

**UNIVERSIDADE BRASIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CAMPUS SÃO PAULO**

ALAN RANGEL ALVES

**QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIETÊ
NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, SP**

**WATER QUALITY IN THE TIETÊ RIVER HYDROGRAPHIC BASIN IN
THE METROPOLITAN REGION OF SÃO PAULO - SP**

São Paulo – SP
2021

ALAN RANGEL ALVES

QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIETÊ
NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, SP

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Profa. Dra. Juliana Heloisa Pinê Américo
Pinheiro
Orientadora

São Paulo – SP
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

A477a ALVES, Alan Rangel

Qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Tietê na Região Metropolitana de São Paulo – SP / Alan Rangel Alves. -- São Paulo: Universidade Brasil, 2021.

93 f.: il. color.

Dissertação de Mestrado defendida no Programa de Pós-graduação do Curso de Ciências Ambientais da Universidade Brasil.

Orientação: Profa. Dra. Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro.

1. Coliformes. 2. Turbidez. 3. Esgotos. 4. Recursos Hídricos. 5. Saneamento. I. Pinheiro, Juliana Heloisa Pinê Américo. II. Título.

CDD 372.357

TERMO DE APROVAÇÃO



TERMO DE APROVAÇÃO

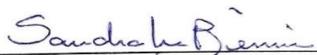
ALAN RANGEL ALVES

“QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIETÊ NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, SP”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:


Prof(a). Dr(a) Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro (presidente-orientadora)


Prof(a). Dr(a). Danila Fernanda Rodrigues Frias (Universidade Brasil)


Prof(a). Dr(a). Sandra Medina Benini (FAIP)

São Paulo, 19 de março de 2021
Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a) Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro

TERMO DE AUTORIZAÇÃO



Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

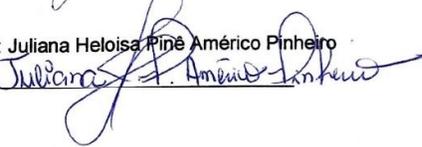
Título do Trabalho: "QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIETÊ NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, SP"

Autor(es):

Discente: Alan Rangel Alves

Assinatura: 

Orientadora: Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro

Assinatura: 

Data: 19/março/2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e por me dar a chance de aprender a cada dia e a sabedoria para seguir essa trajetória acadêmica.

A minha família em sempre me apoiar e dar condições para buscar meus sonhos e pela compreensão em minhas ausências.

A Universidade Brasil, pela concessão da bolsa de estudo do Programa pró-mestre que foi essencial para a realização deste trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pelos ensinamentos e oportunidade.

A minha orientadora, Prof.^a Dr^a Juliana Heloisa Pinê Américo-Pinheiro, pelo apoio, orientação e dedicação que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Aos meus colegas do programa de mestrado, pela convivência, ensinamentos e cooperação.

RESUMO

O monitoramento da qualidade das águas superficiais visa identificar os problemas e buscar soluções para melhorar a qualidade de vida e a saúde ambiental. Este trabalho objetivou avaliar a qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê na região metropolitana de São Paulo. Os dados foram obtidos por meio do Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. As amostras de água foram coletadas bimestralmente durante o ano de 2018. Foram utilizados oito pontos de monitoramento localizados na região metropolitana de São Paulo, identificados como: P1 em Biritiba Mirim, P2 em Mogi das Cruzes, P3 na jusante da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Suzano, P4 em Itaquaquetuba, P5 em Guarulhos, P6 na Ponte da Avenida Aricanduva em São Paulo, P7 na Ponte das Bandeiras em São Paulo e P8 na Ponte dos Remédios em São Paulo. Foram analisadas nove variáveis de qualidade da água: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais. Os resultados obtidos por meio do Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo foram utilizados para calcular o Índice de Qualidade da Água (IQA), em cada ponto de monitoramento, por mês e média anual. Durante o ano, nos pontos P1 e P2 do Rio Tietê a qualidade da água variou de ótima a aceitável (IQA entre 51 e 81). Nos demais pontos (P3 a P8), a qualidade variou entre ruim a péssima (IQA entre 13 e 30), o que permite inferir que a carga poluidora lançada na Bacia do Tietê é maior e o estado de degradação está no curso localizado nas regiões urbanizadas. As variáveis de qualidade da água avaliadas apontam que o ambiente de estudo tem influência da ação antrópica, representado pelo lançamento de esgoto doméstico e industrial sem tratamento na rede hídrica da bacia. Isto requer medidas para diminuir a deterioração do rio em decorrência da emissão de esgotos. Para que os indicadores possam apresentar resultados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, são necessárias políticas públicas associadas à gestão da água, tais como maiores investimentos em saneamento básico, controle do despejo de esgoto na bacia hidrográfica e engajamento das comunidades em movimentos de revitalização das águas, a fim de melhorar a qualidade da água do Rio Tietê e a sustentabilidade das comunidades aquáticas.

Palavras-chave: Coliformes. Turbidez. Esgotos. Recursos Hídricos. Saneamento Básico.

ABSTRACT

The monitoring of surface water quality aims to identify problems and look for solutions to improve quality of life and environmental health. This work aimed to evaluate the water quality in the Tietê River Basin in the metropolitan region of São Paulo (São Paulo state, Brazil). The data were obtained through the Inland Water Quality Report of the State of São Paulo of the Environmental Company of the State of São Paulo. Water samples were collected twice a month during 2018. Eight monitoring points were used located in the metropolitan region of São Paulo, which were identified as: P1 in Biritiba Mirim, P2 in Mogi das Cruzes, P3 downstream of Suzano Sewage Treatment Plant (ETE), P4 in Itaquaquetuba, P5 in Guarulhos, P6 on the avenue bridge Aricanduva in São Paulo, P7 at Ponte das Bandeiras in São Paulo and P8 at Ponte dos Remédios in São Paulo. Nine variables of water quality were analyzed: dissolved oxygen, thermotolerant coliforms, hydrogenic potential, biochemical oxygen demand, water temperature, total nitrogen, total phosphorus, turbidity and total solids. The results obtained through the Inland Water Quality Report of the State of São Paulo of the Environmental Company of the State of São Paulo were used to calculate the Water Quality Index (AQI) at each monitoring point monthly and annual average. During the year, in points P1 and P2 of the Tietê River, water quality ranged from optimal to acceptable (AQI between 51 and 81). In the other points (P3 to P8) the quality varied between bad and poor (AQI between 13 and 30), which allows to infer that polluting load launched in the Tietê Basin is higher and the state of degradation is in the course located in urbanized regions. The water quality variables evaluated indicate that the study environment influences on anthropic action, represented by the release of domestic and industrial sewage without treatment into the water network of the basin. This requires measures to reduce the deterioration of the river as a result of sewage emissions. In order to the indicators can present results within the standards established by the legislation, they are necessary public policies associated with water management, such as greater investment in basic sanitation, control of sewage disposal in the watershed, and community engagement in water revitalization movements, in order to improve the water quality of the Tietê River and the sustainability of aquatic communities.

Keywords: Coliforms. Turbidity. Sewers. Water Resources. Sanitation.

DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

Este trabalho objetivou avaliar a qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê na região metropolitana de São Paulo. Os dados foram obtidos por meio do Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Foram analisadas nove variáveis de qualidade da água: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais. Durante o ano de 2018, a qualidade da água do Rio Tietê variou de ótima a aceitável nos pontos de monitoramento P1 e P2. Nos demais pontos (P3 a P8), a qualidade variou entre ruim a péssima, o que permite inferir que a carga poluidora lançada na Bacia do Tietê é maior e o estado de degradação está no curso localizado nas regiões urbanizadas. Para que os indicadores possam apresentar resultados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, são necessárias políticas públicas associadas à gestão da água, tais como maiores investimentos em saneamento básico, controle do despejo de esgoto na bacia hidrográfica e engajamento das comunidades em movimentos de revitalização das águas, a fim de melhorar a qualidade da água do Rio Tietê e a sustentabilidade das comunidades aquáticas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de água na Terra.....	20
Figura 2 - Distribuição de água doce na Terra	21
Figura 3 - Usos da água no mundo	22
Figura 4 – Quantificação da água doce no Brasil.....	23
Figura 5 - Regiões hidrográficas do Brasil.....	24
Figura 6 – Trajeto do Rio Tietê.....	25
Figura 7– Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para cálculo do IQA.....	38
Figura 8 - Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 06 no Estado de São Paulo, Brasil.....	41
Figura 9 - Localização dos pontos de coleta e análise de água na Região do Alto Tietê, Estado de São Paulo, Brasil.....	44
Figura 10 – Localização do ponto de monitoramento em Biritiba Mirim, SP	45
Figura 11 – Localização do ponto de monitoramento em Mogi das Cruzes, SP	47
Figura 12 – Localização do ponto de monitoramento em Suzano, SP.....	48
Figura 13 -- Localização do ponto de monitoramento em Itaquaquetuba, SP	49
Figura 14 – Localização do ponto de monitoramento em Guarulhos, SP.....	50
Figura 15 – Localização do ponto de monitoramento na Ponte Aricanduva.....	51
Figura 16 – Localização do ponto de monitoramento na Ponte das Bandeiras.....	52
Figura 17 – Localização do ponto de monitoramento na Ponte dos Remédios.....	53
Figura 18 – Intensidades de chuvas no estado de São Paulo em 2018.....	55
Figura 19 – Concentração média de sólido total (mg/L) no Rio Tietê, 2018.....	57
Figura 20 – Valores médios de temperatura (°C) no Rio Tietê, 2018.....	59
Figura 21 – Grau de intensidade média de turbidez (UNT) no Rio Tietê, 2018.....	62
Figura 22 – Concentração média de demanda bioquímica de oxigênio (mg/L) no Rio Tietê, 2018	65
Figura 23 – Concentração média de fósforo total (mg/L) no Rio Tietê, 2018	68
Figura 24 – Concentração Média de Nitrogênio Total (mg/L) no Rio Tietê, 2018.....	71
Figura 25 – Concentração média de Oxigênio Dissolvido (mg/L) no Rio Tietê, 2018.....	75
Figura 26 – Concentração média de potencial hidrogeniônico (pH) no Rio Tietê, 2018	77

Figura 27 – Concentração média de coliformes termotolerantes (UFC/100ml) no Rio Tietê, 2018	80
Figura 28 - Evolução dos valores de IQA nos oito pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê – SP, Brasil, 2018	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das águas doces	28
Quadro 2 – Parâmetros do Índice de Qualidade das Águas (IQA).....	36
Quadro 3– Classificação dos valores Índice de Qualidade das Águas (IQA).....	39
Quadro 4– Localização dos pontos de monitoramento	43
Quadro 5 – Concentração da demanda bioquímica de oxigênio nas águas, estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005	63
Quadro 6 – Concentração de fósforo mg/L na água estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005.....	67
Quadro 7 – Concentração de oxigênio dissolvido mg/L-1 na água estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005.....	73
Quadro 8 – Limite permitido de coliformes termotolerantes para águas doces por cada 100 ml, estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005.....	78
Quadro 9 - Valores mensais e médio do Índice de Qualidade da Água nos oitos pontos de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê - SP, Brasil, 2018.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Concentração de sólidos totais (mg/L) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018	56
Tabela 2 - Valores de temperatura (°C) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018.....	58
Tabela 3 - Grau de intensidade de turbidez (UNT) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018	60
Tabela 4 - Concentração de demanda bioquímica de oxigênio (mg/L) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018	63
Tabela 5 - Concentração de fósforo (mg/L) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018.....	66
Tabela 6 - Concentração de nitrogênio total (mg/L-1) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018	69
Tabela 7 - Concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018	72
Tabela 8 - Concentração de potencial hidrogeniônico (pH) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018	76
Tabela 9 - Concentração de coliformes termotolerantes (UFC/100ml) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018	78

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional das Águas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DBO	demanda bioquímica de oxigênio
ETE	estação de tratamento de esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice da qualidade das águas
OD	Oxigênio dissolvido
pH	Potencial hidrogeniônico
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAISP	Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo
SEMAE	Serviço Municipal de Águas e Esgotos
SP	São Paulo
UGRHI	Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	JUSTIFICATIVA	18
2	OBJETIVOS	19
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3	REVISÃO DA LITERATURA	20
3.1	RECURSOS HÍDRICOS	20
3.2	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIETÊ	23
3.3	RIOS E DESENVOLVIMENTO URBANO EM SÃO PAULO	26
3.3	LEGISLAÇÃO E PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA	27
3.4	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS	29
3.4.1	Sólido total	29
3.4.2	Temperatura da água	29
3.4.3	Turbidez	30
3.4.4	Demanda bioquímica de oxigênio	31
3.4.5	Fósforo total	31
3.4.6	Nitrogênio total	32
3.4.7	Oxigênio dissolvido	33
3.4.8	Potencial hidrogeniônico (pH)	33
3.4.9	Coliformes termotolerantes	34
3.4.10	Índice de qualidade das águas (IQA)	35
3.5	SANEAMENTO BÁSICO	39
4	MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1	ÁREA DE ESTUDO	41
4.2	CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS	42
4.3	LEVANTAMENTO DE DADOS	42
4.3.1	Ponto de monitoramento 1 (P1): Biritiba Mirim/SP	44
4.3.2	Ponto de monitoramento 2 (P2): Mogi das Cruzes/SP	46
4.3.3	Ponto de monitoramento 3 (P3): Suzano/SP	47
4.3.4	Ponto de monitoramento 4 (P4): Itaquaquecetuba/SP	48
4.3.5	Ponto de monitoramento 6 (P6): São Paulo/SP – Ponte Aricanduva	50
4.3.6	Ponto de monitoramento 7 (P7): São Paulo – Ponte das Bandeiras	51
4.3.7	Ponto de monitoramento 8 (P8): São Paulo – Ponte dos Remédios	52
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1	SÓLIDOS TOTAIS	56
5.2	TEMPERATURA DA ÁGUA	58

5.3 TURBIDEZ.....	60
5.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO.....	62
5.5 FÓSFORO TOTAL.....	66
5.6 NITROGÊNIO TOTAL.....	69
5.7 OXIGÊNIO DISSOLVIDO	72
5.8 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO.....	75
5.9 COLIFORMES TERMOTOLERANTES	77
5.10 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA).....	81
6 CONCLUSÃO	86
7 RECOMENDAÇÕES.....	87
REFERÊNCIAS.....	88

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para todos os seres vivos existentes no planeta, está presente em diversos processos físicos, químicos e biológicos, sua disponibilidade é importante para o bom funcionamento dos ecossistemas. Esse recurso natural constitui um elemento essencial para o consumo humano, irrigação, geração de energia elétrica, transporte, aquicultura e atividades de recreação (SOARES; FERREIRA, 2017).

A sociedade humana tem explorado este recurso natural de forma não sustentável que associado ao crescimento populacional, aumento do número de residências sem planejamento, muitas vezes em áreas de proteção de mananciais e a falta de saneamento básico adequado têm afetado diretamente a qualidade da água, tornando-a, muitas vezes, imprópria para o consumo (ALVES et al., 2018).

A qualidade das águas superficiais pode ser alterada por atividades humanas presentes nas bacias hidrográficas. Essa poluição pode ocorrer de forma pontual por meio de lançamentos e descarga de esgoto em cursos d'água ou de forma difusa nas quais não são identificados lançamentos em pontos específicos na bacia, como por exemplo, o aporte de nutrientes originários da drenagem urbana (AMÉRICO-PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

O monitoramento da qualidade da água é importante para apontar tendências e áreas prioritárias para o controle da poluição hídrica. Sem esta informação, torna-se difícil o planejamento e a efetividade destas ações e instrumentos de gestão como o enquadramento de corpos hídricos em classes de qualidade segundo os usos preponderantes da água (ANA, 2019).

