae	1	Dolochopodidae	4		

Fonte: FERREIRO (2007).

Após o cálculo dos valores de tolerâncias para todos os organismos, o valor é comparado com o Quadro 17 para obter a qualidade da água e o seu grau de poluição orgânica.

Quadro 17 – Qualidade da água baseada nos valores do Índice Biótico de Hilsenhoff (IBFH).

Índice biótico	Qualidade da água	Grau de poluição orgânica
0,00-3,50	Excelente	Sem poluição orgânica aparente
3,51-4,50	Muito boa	Possível poluição orgânica leve
4,51-5,50	Boa	Alguma poluição orgânica
5,51-6,50	Razoável	Poluição orgânica razoável
6,51-7,50	Moderadamente pobre	Poluição orgânica significativa
7,51-8,50	Pobre	Poluição orgânica muito significativa
8,51-10,00	Muito pobre	Poluição orgânica severa

Fonte: FERREIRO (2007).

A análise estatística da ocorrência dos organismos macroinvertebrados foi realizada através do método de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS), que é uma técnica utilizada para representar n elementos (amostras) num espaço de dimensão menor que o original, levando-se em consideração a distância, ou similaridade que os elementos têm entre si, sendo recomendado por resumir e comparar a estrutura de comunidades entre amostras, mantendo grande parte da originalidade dos dados (HOLANDA, 2011). O NMDS usa ordens de classificação e é uma técnica flexível que pode acomodar uma variedade de dados (LEFCHECK, 2012).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Condições Ambientais

O rio Jacaré Guaçu é um rio perene de mudança de grandeza conforme se distância do ponto 1 (Itirapina) ao 4 (Araraquara). Verificou-se que na coleta do dia 17.Out.17 o dia inteiro foi claro/ensolarado, entretanto na segunda coleta em 24.Nov.15 as chuvas ocorreram 4 dias antes e 25.Nov.17 ocorreram chuvas a 5 dias antes (Quadro 18). Na coleta realizada em 10.Mar.18 o dia estava inicialmente nublado e com o passar das horas as nuvens dissiparam ficando claro/ensolarado. No ponto amostral de Itirapina o capim que margeia o rio estava tombado e a água estava com uma turbidez, indicando chuva recente à coleta. Na última coleta em 07.Abr.18 o dia estava parcialmente nublado e com momentos de incidência de raios solares, entretanto por volta das 16 horas o tempo tornou-se nublado.

Quadro 18 – Ocorrência de chuvas antes das datas de coletas, considerando até três dias anteriores.

Cidades	Chuvas				
	2017			2018	
	14 a 17 Out.	21 a 24 Nov.	22 a 25 Nov.	7 a 10 Mar.	4 a 7 Abr.
Itirapina†	Sem chuva	Não houve coleta	Chuva (alta)	Chuva (alta)	Chuva (baixa)
São Carlos*	Sem chuva	Não houve coleta	Chuva (alta)	Chuva (alta)	Chuva (baixa)
Ribeirão Bonito*	Sem chuva	Chuva (alta)	Não houve coleta	Chuva (baixa)	Chuva (baixa)
Araraquara*	Sem chuva	Chuva (alta)	Não houve coleta	Chuva (alta)	Chuva (alta)

Fonte: * Agritempo (2018); † CIIAGRO (2018).

Descrição: Sem chuvas; Chuva (alta) – acima de 15 mm; Chuva (baixa) – até 10 mm.

Nos pontos amostrais o fluxo de água é permanente, com algumas áreas expostas no canal do rio. Único represamento ocorre a jusante do ponto 1, no município de Itirapina, represa do Broa. A morfologia do corpo d'água estudo é de fluxo normal nos quatro pontos de coleta.

Outros parâmetros como o uso do solo do entorno, poluição, erosão, vegetação ripária, comprimento do rio, cobertura do dossel, componentes orgânicos e inorgânicos do

substrato foram caracterizados e apresentados na Tabela 8 segundo o protocolo Biota FAPESP utilizado.

Tabela 8- Uso do solo e condições nas regiões dos pontos amostrais.

	Ponto 1 Itirapina	Ponto 2 São Carlos	Ponto 3 Ribeirão Bonito	Ponto 4 Araraquara
Uso do solo do entorno	Cana de açúcar e eucalipto	Pastagem e cana de açúcar	Cana de açúcar	Cana de açúcar e ranchos
Poluição	Sem evidência	Sem evidência	Sem evidência	Sem evidência
Erosão	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma
Vegetação Ripária	Árvores e arbustos	Árvores e arbustos	Árvores e arbustos	Árvores e arbustos
Largura média do rio	3 m	15 m	20 m	25m
Cobertura do dossel	Parcial/fechada	Aberta	Aberta	Parcial/Aberta
Componentes inorgânicos do substrato	Areia/lodo	Areia/Lodo	Areia/lodo	Areia/ lodo
Componentes orgânicos do substrato	Detritos grandes, matéria orgânica particulada grossa	Detritos grandes, matéria orgânica particulada grossa	Detritos grandes, matéria orgânica particulada grossa	Detritos grandes, matéria orgânica particulada grossa
Largura da vegetação riparia	30 metros na margem esquerda e mais de 30 metros na margem direita	Entre 15 a 30 m nas duas margens. Alguns pontos na margem esquerda sem vegetação ripária e área de brejo	Entre 15 a 30 m nas duas margens	Entre 15 a 30 metros nas duas margens

Fonte: Baseado no Protocolo BIOTA FAPESP (SURIANO, 2008; SAULINO; CORBI; CARACCILO, 2011).

Nos quatro pontos de amostragem não há canalização do rio, portanto o corpo d'água possui um padrão normal e o leito apresenta-se estável.

Em relação à área de preservação permanente (APP), nota-se que no ponto de amostragem de Itirapina está dentro do determinado pelo código florestal (Lei Federal nº 12.651, 25 de maio de 2012) que estabelece o mínimo de 30 metros de vegetação ciliar para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura. Nos pontos de amostragens de São Carlos, Ribeirão Bonito e Araraquara com a largura do rio maior não se respeita a determinação do código florestal para 50 metros de APP com cursos d'água de 10 a 50 metros de largura.

O uso do solo do entorno dos pontos amostrais em Ribeirão Bonito e Araraquara é a cana de açúcar e segundo Suriano (2008), os impactos causados por esta monocultura dependem das práticas agrícolas utilizadas e os fatores que interferem na qualidade da água relacionam-se com a preparação do solo, aplicação de fertilizantes/agrotóxicos e irrigação.

No ponto amostral de São Carlos, além da cana de açúcar há a presença de áreas de pastagem que segundo Carvalho, Schlittler e Tornisielo (2000), a pecuária e a agricultura têm a necessidade de espaço físico, levando ao desmatamento e com o solo desnudo fica exposto à lixiviação resultando em empobrecimento do solo e entrando material adicional com a matéria orgânica, inorgânica e eventuais compostos químicos na água.

De acordo com Souza (2010) a pecuária afeta a reposição de água através da compactação do solo, conseqüentemente diminuindo a infiltração para o lençol freático e a degradação das margens dos rios, além de ser uma das principais fontes de poluição a partir de resíduos animais, antibióticos e hormônios.

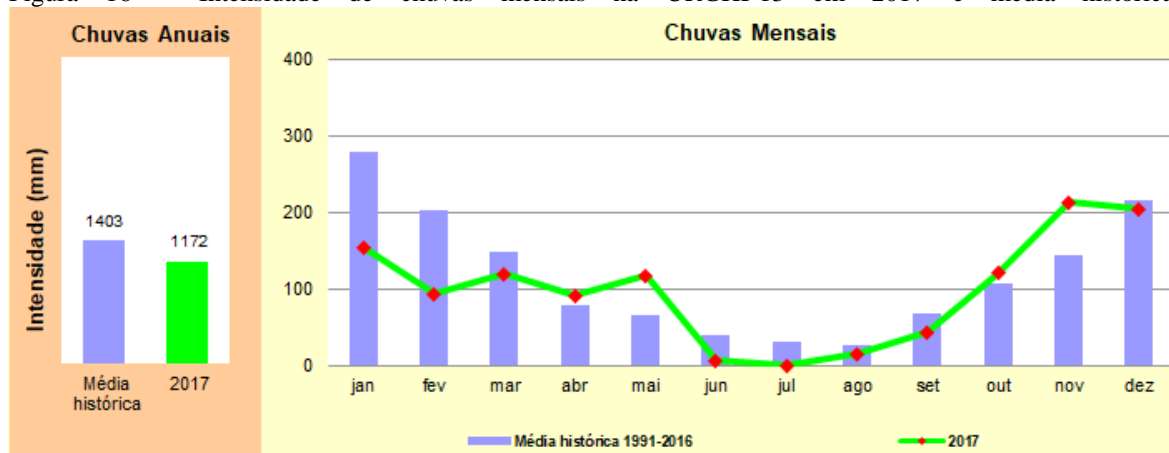
No ponto amostral de Itirapina, além da cana de açúcar há também a extensa área com a monocultura de eucalipto. Segundo Suriano (2008) existem repercussões negativas no ambiente, com o ressecamento do solo e erosão, diminuição da biodiversidade e a transformação da paisagem.

6.2 Variáveis Ambientais

6.2.1 Pluviometria

Segundo o relatório da CETESB (2018), verifica-se que a média mensal de chuvas na UGRHI-13 para o mês de outubro/17 e novembro/17 ficou acima de 100mm, ultrapassando inclusive a média histórica para ambos os meses (Figura 16). Considerando a média anual em janeiro há uma alta precipitação e no mês seguinte já ocorre uma diminuição que persiste até o mês de agosto e em setembro ocorre um aumento da média com início das chuvas e assim sucessivamente até dezembro. Isso evidencia a caracterização de períodos de chuva e estiagem na região dos pontos amostrais.

Figura 16 – Intensidade de chuvas mensais na URGHI-13 em 2017 e média histórica.



Fonte: CETESB (2018).

6.2.2 Temperatura da água

Segundo Silveira (2004) a temperatura é um fator importante na regulação das características físicas e bióticas dos cursos d'água, pois com a maior incidência solar na água a temperatura do mesmo se eleva e diminui a capacidade de solubilização do oxigênio. Aumentos na temperatura da água podem estar relacionados com a transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo) ou por atividades antrópicas, tais como, despejos de efluentes industriais e domésticos (ESPÍNDOLA et al., 2000).

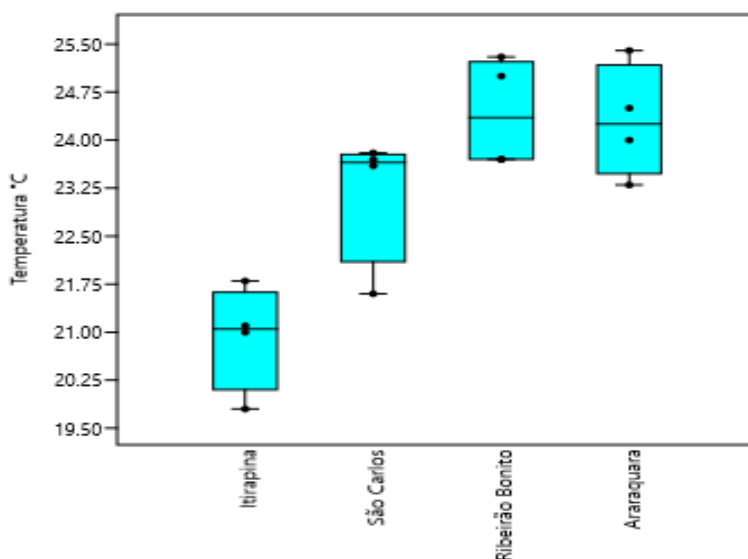
As médias de temperatura e seu desvio padrão nos quatro pontos amostrais nas quatro coletas estão mostrados no Quadro 19 e estão representados na Figura 17. Nota-se que da primeira coleta a quarta há um aumento da temperatura da água em todos os locais amostrados e em Itirapina registou a menor temperatura média de 20,74°C com uma diferença na média de 1,98°C, neste ponto a mata ciliar está mais preservada. São Carlos apresentou a maior diferença na média de temperatura, 3,6°C entre a primeira e quarta coleta, entretanto Ribeirão Bonito foi o local com a maior média de temperatura com 24,42°C.

Quadro 19 – Média e desvio padrão da temperatura em °C nos pontos amostrais nas quatro coletas.

	17.Out.17	24.Nov.17* 25.Nov.17†	e 10.Mar.18	07.Abr.18
Itirapina	19,77 (0,005)	20,32 (0,040) †	21,12 (0,01)	21,75 (0,015)
São Carlos	21,06 (0,005)	23,48 (0,036) †	23,58 (0,081)	24,12 (0,246)
Ribeirão Bonito	23,65 (0,032)	23,70 (0,005)*	24,98 (0,028)	25,33 (0,020)
Araraquara	24,01 (0,011)	24,01 (0,080)*	24,54 (0,037)	25,44 (0,020)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Figura 17 - Média de temperatura °C da água nos pontos amostrais



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

A CETESB registrou em 2016 nas seis coletas realizadas (06.Jan, 09.Mar, 03.Mai, 5.Jul, 8.Set e 17.Nov) em seus pontos amostrais, Ribeirão Bonito JCGU03200, os valores de temperatura da água entre 19,2 a 26,6°C, e em Araraquara JCGU03400, os valores entre 19,3 a 27,1°C. Observando os valores medidos nas coletas realizadas neste trabalho, estes se encontram compatíveis com os valores registrados pela CETESB em 2016.

Souza e Tundisi (2000) registraram no rio Jacaré Guaçu em locais próximos ao Ponto 2 – São Carlos e Ponto 3 - Ribeirão Bonito, os valores 20,2°C e 22,4°C respectivamente. Campagna (2010) registrou no mesmo ponto amostral em Itirapina valores próximos aos registrados neste trabalho.

6.2.3 Potencial Hidrogeniônico - pH

Segundo Esteves (1998) o pH é uma variável complicada para interpretação, devido aos vários fatores que a influenciam. A influência direta do pH nos ecossistemas aquáticos é exercida por seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011; CETESB, 2016).

A resolução CONAMA nº 357/05 estabelece condições de pH entre 6,0 e 9,0 nos quatro tipos de classe de água doce e observa-se que, na primeira coleta, todos os pontos estão dentro do estabelecido pelo CONAMA.