Contudo, faz-se necessário o uso de parâmetros que indiquem a qualidade dos corpos d'água de acordo com a finalidade de uso dos recursos hídricos. Diversas ferramentas foram propostas com base em características físicas, químicas e bacteriológicas da água. Entre elas, destaca-se o Índice de Qualidade da Água (IQA), que é uma importante ferramenta para mensurar o padrão de qualidade das águas (GLORIA et al., 2017).

Assim, analisar e mensurar a qualidade da água é imprescindível para determinar os múltiplos usos dos recursos hídricos e estabelecer o desenvolvimento sustentável nas bacias hidrográficas, visto que a estreita relação entre os seres vivos

e o meio natural modifica constantemente o ambiente e pode causar impactos nos cursos d'água (AMÉRICO-PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

1.1 JUSTIFICATIVA

É importante alertar tanto os governantes quanto a população sobre os padrões obtidos em cada ponto de monitoramento, identificar as possíveis causas que podem existir desde a falta do tratamento do esgoto lançado no rio, descarte inadequado de resíduos sólidos, fiscalização governamental e até falta de ações de educação ambiental nas comunidades presentes nas margens da bacia.

Ao avaliar o resultado dos parâmetros da qualidade da água ao longo do seu percurso, é possível analisar a influência da urbanização e os impactos sobre a saúde humana e sensibilizar a população sobre a necessidade de uma maior conscientização ambiental no tocante a preservação dos recursos hídricos e, assim, estimular a criação de ações que possam garantir a utilização deste recurso para as futuras gerações.

Os resultados apresentados nesta pesquisa podem auxiliar os gestores públicos a programar ações em prol da preservação da água, melhorar o processo de limpeza e despoluição do rio, estimular projetos que conscientizem a população sobre a importância de não descartar resíduos nos meios aquáticos, a fim de evitar a degradação ambiental e melhorar a qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Tietê.

2 OBJETIVOS

Avaliar a qualidade das águas superficiais na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, na região metropolitana de São Paulo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as variáveis físico-químicas e microbiológicas da água e comparar com os parâmetros estabelecidos na legislação;
- Demonstrar a influência do despejo de esgoto e da urbanização na qualidade da água;
- Determinar o Índice de Qualidade da Água (IQA) em diferentes pontos de amostragem na bacia;
- Propor medidas para diminuir a poluição da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê.

3 REVISÃO DA LITERATURA

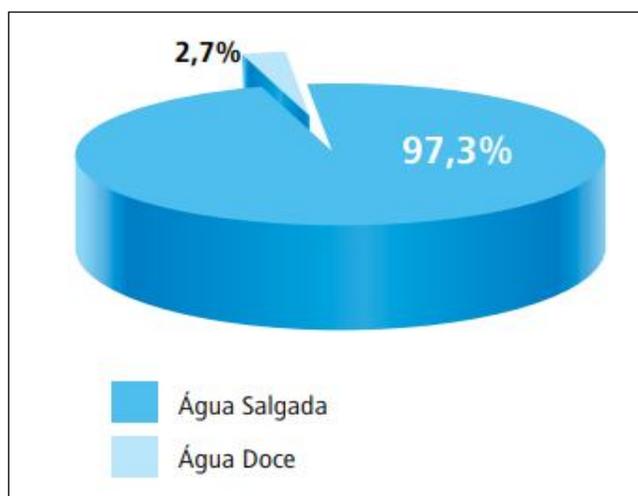
3.1 RECURSOS HÍDRICOS

A água é de vital importância para a sobrevivência humana, mas, com a crescente poluição dos rios, a consequência é a redução de água adequada para o consumo, e o resultado é um maior risco a saúde. A poluição da água não afeta apenas os seres humanos, mas também interfere no equilíbrio dos ecossistemas (ANA, 2011).

Este recurso natural é utilizado na produção dos alimentos que se ingere, é um elemento fundamental para a higiene pessoal, na limpeza das cidades, na construção de obras, no combate a incêndios, entre outros (ANA, 2005).

O volume estimado de água na Terra é de cerca de um bilhão e trezentos e quarenta milhões de quilômetros cúbicos (1.340.000.000 Km³), enquanto a superfície terrestre é formada por aproximadamente 75%, sendo que apenas 2,7% correspondem à água de rios, lagos, pântanos, gelos das calotas polares, águas subterrâneas e água presente na atmosfera, conforme esquematizado na Figura 1 (BRASIL, 2006; PEREIRA; FERREIRA, 2008).

Figura 1 - Distribuição de água na Terra



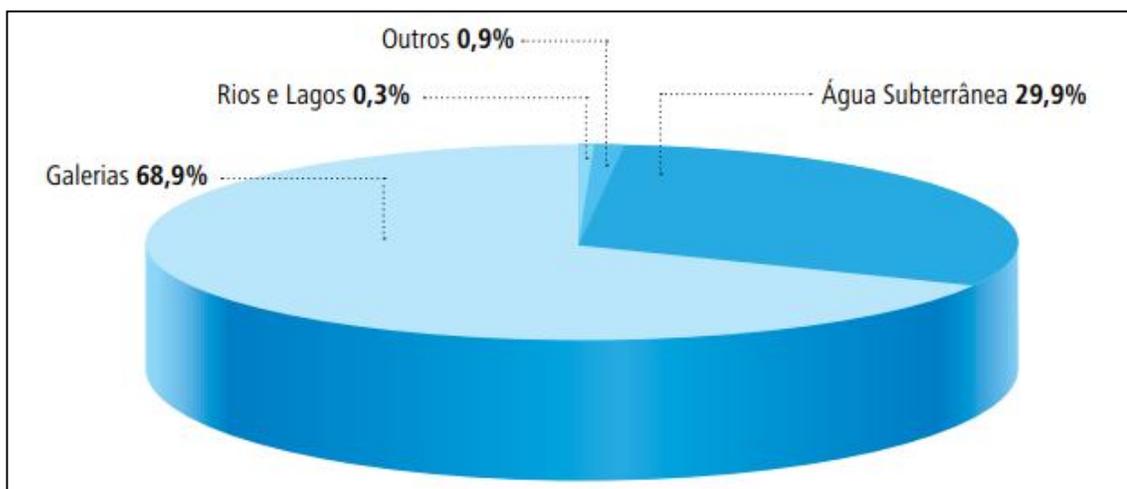
Fonte: Pereira e Ferreira (2008)

As águas podem ser definidas como: doces, salobras e salinas, de acordo com o grau de salinidade. As águas com salinidade igual ou inferior a 0,5% são consideradas águas doces; águas com salinidades acima de 0,5% e inferior a 30%

são chamadas de águas salobras, e as águas cuja salinidade seja igual ou superior a 30‰ são denominadas águas salinas (CONAMA, 2005).

A maior parte da água doce do planeta disponível, para o consumo humano, se apresenta em forma de gelo ou neve permanente, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Distribuição de água doce na Terra



Fonte: Pereira e Ferreira (2008)

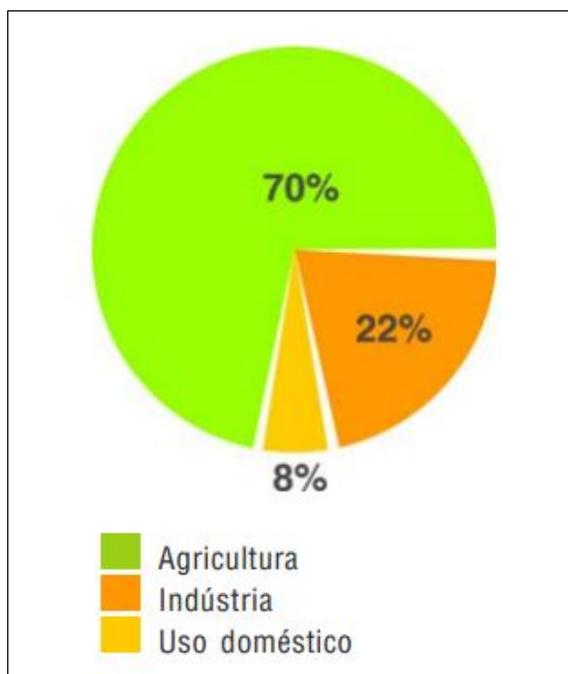
Por ser a água um recurso finito existente em nosso planeta, precisa ser preservado, pois sua falta afeta drasticamente a manutenção da vida dos seres humanos. A poluição hídrica desencadeia muitas consequências negativas para a população, por isso deve-se preservar esse recurso (ANA, 2013).

Enfim, a água é utilizada para o consumo humano, à produção econômica, à indústria e agricultura, é uma riqueza natural insubstituível. É um bem de todos os povos, culturas, recebe diferentes significados, seja na arte, religião, ciência e política (SÃO PAULO, 2008).

Ao longo do tempo, o ser humano começou a utilizar cada vez mais a água, desenvolvendo a agricultura irrigada, aumentando a sua utilização nas indústrias e, como esses múltiplos usos da água e novos tipos de apropriação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, surgiu o desequilíbrio entre disponibilidade e demanda (TUNDISI, 2014).

A água doce não significa água potável, pois, para isso, a água precisa ser de boa qualidade, estar livre de contaminação e de qualquer substância tóxica. Outrossim, o problema se agrava, porque a água tem múltiplos usos, sendo utilizada por todos, embora, muitas vezes, de forma não sustentável, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Usos da água no mundo

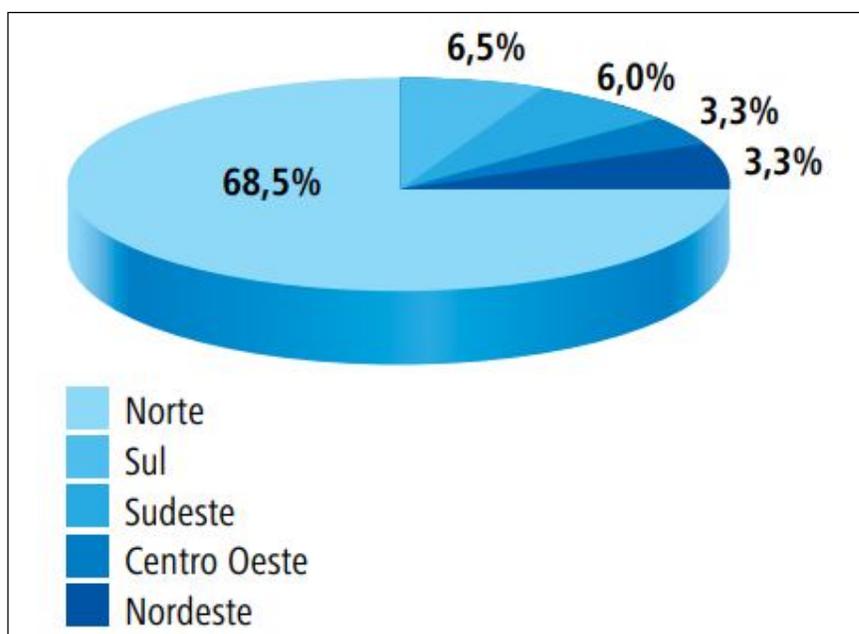


Fonte: WWF-Brasil (2006)

O Brasil tem posição privilegiada no mundo em relação à disponibilidade de recursos hídricos, pois possui aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, o que demonstra sua situação confortável com relação às reservas hídricas (GEO BRASIL, 2007).

No entanto, sua distribuição em relação às regiões e concentrações populacionais é desigual e preocupante. A região Norte do Brasil, inserida na Bacia Amazônica, conta com apenas 8% da população brasileira e tem, aproximadamente, 68,5% da água doce existente no país, enquanto o Sudeste tem 42% da população do Brasil, mas apenas 6% da água doce está disponível, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 – Quantificação da água doce no Brasil



Fonte: São Paulo (2008)

O Brasil é considerado rico em vazão média por habitante, mas apresenta variação espacial e temporal das vazões. A região Hidrográfica Amazônica detém 74% dos recursos hídricos superficiais e é habitada por menos de 5% da população brasileira (GEO BRASIL, 2007).

Essa distribuição irregular de recursos hídricos no território brasileiro tem influência da variedade de processos climatológicos que regulam a distribuição e a disponibilidade da água (TUNDISI, 2014).

3.2 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIETÊ

A bacia hidrográfica do Tietê é uma área que recebe água da chuva, sua superfície é formada por um conjunto de terras por onde corre um rio principal e seus afluentes, incluindo cabeceiras ou nascentes, divisores de água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, entre outros (SÃO PAULO, 2008).

De maneira geral, pode-se conceituar bacia hidrográfica como uma área geográfica natural, delimitada pelos pontos mais altos do relevo (espigões, divisores de água), dentro dos quais a água proveniente das chuvas é drenada superficialmente

por um curso d'água principal até sua saída da bacia, no local mais baixo do relevo, que corresponde à foz desse curso d'água (SANTANA, 2003).

Uma bacia hidrográfica é composta por um conjunto de superfícies vertentes constituídas pela superfície do solo e de uma rede de drenagem formada pelos cursos da água que confluem até chegar a um leito único no ponto de saída (TUCCI, 2004).

A Figura 5 mostra as regiões hidrográficas do Brasil.

Figura 5 - Regiões hidrográficas do Brasil

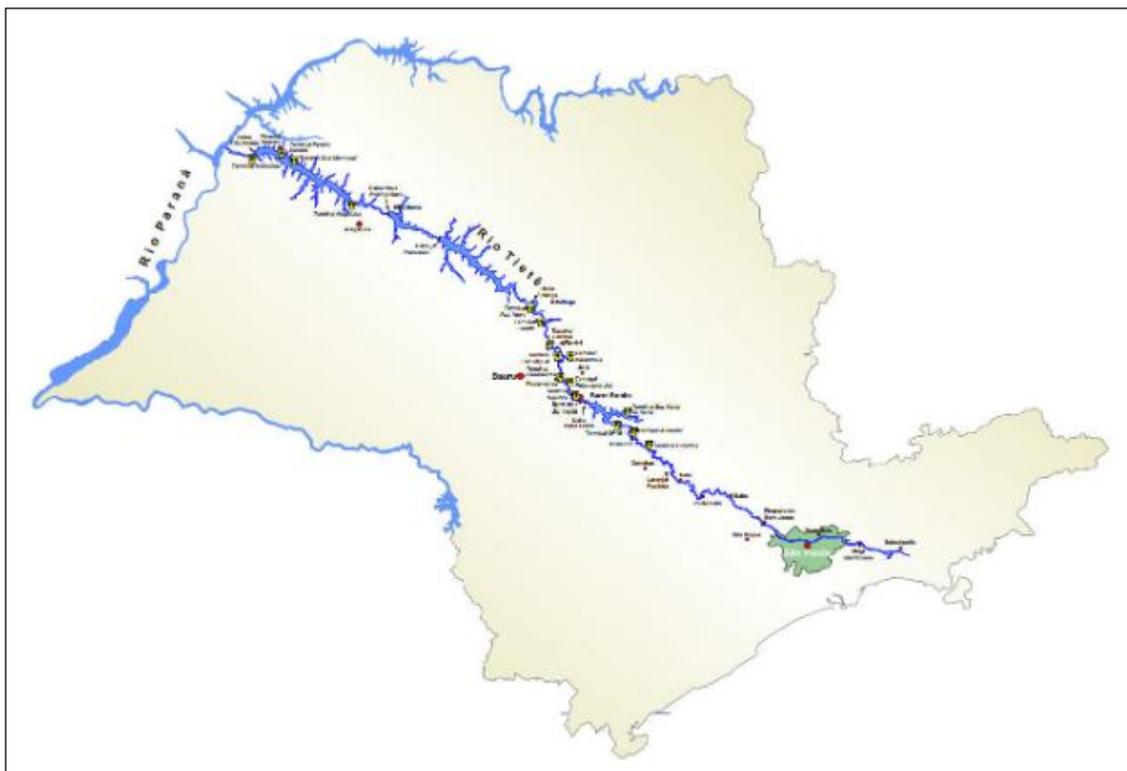


Fonte: São Paulo (2018) Adaptada

O Rio Tietê nasce a 1.030 metros do nível do mar, na cidade de Salesópolis, município da Região Metropolitana de São Paulo, nas encostas da Serra do Mar. Sua nascente se localiza a 22 km do Oceano Atlântico e a 96 km da capital do Estado de São Paulo em uma área coberta pela Mata Atlântica (OLIVEIRA, 2014).

O Rio percorre uma extensão de 1.136 km, corta o estado de São Paulo de leste a oeste (Figura 6), tem sua nascente em Salesópolis e recebe vazão de quase 30 pequenos afluentes que o tornam um rio volumoso antes de chegar à capital de São Paulo e sua foz no Rio Paraná, na divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul (SÃO PAULO, 2018).

Figura 6 – Trajeto do Rio Tietê



Fonte: São Paulo (2018)

O Rio Tietê é dividido em quatro grandes trechos (SÃO PAULO, 2018):

- **Alto Tietê:** compreende suas nascentes até a cidade de Pirapora do Bom Jesus, incluindo o trecho que passa pela capital, com aproximadamente 250 km de extensão e cerca de 350 metros de desnível;
- **Médio Tietê Superior:** da cidade de Bom Jesus de Pirapora à cidade de Laras, onde atinge o remanso da barragem de Barra Bonita, tem 260 km de extensão e 218 metros de desnível;
- **Médio Tietê Inferior:** da cidade da Laras até a corredeira de Laje, encontra-se praticamente todo canalizado por uma série de barragens de aproveitamento múltiplo. Quando o rio corria livremente, era atravessado por numerosas corredeiras originadas do cruzamento de diversos travessões basálticos, não havendo, porém, nenhuma grande queda no trecho. O principal afluente do Médio Tietê é o rio Piracicaba;
- **Baixo Tietê:** da corredeira de Laje até a foz no rio Paraná, com 240 km de extensão e 98 metros de desnível. É o principal trecho da hidrovia Tietê-Paraná.

O Rio Tietê atinge a grande concentração urbana da cidade de São Paulo e municípios adjacentes junto ao bairro da Penha e o município de Guarulhos. A partir deste ponto até praticamente os municípios de Barueri e Santana de Parnaíba, o rio atravessa regiões de alta densidade demográfica e ocupação do solo intensa e indisciplinada (SÃO PAULO, 2009).

Ele está presente em algumas das mais importantes usinas hidrelétricas do Estado, que geram boa parte da energia elétrica consumida pelos paulistas: Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava (SÃO PAULO, 2018).

3.3 RIOS E DESENVOLVIMENTO URBANO EM SÃO PAULO

Os rios em São Paulo tiveram importância fundamental para o desenvolvimento comercial, produtos vindos de fazendas mais distantes eram transportados em pequenas embarcações e depois descarregados na Ladeira Porto Geral (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2016).

Durante a administração do prefeito de São Paulo José Pires do Rio (1926-1930), iniciou-se a implantação do “Plano das Avenidas” proposto pelo engenheiro Prestes Maia, com a proposição de um sistema viário amplo, capaz de atender a circulação dos automóveis (OLIVEIRA, 2014).

O Plano de Avenidas, se opunha a qualquer obstáculo físico para o crescimento da cidade, assim atendia aos interesses do mercado imobiliário e da indústria automobilística, ou seja, a prática generalizada de canalizações e confinamento de cursos d’água para darem lugar às avenidas de fundos de vale (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2016).

O rio Tietê sempre foi um rio com meandros e com a sua retificação para a construção de avenidas, o seu curso natural foi modificado, para canalizar e construir as avenidas, foi necessária a retirada da vegetação e a substituição por superfícies impermeabilizadas, como asfalto e concreto (OLIVEIRA, 2014).

Em 1901 já se falava que as águas do rio Tietê eram poluídas em função da criação de suínos na região de Mogi das Cruzes e Guarulhos e do despejo de esgoto, sem tratamento, das moradias ao seu redor. A implantação de indústrias no entorno e o despejo de resíduos industriais colaborou para o aumento da poluição (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2016).

Nas décadas de 40 e 50, o então prefeito Adhemar de Barros resolveu interligar as redes de esgoto da cidade de São Paulo fazendo com que elas desembocassem no rio Tietê. O esgoto dessas casas e indústrias era jogado no rio sem nenhum tipo de tratamento o que agravou a poluição e contaminação das águas do rio (OLIVEIRA, 2014).

Os rios e córregos passaram a ser vistos pela população como um lugar sujo, local de disposição de dejetos e lixo, e suas margens passaram a ser ocupadas pela população de baixa renda, com as várzeas sofrendo intenso processo de favelização (CONDEMAT, 2018).

3.3 LEGISLAÇÃO E PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Em 8 de janeiro de 1997, foi promulgada a Lei nº. 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Lei considera a água um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, com o uso prioritário para o consumo humano e a dessedentação de animais (BRASIL, 1997).

A Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000, cria a Agência Nacional de Águas (ANA), entidade federal com a finalidade de implantar a Política Nacional de Recursos Hídricos e responsável por instituir normas referentes à regulação dos serviços de saneamento básico (BRASIL, 2000).

A Política Nacional de Recursos Hídricos e as demais leis voltadas para o tema água buscaram preservar o direito ao acesso à água por todos os indivíduos em padrões adequados para as gerações atuais e futuras, utilizando a água dentro de um projeto de desenvolvimento sustentável (SÃO PAULO, 2008).

O comitê de gerenciamento de bacias hidrográficas foi criado para discutir os diferentes interesses do uso das águas das bacias hidrográficas e contribuir na elaboração das políticas para a gestão das bacias. Fazem parte desses comitês os três níveis do poder público, usuários da água e sociedade civil (ANA, 2011).

A Resolução nº. 357, de março de 2005, estabelece alguns parâmetros da qualidade da água para uso doméstico e industrial, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (CONAMA, 2005).

O Quadro 1 mostra a classificação das águas doces estabelecida pela Resolução do CONAMA nº. 357, de março de 2005.

Quadro 1 – Classificação das águas doces

CLASSE	DESTINAÇÃO
Classe especial	ao abastecimento para o consumo humano, com desinfecção
	à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
	à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
Classe 1	ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado
	à proteção das comunidades aquáticas;
	à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho
Classe 2	à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película
	ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional
	à proteção das comunidades aquáticas
	à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho
	à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto
Classe 3	à aquicultura e à atividade de pesca
	ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado
	à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras
	à pesca amadora
	à recreação de contato secundário
Classe 4	à dessedentação de animais
	à navegação
	à harmonia paisagística

Fonte: CONAMA (2005) Adaptado

A qualidade da água tem sido comprometida, desde o manancial, pelo lançamento de efluentes e resíduos, o que exige investimento nas estações de tratamento e alterações na dosagem de produtos para se garantir a qualidade da água na saída das estações (BRASIL, 2006).

Para caracterizar a água são determinados diversos parâmetros, que são indicadores da qualidade da água e se constituem não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. As características físicas,

químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem (BRASIL, 2014).

3.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

3.4.1 Sólido total

Os sólidos totais são substâncias caracterizadas pela rigidez e forma própria, que permanecem nas águas naturais e residuárias mesmo após várias operações como secagem e calcinação durante um determinado tempo e temperatura. Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água, podem causar seu assoreamento, que gera problemas para a navegação e pode aumentar o risco de enchentes (SOARES; FERREIRA, 2017). Além disso, podem causar danos à vida aquática, pois, ao se depositarem no leito, destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes (ANA, 2005).

A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural, processos erosivos, organismos e detritos orgânicos ou antropogênica, lançamento de resíduos e esgotos (BRASIL, 2014).

Os sólidos podem ser definidos como partículas passíveis de retenção por processo de filtração ou permanecer em solução mesmo após a filtração; podem estar distribuídos na água em suspensão e dissolvidos, podem estar associados a características químicas ou biológicas (BRASIL, 2014).

Na água, os sólidos correspondem a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação, e podem causar danos à vida aquática. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição além de conferir sabor às águas (CETESB, 2019).

3.4.2 Temperatura da água

A temperatura da água desempenha uma função importante no ambiente aquático, pois quando se tem aumento da temperatura da água, aumentam as taxas de reações químicas e biológicas, o que pode ocasionar impactos negativos na vida aquática (AMÉRICO-PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

A temperatura influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução (ANA, 2020).

A temperatura está relacionada com o aumento do consumo de água, a fluoretação, a solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, a mudança do pH e a desinfecção (BRASIL, 2013).

A alteração da temperatura da água pode ser por fontes naturais, como a energia solar, ou antropogênicas (despejos industriais) e influencia vários parâmetros físico-químicos da água. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução (BRASIL, 2014).

3.4.3 Turbidez

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão. A sua alteração decorre da erosão dos solos: à época das chuvas, as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água (BRASIL, 2014).

A turbidez tem sua importância no processo de tratamento da água. Água com turbidez elevada e, dependendo de sua natureza, forma flocos pesados que decantam mais rapidamente do que água com baixa turbidez (BRASIL, 2013).

O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (ex.: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento e, além disso, podem afetar a preservação dos organismos aquáticos (ANA, 2005).

A unidade que representa a turbidez é denominada UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Deve-se ressaltar que a turbidez, ao representar um requisito estético de qualidade na rede de distribuição, pode ter seu valor com variação de até cinco unidades em fim de rede (BRASIL, 2014).

A turbidez excessiva no corpo d'água diminui a penetração da luz; com isso, reduz a fotossíntese dos organismos e interfere na desinfecção da água, pois os

materiais em suspensão podem conter organismos que dificultam a ação do desinfetante (BRASIL, 2013).

3.4.4 Demanda bioquímica de oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia (ANA, 2005).

A $DBO_{5,20}$ é a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C. Valores altos de $DBO_{5,20}$ em um corpo d'água são geralmente causados pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos (ANA, 2005).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável por meio da demanda de oxigênio exercida por micro-organismos (BELLO; GUANDIQUE, 2011).

A demanda bioquímica de oxigênio é um parâmetro importante de qualidade de água e muito utilizado para mensurar a eficiência de estações de tratamento de esgoto sanitário e efluentes industriais (AMÉRICO-PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

O acréscimo de DBO no corpo d'água é provocado pelos despejos de material orgânico, e a presença de um alto teor deste material pode induzir a redução do oxigênio na água, ocasionando prejuízos à vida aquática (CETESB, 2019).

3.4.5 Fósforo total

O fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e, em ecossistemas aquáticos, seu excesso na água propicia o crescimento dos organismos fotossintetizantes e pode causar a eutrofização das águas (AMÉRICO-PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos (pela presença dos detergentes superfosfatos e da própria matéria fecal), a industrial (principalmente as empresas de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros) e a drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas como uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água (ANA, 2005).

Esse nutriente ocorre em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatos empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas (CETESB, 2019).

A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais de dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva ou antropogênicos, como lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas (BRASIL, 2014).

3.4.6 Nitrogênio total

O nitrogênio é um elemento importante para o ecossistema aquático, em decorrência de sua composição de o nitrogênio ser nutriente nos processos biológicos e ser essencial para os seres vivos. As fontes desse nutriente nos corpos hídricos são diversas, desde a decomposição do material orgânico, esgoto doméstico ou industrial, fertilizantes, defensivos agrícolas, entre outros (AMÉRICO-PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

O nitrogênio presente na água pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Quando lançados em grande quantidade, é tóxico aos seres humanos e pode causar uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é inclusive letal para crianças (ANA, 2005).

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas: os esgotos sanitários constituem a principal fonte, uma vez que lança na água nitrogênio orgânico devido a presença de proteínas e nitrogênio amoniacal em razão da hidrólise sofrida pela ureia na água. Outra fonte de descarga de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas são os afluentes industriais, entre outras (CETESB, 2019).

O teor de nitrogênio total nas águas tem como origem os despejos domésticos e industriais, excretas de animais e fertilizantes; suas diferentes formas de compostos nitrogenados presentes no meio aquático demonstram o nível da qualidade da água (LEITE et al., 2013).

3.4.7 Oxigênio dissolvido

O oxigênio é essencial para a sobrevivência de espécies aquáticas que está diretamente ligada à presença de oxigênio dissolvido. Os níveis de oxigênio dissolvido indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática (BRASIL, 2014).

O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial; como fonte natural é importante para a fotossíntese e para a decomposição da matéria orgânica pelos micro-organismos heterotróficos que, por sua vez, produzem gás carbônico, matéria-prima para o processo fotossintético (CETESB, 2019).

As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água, sendo um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos e vital para a preservação da vida aquática, já que vários organismos precisam de oxigênio para respirar (SOARES; FERREIRA, 2017).

De maneira geral, valores de oxigênio dissolvido menores que 2 mg/L pertencem a uma condição perigosa, denominado hipóxia, ou seja, baixa concentração de oxigênio dissolvido na água. Uma das causas mais frequentes de mortalidade de peixes é a queda na concentração de oxigênio nos corpos d'água (CETESB, 2020a). A mortalidade de peixe indica um ponto extremo de pressão no corpo de água, podendo incluir a morte de outros organismos. Esse tipo de evento está, normalmente, associado às alterações da qualidade da água, o que indica a fragilidade do corpo hídrico em virtude da poluição (CETESB, 2020b).

Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e em estações de tratamento de esgotos. Através da medição da concentração de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados (CETESB, 2019).

3.4.8 Potencial hidrogeniônico (pH)

O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, na solubilidade de substâncias e define o potencial de toxicidade

de vários elementos. As alterações de pH podem ter origem natural, dissolução de rochas, fotossíntese ou antropogênica, despejos domésticos e industriais (SOARES; FERREIRA, 2017).

O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. A Resolução CONAMA n °357 estabelece que, para a proteção da vida aquática, o pH deve estar entre 6 e 9. Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados (CONAMA, 2005).

O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, esse fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento (BRASIL, 2013).

O pH é um fator primordial nos processos de coagulação, desinfecção e abrandamento das águas, no controle da corrosão e no tratamento dos esgotos e despejos industriais. A desinfecção das águas se processa melhor em pH ácido do que em pH alcalino (BRASIL, 2014).

3.4.9 Coliformes termotolerantes

Os micro-organismos aquáticos desenvolvem, na água, suas atividades biológicas e metabólicas, provocando modificações de caráter químico e ecológico no próprio ambiente. Já os micro-organismos patogênicos, que são introduzidos na água pelo despejo de esgoto doméstico (material fecal), têm caráter transitório nesse ambiente (SOARES; FERREIRA, 2017).

As bactérias coliformes termotolerantes ocorrem no trato intestinal de animais homeotérmicos. Elas não são patogênicas, mas sua presença na água indica a possibilidade da existência de micro-organismos patogênicos responsáveis pela ocorrência de doenças de veiculação hídrica (ANAL, 2005).

A avaliação da qualidade microbiológica da água pode ser realizada por meio da identificação de indicadores de contaminação fecal e indicadores biológicos, quando apropriados, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas (BUZANELLO et al., 2008).

A investigação bacteriológica da água desempenha um papel importante quanto à determinação da qualidade da água de consumo humano e o correto funcionamento do abastecimento hídrico, a fim de verificar a segurança da

potabilidade da água e investigações de possíveis surtos de doenças (ALVES; ATAIDE; SILVA, 2018).

Altas concentrações deste parâmetro indicam a possibilidade de contaminação por excretas, seja pelo despejo de efluentes doméstico, seja pela drenagem superficial (BAHIA, 2011).

3.4.10 Índice de qualidade das águas (IQA)

O IQA apresenta, de forma simples, o resultado da qualidade da água em cada ponto do monitoramento. Para seu cálculo, são utilizados os nove parâmetros de qualidade da água: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico-pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólido total (CETESB, 2019).