Devido a um problema no medidor de pH no sensor multiparâmetros, os dados obtidos na terceira e quarta coleta foram descartados.

As faixas de variação do pH estão relacionadas no Quadro 20 e representados na Figura 18. Em outubro, na primeira coleta, o menor valor registrado ocorreu no Ponto 1 – Itirapina com o pH em 6,67 e o maior valor no Ponto 4 - Araraquara com pH 8,49, portanto, dentro dos limites da Resolução CONAMA 357/05 para todos os pontos, observando que não ocorreu nenhuma chuva antes da medição.

Quadro 20 – Faixas de variação do pH da água nos pontos amostrais.

	17.Out.17	24.Nov.17* e 25.Nov.17†
Itirapina	6,67 – 6,80	8,76 – 9,08 †
São Carlos	7,43 – 7,54	9,57 – 9,63 †
Ribeirão Bonito	7,77 – 7,84	10,14 – 10,19*
Araraquara	8,29 – 8,49	9,67 – 9,78*

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Na segunda coleta, realizada após dias de chuvas (Quadro 18, p.56), os valores do pH subiram em todos os pontos amostrados, demonstrando um pH alcalino. Itirapina foi o único ponto que não ultrapassou o valor estipulado pelo CONAMA 357, entretanto todos os outros pontos ultrapassaram o limite, em São Carlos com 9,63, Ribeirão Bonito com 10,19 e Araraquara com 9,78.

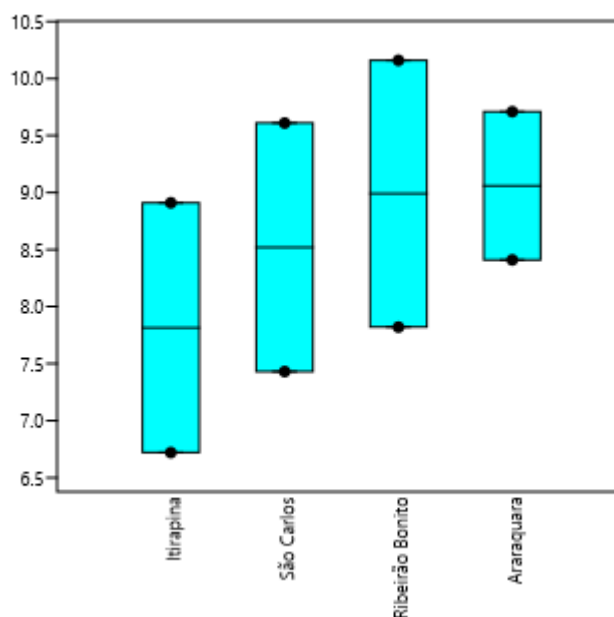
Provavelmente estes valores mais altos do pH se devem a entrada de matérias alóctone carregados pela lixiviação que são utilizados para corrigir a acidez do solo (calagem) e tendo como uma vegetação em comum, a cana de açúcar.

A caracterização ambiental demonstrou que Itirapina tem a maior vegetação ripária, portanto com maior ação em reter as entradas de materiais e conseqüentemente não alterando muito os valores do pH.

Segundo Von Sperling (1995) o pH pode ser resultado de fatores naturais e antrópicos, podendo os valores altos estarem associados com a proliferação de vegetais, pois com o aumento da fotossíntese há consumo de gás carbônico e a diminuição do ácido carbônico da água.

As águas alcalinas afetam negativamente os peixes causando problemas em nível da homeostasia, entretanto, há pouca informação pertinente acerca dos efeitos da variação em macroinvertebrados, onde a maioria dos trabalhos se centra especialmente em pH ácido (CASCÃO, 2015).

Figura 18 – Variação do pH da água nos pontos amostrais.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

A CETESB registrou em 2016 nas seis coletas realizadas (06.Jan, 09.Mar, 03.Mai, 5.Jul, 8.Set e 17.Nov) em seus pontos amostrais, Ribeirão Bonito (JCGU03200), com valores de pH entre 6,76 a 7,39 e em Araraquara (JCGU03400), com os valores entre 6,49 a 7,15.

Dentre os valores registrados neste trabalho, nos dois pontos em comum com os pontos de amostragem da CETESB, o pH da coleta realizada em novembro/17 está acima dos valores registrados pelo órgão ambiental e também da resolução do CONAMA.

Souza e Tundisi (2000) registraram no rio Jacaré Guaçu em locais próximos ao ponto 2 – São Carlos e ponto 3 - Ribeirão Bonito as médias de 5,80 e 6,70 respectivamente do pH. Campagna (2010) em seu trabalho registrou no mesmo ponto amostral em Itirapina valor inferior a 6.

6.2.4 Sólidos Totais Dissolvidos

Segundo Parron, Muniz e Pereira (2011) as substâncias dissolvidas na água podem conter íons orgânicos e inorgânicos (carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, entre outros) que em concentrações elevadas podem ser prejudiciais à vida aquática.

A resolução CONAMA nº 357/05 estabelece o valor máximo de 500 mg/L de sólidos totais dissolvidos nos dois tipos de classes (2 e 3) de água doce do rio Jacaré Guaçu nos quatro pontos amostrais.

As médias e os desvios padrão para os sólidos totais dissolvidos na água estão demonstrados no Quadro 21 e representados na Figura 19. Foram registrados os valores mais baixos para as quatro coletas no ponto de Itirapina e o valor mais alto foram registrados dentre as quatro coletas no ponto amostral de Araraquara, na amostra de outubro/17 com o valor de 69,67 mg/L.

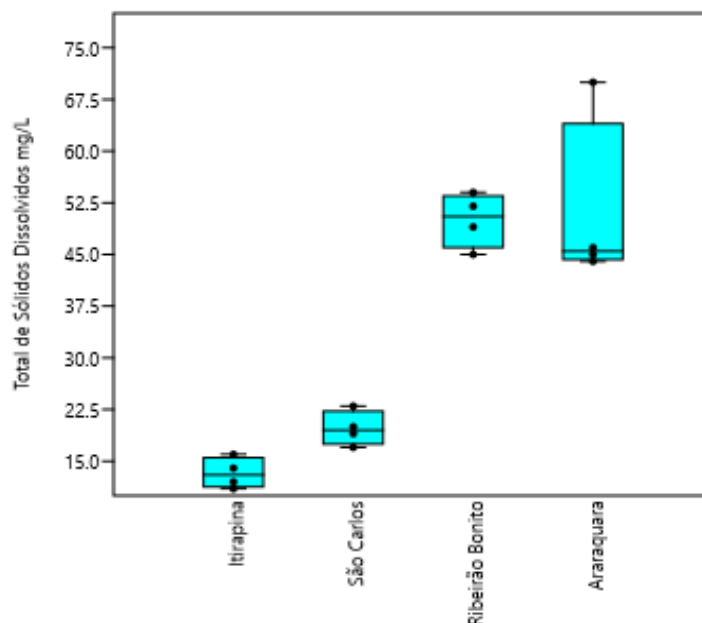
Observa-se que em todas as coletas os valores não ultrapassaram o valor máximo estipulado pelo órgão competente.

Quadro 21 – Média e desvio padrão dos sólidos totais dissolvidos mg/L nos pontos amostrais nas 4 coletas.

	17.Out.17	24.Nov.17* e 25.Nov.17†	10.Mar.18	07.Abr.18
Itirapina	11,66 (0,577)	11 (0) †	15,66 (0,577)	14 (0)
São Carlos	19,33 (0,577)	17,33 (0,577) †	22,66 (3,785)	19,66 (2,516)
Ribeirão Bonito	51,66 (0,577)	44 (0)*	54 (1)	48,66 (0,577)
Araraquara	69,67 (2,886)	44,33 (1,527)*	45 (0)	45,67 (1,527)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Figura 19 – Média do total de sólidos dissolvidos na água nos pontos amostrais.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

6.2.5 Oxigênio Dissolvido

A concentração de OD é umas das variáveis mais importantes, além de ser de grande importância biológica o oxigênio também participa de diversas reações químicas na água (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI 2008).

Na resolução CONAMA 357/05 os valores para OD nos rios de classe 2 não podem ser inferiores a 5 mg/L e para os rios de classe 3 o valor não pode ser inferior a 4 mg/L.

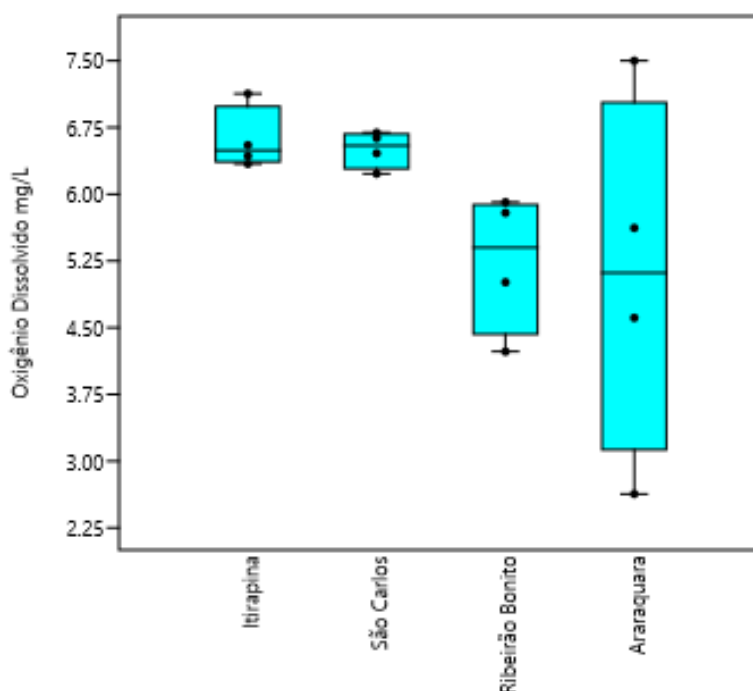
As médias e os desvios padrão estão relacionados no Quadro 22 e representados na Figura 20. Para os pontos amostrais do rio classe, Itirapina e São Carlos, o oxigênio dissolvido na água registrou valores acima do parâmetro CONAMA 357/05 para todas as coletas, entretanto para o trecho do rio classe 3, Ribeirão Bonito e Araraquara registraram-se em algumas coletas, valores próximos ao parâmetro CONAMA 357/05. Além disso, houve um registro de valor abaixo do parâmetro em Araraquara na segunda coleta com valor 3,25 mg/L.

Quadro 22 – Média e desvio padrão do oxigênio dissolvido mg/L nos pontos amostrais nas 4 coletas.

	17.Out.17	24.Nov.17* 25.Nov.17†	e 10.Mar.18	07.Abr.18
Itirapina	6,55 (0,105)	6,34 (0,176) †	6,42 (0,176)	7,13 (0,076)
São Carlos	6,63 (0,126)	6,45 (0,398) †	6,23 (0,483)	6,62 (0,282)
Ribeirão Bonito	5,78 (0,185)	4,23 (0,401)*	5,01 (0,726)	5,91 (0,355)
Araraquara	4,61 (0,150)	3,25 (1,211)*	4,16 (0,035)	5,56 (0,116)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Figura 20 – Média do oxigênio dissolvido (mg/L) na água nos pontos amostrais.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Valores baixos de oxigênio dissolvido são indicativos de presença de matéria orgânica (VON SPERLING, 2005). Pode ter ocorrido à entrada de materiais alóctone provenientes da lixiviação, pois ocorreu um volume de chuva alto antes da coleta e a atividade agrícola no local é a cana de açúcar.

A queda do oxigênio dissolvido no período de cheia é devida a baixa taxa de fotossíntese do fitoplâncton proveniente da redução da transparência da água (ESTEVES, 1998). Segundo o mesmo autor, com a elevação da temperatura e diminuição da pressão ocorre redução da solubilização do oxigênio na água.

Os dois pontos de coleta, Ribeirão Bonito e Araraquara registraram temperaturas mais altas e conseqüentemente valores mais baixos de oxigênio dissolvido em outubro e novembro de 2017. Na coleta de março/18 com a menor da temperatura dentre todos os pontos amostrais e devido a maior solubilização do oxigênio na água, o ponto de Itirapina registrou o maior valor com 7,13 mg/L.

A CETESB registrou em 2016 nas seis coletas realizadas (06.Jan, 09.Mar, 03.Mai, 5.Jul, 8.Set e 17.Nov) em seus pontos amostrais, Ribeirão Bonito (JCGU03200) os valores de oxigênio dissolvido entre 4,07 a 7,27 mg/L e em Araraquara (JCGU03400) os valores entre 3,36 a 7,29 mg/L. Em relação à média anual obtida pela CETESB no ponto JCG03200 foram 6 mg/L e para o JCGU03600 foi de 5,6 mg/L.

Souza e Tundisi (2000) registraram no rio Jacaré Guaçu em locais próximos ao ponto 2 – São Carlos e ponto 3 - Ribeirão Bonito as médias de 8,45 e 5,47 mg/L respectivamente. Campagna (2010) em seu trabalho registrou no mesmo ponto amostral em Itirapina valor de ≤ 5 .

Suriano (2008) que comparou 15 córregos em unidades de conservação com 14 córregos em áreas de pastagem, monocultura de cana de açúcar e eucalipto, registrou em duas das cinco as áreas de plantação de cana de açúcar os menores valores de concentração para o oxigênio dissolvido e uma em área de pastagem.

6.2.6 Condutividade Elétrica

Conforme ESTEVES (1998), a condutividade elétrica da água é uma das variáveis mais importantes, por fornecer informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático como também sobre fenômenos na sua bacia de drenagem. A condutividade elétrica depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água representando uma medida indireta da concentração de poluentes que em níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2017).