Os índices e indicadores ambientais surgiram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, processo que requer um número elevado de informações em graus de complexidade cada vez maiores (ANA, 2005).

Por outro lado, os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos. Esta dupla vertente apresenta-se como um desafio permanente para gerar indicadores e índices que tratem um número cada vez maior de informações, de forma sistemática e acessível, para os tomadores de decisão (CETESB, 2019).

No Brasil, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) de São Paulo utiliza, desde 1975, uma versão do IQA adaptada da versão original do National Sanitation Foundation. O IQA é composto por nove parâmetros, com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água, descrito no Quadro 2 (ANA, 2005).

As principais vantagens dos índices são as facilidades de comunicação com o público leigo, o *status* maior do que as variáveis isoladas e o fato de representar a média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade (CETESB, 2019).

As variáveis de qualidade, que fazem parte do cálculo do IQA, refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante, também, salientar que este índice foi desenvolvido

para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (CETESB, 2019).

O IQA é composto por nove parâmetros com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância relativa ao cálculo do IQA, refletindo a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos nutrientes e sólidos, apresentado no Quadro 2 (SANTOS et al., 2018).

Quadro 2 – Parâmetros do Índice de Qualidade das Águas (IQA)

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO _{5,20})	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: ANA (2005)

O IQA é calculado por meio do produtório ponderado dos valores obtidos para os parâmetros mencionados, de acordo com a Equação 1 (ANA, 2005, p. 18):

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

(Equação 1)

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

qi = qualidade do i-ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

O cálculo do peso é feito segundo a Equação 2 (ANA, 2005, p. 18):

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

(Equação 2)

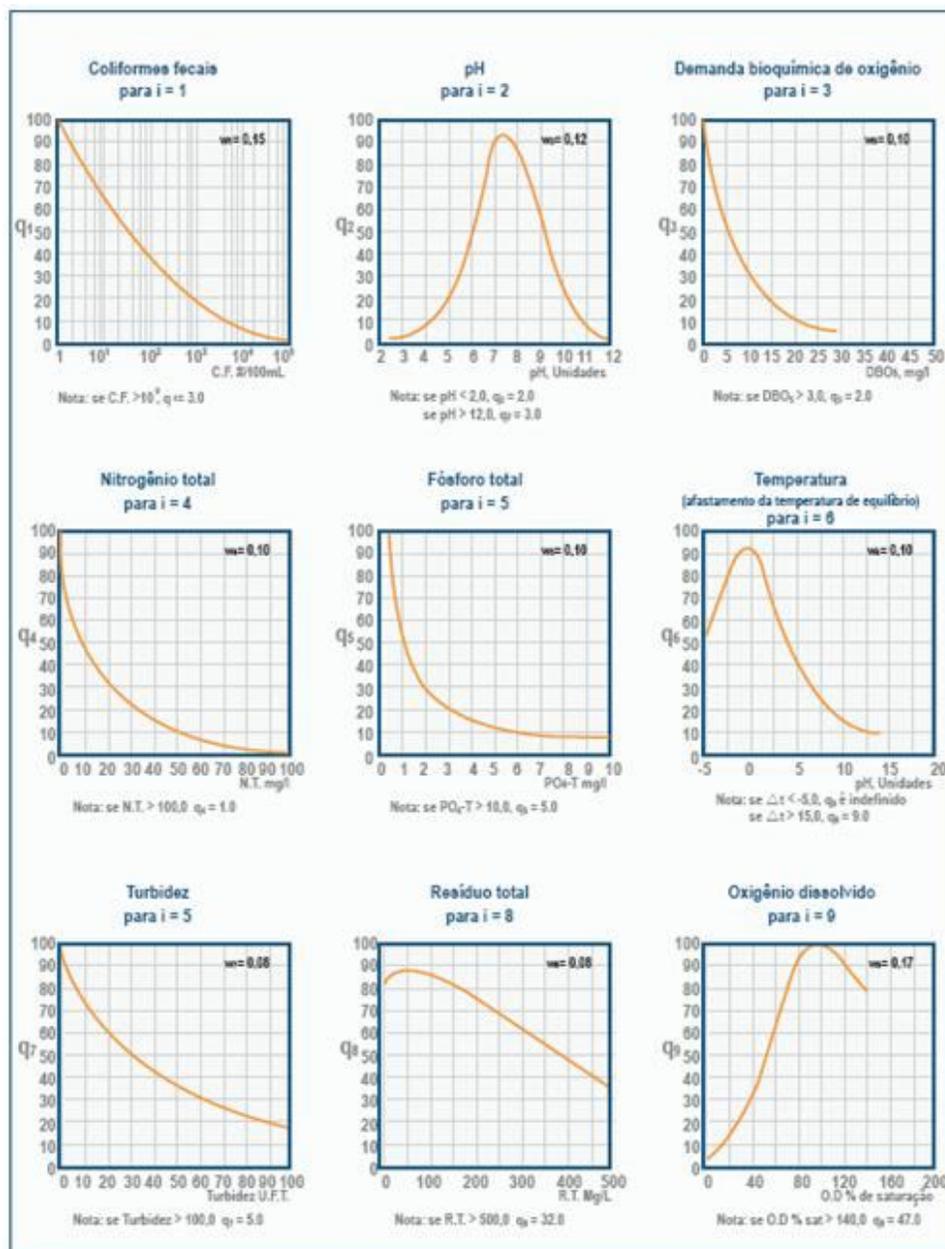
onde:

wi = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que (Equação 2):

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

Além de seu peso (*w*), cada parâmetro possui um valor de qualidade (*q*), obtido do gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida (Figura 7):

Figura 7– Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para cálculo do IQA



Fonte: ANA (2005)

A partir do cálculo efetuado, determina-se a qualidade das águas, que é indicada pelo IQA em valores numa escala entre 0 e 100, que variam entre os estados brasileiros, conforme faixas indicadas no Quadro 3 (ANA, 2005):

Quadro 3– Classificação dos valores Índice de Qualidade das Águas (IQA)

VALOR DO IQA (Estados: AP, MG, MT, PR, RS)	VALOR DO IQA (Estados: BA, GO, ES, MS, SP)	QUALIDADE DA ÁGUA	COR
91-100	80-100	Ótima	
71-90	52-79	Boa	
51-70	37-51	Aceitável	
26-50	20-36	Ruim	
0-25	0-19	Péssima	

Fonte: ANA (2005)

Para caracterizar uma água são determinados diversos parâmetros, que são indicadores da qualidade da água e se constituem não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. Os principais indicadores da qualidade da água são separados em aspectos físicos, químicos e biológicos (BRASIL, 2014).

3.5 SANEAMENTO BÁSICO

Saneamento é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e a produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica (BATISTA, 2012).

A Lei nº. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, saneamento básico a toda a população, abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, serviços e drenagem, entre outros (BRASIL, 2007).

No saneamento ambiental, que corresponde a um conjunto de ações voltadas para o abastecimento de água potável à população, os serviços de coleta e tratamento de esgotos e de resíduos sólidos, a higiene e os serviços de drenagem urbana adequados são condições essenciais para uma vida saudável (SÃO PAULO, 2008).

A poluição do meio ambiente é assunto de interesse público em todas as partes do mundo. Isso decorre de um rápido crescimento econômico associado à exploração

de recursos naturais. Questões como aquecimento global, perda da biodiversidade, contaminação e exploração dos recursos dos oceanos, ausência de saneamento básico e destinação dos resíduos são de suma importância para a humanidade (BRASIL, 2014).

Uma solução para a preservação dessas águas é o investimento em saneamento e no tratamento do esgoto sanitário, que é realizado por meio de estações de tratamento de esgoto que reproduzem, em um menor espaço e tempo, a capacidade de autodepuração dos cursos d'água (LEONETI et al., 2011).

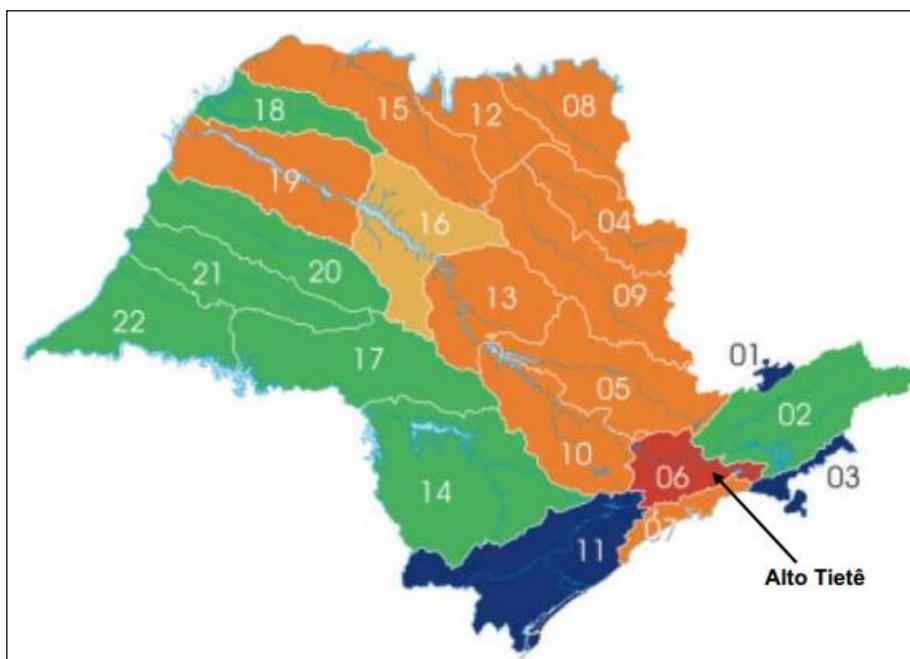
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O Alto Tietê é uma região geográfica localizada no entorno da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê e é formada por 34 municípios, distribuídos em 134.260 ha. Essa área coincide com a região metropolitana da cidade de São Paulo. Apesar do processo de urbanização e desenvolvimento, o Alto Tietê possui 20,2% de remanescentes florestais em relação à superfície (SUGUITURU et al., 2015)

A bacia hidrográfica do Alto Tietê é constituída pela bacia do Tietê e acrescida de bacias de pequenos cursos d'água; está localizada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 06 (UGRHI 06), conforme apresentado na Figura 8, e faz parte das 22 UGRHIs do estado de São Paulo (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ, 2009).

Figura 8 - Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 06 no Estado de São Paulo, Brasil



Fonte: São Paulo (2009)

A região metropolitana de São Paulo se notabiliza por apresentar acelerado desenvolvimento econômico, intenso crescimento populacional e expansão urbana desordenada, fatores que concorrem para o agravamento de suas condições

ambientais, notadamente com relação à gestão dos recursos hídricos e à manutenção da biodiversidade.

A economia dos municípios que compõem a região do Alto Tietê vai desde cidades em que a principal atividade econômica é a agricultura, municípios em que o setor de serviços é o mais relevante ou setor industrial é predominante, até do turismo que está em alta e é grande aposta das cidades da região (CONDEMAT, 2018).

4.2 CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS

O Rio Tietê tem sua nascente no município de Salesópolis. Em seu início de curso, a ocupação da bacia é predominantemente agrícola, embora existam neste trecho centros urbanos de importância, tais como Mogi das Cruzes e Suzano, e diversas indústrias (SÃO PAULO, 2009).

A Bacia Hidrográfica do Rio Tietê caracteriza-se por apresentar seu regime hidráulico e hidrológico extremamente complexo, em virtude das profundas alterações introduzidas por obras hidráulicas e por efeitos antrópicos das mais diversas ordens (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2020a).

O Rio Tietê atinge a grande concentração urbana no município de Guarulhos e na cidade de São Paulo junto ao bairro da Penha. A partir deste ponto até praticamente os municípios de Barueri e Santana de Parnaíba, o rio atravessa regiões de alta densidade demográfica e ocupação do solo intensa e indisciplinada (SÃO PAULO, 2009).

4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

A Bacia Hidrográfica do Rio Tietê foi utilizada como unidade de estudo. A metodologia utilizada para no desenvolvimento desta pesquisa foi a análise e discussão dos dados de qualidade de água de 48 amostras obtidos no Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, no ano de 2018 (CETESB, 2019).

Oito pontos de monitoramento enquadrados em diferentes classes (Quadro 4 e Figura 9) localizados na região metropolitana de São Paulo na Região do Alto Tietê foram avaliados. As coletas e análises de água foram realizadas bimestralmente pela CETESB.

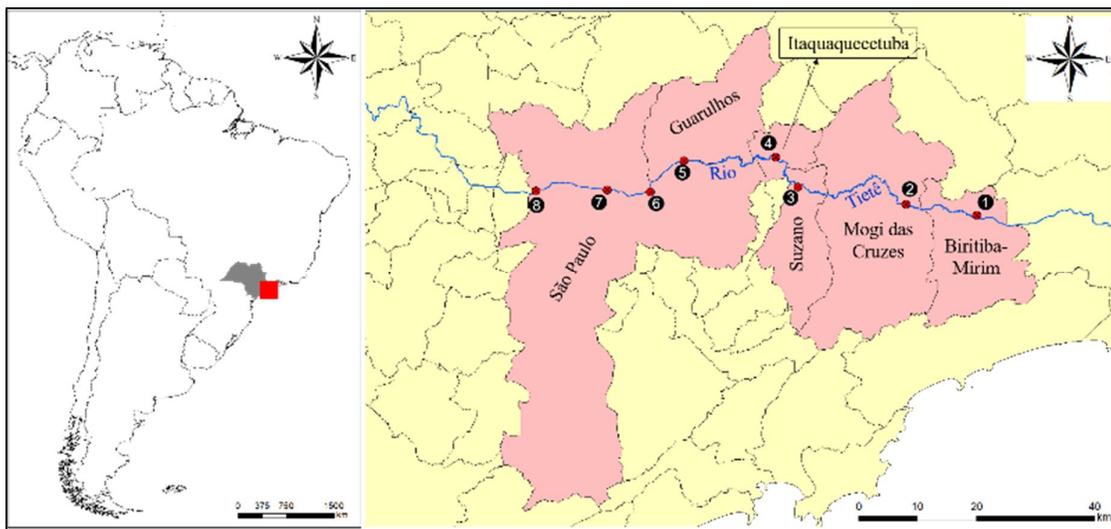
Quadro 4– Localização dos pontos de monitoramento

PONTOS	CLASSE	MUNICÍPIO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		PONTO DE LOCALIZAÇÃO
			Latitude	Longitude	
P1	2	Biritiba Mirim	23°56'50" S	46°01'58" W	Ponte na SP-088 que liga Mogi das Cruzes a Salesópolis, junto à régua do SAISP
P2	2	Mogi das Cruzes	23°54'86" S	46°13'58" W	Na captação principal do município de Mogi das Cruzes - SEMAE - junto a estação EF-01
P3	3	Suzano	23°50'31" S	46°33'69" W	A jusante da ETE de Suzano
P4	3	Itaquaquecetuba	23°47'19" S	46°34'72" W	Ponte na Estrada de Santa Isabel, na entrada de Itaquaquecetuba
P5	3	Guarulhos	23°47'67" S	46°49'97" W	Ponte na Rod. Ayrton Senna, a montante do Parque Ecológico, antes da saída 19 - Aeroporto Guarulhos
P6	4	São Paulo	23°52'28" S	46°55'81" W	Ponte na Av. Aricanduva
P7	4	São Paulo	23°52'17" S	46°63'11" W	Ponte das Bandeiras, na Av. Santos Dumont
P8	4	São Paulo	23°51'97" S	46°74'64" W	Ponte dos Remédios, na Av. Marginal (Rodovia Presidente Castelo Branco)

Fonte: CETESB (2019) Adaptado

Na Figura 9, demonstra a localização dos oito pontos de monitoramento localizados na região do Alto Tietê.