As médias e os desvios padrão estão relacionados no Quadro 23 e representados na Figura 21. Foram registrados os três menores valores para o ponto de Itirapina e em contrapartida o maior valor registrado foi no ponto de Araraquara na coleta de outubro com 106 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ultrapassando o valor de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ descrito pela CETESB indicando o ambiente como impactado, isto pode ter ocorrido devido a maior quantidade de íons livres

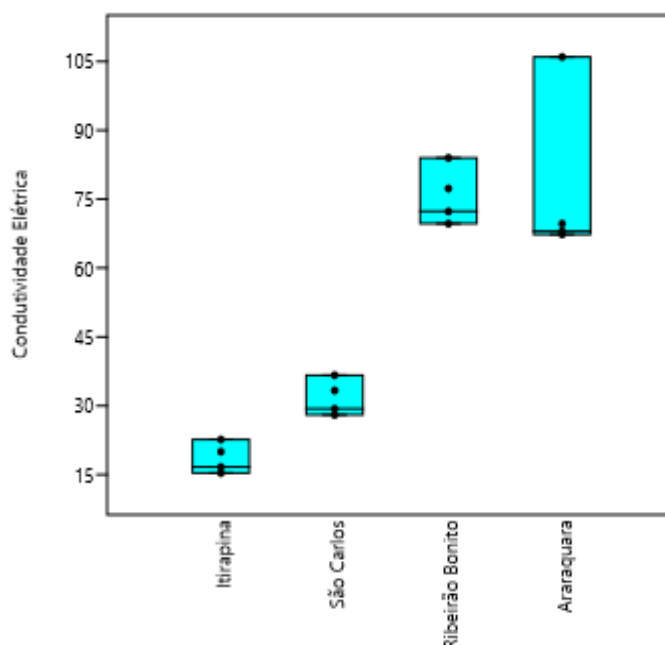
na água levando-se em conta que o índice pluviométrico estava baixo e consequentemente o nível do rio também.

Quadro 23 – Média e desvio padrão da condutividade elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ nos pontos amostrais nas 4 coletas.

	17.Out.17	24.Nov.17* 25.Nov.17†	e 10.Mar.18	07.Abr.18
Itirapina	16,66 (0,577)	15,33 (0,577) †	22,66 (0,577)	20 (0)
São Carlos	29,33 (0,577)	26,66 (0,577) †	33,33 (4,932)	28 (2,645)
Ribeirão Bonito	78,33 (1,154)	69,66 (2,886)*	84 (1)	72,33 (0,577)
Araraquara	106 (4,358)	68 (1,732)*	69,66 (0,577)	67,33 (1,154)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Figura 21 – Média da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) da água.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

A CETESB registrou em 2016 nas seis coletas realizadas (06.Jan, 09.Mar, 03.Mai, 5.Jul, 8.Set e 17.Nov) em seus pontos amostrais, Ribeirão Bonito (JCGU03200) os valores de condutividade elétrica entre 56,1 a 91,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e em Araraquara (JCGU03400) os valores entre 48,4 a 73,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em relação à média anual obtida pela CETESB no ponto JCG03200 foi 71 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e para o JCGU03400 foi de 66 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ao se analisar os dados dos três últimos anos (Quadro 2, p.15) de registros da CETESB no ponto de Araraquara JCGU03400, verifica-se que em 2014 os valores estavam próximos ao valor de um possível impacto ambiental estipulado pelo referido órgão ambiental, em 23/Jul com 96,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 03/Set com 103,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nesta medição o valor de Ptotal em 23/Jul estava 0,11 mg/L e em 03/Set ultrapassou o valor padrão CONAMA de 0,15 mg/L, com 0,153 mg/L. Portanto a entrada de P no rio Jacaré Guaçu no mês de Set/14 pode ter levado a um aumento da condutividade elétrica no local.

Ao se analisar os dados dos três últimos anos (Quadro 3, p.16) de registros da CETESB para o ponto de Ribeirão Bonito JCGU03200, verifica-se que nos meses de julho e setembro de 2014 os valores ultrapassaram o valor de um possível impacto ambiental estipulado pelo referido órgão ambiental, em 23/Jul com 112,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 03/Set com 130,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nesta medição o valor de Ptotal em 23/Jul estava 0,12 mg/L e em 03/Set ultrapassou o valor padrão CONAMA de 0,15 mg/L, com 0,185 mg/L. Entretanto para novembro o Ptotal ainda estava alto com 0,297 mg/L, mas a condutividade estava com 74,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No ano de 2015, os valores de condutividade em 14/Jul estavam com 92,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e em 15/Set com 116,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O Ptotal em julho estava dentro do padrão CONAMA, mas em setembro ultrapassa o valor padrão e registrou-se 0,157 mg/L. Portanto a entrada de P no rio Jacaré Guaçu no mês de setembro e novembro/14 e setembro/15 podem ter levado a um aumento da condutividade elétrica no local.

Souza e Tundisi (2000) registraram no rio Jacaré Guaçu em locais próximos ao ponto 2 – São Carlos e ponto 3 - Ribeirão Bonito as médias de 21 e 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. Campagna (2010) registrou no mesmo ponto amostral em Itirapina valor de $\leq 50 \mu\text{S}/\text{cm}$.

6.2.7 Fósforo Total e Nitrogênio Total

Segundo a resolução CONAMA nº 357/05 os rios da classe 2 têm como parâmetro inorgânico de Fósforo Total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) o valor máximo de 0,1mg/L e para o trecho de classe 3 a mesma resolução especifica o valor 0,15mg/L.

Os valores registrados nas quatro coletas e nos pontos amostrais estão relacionados no Quadro 24.

Quadro 24 – Valores registrados de fósforo nas amostras de água nos quatro pontos amostrais.

Tipo de parâmetro	Descrição do parâmetro	Pontos de coleta	Definição CONAMA		Datas das coletas			
			Rio Classe	Limite	Out/17*	Nov/17*	Mar/18†	Abr/18†
Químicos	FÓSFORO TOTAL (PT)	Itirapina	2	0,1 mg/L	< 0,05	< 0,05	0,04	0,04
		São Carlos			< 0,05	0,8	0,04	0,07
		Ribeirão Bonito	3	0,15 mg/L	0,06	0,3	0,04	0,10
		Araraquara			< 0,05	< 0,05	0,05	0,07

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Descrição: * análise pelo método SMWW 22ª edição, 2012, método 4500 PE;

† análise pelo método 23ª edição do Standard Methods SM 4500-PE.

Os dois pontos amostrais, sendo um no trecho do rio classe 2, de São Carlos e o outro em Ribeirão Bonito, rio classe 3, ultrapassaram na segunda coleta o limite CONAMA 357/05, provavelmente de material alóctone lixiviado devido a alta chuva 3 dias antes da coleta.

Campagna (2010) amostrou no município de São Carlos 5 pontos, sendo 4 no rio Jacaré Guaçu e mais 1 em um afluente e obteve em dois pontos amostrais valores acima do CONAMA 357/05, e no ponto amostral de Itirapina os valores não ultrapassaram o padrão.

Corbi (2006) analisou o PT de vários córregos da sub-bacia do Jacaré Guaçu, dentre eles o córrego Água Sumida (21°56'S 48°16'W), córrego São João (21°57'S 48°15'W), córrego Bela Vista (21°54'S 48°13'W), córrego do Ouro (21°47'S 48°0,7'W), córrego do Chibarro (21°52'S 48°0,5'W), córrego São Vicente (21°59'A 48'15W), córrego Espriado (21°53'S 47°52'W), córrego Fazzari (21°59'S 47°54'W), ribeirão do Monjolinho (22°00'S 47°50'W), córrego da Água Preta (22°00'S 48°12'W) e córrego dos Andes (21°55'S 48°11'W) e todos apresentaram valores baixos para PT entre 0,0001 a 0,0017 mg/L. O valor mais baixo foi registrado no município de São Carlos no córrego do Fazzari em uma área bem preservada com mata ciliar e o maior valor de PT em área de cultivo de cana no córrego do São João.

A outra variável analisada foi o Nitrogênio Total (NT) e conforme a resolução CONAMA 357/2005, artigo 9º, § 3º, para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência (BRASIL, 2005).

Na mesma resolução, nas formas de nitrogênio amoniacal total, nitrato e nitro, excluindo o N orgânico, os valores de concentrações do N variam de 11,5 a 14,7 mg/L devido ao pH em que se encontra o N amoniacal total.

No Quadro 25 estão apresentados a classe do rio e os valores registrados nas quatro coletas em todos os pontos amostrais.

Quadro 25 – Valores registrados de nitrogênio nas amostras de água nos quatro pontos amostrais.

Tipo de parâmetro	Descrição do parâmetro	Pontos de coleta	Definição CONAMA		Datas das coletas			
			Rio Classe	Limite mg/L	Out/17*	Nov/17*	Mar/18†	Abr/18†
Químicos	NITROGÊNIO TOTAL (NT)	Itirapina	2	2,18	< 0,05	< 0,05	0,75	0,75
		São Carlos			< 0,05	< 0,05	0,45	0,40
		Ribeirão Bonito	3		< 0,05	< 0,05	0,30	0,30
		Araraquara			< 0,05	< 0,05	0,40	0,35

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Descrição: * análise pelo método SMWW 22ª edição, 2012, método 4500 Norg B;

† análise pelo método SM 4500 NTK B.

Observa-se que em todas as análises realizadas, nenhum ponto de coleta registrou algum valor fora do padrão CONAMA.

Campagna (2010) registrou no mesmo ponto amostral em Itirapina valor < 2 mg/L. Corbi (2006) também analisou o NT nos cursos de água acima citados e registrou no córrego do Espriado 0,19 mg/L em área com mata ciliar e 1,26 mg/L em área de cana de açúcar no córrego Bela Vista.

6.3 Sedimentos

Os valores obtidos da concentração da matéria orgânica (Tabela 9) por meio da queima do sedimento apresentam baixo teor de matéria orgânica (menos de 10% da massa seca) na maioria dos pontos amostrados. Apenas na coleta realizada em novembro no ponto 2 – São Carlos registrou-se a média de 10,06% de matéria orgânica. Em contrapartida o ponto com menor valor deu-se no ponto 3 – Ribeirão Bonito com 0,98% de matéria orgânica.

Tabela 9 – Concentração média de matéria orgânica nos pontos amostrais.

Coleta	Itirapina	São Carlos	Ribeirão Bonito	Araraquara
Outubro/17	31,31%	32,85%	28,59%	30,62%
Novembro/17	31,29%	32,26%	30,22%	31,07%
Março/18	25,39%	23,52%	29,85%	28,91%
Abril/18	12,09%	21,97%	11,72%	15,73%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Devido à quantidade de matéria orgânica disponível em Araraquara e baixo índice de chuva, permitindo aos organismos permanecerem no local a classe Oligochaeta (famílias Naididae e Tubificidae) fossem coletadas em grande número na primeira coleta. Entretanto na segunda coleta no mesmo ponto amostral o número de espécimes coletados foi baixo, provavelmente devido a chuvas que aconteceram 4 dias antes.

6.4 Macroinvertebrados

Foram coletados 2133 espécimes de macroinvertebrados aquáticos, distribuídos nos filos Arthropoda e Anellida. Os espécimes coletados foram identificados em nível de família utilizando as chaves de identificação já citadas (p.47).

A Tabela 10 aponta a abundância absoluta dos organismos amostrados em cada ponto de coleta nas quatro campanhas na sub-bacia do rio Jacaré Guaçu. A grande quantidade de organismos coletados nesta primeira coleta, em 17 outubro/2017, se deve à menor precipitação de chuva nesta época do ano, com uma possível diminuição de corrente e vazão. Sendo assim sem o processo de lixiviação do sedimento os macroinvertebrados bentônicos têm maior facilidade de permanecer no sedimento.

Tabela 10- Abundância absoluta dos macroinvertebrados coletados e identificados nas quatro campanhas.

Táxons	1ª Coleta				2ª Coleta				3ª Coleta				4ª Coleta			
	ITP	SCL	RIB	ARQ	ITP	SCL	RIB	ARQ	ITP	SCL	RIB	ARQ	ITP	SCL	RIB	ARQ
ARTHROPODA																
Collembola																
Entomobryomorpha																
Isotomidae		2	6	1		1	2									
Insecta																
Colleoptera																
Dytiscidae				3	9	3	1	1				1	5	1		
Elmidae	3	2			6	1			5	1			1	1		
Hydrophilidae			1													
Lutrochidae					1											
Noteridae			4						1							
Diptera																
Ceratopogonidae			1	1						1			1	1		
Chironomidae	8		4	14	2		21	7		5	4	9	4	9	1	1
Culicidae							7									
Muscidae			1													
Tabanidae						1										
Tipulidae									1							
Ephemeroptera																
Baetidae		1							1							
Leptohyphidae													1			
Oligoneuriidae					2											
Hemiptera																
Belostomatidae		32				11	4			1	1			1	1	
Corixidae		2					1		1	2					1	
Nepidae			1			1										1
Pleidae	3															
Lepidoptera																
Geometridae			1													
Pyalidae			1													
Odonata																
Calopterigidae	1		2	11		1				4	1	2		3	8	11
Dicteriadidae	1	1								1						
Gomphidae				1					3	5				3		
Libellulidae			1	3	1	1	1		5	22	1	7	4	14	3	7
Trichoptera																
Hydropsychidae	13				5	2		1	1	1			5			
Philopotamidae	1			1												
Polycentropodidae										1						
ANELLIDA																
Hirudinea																
Rhynchobdellida																
Glossiphoniidae			1	20			11				3		3	1		
Oligochaeta																
Naididae			2	620		28	112	6	3	128	104	7	1	108	176	10
Tubificidae	3		36	43		1	1	2		45	88	9		137	25	1
Total	33	41	61	718	26	51	161	17	21	217	199	38	22	281	216	31

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Descrição: IPT- Itirapina, SCL- São Carlos, RIB- Ribeirão Bonito, ARQ- Araraquara.

A classe Oligochaeta, família Naididae e Tubificidae foram os mais coletados nesta primeira coleta, tornando o grupo dominante. A alta condutividade elétrica $106\mu\text{S}/\text{cm}$, temperatura de $24,1^\circ\text{C}$, matéria orgânica a 30,62% e a concentração de oxigênio em $4,61\text{mg}/\text{L}$ contribuiram para o grande número de espécimes coletados, 704. Outras condições físicas e químicas em Araraquara: pH 8,4, sólidos totais dissolvidos $69,67\text{mg}/\text{L}$ e fósforo total e nitrogênio total $< 0,05$.

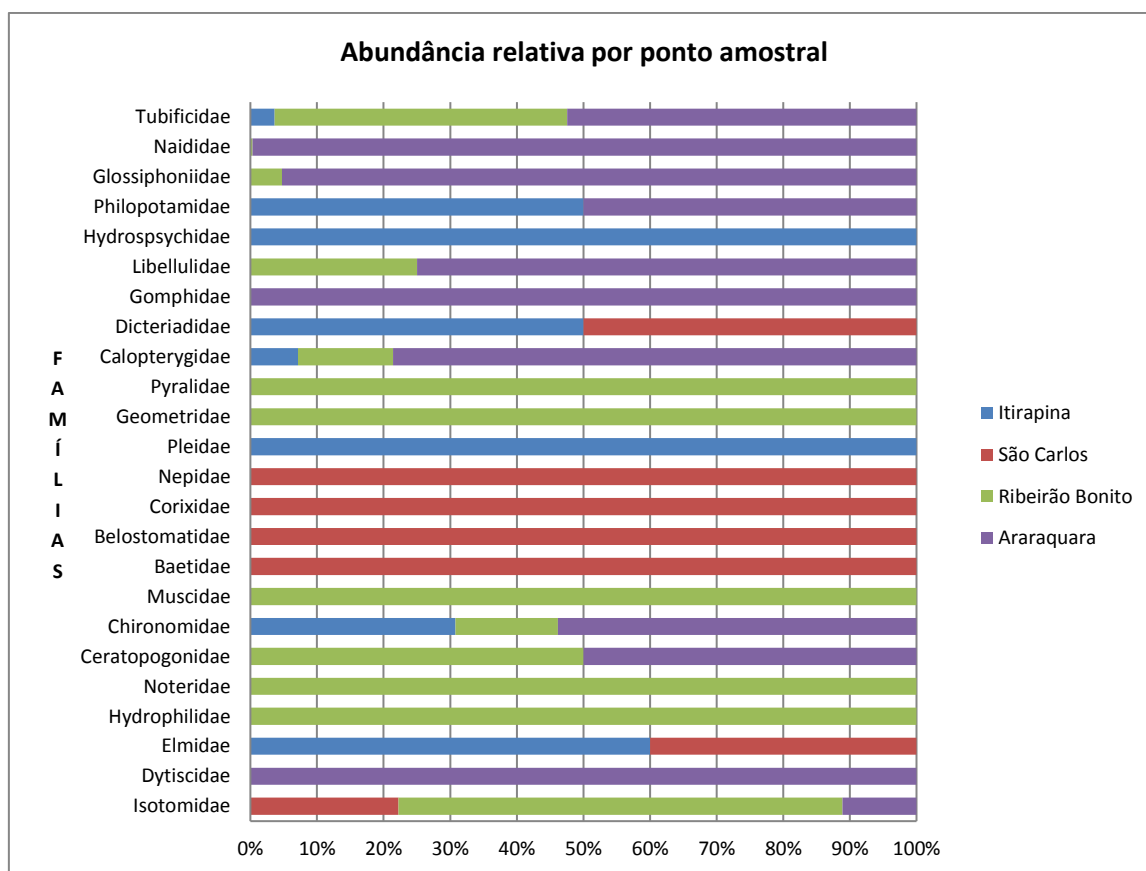
A condutividade elétrica depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água representando uma medida indireta da concentração de poluentes que em níveis superiores a $100\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2017).

Observa-se que algumas famílias foram capturadas exclusivamente em apenas um ponto de coleta e que o número de organismos coletados foi de 853 espécimes. O maior número de famílias identificadas ocorreu em Ribeirão Bonito com 13 famílias, seguida de Araraquara com 11, Itirapina 8 e São Carlos com 7. Apesar de Ribeirão Bonito apresentar maior número de famílias, foi em Araraquara que registrou o maior número de organismos coletados devido à dominância de Oligochaetas.

A dominância de um determinado grupo, aliado com a alta condutividade elétrica indica um ambiente impactado.

Na figura 22, estão representados os organismos coletados na primeira coleta por ponto amostral e sua abundância relativa.

Figura 22 – Abundância relativa dos organismos coletados na primeira coleta por ponto amostral.

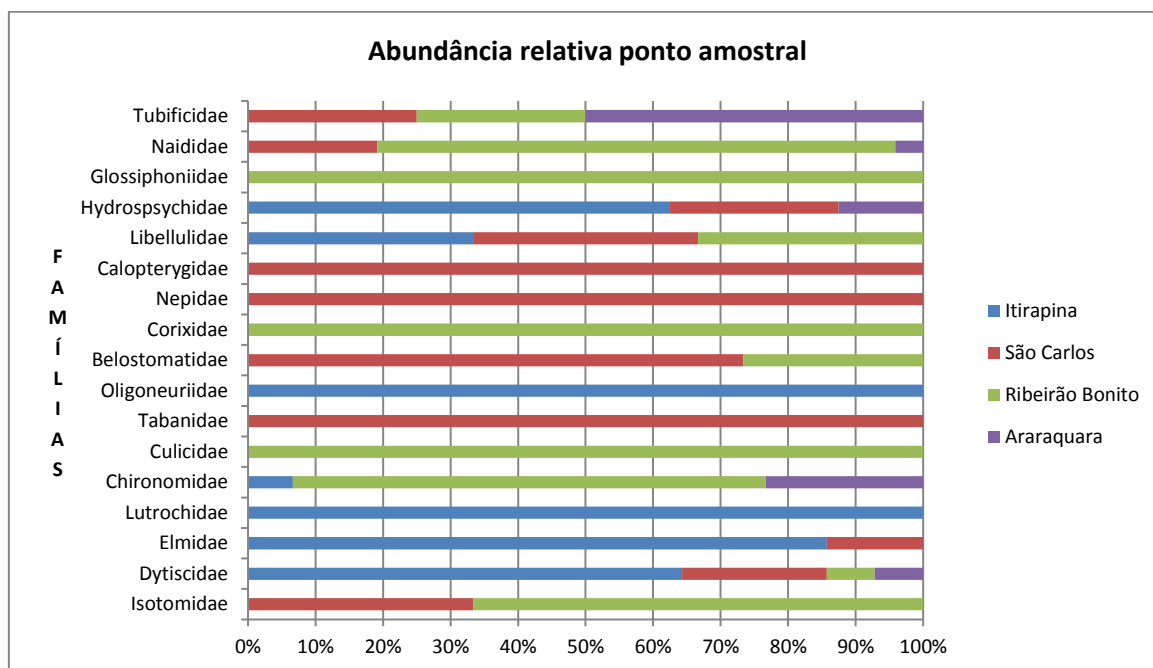


Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Na segunda campanha de coleta, novembro de 2017, a menor quantidade de organismos coletados nesta coleta se deve as precipitações de chuva com um aumento de corrente e vazão, com o processo de lixiviação do sedimento os macroinvertebrados bentônicos têm maior dificuldade de permanecer no sedimento.

Na figura 23, estão representados os organismos coletados na segunda coleta por ponto amostral e sua abundância relativa.

Figura 23 – Abundância relativa dos organismos coletados na segunda coleta por ponto amostral.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Nesta segunda coleta também ocorrem captura de organismos em apenas um ponto amostral. Houve um aumento para 11 famílias capturadas em São Carlos e uma diminuição para 10 famílias em Ribeirão Bonito, 7 em Itirapina e 5 em Araraquara, entretanto o maior número de espécimes coletados foi em Ribeirão Bonito.

As condições físico/químicas em Ribeirão Bonito: pH estava alcalino 10,16, temperatura a 24,98°C, condutividade elétrica 69µS/cm, sólidos totais dissolvidos 44mg/L, oxigênio dissolvido 4,23mg/L, sedimento 30,22%, DBO_{5,20} < 2, nitrogênio total < 0,05mg/L e fósforo total com 0,3mg/L.

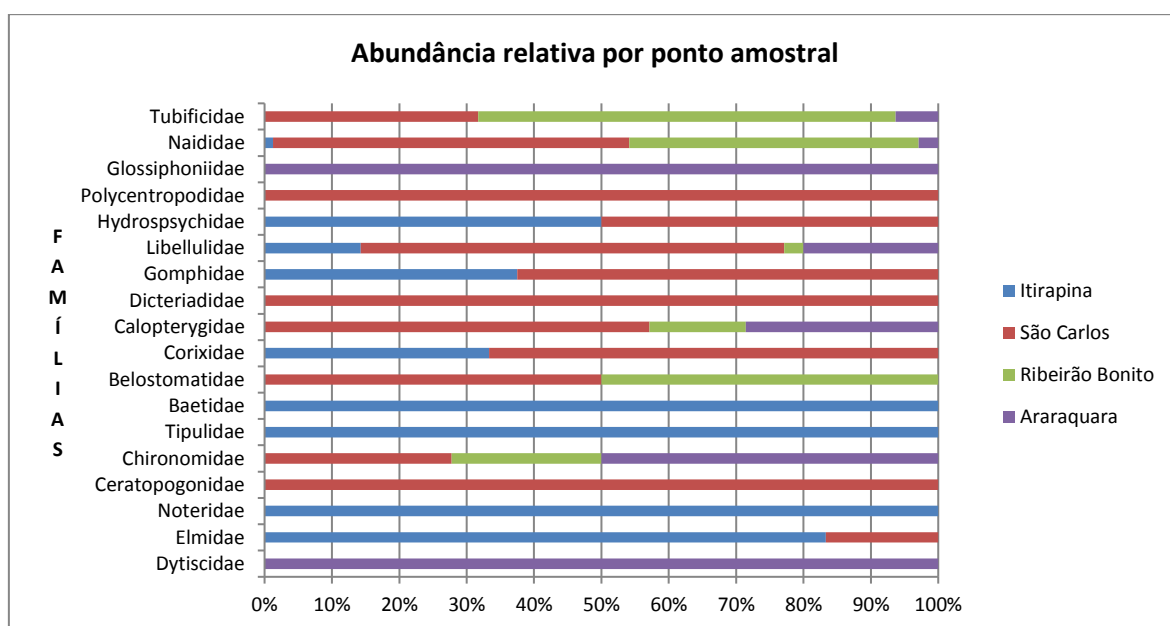
Na coleta no mês de Março de 2018, repete-se a exclusividade de algumas famílias serem coletadas em apenas alguns pontos, em São Carlos foram capturadas 13 famílias, em

Itirapina 9, Araraquara 7 e Ribeirão Bonito 6. Também foi em São Carlos que foram coletados mais organismos, no total de 217.

As condições físico/químicas em São Carlos: temperatura a 23,58°C, condutividade elétrica 33,33 μ S/cm, sólidos totais dissolvidos 22,46mg/L, oxigênio dissolvido 6,23mg/L, sedimento 23,52%, nitrogênio total 0,45mg/L e fósforo total com 0,04mg/L.

Na figura 24, estão representados os organismos coletados na terceira coleta por ponto amostral e sua abundância relativa.

Figura 24 – Abundância relativa dos organismos coletados amostral na terceira coleta por ponto.



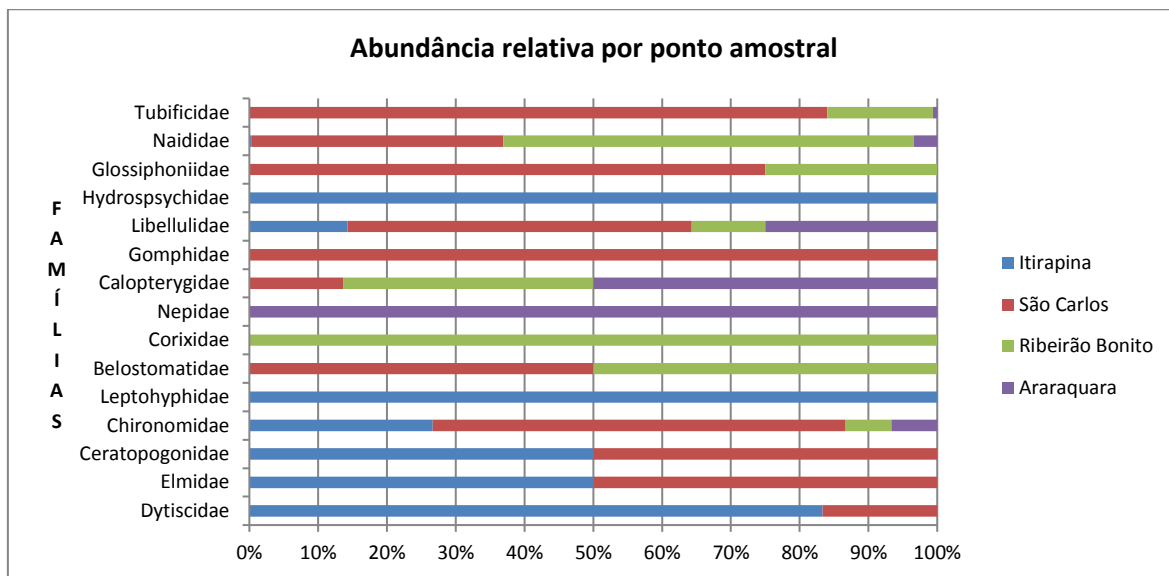
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Na quarta coleta, em Abril de 2018, repete-se a exclusividade de algumas famílias serem coletadas em apenas alguns pontos, em São Carlos foram capturadas 11 famílias, em Itirapina 8, Ribeirão Bonito 8 e Araraquara 6. Também em São Carlos que foram coletados mais organismos, no total de 281.

As condições físico/químicas em São Carlos: temperatura a 24,12°C, condutividade elétrica 28 μ S/cm, sólidos totais dissolvidos 19,66mg/L, oxigênio dissolvido 6,62mg/L, sedimento 21,97%, nitrogênio total 0,4mg/L e fósforo total com 0,07mg/L.

Na Figura 25, estão representados os organismos coletados na quarta coleta por ponto amostral e sua abundância relativa.

Figura 25 – Abundância relativa dos organismos coletados na quarta coleta por ponto amostral.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Repete-se a exclusividade de algumas famílias serem coletadas em apenas alguns pontos, em São Carlos foram capturadas 11 famílias, em Itirapina 8, Ribeirão Bonito 8 e Araraquara 6. Também em São Carlos que foram coletados mais organismos, no total de 281.

As condições físico/químicas em São Carlos: temperatura a 24,12°C, condutividade elétrica 28µS/cm, sólidos totais dissolvidos 19,66mg/L, oxigênio dissolvido 6,62mg/L, sedimento 21,97%, nitrogênio total 0,4mg/L e fósforo total com 0,07mg/L.

Observa-se que nas duas primeiras coletas os pontos amostrais com mais famílias identificadas não registraram as maiores capturas de organismos e nas duas últimas coletas coincidiu do mesmo ponto amostral ter maior quantidade de famílias e também terem o maior número de espécimes coletados.