Figura 9 - Localização dos pontos de coleta e análise de água na Região do Alto Tietê, Estado de São Paulo, Brasil



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

Foram utilizados nove parâmetros de qualidade da água (sólidos totais, temperatura da água, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico e coliforme termotolerantes) para calcular o Índice de Qualidade das Águas (IQA).

No Brasil, a CETESB utiliza, desde 1975, uma versão do IQA adaptada da versão original do National Sanitation Foundation. O IQA é composto por nove parâmetros, com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água.

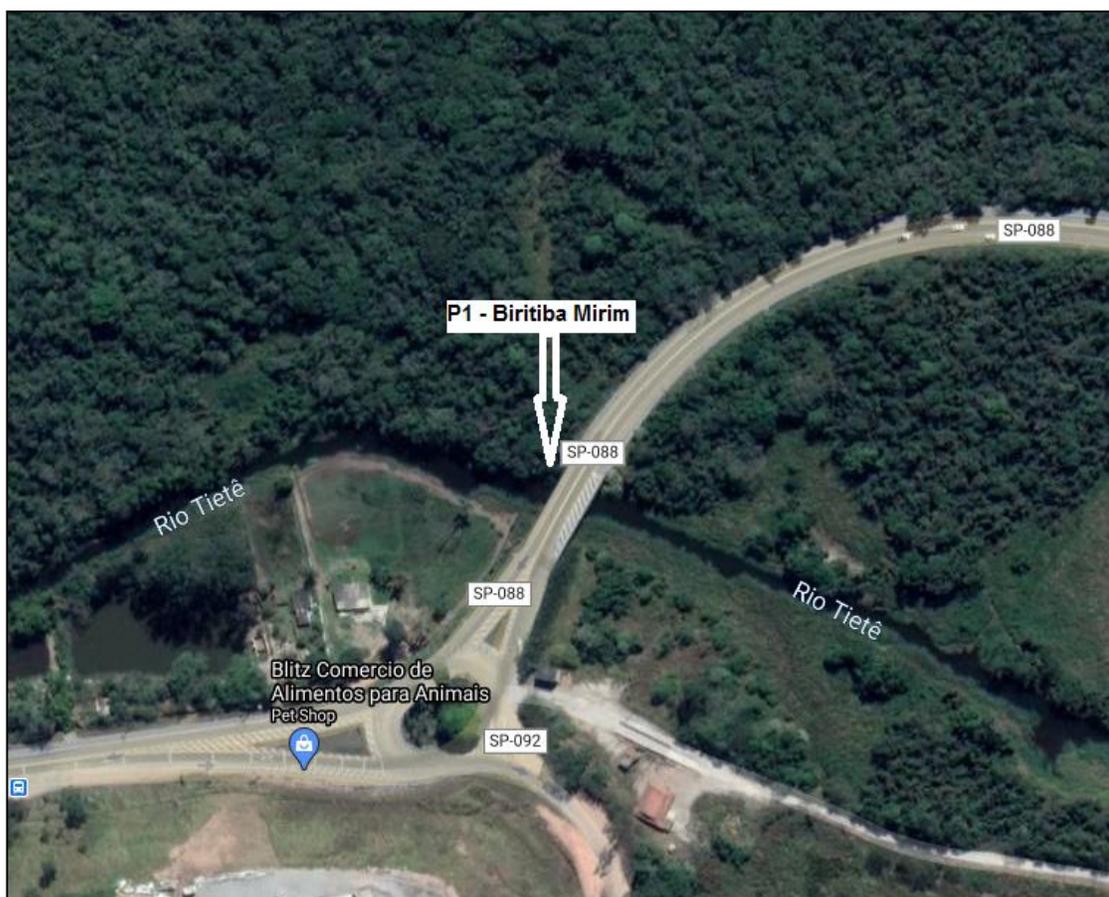
4.3.1 Ponto de monitoramento 1 (P1): Biritiba Mirim/SP

O P1 fica localizado na ponte da SP-88 que liga Mogi das Cruzes a Salesópolis (Figura 10), junto ao Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP), órgão do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), no município de Biritiba Mirim, que tem seus limites com Guararema ao norte, Salesópolis ao leste, Bertiooga ao sul e Mogi das Cruzes ao oeste e noroeste (PREFEITURA DE BIRITIBA MIRIM, 2020).

Segundo dados do IBGE (2010), 81,1% dos domicílios apresentam esgoto sanitário adequado, 56,9% dos domicílios urbanos possui arborização, mas apenas 7,8% dos domicílios possuem bueiros, calçada, pavimento e meio-fio. O Clima da cidade é o subtropical, a média de temperatura anual gira em torno de 20°C e o índice pluviométrico fica em torno de 1.300 mm ao ano.

Ao redor do perímetro urbano, situa-se a agricultura (olericultura e floricultura). Afastando-se do centro urbano, encontra-se o reflorestamento, no sentido sul depara-se com a Mata Atlântica, que apresenta alto grau de mata nativa (PREFEITURA DE BIRITIBA MIRIM, 2020).

Figura 10 – Localização do ponto de monitoramento em Biritiba Mirim, SP



Fonte: Google Earth-maps (2020)

4.3.2 Ponto de monitoramento 2(P2): Mogi das Cruzes/SP

O P2 fica localizado na captação principal de água do município de Mogi das Cruzes, o Serviço Municipal de Águas e Esgotos), no distrito de Jundiapéba (SEMAE) (Figura 11).

O Município de Mogi das Cruzes está localizado a uma distância de 50 km da cidade de São Paulo, na região do Alto Tietê. A cidade é cortada pelo rio Tietê de leste a oeste, faz divisa com os municípios de Arujá, Santa Isabel, Guararema, Biritiba Mirim, Bertiooga, Santos, Santo André, Suzano e Itaquaquecetuba (PREFEITURA DE MOGI DAS CRUZES, 2020).

Segundo dados do IBGE (2010), o território de Mogi das Cruzes apresenta 85,5% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 62,2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 28,7% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

A cidade se destaca pela importância nacional na agricultura e é conhecida por fazer parte do Cinturão Verde do Estado de São Paulo, mas também tem uma significativa atividade industrial e crescente atividade terciária (PREFEITURA DE MOGI DAS CRUZES, 2020).

Figura 11 – Localização do ponto de monitoramento em Mogi das Cruzes, SP



Fonte: Google Earth-maps (2020)

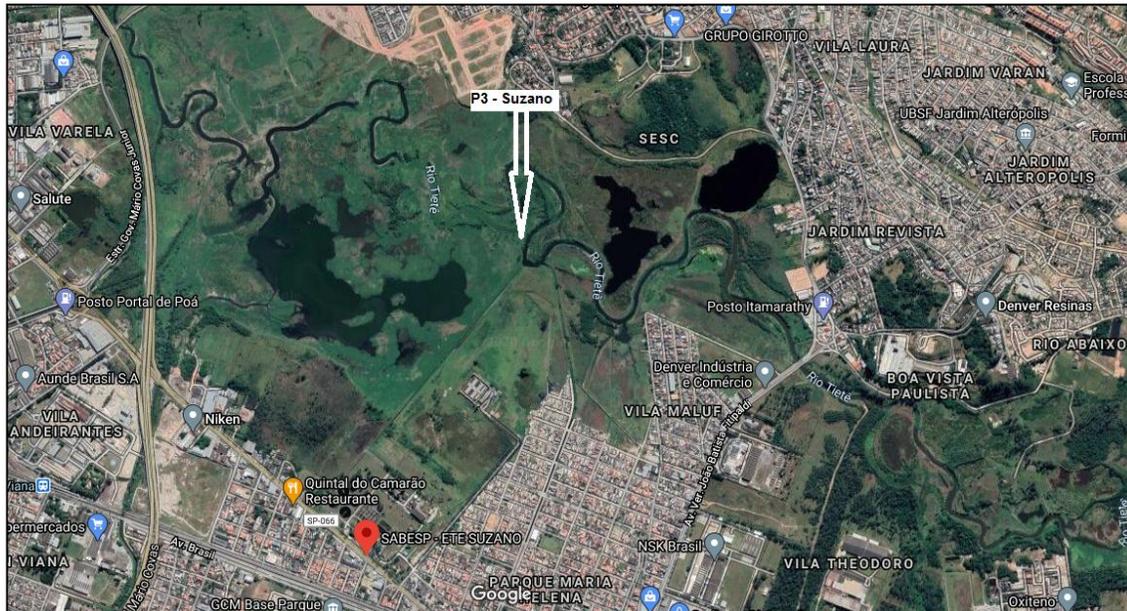
4.3.3 Ponto de monitoramento 3 (P3): Suzano/SP

O P3 fica localizado na jusante da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Suzano (Figura 12). Atende os municípios de Ferraz de Vasconcelos, Itaquaquecetuba, Poá, Suzano e de parte de Mogi das Cruzes (SABESP, 2020).

Segundo os dados do IBGE (2010), a cidade apresenta 89,7% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 75,2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 31,1% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

A economia da cidade é fortemente caracterizada pela atividade industrial, em especial no setor químico, seguido pelo setor comercial e se destaca pela produção agrícola e de flores (PREFEITURA DE SUZANO, 2020).

Figura 12 – Localização do ponto de monitoramento em Suzano, SP



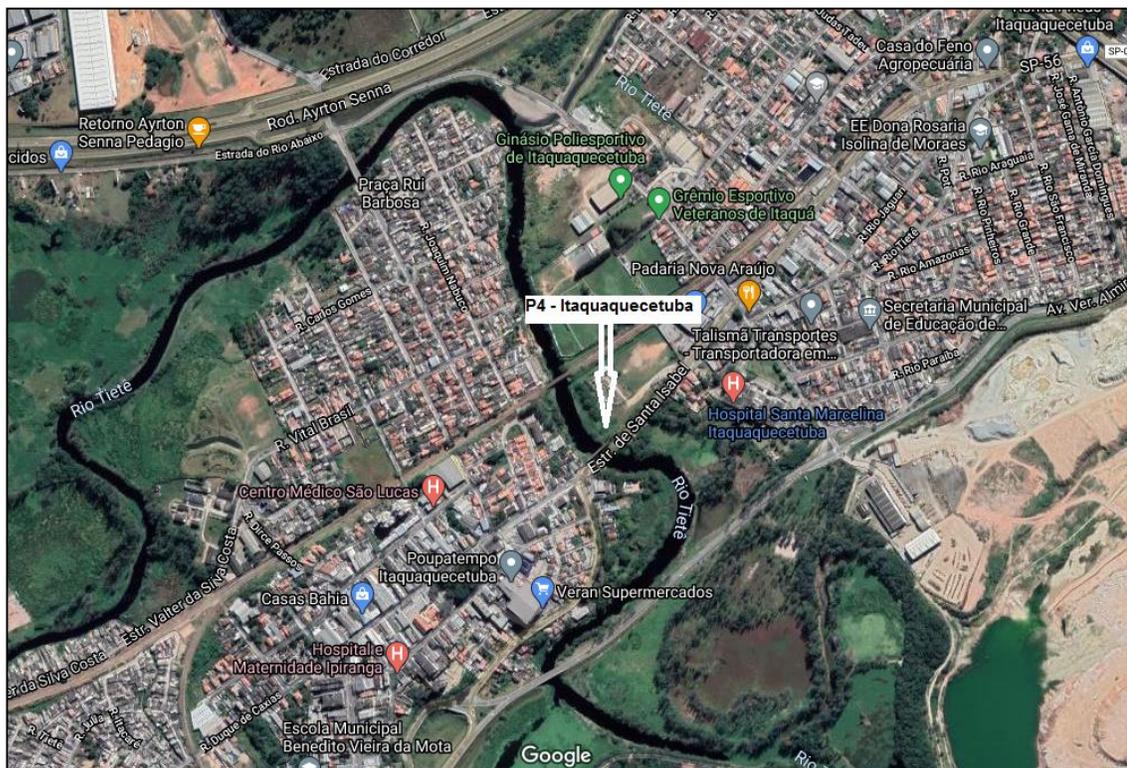
Fonte: Google Earth-maps (2020)

4.3.4 Ponto de monitoramento 4 (P4): Itaquaquetuba/SP

O P4 fica localizado na ponte da estrada de Santa Isabel em Itaquaquetuba (Figura 13) A cidade fica a 42,6 Km ao norte da cidade de São Paulo, faz divisa com Mogi das Cruzes, Poá, Suzano, Ferraz de Vasconcelos, Guarulhos e Arujá.

Os dados do IBGE (2010) mostram 80,4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 62,5% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 31,1% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). O município apresenta uma forte vocação industrial.

Figura 13 — Localização do ponto de monitoramento em Itaquaquecetuba, SP



Fonte: Google Earth-maps (2020)

O P5 fica localizado na Ponte na Rodovia Ayrton Senna, a montante do Parque Ecológico, antes da saída 19 - Aeroporto Guarulhos (Figura 14).

Segundo os dados do IBGE (2010), apresenta 88,4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 71% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 35,4% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

O município de Guarulhos é dividido em 47 distritos. No distrito de Cumbica fica localizado o Aeroporto Internacional de São Paulo e, na cidade, estão instaladas diversas indústrias e centros de distribuição, destacando-se também o setor de logística. O setor comercial é bastante diversificado, tem grandes centros de compras e é repleto de áreas comerciais espalhadas por diversos bairros (PREFEITURA DE GUARULHOS, 2020).

Figura 14 – Localização do ponto de monitoramento em Guarulhos, SP



Fonte: Google Earth-maps (2020)

4.3.5 Ponto de monitoramento 6 (P6): São Paulo/SP – Ponte Aricanduva

O P6 fica localizado na ponte na avenida Aricanduva, que faz a ligação entre a avenida Aricanduva e a Marginal Tietê; fica localizada na zona leste de São Paulo, no bairro da Penha (Figura 15).

Segundo o IBGE (2010), a cidade de São Paulo apresenta 92,6% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 74,8% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 50,3% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

O bairro da Penha de França destaca-se pelo comércio diversificado: magazines, roupas e calçados, móveis, materiais de construção, bazares, entre outros (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2020b).

Figura 15 – Localização do ponto de monitoramento na Ponte Aricanduva



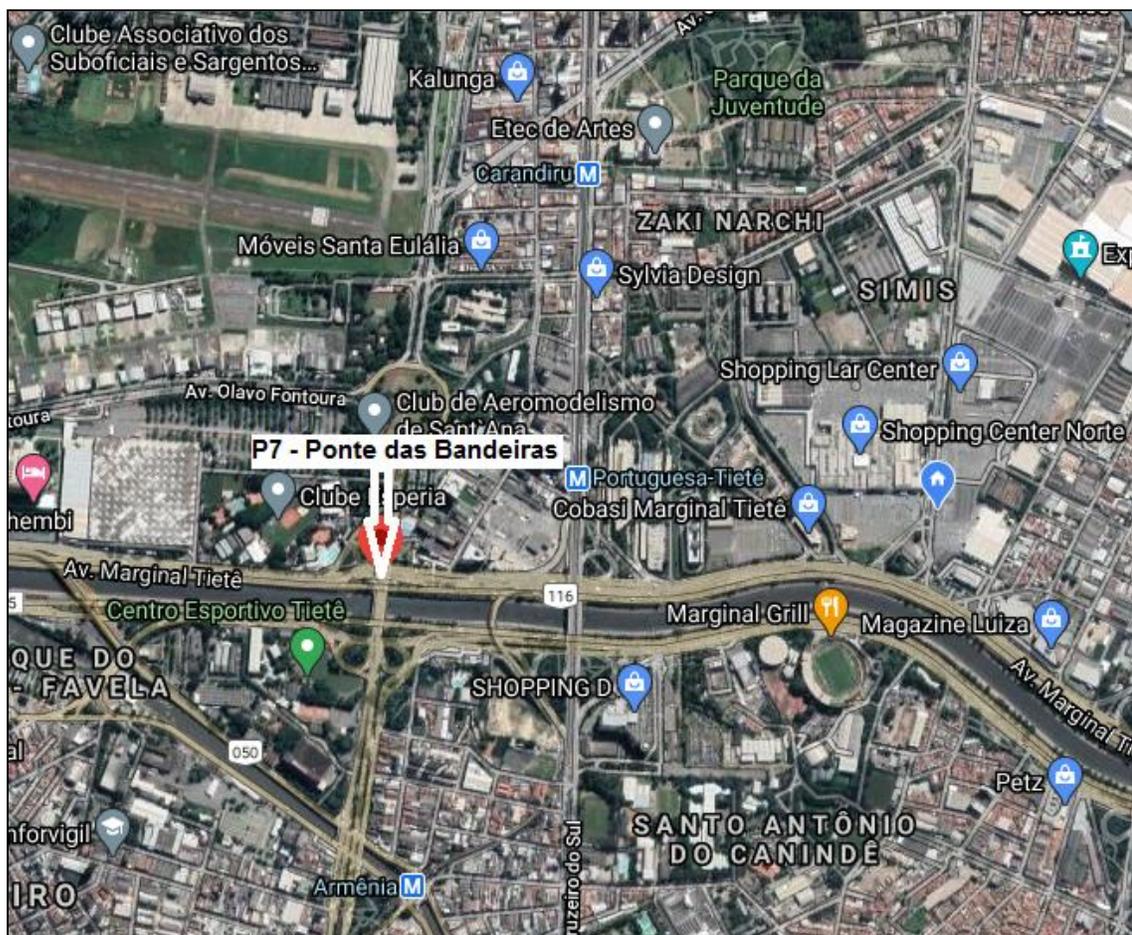
Fonte: Google Earth-maps (2020)

4.3.6 Ponto de monitoramento 7 (P7): São Paulo – Ponte das Bandeiras

O P7 fica localizado na Ponte das Bandeiras, que cruza o rio Tietê e interliga a área central da cidade de São Paulo, com a zona norte pela Avenida Santos Dumont (Figura 16).

A ponte das Bandeiras está localizada na zona central da cidade de São Paulo, é considerada uma das principais regiões comerciais da cidade, possui atividade industrial ligadas ao setor de confecções, mesclado com uso residencial.

Figura 16 – Localização do ponto de monitoramento na Ponte das Bandeiras



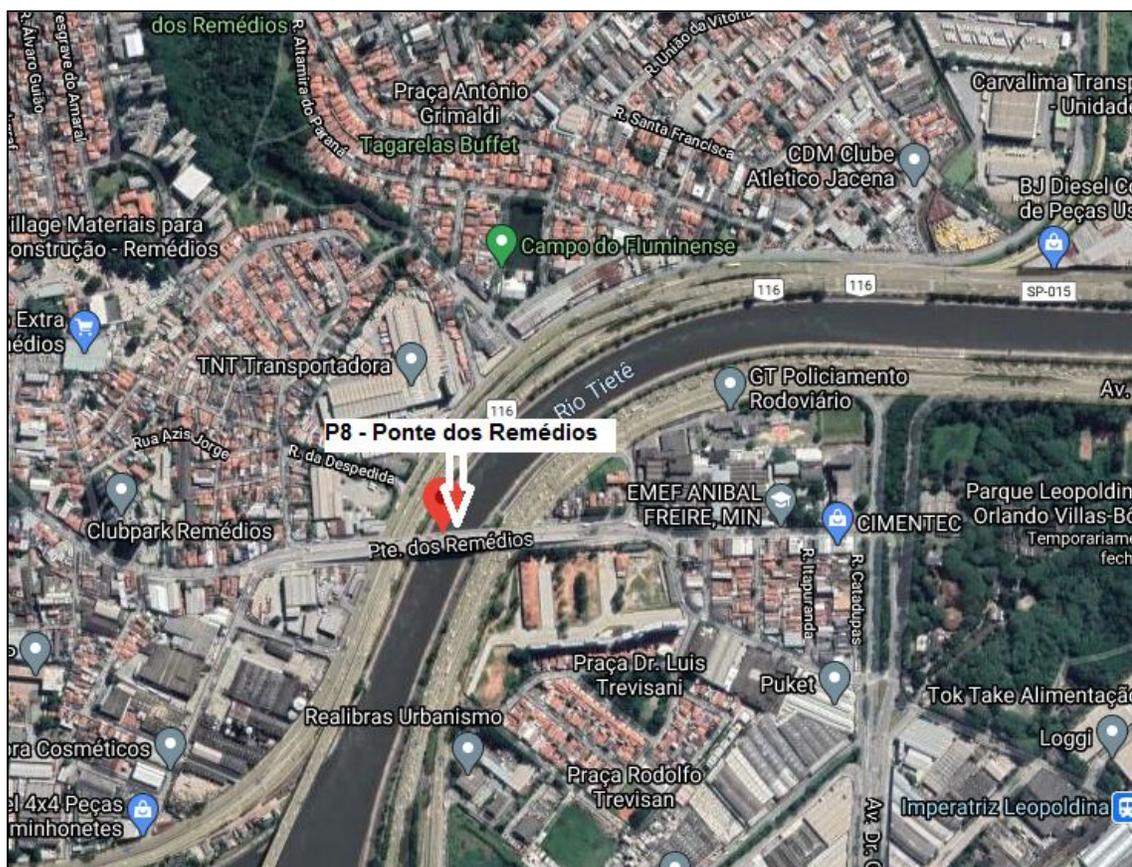
Fonte: Google Earth-maps (2020)

4.3.7 Ponto de monitoramento 8 (P8): São Paulo – Ponte dos Remédios

O P8 fica localizado na Ponte dos Remédios, que cruza o Rio Tietê e interliga o bairro da Vila Leopoldina, situado na zona oeste do município de São Paulo e a cidade de Osasco (Figura 17).

A região da zona oeste de São Paulo possui bairros de classe média e alta, faz divisa com Osasco e Taboão da Serra, conta com diversas atrações culturais, *shoppings*, memorial e parques. No distrito do Jaraguá estão instalados importantes empresas multinacionais, centro de distribuição, siderúrgica e empresas de transporte pesado.

Figura 17 – Localização do ponto de monitoramento na Ponte dos Remédios



Fonte: Google Earth-maps (2020)

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados dos nove parâmetros de indicadores da qualidade da água apresentados em cada ponto de monitoramento do Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), no ano de 2018, foram analisados e comparados com os parâmetros estabelecidos pela resolução 357/05 (CONAMA, 2005), de acordo com a classificação das águas.

Com os resultados obtidos nos meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro, em cada ponto de monitoramento foram calculados as médias e o desvio padrão por meio do programa Excel 2019.

Para calcular o valor do IQA, foram inseridos os nove parâmetros de qualidade da água em uma tabela no programa Excel 2019, com os seus respectivos resultados obtidos em cada ponto de monitoramento, referente à amostra de cada mês e

multiplicado pelos seus respectivos pesos (w), conforme apresentado no Quadro 2. Em seguida, para calcular a qualidade do i -ésimo (q_i), foram utilizados os valores estabelecidos por meio do gráfico de cada parâmetro de qualidade (Figura 7), que varia de 0 a 100.

Já a variável (w_i) refere-se ao peso correspondente ao parâmetro i , definido em função da sua importância para o estabelecimento da qualidade global da água, variando entre 0 e 1.

Na sequência, calculou-se a potência dos valores para (q_i) e (w) em cada parâmetro da qualidade (Equação 1).

Por fim, com o resultado da potência de (q_i) e (w), realizou-se o produtório dos valores de cada parâmetro de qualidade para se obter o valor do IQA daquele ponto de monitoramento (Equação 2), bem como foram utilizados os valores de IQA de cada mês para calcular a média aritmética para o ano de 2018.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas 48 amostras em oito pontos de monitoramento do Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), no ano de 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê; foram realizadas a análise e discussões sobre as concentrações dos parâmetros de qualidade da água avaliados: sólido total, temperatura da água, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico e coliformes termotolerantes, com o auxílio de figuras e tabela.

As análises dos parâmetros de qualidade da água foram avaliadas considerando os índices pluviométricos mensais e o acumulado do ano de 2018, comparando com a média histórica (1995-2017) acumulada no estado de São Paulo, conforme mostra a Figura 18.

Figura 18 – Intensidades de chuvas no estado de São Paulo em 2018



Fonte: CETESB (2019)

A intensidade (mm) de chuva acumulada do ano de 2018 foi menor do que a média histórica (1995-2017). Quando comparada mensalmente, observa-se que a quantidade de chuva apresentou intensidade equivalente à média histórica nos meses de janeiro, março, setembro e novembro. Nos meses de fevereiro, abril, maio, junho, julho e dezembro a quantidade de chuva precipitada foi menor comparado com a média histórica e nos meses de agosto e outubro a intensidade de chuva apresentou valores acima da média histórica.

5.1 SÓLIDOS TOTAIS

Na Tabela 1, são apresentados os valores obtidos dos resultados de sólidos totais, observou-se que os valores são menores nos pontos de monitoramento P1 e P2, com predomínio de 100 mg/L, exceto no mês de julho no P1, que apresentou um nível de concentração de 118 mg/L, e no P2, no mês de março, que apresentou uma concentração de 232 mg/L.

Tabela 1 - Concentração de sólidos totais (mg/L) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018

PARÂMETRO: SÓLIDO TOTAL (mg/L ⁻¹)									
Pontos	Classe	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	Média	Desvio Padrão
P1. Biritiba Mirim	2	100	100	100	118	100	100	103	007
P2. Mogi das Cruzes	2	100	232	100	100	100	100	122	054
P3. Suzano	3	238	322	414	556	648	328	418	156
P4. Itaquaquecetuba	3	250	258	344	480	648	312	382	155
P5. Guarulhos	3	320	312	502	502	610	342	431	124
P6. SP - P. Aricanduva	4	326	306	434	588	534	370	426	114
P7. SP - P. Bandeiras	4	310	328	422	476	430	378	391	064
P8. SP - P. Remédios	4	228	254	394	600	416	312	367	136

Fonte: CETESB (2019) Adaptada

No entanto os resultados apresentados nos pontos de monitoramento P3 e P4, no mês de setembro, extrapolaram o limite estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, onde a concentração de sólidos totais apresentou o valor de 648 mg/L em ambos os pontos de monitoramento. Observa-se que os resultados acima do limite permitidos de concentração de sólidos totais são apresentados nos meses de julho e setembro.

Conforme Resolução CONAMA 357/2005, o limite para sólidos dissolvidos totais é de 500 mg/L para corpos d'água de classes 1, 2 e 3. Para a classe 4, não há limite estabelecido na legislação. Observa-se que do total de 48 amostras, 39 amostras apresentaram níveis de concentração de sólidos totais dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, o que representa 81% do total (CONAMA, 2005).

Costa e Ferreira (2015), ao analisarem os valores de sólidos totais na Bacia do Rio Paranaíba, MG, observaram que não houve grandes variações nos dados, mantendo-se os valores médios abaixo de 100 mg/L. Cândido, Miranda, Abreu e Quartaroli (2015), em seus estudos no Rio Turvo Sujo, MG, verificaram que a concentração de sólido total variou de 138,6 a 806,6 mg/L, associando essa variação

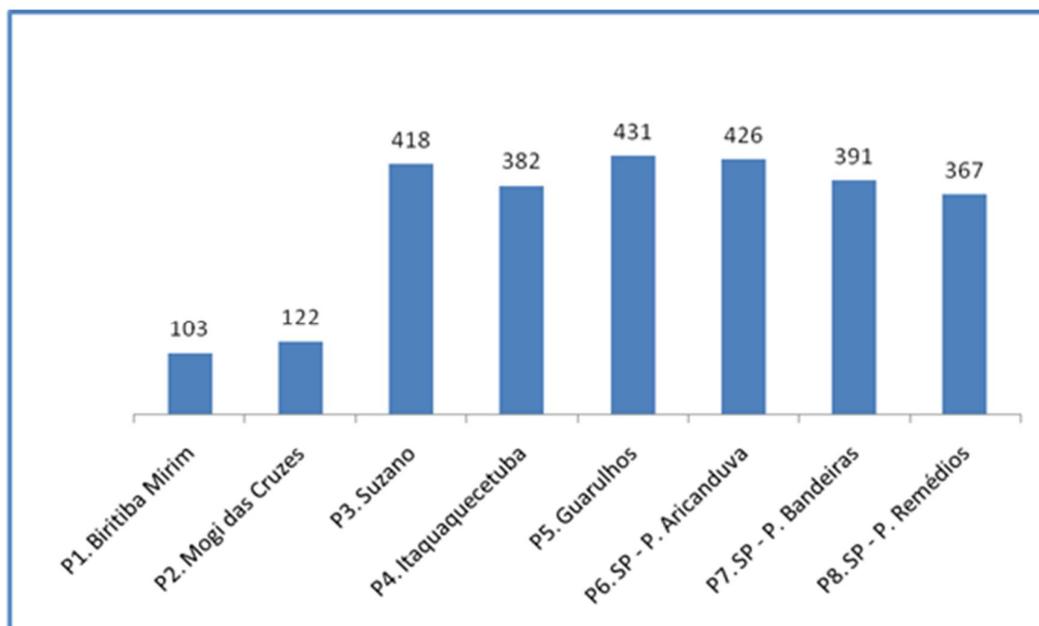
à quantidade de matéria orgânica presente no curso d'água. Em ambos os estudos, os valores de sólidos totais variaram dentro dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, e incidência de valores acima do estabelecido pela resolução (CONAMA, 2005).

Geralmente, o aumento dos níveis de concentração de sólidos totais está associado à maior incidência de precipitação, nos meses quando se observam níveis elevados de concentração de sólido total (648 mg/L). Foi nos pontos de monitoramento P3 e P4, no mês de setembro, que a intensidade de chuvas no estado de São Paulo se apresentou dentro da média histórica (Figura 17).

Em decorrência, pode-se associar que, no estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, os maiores valores apresentados podem estar relacionados à maior intensidade de chuvas, que impulsiona a lavagem do solo e, conseqüentemente, a um maior carreamento de sedimentos para o rio e ao lançamento de resíduos e esgoto por estes pontos estarem localizados em áreas urbanas.

As médias em cada ponto de monitoramento de sólidos totais na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressas na Figura 19.

Figura 19 – Concentração média de sólido total (mg/L) no Rio Tietê, 2018



Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Na Figura 19, observa-se que a média anual é menor nos pontos de monitoramento P1 e P2, e nos demais pontos apresenta valores médios maiores, mas

todas as médias anuais os pontos se encontram dentro dos padrões estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005).

5.2 TEMPERATURA DA ÁGUA

Os valores de temperatura (Tabela 2) apresentados nos pontos de monitoramento demonstraram uma grande oscilação de desvio padrão no ponto de monitoramento 5, com mínima de 13,1°C, apresentado em julho, e máxima 25,3°C, apresentado em novembro.

Tabela 2 - Valores de temperatura (°C) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018

PARÂMETRO: TEMPERATURA DA ÁGUA (°C)									
Pontos	Classe	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	Média	Desvio Padrão
P1. Biritiba Mirim	2	21,60	22,40	20,40	17,20	20,40	22,00	20,67	1,89
P2. Mogi das Cruzes	2	21,60	23,30	16,20	14,70	18,90	22,60	19,55	3,54
P3. Suzano	3	22,90	24,60	19,10	20,40	23,20	22,20	22,07	2,00
P4. Itaquaquecetuba	3	23,10	25,10	20,10	19,00	22,50	21,60	21,90	2,18
P5. Guarulhos	3	24,00	25,00	19,00	13,10	20,00	25,30	21,07	4,71
P6. SP - P. Aricanduva	4	22,80	24,70	19,40	20,50	21,40	23,90	22,12	2,04
P7. SP - P. Bandeiras	4	22,50	24,70	19,80	20,60	21,50	22,10	21,87	1,70
P8. SP - P. Remédios	4	22,50	25,50	23,40	16,50	25,90	21,30	22,52	3,43

Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Nota-se que o período de maior declínio das temperaturas se faz nos meses de maio e julho. Já no mês de março houve uma intensificação dos raios solares, o que contribuiu para apresentar os valores mais elevados de temperatura.