Os Oligochaetas formam à classe com maior número de espécimes coletados com 1696 indivíduos, sendo identificados como família Naididae 1305 organismos representando 61,18% dos exemplares e a família Tubificidae com 391 organismos representando 18,33%. Depois vieram outros grupos com a família Chironomidae (Diptera) com 89 organismos sendo 4,17%, a família Libellulidae (Odonata) com 70 exemplares a 3,28%, Belostomatidae (Hemiptera) com 51 exemplares a 2,39%, dentre as 31 famílias.

Para melhor compreensão da relação estrutural da comunidade dos macroinvertebrados aquáticos, os espécimes capturados foram separados por categorias funcionais de alimentação (Tabela 11), como proposto por MERRITT & CUMMINS (1986). Apresentaram-se sete grupos tróficos funcionais: coletor, cortador, filtrador, fragmentador, predador, raspador e sugador. Devido à variedade de famílias, utilizou-se das classificações usadas por CUMMINS (1973); NESSIMIAN; DORVILLÉ; SANSEVERINO (1998); SILVA L. (2006); SILVA F. (2007); SHIMANO et al (2012); SANTOS K. (2014); SANTOS M. (2014); CHAGAS (2015).

Como a identificação dos espécimes neste trabalho foi até o nível de família, alguns organismos dentro da mesma família possuem hábitos alimentares diferentes e, portanto foram inseridos em mais de uma categoria trófica.

Tabela 11 – Classificação trófica das famílias coletadas nos quatro pontos amostrais.

Família	Classificação Trófica						
	Coletor	Cortador	Filtrador	Fragmentador	Predador	Raspador	Sugador
Isotomidae	x	-	-	-	-	-	-
Dytiscidae	-	-	-	-	x	-	-
Elmidae	x	x	-	-	-	x	-
Hydrophilidae	x	-	-	-	x	-	-
Lutrochidae	x	-	-	-	-	x	-
Noteridae	x	-	-	-	x	-	-
Ceratopogonidae	x	x	x	-	x	x	-
Chironomidae	x	-	x	-	-	-	-
Culicidae	x	-	x	-	-	-	-
Muscidae	-	-	-	-	x	-	-
Tabanidae	-	-	-	-	x	-	-
Tipulidae	x	x	-	x	-	-	-
Baetidae	x	-	-	-	-	x	-
Leptohyphidae	x	-	-	-	-	x	-
Oligoneuriidae	x	-	x	-	-	-	-
Belostomatidae	-	-	-	-	x	-	-
Corixidae	-	-	-	-	-	-	x
Nepidae	-	-	-	-	x	-	-
Pleidae	-	-	-	-	x	-	-
Geometridae	-	x	-	-	-	-	-
Pyralidae	-	x	-	-	-	-	-
Calopterygidae	-	-	-	-	x	-	-
Dicteriadidae	-	-	-	-	x	-	-
Gomphidae	-	-	-	-	x	-	-
Libellulidae	-	-	-	-	x	-	-
Hydropsychidae	x	-	x	-	-	-	-
Philopotamidae	x	-	x	-	x	-	-
Polycentropodidae	x	-	x	-	x	-	-
Glossiphoniidae	-	-	-	-	x	-	-
Naididae	x	-	-	-	-	-	-
Tubificidae	x	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Descrição: x presença de famílias coletadas; - ausência de famílias coletadas.

Quanto às categorias funcionais de alimentação, na primeira coleta observa-se que nos quatro pontos amostrados há um predomínio de predadores, seguidos de coletores e cortadores. Na segunda coleta houve um predomínio de coletores nos quatro pontos amostrais e particularmente em São Carlos houve a maior presença de predadores, 6, nesta coleta. Na terceira e quarta coleta ocorre um predomínio de coletores e predadores nos quatro pontos amostrais.

Observando por ponto de amostragem, nos quatro coletas, no ponto de Itirapina foram coletados no total de 102 espécimes identificados em 20 famílias e distribuídos em 12 coletores, 12 predadores, 5 filtradores, 3 cortadores, 2 raspadores e 1 sugador. Em São Carlos foram 590 organismos coletados em 19 famílias distribuídos em 15 predadores, 7 coletores, 4 filtradores e 2 raspadores. Ribeirão Bonito com 637 organismos coletados em 17 famílias distribuídos em 8 predadores, 8 coletores, 2 cortadores, 2 filtradores e 2 raspadores. E por último Araraquara com 804 organismos coletados em 13 famílias distribuídos em 10 predadores, 7 coletores, 1 cortador e 3 filtradores.

Observa-se que ocorre o predomínio de coletores e predadores nos organismos amostrados, que segundo Silveira (2004), os organismos coletores e filtradores aumentariam em abundância devido a maior entrada de matéria orgânica em suspensão provocado pela erosão das margens e também provocada pelo estado de conservação ou ausência da mata ciliar.

6.4.1 Ocorrência de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera.

A métrica de % EPT trabalha com dados dos grupos Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera sendo utilizada em avaliações da qualidade de cursos d'água (SILVEIRA et al, 2005).

Durante os períodos de coleta, outubro e novembro de 2017 e março e abril de 2018, foram encontrados organismos das ordens Ephemeroptera e Trichoptera em alguns pontos amostrais (Figura 26), nenhum Plecoptera foi coletado.

Em outubro/17 no ponto de Itirapina foram coletados 14 espécimes, representando um total de 42,42% dos organismos coletados e sendo a maior porcentagem de todos os pontos nas duas coletas. Em São Carlos, coletou-se 1 espécime representando 2,43%. Já no ponto de Ribeirão Bonito, não foi capturado nenhum espécime e em Araraquara apenas 1,

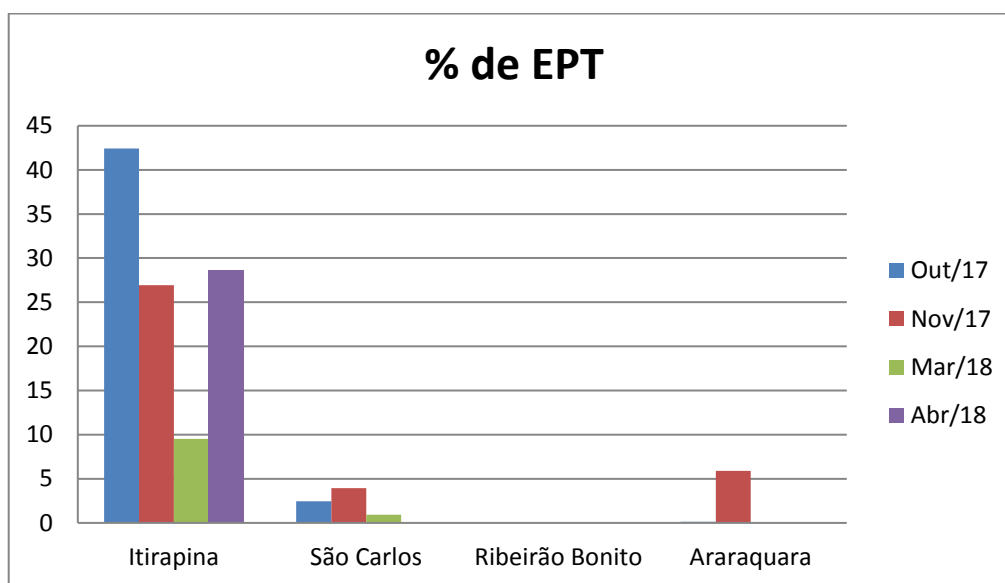
representando 0,13%.

Na segunda coleta em novembro/17 no ponto de Itirapina foram coletados 7 espécimes, representando um total de 26,92% dos organismos coletados. Em São Carlos, coletou-se 2 espécimes representando 3,92%. No ponto de Ribeirão Bonito, não foi capturado nenhum espécime e em Araraquara apenas 1, representando 5,88%.

Na terceira coleta em Itirapina e São Carlos foram coletados 2 espécimes em cada ponto amostral, representando 9,52% e 0,92% dos organismos coletados respectivamente. Em Ribeirão Bonito e Araraquara não foram coletados nenhum espécime.

Na quarta coleta foram coletados em Itirapina 6 espécimes em Itirapina, representando 28,57% dos organismos coletados. Nos outros pontos de coleta não foram capturados nenhum espécime.

Figura 26 – Porcentagem de Ephemeroptera/Plecoptera/Trichoptera (% EPT) nas coletas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os três grupos (EPT) são considerados sensíveis a alterações e degradação do habitat (Rosemberg & Resh, 1983), portanto ficou evidenciado que a única exceção, Itirapina tem uma interferência menor em seu ambiente em relação aos outros pontos amostrais onde o número de espécimes coletados foi muito baixo ou nenhum.

Outros fatores que contribuíram para a coleta de EPT ser maior em Itirapina são que os dados como temperatura, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, fósforo total e nitrogênio total tiveram uma pequena variação dos valores nas quatro coletas. Únicos

valores que subiram um pouco foram o oxigênio dissolvido e o pH, mas ambos estavam dentro dos parâmetros do CONAMA 357 para rio classe 2.

6.5 Análises dos Dados

A Tabela 12 mostra os resultados das principais características comunitárias e valores das métricas aplicadas na avaliação da qualidade da água nos pontos amostrais do rio Jacaré Guaçu.

Tabela 12 – Principais características comunitárias e valores de métricas de avaliação da qualidade de água nos pontos amostrais.

	Itirapina	São Carlos	Ribeirão Bonito	Araraquara
Riqueza de famílias	20	19	17	13
Total de Espécimes coletados	102	590	637	804
Dominância	0,1298	0,3074	0,4415	0,648
Índice de Simpson	0,872	0,6926	0,5585	0,352
Índice de Shannon	2,364	1,577	1,234	0,8573
Índice de riqueza de Margalef	4,108	2,821	2,478	1,794
Equitabilidade	0,7891	0,5357	0,4356	0,3342
(Chironomidae/total) x100	0,656353	0,656353	1,40647	1,453352
%EPT	27,18	0,84	0	0,22
(Nº de famílias EPT/total famílias) x100	25	15,78947	0	15,38462
IBFH	4,10	7,02	7,6	7,8
BMWP	86	76	57	54
BMWP-ASPT	4,3	4	3,3	4,15

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Os trechos do rio em Itirapina e São Carlos são Classe 2 e a CETESB não realiza análises neles; entretanto, neste trabalho foram realizado cálculos dos índices para os mesmos.

Para o ponto amostral de Itirapina a classificação IBFH classificou a qualidade da água como muito boa e com uma possível poluição orgânica leve. O BWMP classificou a qualidade de água excelente, entretanto o BMWP-ASPT indicou uma provável poluição moderada.

No trecho do rio em São Carlos o IBFH indicou a qualidade da água como moderadamente pobre com poluição orgânica significativa que se alinha com o resultado do BMWP-ASPT que classificou a qualidade da água com provável poluição severa. Por

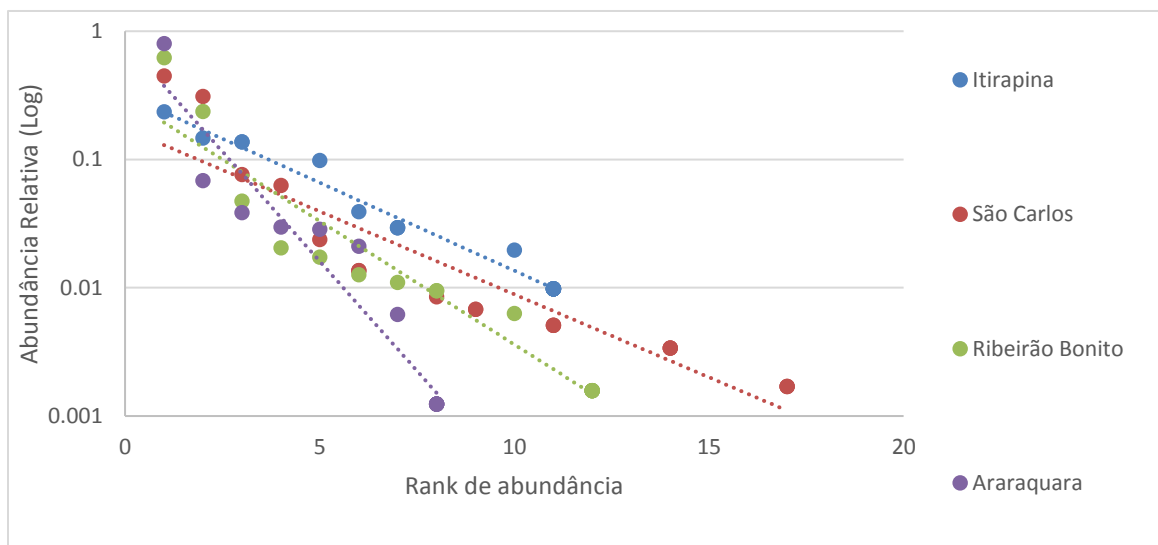
outro lado o BWMP indicou a qualidade da água como boa, contrapondo-se aos índices anteriores.

Em relação à qualidade da água, para os pontos de Ribeirão Bonito e Araraquara, pontos amostrais de rio classe 3, o índice IBFH classificou a qualidade da água como pobre e com o grau de poluição orgânica muito significativa. O índice BMWP classificou a situação da qualidade de água regular, sendo a mesma classificação da CETESB para o IVA e para o IET como mesotrófica. Entretanto, para o IQA calculado pela CETESB a qualidade de água para os mesmos pontos está classificada como boa.

O BMWP-ASPT divergiu do BMWP para o ponto de Ribeirão Bonito, onde em sua classificação a qualidade da água está com uma poluição severa e para o trecho em Araraquara a avaliação da qualidade da água está com uma provável poluição moderada.

A Figura 27 mostra a qualidade ambiental em cada ponto amostral através da abundância, onde se verifica que há dominância nos pontos de Ribeirão Bonito e Araraquara enquanto a riqueza de espécies diminui, contrapondo-se aos pontos de Itirapina e São Carlos. Nota-se que os pontos de Itirapina e São Carlos estão com os valores de ranque de abundância maiores, portanto indicando uma melhor qualidade ambiental por terem maior número de famílias coletadas com uma dominância baixa das mesmas, corroborando com o índice BMWP de qualidade de água para ambos e apenas para o ponto de Itirapina. Além disso, a porcentagem de Chironomidae/total x 100 foi baixa nestes dois pontos, sendo o Chironomidae um grupo com grande presença em ambientes perturbados. Houve também a maior riqueza de famílias nestes dois pontos amostrais, com baixo valor de dominância e menores quantidades de espécimes coletados. A %EPT obtida em Itirapina foi a maior dos quatro pontos amostrais seguida por São Carlos, indicando baixo impacto ambiental.