Abreu e Cunha (2015), em estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Jari, AP, referente à temperatura da água, verificaram uma variação sazonal significativa, sendo o maior valor encontrado de 30,6 °C, no mês de setembro de 2013, e o menor de 26,3°C no mês de junho de 2014. Essa variação, provavelmente, se deve ao aumento da nebulosidade nesse período.

Silva Júnior, Carvalho e Américo-Pinheiro (2017), em estudo dos padrões térmicos no curso do Rio da Velhas, MG, apuraram valores representativos da realidade regional, apresentando temperatura entre 20,5°C e 21°C na cidade de Várzea da Palma, enquanto no distrito de Buritis a temperatura da água ficou posicionada entre 21,0° C e 22,0 C.

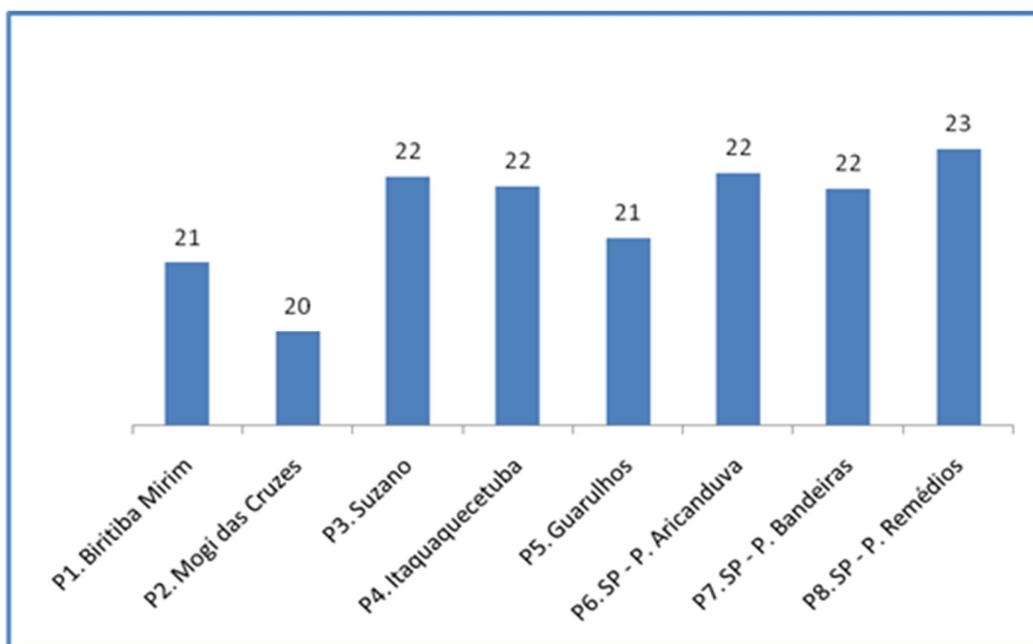
Não existem normas legais específicas no que se refere à temperatura da água; a Resolução CONAMA 357/05 define apenas um limite máximo de 40°C para o lançamento de efluentes (CONAMA, 2005).

De acordo com Sugirtharan et al. (2017), a temperatura é um fator limitante nos ambientes aquáticos e afeta o metabolismo, crescimento, alimentação, reprodução e distribuição de vários organismos associados a esses ecossistemas.

A justificativa para esse comportamento é que a temperatura acompanha a variação climática da região e das estações do ano, coincidindo com os estudos apresentados por Abreu e Cunha (2017) e Silva Júnior, Carvalho e Américo-Pinheiro (2017). Nos meses de maio e julho, encontra-se a transição do outono e inverno, período de caracterizado pelo declínio das temperaturas. Já o mês de março encontra-se no verão, que apresenta temperaturas elevadas.

A média em cada ponto de monitoramento da temperatura na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressas na Figura 20.

Figura 20 – Valores médios de temperatura (°C) no Rio Tietê, 2018



Fonte: CETESB (2019) Adaptada

A Figura 20 mostra a média anual dos valores medidos de temperatura nos pontos de monitoramento, que apresentaram um comportamento estável em todos os

pontos, exceto no ponto de monitoramento P2, no qual a média anual apresentou o maior declínio das temperaturas.

5.3 TURBIDEZ

Os valores de turbidez na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressos na Tabela 3, fica visível a intensificação de turbidez a partir do ponto de monitoramento P3.

Tabela 3 - Grau de intensidade de turbidez (UNT) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018

PARÂMETRO: TURBIDEZ (UNT)									
Pontos	Classe	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	Média	Desvio Padrão
P1. Biritiba Mirim	2	10,00	16,00	3,70	1,90	2,00	4,40	6,33	5,59
P2. Mogi das Cruzes	2	4,60	4,20	3,10	3,10	1,89	3,90	3,465	0,98
P3. Suzano	3	16,00	22,00	31,00	24,00	19,10	20,00	22,02	5,17
P4. Itaquaquecetuba	3	19,00	33,00	41,00	47,00	28,60	18,00	31,10	11,65
P5. Guarulhos	3	24,00	3,40	30,00	70,00	28,30	42,00	32,95	22,08
P6. SP - P. Aricanduva	4	28,00	29,00	46,00	107,00	22,10	42,00	45,68	31,37
P7. SP - P. Bandeiras	4	31,00	32,00	62,00	39,00	18,70	35,00	36,28	14,32
P8. SP - P. Remédios	4	38,00	28,00	28,00	33,00	24,50	20,00	28,58	6,31

Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Avaliando a variação do grau de intensidade de turbidez, em todos os pontos de monitoramento (Tabela 3), observa-se que os menores valores estão apresentados nos pontos de monitoramento de P1 e P2, com destaque para o ponto de monitoramento P2, mês de setembro, que apresentou um valor mínimo de 1,89 UNT, enquanto, o ponto de monitoramento P6, apresentou um valor máximo de 107 UNT.

Os pontos de monitoramento P5 e P6 apresentaram uma grande variação do desvio padrão, no ponto de monitoramento P5, apresentando um valor mínimo de 3,40 UNT, no mês de março e valor máximo de 70 UNT, no mês de julho. O ponto de monitoramento P6 apresentou um valor mínimo de 22,10 em setembro e um valor máximo de 107 UNT em julho.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o limite aceitável de turbidez é de 40 UNT para cursos d'água de classe 1 e 100 UNT para classe 2 e 3. Para classe 4, não há limite determinado para esse parâmetro (AMÉRICO-PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

Costa e Ferreira (2015), ao analisarem os valores de turbidez na Bacia do Rio Paranaíba, MG, observaram que a média anual permaneceu dentro do limite máximo estabelecido pela Resolução, ou seja, abaixo de 100 UNT.

Correia e Rocha (2018), ao analisarem os valores de turbidez das águas da Bacia do Rio Aguapeí no ponto ÁGUA 02100, a turbidez esteve alterada exclusivamente no mês de dezembro dos anos de 2003, 2007 e 2015, variando de 141 UNT a 267 UNT.

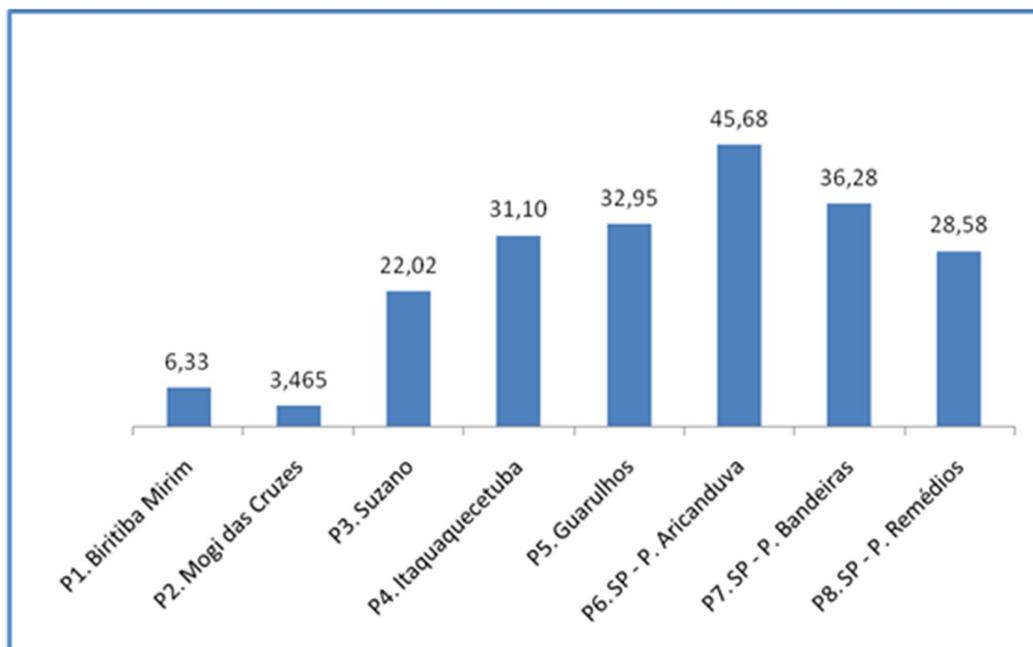
Em ambos os estudos de Costa e Ferreira (2015) e Correia e Rocha (2018), os valores de turbidez apresentaram oscilações, com valores dentro do limite estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, bem como com valores acima dos limites (CONAMA, 2005).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, pode-se observar uma maior intensidade de turbidez nos pontos de monitoramentos P3, P4, P5, P6, P7 e P8. A turbidez é causada pela presença de materiais sólidos em suspensão; esse aumento do indicador pode estar associado ao esgoto doméstico ou industrial lançado na bacia hidrográfica do rio Tietê.

Outro fator que se pode associar ao aumento da intensidade de turbidez é a incidência da chuva que, nos meses de maio e julho, apresentaram períodos de estiagem em comparação com a média histórica (Figura 17). Isso fica evidente (Tabela 3) quando se observam valores máximos de turbidez nos respectivos meses, nos pontos de monitoramentos P3, P4, P5, P6 e P7.

A média em cada ponto de monitoramento do grau de intensidade de turbidez na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressas na Figura 21.

Figura 21 – Grau de intensidade média de turbidez (UNT) no Rio Tietê, 2018



Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Na Figura 21, fica evidente que a maior média anual apresentada foi no ponto de monitoramento P6, o ponto mais crítico, localizado em área urbana. Nos pontos de monitoramento P1 e P2 apresentaram índices mínimos em razão de estas áreas estarem em áreas de proteção de mananciais.

A influência da urbanização na qualidade da água da bacia hidrográfica estudada também ficou evidente em relação à turbidez da água. Nos pontos localizados nas áreas com intensa urbanização (P4, P5, P6, P7 e P8) e à jusante da ETE (P3) foram registrados maiores valores de turbidez em relação aos pontos P1 e P2.

5.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

Na tabela 4, são apresentados os valores obtidos em cada ponto de monitoramento, no seu respectivo mês da concentração de demanda bioquímica de oxigênio na água. Observa-se que, no período analisado, os pontos de monitoramento tiveram valores mínimos de 3 mg/L, apresentados nos pontos de monitoramento P1 e P2. No ponto de monitoramento P1, os valores mínimos apresentados foram nos meses de março, maio, setembro e novembro; no ponto de monitoramento P2, os valores mínimos apresentados foram nos meses de março, maio, julho, setembro e

novembro, enquanto o valor máximo foi apresentado no ponto de monitoramento P5 (78 mg/L), no mês de julho.

Tabela 4 - Concentração de demanda bioquímica de oxigênio (mg/L) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018

PARÂMETRO: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - DBO (5,20) (mg/L ⁻¹)									
Pontos	Classe	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	Média	Desvio Padrão
P1. Biritiba Mirim	2	6,0	3,0	3,0	4,0	3,0	3,0	3,7	1,2
P2. Mogi das Cruzes	2	5,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,3	0,8
P3. Suzano	3	9,0	5,0	25,0	19,0	22,0	11,0	15,2	8,0
P4. Itaquaquecetuba	3	11,0	7,0	12,0	18,0	37,0	10,0	15,8	11,0
P5. Guarulhos	3	26,0	14,0	57,0	78,0	59,0	20,0	42,3	25,8
P6. SP - P. Aricanduva	4	39,0	11,0	52,0	60,0	53,0	32,0	41,2	17,9
P7. SP - P. Bandeiras	4	31,0	18,0	54,0	55,0	48,0	39,0	40,8	14,5
P8. SP - P. Remédios	4	37,0	22,0	56,0	65,0	56,0	23,0	43,2	18,4

Fonte: CETESB (2019) Adaptada

As maiores variações do desvio padrão foram observadas nos pontos de monitoramentos P5 e P8. No ponto de monitoramento P5, foi apresentado um valor mínimo de 14 mg/L no mês de março e um valor máximo de 78 mg/L no mês de julho. No ponto de monitoramento P8, foi apresentado um valor mínimo de 22 mg/L no mês de março, e um valor máximo de 65 mg/L no mês de julho.

A concentração de demanda bioquímica de oxigênio nos ambientes aquáticos de água superficiais é classificada de acordo com o estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005, conforme demonstrado no Quadro 5.

Quadro 5 – Concentração da demanda bioquímica de oxigênio nas águas, estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005

Classificação	Concentração de demanda bioquímica de oxigênio (DBO)
Classe especial	As condições naturais dos corpos hídricos devem ser mantidas
Classe 1	Até 3,0 mg/L ⁻¹
Classe 2	Até 5,0 mg/L ⁻¹
Classe 3	Até 10,0 mg/L ⁻¹
Classe 4	Valor não especificado na resolução

Fonte: CONAMA (2005)

Os valores de concentrações da demanda bioquímica de oxigênio, nos pontos de monitoramentos P1 e P2, apresentaram valores de concentração dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, exceto no ponto de monitoramento P1, no mês de janeiro.

No ponto de monitoramento P3, no mês de janeiro (9,0 mg/L), o valor apresentado está de acordo com o padrão, referente à classe 3 (Quadro 5).

Os valores obtidos nas amostras do ponto de monitoramento P4, apresentaram dois valores dentro dos padrões, referentes à classe 3 (Quadro 5), nos meses de março (7,0 mg/L), e novembro (10 mg/L), respectivamente; as demais amostras estavam acima dos parâmetros de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Costa e Ferreira (2015), ao analisarem os valores de concentrações da demanda bioquímica de oxigênio na Bacia do Rio Paranaíba, MG, observaram que as médias permaneceram constantes durante todo ano de 2012, apresentando aproximadamente 2 mg/L para águas classe 2.