Figura 27 – Diagrama de abundância nos pontos amostrais nas quatro coletas.



Fonte: Autor e NARDY (2018)¹.

Para Ribeirão Bonito e Araraquara o número de famílias coletadas foi menor, mas ocorreu uma dominância de Naididade e Tubificidae, demonstrando baixos valores para equitabilidade, índice Margalef e índice de Simpson. O IBFH indica uma qualidade de água pobre com poluição orgânica muito significativa. O índice BMWP indica uma qualidade da água regular para os dois pontos, juntamente com o IVA – regular desde 2014 para Ribeirão Bonito e para Araraquara de 2015 e 2016, em 2014 a classificação era ruim. O IET foi mesotrófico em 2014 e 2016, registrando em 2015 a classificação de eutrófico para o ponto de Ribeirão Bonito e mesotrófico de 2014 a 2016 em Araraquara. O valor de Chironomidae/Totalx100 resultou em valores altos em relação ao trecho do rio classe 2. A %EPT foi nulo para Ribeirão Bonito e de 0,22 para Araraquara, indicando com esses valores um ambiente que sofre com impacto ambiental.

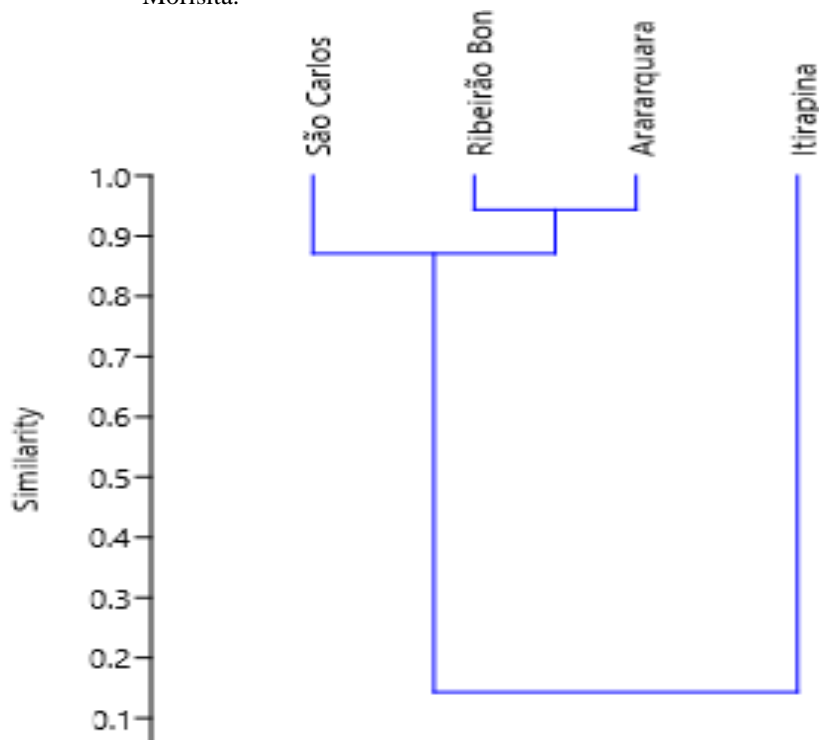
Nos quatro pontos amostrais foram capturados 2133 exemplares de 31 famílias. Na Figura 28, o dendograma demonstra a análise de agrupamento através do índice de similaridade de Morisita, que leva em consideração a abundância dos organismos coletados e o valor dos coeficientes de similaridade varia de 0 (sem similaridade) a 1 (total similaridade). Neste estudo a correlação cofenética é de 0,99. Os pontos amostrais de Ribeirão Bonito e Araraquara tem similaridade de 95% e ambos têm uma relação de 85% com o ponto amostral de São Carlos. Já o ponto amostral de Itirapina tem apenas 15% de

¹ Diagrama elaborado pelo Prof. Dr. Olavo Nardy, da UNIARA - Universidade de Araraquara.

similaridade em relação a São Carlos.

O índice de Morisita corrobora com os demais índices já demonstrados que os ambientes de Ribeirão Bonito e Araraquara são semelhantes devido ao impactado, levando a uma dominância de Oligochaetas e baixa diversidade de macroinvertebrados aquáticos. Em contrapartida o ponto amostral de Itirapina é o ambiente mais equilibrado, com maior diversidade de famílias e com organismos sensíveis a poluição, como os EPT.

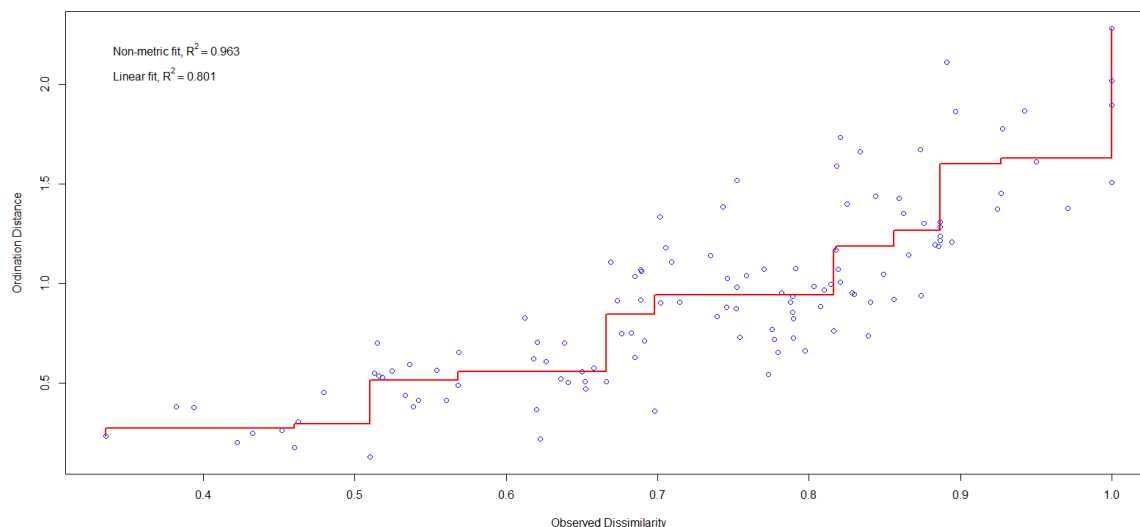
Figura 28 – Dendograma da Análise de agrupamento utilizando o índice de similaridade de Morisita.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Para a realização da análise estatística pelo método da Análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), verificou-se quanta variação no banco de dados foi capturada pela análise de ordenação. O resultado indica que a análise é viável, demonstrando que boa parte da diferença entre locais é capturada pela distância na ordenação (Non-metric fit $R^2 = 0.96$), conforme pode ser visualizado na Figura 29.

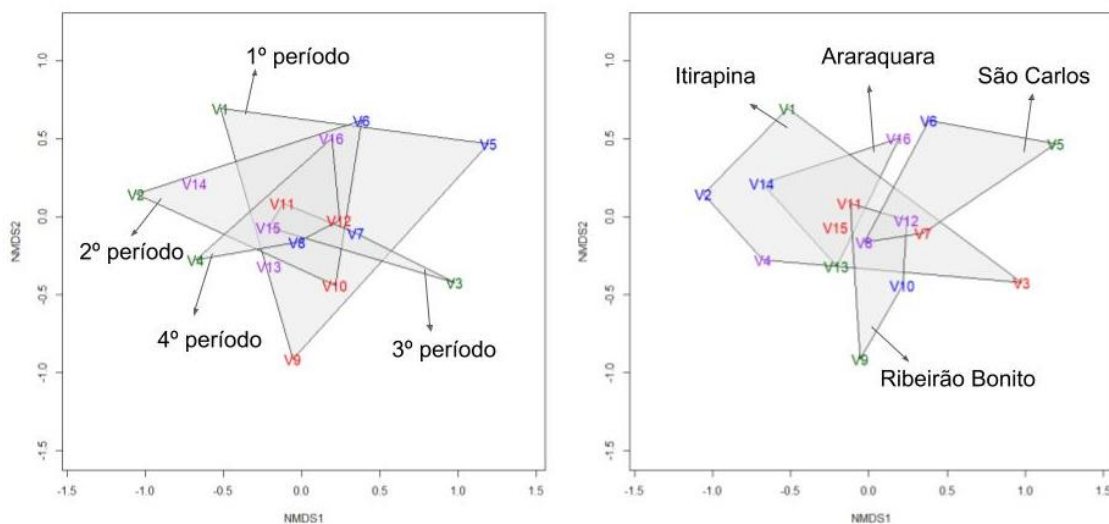
Figura 29 – Diagrama de Shepard para os dados de dispersão da regressão entre as distâncias entre pontos na configuração final em relação as suas diferenças originais.



Fonte: Autor e SAITO (2018).²

Sendo a análise viável, utilizou-se o nMDS de duas formas, mostradas na Figura 30: 1) os polígonos representando os períodos de coleta e as cores representando os locais de coleta; 2) polígonos representam os locais de coleta e as cores os períodos de coleta.

Figura 30 – Diagramas de ordenação dos pontos amostrais do rio em relação aos organismos coletados.



Fonte: Autor e SAITO (2018).³

No gráfico do nMDS à esquerda os polígonos representam os períodos de coleta e as

² Diagrama elaborado pelo Prof. Dr. Victor Satoru Saito, Departamento de Ciências Ambientais, UFSCar.

³ Diagramas elaborados pelo Prof. Dr. Victor Satoru Saito, Departamento de Ciências Ambientais, UFSCar.

cores são os pontos amostrais do rio. Verde = Itirapina, Azul = São Carlos, Vermelho = Ribeirão Bonito, Roxo = Araraquara. No gráfico à direita os polígonos são os pontos amostrais do rio e as cores são os períodos de coleta. Verde = coleta 1, Azul = coleta 2, Vermelho = coleta 3, Roxo = coleta 4.

Analisando o padrão gerado é possível observar que no gráfico da esquerda, não há uma sincronia temporal significativa na variação da composição das comunidades. No gráfico da direita existe uma maior dispersão dos polígonos, significando uma diferença maior entre os pontos amostrais, mesmo considerando a variação temporal deles. Em Itirapina há uma maior variação temporal na composição das comunidades de macroinvertebrados, sendo que esta variação temporal elevada pode ser caracterizada como uma alta diversidade beta temporal.

Portanto, pode-se concluir que a variação espacial influencia mais do que a variação temporal nos resultados, isto é, de um ponto amostral para outro, numa mesma campanha, os resultados variam mais do que os de uma coleta para outra, em um mesmo ponto. Isto mostra a influência do processo de antropização, maior nos pontos de jusante (Ribeirão Bonito e Araraquara), dos que no de montante (Itirapina e São Carlos).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados gerados pela aplicação do Protocolo de Caracterização Ambiental evidenciaram que todos os pontos do estudo apresentaram atividades do agronegócio, como cana de açúcar (comum a todos os pontos de amostragem), pastagem e eucalipto. O local mais preservado é de Itirapina com maior cobertura vegetal e nos outros pontos observa-se que a largura da vegetação ripária é variável.

Os ambientes aquáticos classificados como rios Classe 2 em Itirapina e São Carlos apresentaram uma comunidade aquática mais diversa e com maior representatividade de organismos sensíveis à poluição, como os Ephemeroptera e Trichoptera. A maior quantidade de EPT coletados em Itirapina pode estar relacionada com a mata ciliar que proporciona maior retenção de materiais que são lixiviados para rio e que também é uma fonte de matéria orgânica.

O índice BMWP demonstrou que a qualidade no ponto de Itirapina como excelente, o BMWP-ASPT com provável poluição moderada e IBFH com muito boa. Esses índices citados anteriormente foram corroborados com os resultados dos índices de Simpson, Shannon, Margalef, equitabilidade, dominância e NMDS.

Em Itirapina coletou-se nas quatro campanhas de amostragens 20 famílias, sendo a maior diversidade entre os pontos amostrais, seguido por São Carlos com 19 famílias. Entretanto, ao analisarmos por datas das coletas, Itirapina em nenhuma das coletas foi o local com maior diversidade de famílias. Na primeira coleta Ribeirão Bonito apresentou 13 famílias e nas outras três campanhas de coletas a maior quantidade de famílias amostradas foi em São Carlos com 11, 13 e 11 famílias amostradas.

São Carlos obteve o BMWP com boa, o IBFH regular com poluição orgânica significativa e BMWP-ASPT com provável poluição severa.

Nos pontos mais impactados, Ribeirão Bonito e Araraquara houve a dominância de Oligochaeta, sendo esta classe de organismos um bom bioindicador de qualidade ambiental. Dentre os Oligochaetas identificados, no total das quatro coletas, registrou-se 698 indivíduos coletados em Araraquara, 544 em Ribeirão Bonito, 447 em São Carlos e 7 em Itirapina. Nas comunidades onde há táxons dominantes os resultados de índice de diversidade tendem a ser mais baixos, isso ocorre em regiões onde não possuem mata ripária ou estão expostas a fatores de estresse (SURIANO, 2008). Esta argumentação é

corroborada pelos valores obtidos nos índices calculados.

Em Ribeirão Bonito e Araraquara os índices BMWP e IVA (CETESB, 2017) evidenciaram a qualidade da água como regular e o IET como mesotrófico (CETESB, 2017) para o este trecho do rio classe 3, além do índice de Morisita indicar 95% de similaridade para os referidos pontos amostrais. O BMWP-ASPT para Ribeirão Bonito indicou uma provável poluição severa, já para o ponto amostral de Araraquara o mesmo índice indicou provável poluição moderada. Em Araraquara a diversidade de famílias foi a menor dos quatro pontos, além de ter em outubro/17 um valor muito alto da média da condutividade elétrica $106\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando condições de poluição e em novembro/17 um baixo valor médio de oxigênio dissolvido $3,25\text{mg}/\text{L}$ e pH entre 9,67 a 9,78. Deve-se notar que o ponto de amostral de Araraquara fica a montante do tributário córrego Ribeirão das Cruzes, no qual recebe a água tratada pela estação de tratamento de esgoto.

Os vários índices biológicos e de diversidade utilizados demonstraram ser ferramentas importantes para a compreensão da estrutura da comunidade bentônica e indicam uma piora na qualidade da água do rio, classificada como Classe 3.

O estudo das categorias tróficas revelou um rio com predomínio de macroinvertebrados coletores, demonstrando que o rio é afetado pela entrada de matéria orgânica devido à erosão das margens. Para esse tipo de levantamento sugere-se um número maior de pontos amostrais e intervalos de coletas menores, minimizando assim possíveis influências sazonais nos resultados.

Segundo Silveira (2004), os organismos coletores e filtradores aumentariam em abundância devido a maior entrada de matéria orgânica em suspensão provocada pela erosão das margens, provocados pelo estado de conservação ou ausência da mata ciliar.

De acordo com os resultados obtidos a estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos e a aplicação de índices biológicos evidenciaram que os pontos de Ribeirão Bonito e Araraquara apresentam maior grau de comprometimento em relação à qualidade da água (BMWP, IVA e IET).

O uso de macroinvertebrados aquáticos foi uma ferramenta muito importante ao se analisar a diversidade de famílias distribuídas nos quatro pontos amostrais, demonstrando que há uma diminuição desta quantidade, ausência ou diminuição de organismos sensíveis à poluição como os EPT nos trechos de Ribeirão Bonito e Araraquara. Os macroinvertebrados aquáticos são bons indicadores de poluição ambiental devido à

resposta ao impacto Silveira (2004), indicando tanto variações ocorridas recentemente quanto ocorridas no passado (CALLISTO; MORETTI; GOULART; 2001).

Realizar mais estudos com a utilização do BMWP-ASP e IBFH, principalmente no ponto de São Carlos que demonstrou provável poluição severa com qualidade da água moderadamente pobre e em Araraquara onde apresentou poluição provavelmente moderada com qualidade da água pobre.

A utilização dos índices BMWP, BMWP-ASPT e IBFH juntamente com o biomonitoramento utilizando os macroinvertebrados aquáticos, poderia ser explorada pela CESTEB como ferramenta para melhor classificação de possíveis impactos ambientais, juntamente com o Índice da Comunidade Bentônica - ICB que não é realizado no rio Jacaré Guaçu.

Recomenda-se que novos estudos sejam feitos com um número maior de dados para complementar este trabalho e os dados da CETESB, buscando averiguar melhor a qualidade ambiental nos pontos amostrais, principalmente nos pontos mais perturbados.

8. REFERÊNCIAS

AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/> Acesso em: 17 Jun. 2018.

ALBA-TERCEDOR, J.. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In: **IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA), Almería**. 1996. p. 203-213. Disponível em: <http://ocw.atiica.um.es/ciencias/ecologia/lectura-obligatoria-1/pubal baj1996p203.pdf> Acesso em: 10.Mai.2017.

ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 35, p. 257-284, 2004. Disponível em: http://www.edc.uri.edu/nrs/classes/nrs534/nrs_534_readings/allen_landscapesandriverscapes_2004.pdf . Acesso em: 03.Nov.2017

ANDRADE, C. C.. **Macroinvertebrados bentônicos e fatores físicos e químicos como indicadores de qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu (SP)**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos naturais e da Saúde) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1952/2490.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 15.Mar.2017.

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and the Water Environment Federation (WEF). **Standard Methods for the water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 22ª edição, 2012, 1496p.

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and the Water Environment Federation (WEF). **Standard Methods for the water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 23ª edição, 2017, 1504p.

ARUNACHALAM, M. et al. Substrate selection and seasonal variation in densities of invertebrates in stream pools of a tropical river. **Hydrobiologia**, v. 213, n. 2, p. 141-148, 1991. Disponível em: <https://scholar.google.com/citations?user=-1uDdKIAAAAJ&hl=en> . Acesso em: 12.Abr.2018.

ATTANASIO, C. M. et al. **Guia de Restauração de Matas para a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (UGRHI nº13)**. Jahu/SP, Instituto Pró-Terra, 2014. 40p. Disponível em: <http://www.institutoproterra.org.br/attach/upload/guiaderestauracaoflorestalparaaugrhitiete-jacare.pdf> . Acesso em: 04.Nov.2017.

BARBOUR, M T. *et al.* Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers. **USEPA, Washington**, 1999. Disponível em: <https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1164.pdf> Acesso em: 22.Jan.2017.

BASELGA, A.; JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; NICCOLINI, G.. A multiple-site similarity measure independent of richness. **Biology Letters**, v. 3, n. 6, p. 642-645, 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2391238/> . Acesso em: 06.Mai.2018.

BICUDO, C. E. M. & BICUDO, D. C. 2004. **Amostragem em limnologia**. São Carlos: Rima, 2004.

BISPO, P. C. et al. A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos do Planalto Central do Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 13, n. 2, p. 1-9, 2001. Disponível em: [http://ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1302E_files/Artigo%2013\(2\).pdf](http://ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1302E_files/Artigo%2013(2).pdf) . Acesso em: 14.Mai.2018

BRANCO, S. M. **O meio ambiente em debate**. 3ª edição. São Paulo: Moderna, 2004.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 março de 2005**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> . Acesso em: 03.Ago.2016.

BRINKHURST, R. O.; MARCHESE, M. R. Guía para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centroamérica. **Santa Fé: Clímax**, 1989.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L.. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, p. 465-473, 2003. Disponível em: https://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0102-311X2003000200013&script=sci_arttext&tlng=es . Acesso em: 03.Maio.2017.

CALLISTO, M.; GONÇALVES JR, J. F.; MORENO, P. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. **Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**, v. 1, p. 1-12, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Callisto/publication/242225288_Invertebrados_Aquaticos_como_Bioindicadores/links/00b7d52b6c719c8d5e000000/Invertebrados-Aquaticos-como-Bioindicadores.pdf Acesso em: 03.Mai.2017.

CAIRNS, J; PRATT, J. R. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**, v. 10, p. 27, 1993. Disponível em: http://www.docbrownscience.com/uploads/4/8/7/2/4872895/water_quality_biological_monitoring_.pdf Acesso em: 18.Jun.2017.

CAMPAGNA, A. F.. Estudos limnológicos e ecotoxicológicos da bacia do Alto Jacaré-Guaçu com ênfase no desenvolvimento de sedimentos artificiais para avaliação da toxicidade do cromo. 2010, 188 f.. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Disponível em : <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1672/3080.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 17.Mar.2017.

CARVALHO, A. R.. **Avaliação da qualidade da água e da interação entre o ecossistema aquático e o ecossistema terrestre em dois afluentes do Rio Jacaré-Guaçu, na APA Corumbataí (Itirapina-SP)**. 1996. 115p. 2010. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos-SP.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L.. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, p. 618-622, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v23n5/3051.pdf> . Acesso em: 06.Mar.2018.

CASCÃO, T. A.. **Efeitos da variação do pH da água em Ephemeroptera (Macroinvertebrados)**. 2015. 58p. Dissertação (Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da Água) – Universidade do Porto, Porto – Portugal. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/83467>. Acesso em: 16.Dez.2018.

CHAGAS, F. B.. **Biomonitoramento da qualidade de água dos rios Leãozinho e Ligeirinho, Erechim, RS: abordagem integrada através de parâmetros biológicos, físico-químicos e microbiológicos**. 2017. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Fronteira do Sul, Erechim-RS. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/1541> . Acesso em: 10.Jun.2018.

CIIAGRO – Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Instituto Agrônomo de Campinas. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/MenuBH.htm> . Acesso em: 17.Jun.2018.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ – CBH/TJ. **Diagnóstico da rede de monitoramento da UGRHI 13**. 2015 . São Paulo. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-TJ/9283/diagnostico-da-rede-de-monitoramento-da-ugrhi-13.pdf> . Acesso em: 06.Ago.2016.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ – CBH/TJ. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2017 – Ano Base 2016**. São Paulo. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-TJ/12284/relatorio-situacao-2017-cbh-tj-final.pdf> Acesso em: 16.Out.2017.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ – CBH/TJ. **Apresentação**. São Paulo. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbh-tj/apresentacao> . Acesso em: 06.Ago.2016.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ – CBH/TJ. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2015 – Ano Base 2014**. São Paulo, 24.Nov.2015. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-TJ/11841/2016-12-09-relatorioicompleto.pdf> . Acesso em: 20.Dez.2016.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ – CBH/TJ. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2015 – Ano Base 2014**. São Paulo, 24.Nov.2015. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-TJ/10382/relatorio-de-situacao-2015-cbh-tj-final.pdf> . Acesso em: 15.Jul.2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo: Relatórios 2003 a 2018**. São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/> . Acesso em: 12.Dez.2017

CORBI, J. J. et al. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**, p. 61-65, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v29n1/27858.pdf> . Acesso em: 15.Out.2017.

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

COUTINHO, L. M.. **Cerrado**. 2000. Disponível em: http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_solo.htm . Acesso: 19.Abr.2018.

CUMMINS, K. W. Trophic relations of aquatic insects. **Annual review of entomology**, v. 18, n. 1, p. 183-206, 1973. Disponível em: http://www.ephemeroptera-galactica.com/pubs/pub_c/pubcumminsk1973p183.pdf Acesso em: 04.Mai.2017.

DATAGEO - Sistema Ambiental Paulista. Governo do Estado de São Paulo. **Infraestrutura de dados espaciais ambientais - IDEA -SP**. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO> . Acesso em: 02.Mar.2018.

DE CÁSSIA FRENEDOZO, R.. Utilização dos táxons Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) e Díptera na avaliação da qualidade da água em ambientes lóticos. Disponível em: http://www.mackenzie.br/fileadmin/Pesquisa/pibic/publicacoes/2011/pdf/bio/amanda_coronato.pdf . Acesso em: 14.Mai.2018.

DE SOUZA, L. O. I; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B.. **Ordem Odonata Fabricius, 1793 (Arthropoda: Insecta)**. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/Guia_online_Odonata_Vers%C3%A3o_1%C3%9F2.0.pdf . Acesso em: 27.Dez.2017.

DEL GRANDE, M; REZENDE, M. O. O. Distribuição de compostos organoclorados nas águas e sedimentos da bacia do rio Piracicaba/SP – Brasil. **Química Nova**. São Paulo, v. 26, nº 5, 678-686, Fev. 2002. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol26No5_678_10-AR02188.pdf . Acesso em: 15.Nov.2016.

DIAS, R. M.; SALVADOR, N. N. B.; BRANCO, M. B. C.. Identificação dos níveis de degradação de matas ripárias com o uso de SIG. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 150-161, 2018.

DORNFELD, C. B.. **Utilização de análises limnológicas, bioensaios de toxicidade e macroinvertebrados bentônicos para o diagnóstico ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana, SP)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-14072005-153541/pt-br.php> . Acesso em: 08.Mai.2018.

DOS SANTOS PINTO, A. et al. Levantamento dos Macroinvertebrados Aquáticos do Córrego Lagoa Serena, Instituto de Biotecnologia, Uniara: Avaliação do Possível Impacto. **Revista Brasileira Multidisciplinar – Brazilian Multidisciplinary Journal**, v. 13, n. 2, p. 114-123, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2010.v13i2.144> . Acesso em: 16.Mai.2018.

EATON, D. P. Macroinvertebrados aquáticos como indicadores ambientais da qualidade de água. In: CULLEN, L.J. *et al* (Org.). **Métodos de estudos em biologia da conservação & manejo da vida silvestre**. Curitiba: UFPR, 2004, p. 43-68.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988.

EGLER, M. **Utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação da degradação ambiental de ecossistemas de rios em áreas agrícolas**. 147p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2002.

FERREIRO, N. R. B.. Caracterização da qualidade ecológica do rio Tua. **Faculdade de Ciências da Universidade do Porto**, 2007. Disponível em: http://www.dcc.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_040370156.pdf . Acesso em: 20,Jun.2018.

FÖRSTNER, U; WINTMANN, G. T. W. **Metal pollution in the aquatic environment**. 2ª edição, 1983. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=9PLuCAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Metal+pollution+in+the+aquatic+environment&ots=4QXi1Hh67P&sig=yIrfGIM1HUPoaXDtQc5gKdrigoA#v=onepage&q=Metal%20pollution%20in%20the%20aquatic%20environment&f=false> . Acesso em: 14.Nov.2016

FRACÁCIO, R.. **Estudos limnológicos e ecotoxicológicos (laboratoriais e in situ), com ênfase na avaliação da toxicidade de metais e de pesticidas organoclorados em peixes (*Danio rerio* e *Poecilia reticulata* - sub-bacia do rio Monjolinho (São Carlos SP))**. 2006. 184 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1571?show=full> Acesso em: 20.Ago.2018.

FUNARI, P. P. A; SCHIAVETTO, S. N.O. Pesquisas Arqueológicas na região central do Estado de São Paulo. **Revista de História da Arte e Arqueologia**. IFCH/UNICAMP, n° 6, p.155-174, dez.2006. Disponível em: <http://www.unicamp.br/chaa/rhaa/downloads/Revista%206%20-%20artigo%2013.pdf> . Acesso em: 08.Dez.2016.

GONÇALVES, F. B.. **Análise comparativa de índices bióticos de avaliação de qualidade de água, utilizando macroinvertebrados, em um rio litorâneo do estado do Paraná**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Paraná. Disponível em:

<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/19880/dissertacao%20Fabio.pdf?sequence=1> . Acesso em: 20.Jun.2018.

GORNI, G.; PEIRÓ, D. F.; SANCHES, N.. Aquatic Oligochaeta (Annelida: Clitellata) from State of Sao Paulo, Brazil: Diversity and Occurrence review. **Biota Neotropica**, v. 15, n. 1, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1676-06032015000100204&script=sci_arttext . Acesso em: 09.Mai.2018.

GOULART, M. D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 153-164, 2003. Disponível em: <http://www.urisan.tcche.br/~briseidy/P%F3s%20Licenciamento%20Ambiental/bioindicadores%2019.10.2010.pdf> Acesso em: 04.Mai.2017.

HAMADA, Neusa; NESSIMIAN, Jorge Luiz; QUERINO, Ranyse Barbosa. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. **Embrapa Meio-Norte-Livros científicos (ALICE)**, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114288/1/Livro-Insetos-Aquaticos.pdf> . Acesso em: 03.Nov.2017.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **PAST - Palaeontological statistics. software package for education and data analysis**. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. v. 25, n. 07, p. 2009, 2001. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm . Acesso em: 10.Mar.2018.

HENRIQUES-OLIVEIRA, A. L.; SANSEVERINO, A. M.; NESSIMIAN, J. L. Larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) de substrato rochoso em dois rios em diferentes estados de preservação na Mata Atlântica, RJ. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 11 (2), p. 17-28, 1999. Disponível em: [http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1102E_files/Artigo%202_11\(2\).pdf](http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1102E_files/Artigo%202_11(2).pdf) . Acesso em: 06.Mai.2018

HOLANDA, L. F. R. et al. **Estrutura de comunidades de macroinvertebrados em riachos: efeitos de diferentes condições de perturbação sobre os processos de colonização e recolonização de substratos**. 2011. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4004> . Acesso em: 06.Mai.2018.

INSTITUTO DE PESQUISA E TECNOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré – Relatório Final**. 1999. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6980/cap1a4pg1a17.pdf> . Acesso em: 08.Dez.2016.

INSTITUTO FLORESTAL. Governo do Estado de São Paulo. **Cobertura vegetal nativa no Estado de São Paulo 2009**. Disponível em: http://iflorestal.sp.gov.br/wp-content/uploads/noticias/iflorestal/2010/bacia_inve2010.pdf . Acesso em: 08.Dez.2017.

INSTITUTO PRÓ-TERRA. **Plano diretor de restauração florestal visando a produção de água e a preservação da biodiversidade da UGRHI – Tietê-Jacaré.** 2009.

Disponível em:

<http://www.institutoproterra.org.br/attach/upload/planodiretorderestauracaoflorestaltietejacare.pdf> . Acesso em:08.Dez.17.

KARR, J. R. Defining and measuring river health. **Freshwater Biology.** V. 41, n. 2, p. 221-234, março 1999.

KUHLMANN, M. L. et al. Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo. **São Paulo: CETESB,** 2012.

Disponível em: <http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2015/01/protocolo-biomonitoramento-2012.pdf> . Acesso em:

20.Out.2016.

LEFCHECK, J. **NMDS Tutorial in R.** 2012. Disponível em:

<https://jonlefccheck.net/2012/10/24/nmgs-tutorial-in-r/> . Acesso em: 15.Set.2018.

LOPES DO CARMO, D.; SILVA, C. A.. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 36, n. 4, 2012.

Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/1802/180224730015/> . Acesso em: 20.Abr.2018.

LUZIA, A. P.. **Estrutura organizacional do fitoplâncton nos sistemas lóticos e lênticos da bacia do Tietê-Jacaré (UGRHi-Tietê-Jacaré) em relação à qualidade da água e estado trófico.** 2009. 186 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009. Disponível em:

<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1654> . Acesso em: 17.Jun.2018.

MARGALEF, F. **Limnologia.** Barcelona: Omega, 1983.

MARTINS, R. T.; STEPHAN, N. N. C.; ALVES, R. G. Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) as an indicator of water quality in an urban stream in southeast Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia,** v. 20, n. 3, p. 221-226, 2008. Disponível em:

http://ablimno.org.br/acta/pdf/acta20_vol3_05.pdf . Acesso em: 09.Mai.2018.

METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. **Environmental pollution,** v. 60, n. 1-2, p. 101-139, 1989.

MUGNAI, R; NESSIMIAN, J. L.; FERNANDES, D.. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. 176 p.

MUNIZ, R.. Disciplina “Gestão de Recursos Hídricos e Bacias Hidrográficas” (atividade de campo, 17.Set.2016). Araraquara. Programa de Pós Graduação – Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, UNIARA, 2016.

NEGREIROS, S. CETESB conclui inventário e prepara plano de ação. **Saneamento Ambiental**, n. 46, p. 30-34, 1997.

NESSIMIAN, J. L.; DORVILLÉ, L. F. M.; SANSEVERINO, A. M. Relation between flood pulse and functional composition of the macroinvertebrate benthic fauna in the lower Rio Negro, Amazonas, Brazil. **Amazoniana**. v. 15, n. 1/2, p. 35-50, 1998. Disponível em: <file:///C:/Users/Fernando/Downloads/Nessimianetal1998-Relationbetweenfloodpulseandfunctionalcompositionmacroinvertebratebenthicfauna.pdf> . Acesso em: 10.Jun.2018.

NOVELLI, A. **Estudo limnológico e ecotoxicológico da água e sedimento do Rio Monjolinho - São Carlos (SP), com ênfase nas substâncias de referência cádmio e cobre**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-05052016-090832/> . Acesso em: 17.Jun.2018.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

OTTOBONI SEGURA, M.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A. A.. Chave de famílias de Coleoptera aquáticos (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, 2011. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/fullpaper?bn02711012011+pt> . Acesso em: 05.Jan.2017.

PARESCI, D. C. *et al.* **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade da água em rios e reservatórios da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré (SP)**. 2008. 190 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1637/2217.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 15.Set.2017.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. de F.; PEREIRA, C. M.. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2011. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15440973.pdf> . Acesso em 19.Fev.2018.

PELÁEZ RODRÍGUEZ, M.. **Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas**. 2001. 138 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

QUEIROZ, J. F. de; SILVA, M. S. G. M.; TRIVINHO-STRIXINO, S. **Organismos bentônicos: biomonitoramento de qualidade de água**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 8-25, 2008. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroBenticos.pdf> . Acesso: 15.Jul.2016.

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H (ED.). **Freshwater**

biomonitoring and benthic macroinvertebrates. New York: Chapman and Hall, 1993. 488 p.

REZENDE, G. R. de. Estudo do Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho, São Carlos-SP, Utilizando o Modelo Matemático de Qualidade da Água QUAL-2E. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 7, n. 2, 2011. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?start=80&q=jacar%C3%A9+gua%C3%A7u&hl=pt-BR&as_sdt=0,5 .Acesso em: 17.Jun.2018.

RISSATO, S. R. *et al.* Determinação de pesticidas organoclorados em água de manancial, água potável e solo na região de Bauru (SP). **Química Nova**. São Paulo, v. 27, nº 5, 739-743, Jun.2004. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol27No5_739_11-AR03265.pdf . Acesso em: 14.Nov.2016.

RODRIGUES, M. P. **Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas.** 2001. 175 f.. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). USP, São Carlos.

ROQUE, F. O.; CORBI, J. J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Considerações sobre a utilização de larvas de Chironomidae (Diptera) na avaliação da qualidade da água de córregos do Estado de São Paulo. In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; PASCHOAL, C.M.R.B.; ROCHA, O.; BOHRER, M.B. C., p. 115-126, 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320242804_Consideracoes_sobre_a_utilizacao_d_e_larvas_de_Chironomidae_Diptera_na_avaliacao_da_qualidade_da_agua_de_corregos_d_o_Estado_de_Sao_Paulo . Acesso em: 17.Jun.2018.

ROSA, B. F. J. V.; MARTINS, R. T.; ALVES, R. G. Distribution of oligochaetes in a stream in the Atlantic Forest in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 1, p. 1-7, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-69842015000100002&script=sci_arttext&tlng=pt . Acesso em: 09.Mai.2018.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater Biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** New York: C. hapman & Hall, 1993. 488 p.

SALLES, F. F.; FERREIRA-JUNIOR, N. Hábitat e hábitos. In: HAMADA, N; NESSIMIAN, J. L.; R. Barbosa QUERINO, R. B. (Eds). **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia.** Manaus: Editora do INPA, 2014. p. 39-49.

SANCHES, N. A. de O. et al. Inventário de Oligochaeta (Annelida: Clitellata) em córregos urbanos de Bocaina–SP, Brasil. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 19, n. 1, p. 14-24, 2016. Disponível em: <http://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/364> . Acesso em: 09.Mai.2018.

SANTOS, K. P. dos. **Macroinvertebrados bentônicos e parâmetros físico-químicos como indicadores da qualidade da água de microbacias utilizadas para o abastecimento público da região metropolitana de Goiânia.** 2014. 87 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3957> . Acesso em: 10.Jun.2018.

SANTOS, M. R. dos. **Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em riachos de baixa ordem, sob diferente grau de impacto antrópico, na bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas (Planalto de Poços de Caldas, MG)**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Animal) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas-MG. Disponível em: <http://200.131.224.39:8080/bitstream/tede/547/5/Dissertacao%20de%20Mireile%20Reis%20dos%20Santos.pdf> . Acesso em: 10.Jun.2018.

SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 10.775 de 22 de novembro de 1977. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 23.Nov.77, Diário Executivo, p.1. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1977/decreto-10755-22.11.1977.html> . Acesso em: 18.Jul.2018.

SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 8.468 de 8 de setembro de 1976. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 9.Set.76, Diário Executivo, p.4. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html> . Acesso em: 18.Jul.2018.

SAULINO, H. H. L.; CORBI, J. J.; CARACCIOLI, L. C.. Avaliação da qualidade da água da nascente do Ribeirão das Anhumas (Araraquara-SP) através do estudo dos macroinvertebrados aquáticos. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 14, n. 1, p. 17-29, 2011. Disponível em: <http://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/92/69> . Acesso em: 03.Mai.18.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA. Governo do Estado do Paraná. **Avaliação da Qualidade da Água Através dos Macroinvertebrados Bentônicos - Índice BMWP**. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=91>. Acesso em: 05.Jul.2018.

SHIMANO, Y. et al. Distribuição espacial das guildas tróficas e estruturação da comunidade de Ephemeroptera (Insecta) em córregos do Cerrado de Mato Grosso, Brasil. **Iheringia**, Série Zoologia, v. 102, n. 2, p. 187-196, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/isz/v102n2/11.pdf> . Acesso em: 10.Jun.2018.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; ABREU JUNIOR, J.de S. Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. **Revista da Universidade de Alfenas**, v. 5, n. 1, p. 21-26, 1999. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=M%3%89TODOS+DE+QUANTIFICA%3%87%3%83O+D+A+MAT%3%89RIA+ORG%3%82NICA+DO+SOLO&btnG= . Acesso em: 31.Mai.2018.

SILVA, F. H. da. **Aplicação de índices bióticos para avaliação da qualidade ambiental em um trecho do rio Correntoso, Pantanal do Negro, Mato Grosso do Sul**. 2007. 61 f.

Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) – Universidade par o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (UNIDERP), Campo Grande. Disponível em: <http://repositorio.pgskroton.com.br/bitstream/123456789/3028/1/ff4ed8974847cb82a5344c13cc3074ea.pdf> . Acesso em: 10.Jun.2018.

SILVA FILHO, J. P. da. **Caracterização abiótica do ribeirão do Feijão, considerando-se dois regimes hidrológicos, chuva e seca (São Carlos-SP)**. 1998. 184 p.. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SILVA, L. F.. **Estrutura da comunidade de insetos aquáticos em igarapés na Amazônia Central, com diferentes graus de preservação da cobertura vegetal e apresentação de chave de identificação para gêneros de larvas da ordem Odonata**. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus. Disponível em: http://bdtd.inpa.gov.br/bitstream/tede/1204/1/Luana_Fidelis.pdf . Acesso em: 10.Jun.2018.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, Documentos 36, 2004. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_36.pdf . Acesso em: 15.Jul.2016.

SILVEIRA, M. P. et al. Application of biological measures for stream integrity assessment in south-east Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 101, n. 1-3, p. 117-128, 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/124591/1/2005AP-006.pdf> . Acesso em: 05.Jan.2018

SOUZA, A. D. G.; TUNDISI, J. G. Hidrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré-Guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 4, p. 563-570, 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-71082000000400004&script=sci_arttext . Acesso em: 15.Mar.17.

SOUZA, J. S. O impacto ambiental atribuído à pecuária. **Revista CRMV- PR**. Ed. 30. 13.Jan.2010. Disponível em: http://www.crmv-pr.org.br/?p=imprensa/artigo_detalhes&id=65 . Acesso em: 10.Mai.2018.

SOUZA, V. de; GALVANI, E.; SOUZA, M. L. de.. Determinação e adequação da capacidade de uso da terra em bacia hidrográfica por meio de sistematização metodológica no SIG SPRING. **Geografia (Londrina)**, v. 24, n. 1, p. 55-69, 2015. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/19345/17363> . Acesso em: 15.Jul.2016.

SURIANO, M. T. **Macroinvertebrados em córregos de baixa ordem sob diferentes usos do solo no estado de São Paulo : subsídios para o biomonitoramento**. 2008. 145 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

TEIA – CASA DE CRIAÇÃO. **PLANO DIRETOR DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ - PDEA-TJ**. Disponível em: <http://pdea.teia.org.br/projeto/a-bacia/> . Acesso em: 28.Set.2016.

TEIXEIRA, D. **Caracterização limnológica dos sistemas lóticos e variação temporal e espacial de invertebrados bentônicos na bacia do ribeirão do Feijão (São Carlos/SP)**. 1993. 193 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos. **Revista MultiCiência**, Campinas, v. 1, p. 15, outubro 2003. Disponível em: <http://www.multiciencia.unicamp.br/art03.htm> . Acesso em: 28.Jul.2016.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf> . Acesso em: 16.Ago.2016.

TUNDISI, J. G *et al.* A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 159-172, 2008.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo, Oficina de Textos, 2008. 631p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG. Laboratório de Ecologia de Bentos. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/Page1631.htm . Acesso em: 09.Mai.2018.

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=1pxhLVxVFHoC&oi=fnd&pg=PA15&dq=Modelos+qualitativos,+baseados+na+din%C3%A2mica+do+oxig%C3%AAnio+dissolvido,+para+avalia%C3%A7%C3%A3o+da+qualidade+das+%C3%A1guas+em+bacias+hidrogr%C3%A1ficas&ots=CiyAA9-Hr&sig=bGPzIVewUTxJluFOyTF8Ret1a50#v=onepage&q&f=false> . Acesso em: 19.Fev.2018.

ZANZINI, A. C. da S.. **Descritores quantitativos de riqueza e diversidade de espécies**. 2005. 43 p. Universidade Federal de Lavras – UFLA. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjNjqXBhujeAhXEfpAKHXsgCuEQFjAAegQIChAC&url=http%3A%2F%2Fwww.acszanzini.net%2Fwp-content%2Fuploads%2Fmaterial%2Flivros%2FDescritores%2520Quantitativos%2520de%2520Riqueza%2520e%2520Diversidade%2520de%2520Esp%25C3%25A9cies.doc&usg=AOvVaw1rlZaUwPswOB36NZw5zVc4> . Acesso em: 15.Mar.2018.