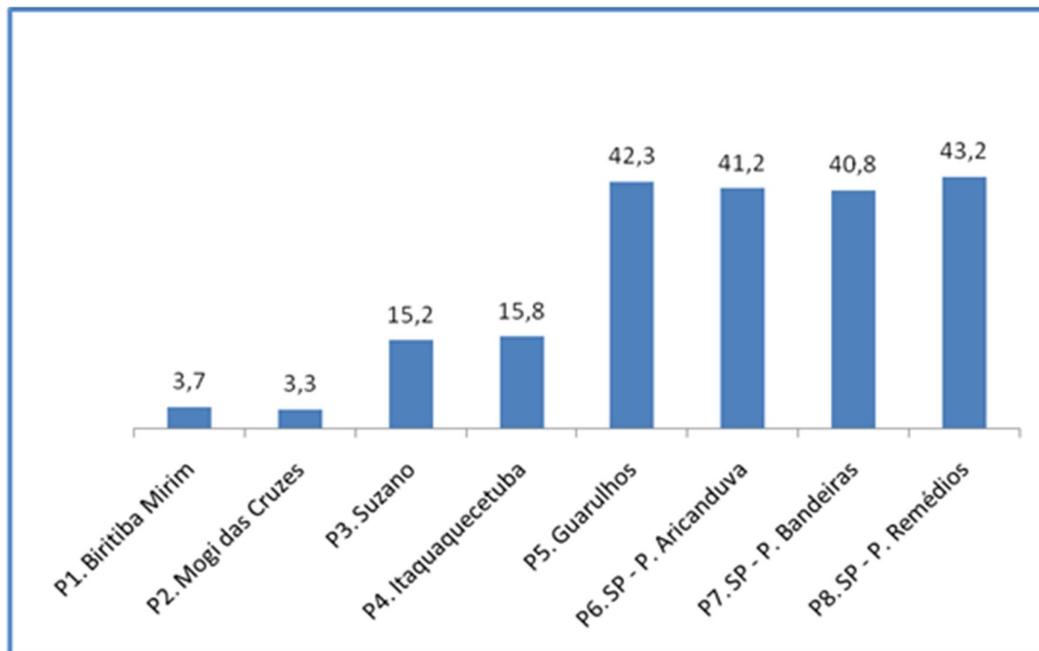
Malutta et al. (2013), em seus estudos da análise de concentração de demanda bioquímica de oxigênio, na Bacia Hidrográfica do Rio Negrinho, SC, observaram que, em quase todos os pontos de monitoramento, dados apresentados foram maiores do que o limite imposto pelo CONAMA 357/2005 (até 3 mg/L), associando esse valor à presença de substâncias de difícil biodegradação.

Comparando com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e os estudos realizados por outros autores como Costa e Ferreira (2015) e Malutta et al. (2013), observou-se que no Rio Tietê os maiores valores de concentração de demanda bioquímica de oxigênio são apresentados nos pontos de monitoramento P5, P6, P7 e P8, nos meses de maio e julho.

Nos meses de maio e julho de 2018, a intensidade de chuvas no estado de São Paulo apresentou precipitação fluvial abaixo da média histórica (Figura 17), o que pode ter influenciado nos valores apresentados. Outro fator a ser considerado é a ineficiência das estações de tratamento de esgoto sanitário em reduzir a concentração de poluentes na água.

A média em cada ponto de monitoramento da demanda bioquímica de oxigênio na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressas na Figura 22.

Figura 22 – Concentração média de demanda bioquímica de oxigênio (mg/L) no Rio Tietê, 2018



Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Na Figura 22, pode-se verificar que os pontos de monitoramento P1 e P2 apresentaram concentrações dentro dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005; nos pontos de monitoramento P3, P4 e P5 foram registrados valores superiores aos limites máximos permitidos, chegando à média anual de 43,2 mg/L no ponto de monitoramento P8.

Os pontos P6, P7 e P8 são enquadrados na classe 4 e segundo a Resolução CONAMA 357/2005 não há um limite máximo de DBO para essa classe (ANA, 2005).

Isso demonstra uma grande zona de degradação, provocada pela alta concentração de poluentes, podendo causar modificações na vida aquática e, conseqüentemente, ocasionando problemas ambientais e de saúde.

Esse resultado é preocupante, visto que a variável DBO indica a degradação provocada pela alta concentração de matéria orgânica, podendo causar modificações na vida aquática e, conseqüentemente, ocasionando problemas ambientais e de saúde

5.5 FÓSFORO TOTAL

Os valores de fósforo total na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressos na Tabela 5, destacam-se os valores apresentados nos pontos de monitoramento P1 e P2 que apresentam valores limítrofes de 0,1 mg/L.

Tabela 5 - Concentração de fósforo (mg/L) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018

PARÂMETRO: FÓSFORO TOTAL (mg/L)									
Pontos	Classe	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	Média	Desvio Padrão
P1. Biritiba Mirim	2	0,04	0,09	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03
P2. Mogi das Cruzes	2	0,07	0,10	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,02
P3. Suzano	3	0,42	0,54	1,04	1,11	1,51	0,65	0,88	0,41
P4. Itaquaquecetuba	3	0,53	0,53	0,86	1,41	2,21	0,72	1,04	0,66
P5. Guarulhos	3	1,31	1,51	2,38	2,88	2,88	2,05	2,17	0,67
P6. SP - P. Aricanduva	4	1,10	1,53	2,44	2,90	2,79	2,42	2,20	0,72
P7. SP - P. Bandeiras	4	0,81	1,66	2,81	3,50	3,06	1,99	2,31	1,00
P8. SP - P. Remédios	4	0,73	1,00	2,67	2,94	2,76	1,24	1,89	1,00

Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Na tabela 5, estão apresentados os valores da concentração de fósforo total nos pontos de monitoramento. Nota-se que o valor mínimo foi de 0,01 mg/L, apresentado no ponto de monitoramento P1, no mês de novembro, e o valor máximo apresentado foi no ponto de monitoramento P7 (3,5 mg/L), no mês de julho.

Observa-se que os valores máximos estão concentrados nos pontos de monitoramento: P5, P6, P7 e P8, nos meses de maio, julho e setembro. Nos pontos de monitoramento P7 e P8, nota-se a maior variação do desvio padrão, e para ambos os pontos de monitoramento o mês de janeiro apresentou o valor mínimo de 0,81mg/L, para o ponto de monitoramento P7 e 0,73 mg/L para o ponto de monitoramento P8; e os valores máximos de ambos os pontos de monitoramento foram apresentados no mês de julho, sendo 3,5 mg/L no ponto de monitoramento P7 e 2,94 mg/L no ponto de monitoramento P8.

Os valores máximos para águas doces estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, estão apresentados no quadro 6.

Quadro 6 – Concentração de fósforo mg/L na água estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005

Classificação	Concentração de fósforo
Classe especial	As condições naturais dos corpos hídricos devem ser mantidas
Classe 1	Até 0,025 mg/L ⁻¹
Classe 2	Até 0,050 mg/L ⁻¹
Classe 3	Até 0,075 mg/L ⁻¹
Classe 4	Valor dos padrões não especificado na resolução

Fonte: CONAMA (2005)

Silva Júnior, Carvalho e Américo-Pinheiro (2017) detectaram valores acima do permitido pela Resolução do CONAMA 357/2005 no Córrego das Marrecas no município de Dracena, SP: nos meses de abril e maio, os valores médios para fósforo foram de 1,71 mg/L.

Costa e Ferreira (2015), ao analisarem os valores de fósforo na Bacia do Rio Paranaíba, MG, para águas classe 2, observaram uma constância maior do valor médio dentro dos limites estabelecidos, mas houve um valor máximo anormal, superior a 0,7 mg/L.

Correia e Rocha (2018), ao analisarem o ponto de monitoramento CASC 02050 das águas da Bacia do Rio Aguapeí, classificado como classe 2, o fósforo total apresentou a maior concentração, de 0,18 mg/L, em junho de 2007, e a menor concentração, de 0,031 mg/L, em dezembro de 2015.

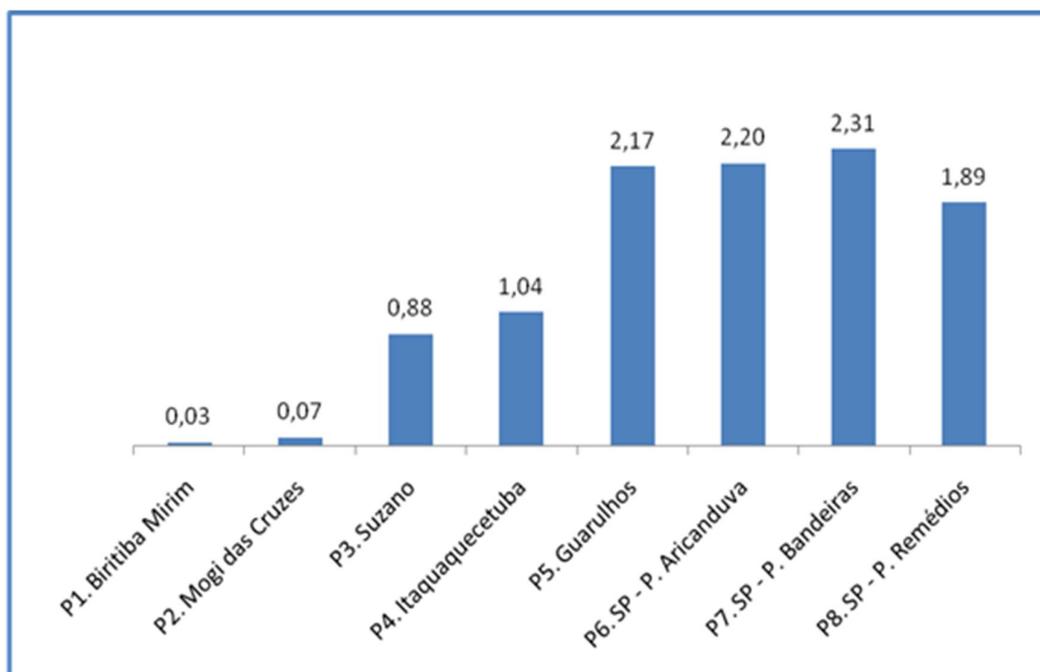
Comparado com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005) e os obtidos em estudos realizados por outros autores como Costa e Ferreira (2015) e Correia e Rocha (2018), observa-se que, no Rio Tietê, em todos os pontos de monitoramento P1 e P2, os valores apresentados estão próximos do padrão estabelecido pela resolução; isso se deve ao fato de que, nesses pontos, há uma grande área de preservação ambiental, o que favorece a baixa presença de concentração de fósforo no ambiente.

Nos pontos de monitoramento P3 e P4, os valores estão acima dos limites estabelecidos pela resolução, bem como os valores apresentados por estudos de outros autores, com exceção do mês de setembro no ponto de monitoramento P4. Podem-se atribuir-se esses valores, provavelmente, pelo lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto de Suzano.

Os pontos de monitoramentos P5, P6, P7 e P8 apresentaram os maiores valores de fósforo. Isso, provavelmente, acontece porque essas áreas estão localizadas em região com grande densidade urbana e pela presença de polos industriais que despejam seus esgotos sem o tratamento sanitário adequado.

A média em cada ponto de monitoramento das concentrações de fósforo na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressas na Figura 23.

Figura 23 – Concentração média de fósforo total (mg/L) no Rio Tietê, 2018



Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Na análise da concentração de fósforo total (Figura 23), fica evidente o aumento da sua concentração a partir do ponto de monitoramento P3 (Jusante da ETE), destacando-se o ponto de monitoramento P7 por apresentar um valor médio anual acima do parâmetro estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (ANA, 2005).

Observa-se que, no Rio Tietê, a média anual de fósforo no ponto de monitoramento P1 atende ao limite estabelecido na Resolução supracitada para água superficial de classe 2 de 0,050 mg/L (Quadro 6). O ponto de monitoramento P1 está localizado em uma área de preservação ambiental com vegetação no seu entorno reduzindo os impactos associados ao carreamento de partículas do solo e possivelmente não recebe cargas poluidoras que favorecem a entrada de fósforo

nesse ambiente. Ressalta-se que o ponto de monitoramento P2 também é classificado como 2 e não atendeu o limite estabelecido na legislação.

Nos pontos de monitoramento P3, P4 e P5 (classe 3), a máxima concentração de fósforo permitida é de 0,075 mg/L, nesses pontos de monitoramento do Rio Tietê as concentrações médias ultrapassaram o limite indicado na Resolução CONAMA 357/2005. O ponto de monitoramento P3 esta desconformidade pode ser atribuída ao lançamento do efluente da ETE de Suzano.

No caso dos demais pontos de monitoramento que são classe 4 não há um padrão de fósforo estabelecido na legislação (ANA, 2005).

Os pontos de monitoramento P5, P6, P7 e P8 apresentaram os maiores valores de fósforo que podem estar relacionados ao fato de que essas áreas estão localizadas em região com grande densidade urbana e pela presença de polos industriais que despejam seus efluentes sem o tratamento adequado.

5.6 NITROGÊNIO TOTAL

Os valores das concentrações de nitrogênio total na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressos na Tabela 6. Identificou-se que o nitrogênio total teve seus índices reduzidos nos pontos de monitoramentos P1 e P2, se comparados com os demais pontos de monitoramentos.

Tabela 6 - Concentração de nitrogênio total (mg/L-1) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018

PARÂMETRO: NITROGÊNIO TOTAL (mg/L ⁻¹)									
Pontos	Classe	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	Média	Desvio Padrão
P1. Biritiba Mirim	2	0,96	3,10	0,43	0,64	0,55	0,98	1,11	1,00
P2. Mogi das Cruzes	2	1,07	4,99	0,74	0,99	0,55	0,56	1,48	1,73
P3. Suzano	3	6,24	8,53	10,70	20,20	18,00	11,10	12,46	5,47
P4. Itaquaquecetuba	3	7,97	7,57	11,30	19,30	20,60	12,70	13,24	5,57
P5. Guarulhos	3	10,90	13,80	19,90	29,00	26,40	17,80	19,63	7,03
P6. SP - P. Aricanduva	4	12,60	14,90	21,30	34,00	31,50	23,80	23,02	8,61
P7. SP - P. Bandeiras	4	12,20	13,50	22,00	31,20	31,40	22,10	22,07	8,26
P8. SP - P. Remédios	4	8,73	11,70	25,70	29,90	27,90	20,00	20,66	8,79

Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Os valores apresentados de nitrogênio total obtidos nos pontos de monitoramento P1 e P2 (Tabela 6) podem ser considerados satisfatórios por estarem dentro dos parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005, exceto o mês de março do ponto de monitoramento P2, que apresentou o valor 4,99 mg/L.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o limite aceitável de nitrogênio amoniacal total para cursos d'água de classe 1 e 2 é de 3,7 mg/L; em água com pH menor ou igual a 7,5, conforme o valor de Ph aumenta, há maior restrição para a concentração de nitrogênio amoniacal total. Para cursos d'água de classe 3, em pH menor ou igual a 7,5, é aceitável concentrações de até 13,3 mg/L (AMÉRICO-PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

O valor mínimo foi obtido no ponto de monitoramento P1, no mês de maio, enquanto o maior valor obtido foi no ponto de monitoramento P6, no mês de julho. Os maiores valores estão concentrados nos pontos de monitoramento P5, P6, P7 e P8 nos meses de julho e setembro.

Nos pontos de monitoramento P3 e P4, os indicadores começam a apresentar valores acima do estabelecido pela legislação, o que fica evidente, principalmente, nos meses de julho e setembro. No ponto de monitoramento P3, o valor foi de 20,20 mg/L e 18 mg/L respectivamente, e no ponto de monitoramento P4 o valor foi de 19,30 mg/L e 20,60 mg/L respectivamente.

A partir dos pontos de monitoramento P5, P6, P7 e P8, todos os valores apresentados ficaram acima dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, exceto no ponto de monitoramento P8, no mês de janeiro, que apresentou o valor de 8,73 mg/L.

Destaca-se também a grande variação do desvio padrão nos pontos de monitoramento P3, P4, P5, P6, P7 e P8, principalmente no ponto de monitoramento P8, que apresentou uma variação 8,79mg/L, com valor mínimo no mês de janeiro de 8,73 mg/L e valor máximo no mês de julho de 29,90 mg/L.

Silva Júnior, Carvalho e Américo-Pinheiro (2017) detectaram valores acima do permitido pela Resolução do CONAMA 357/2005 no Córrego das Marrecas no município de Dracena, SP, nos meses de abril e maio, com valores médios para nitrogênio de 6,5 mg/L e valor máximo de 20 mg/L, associando este fato ao lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto.

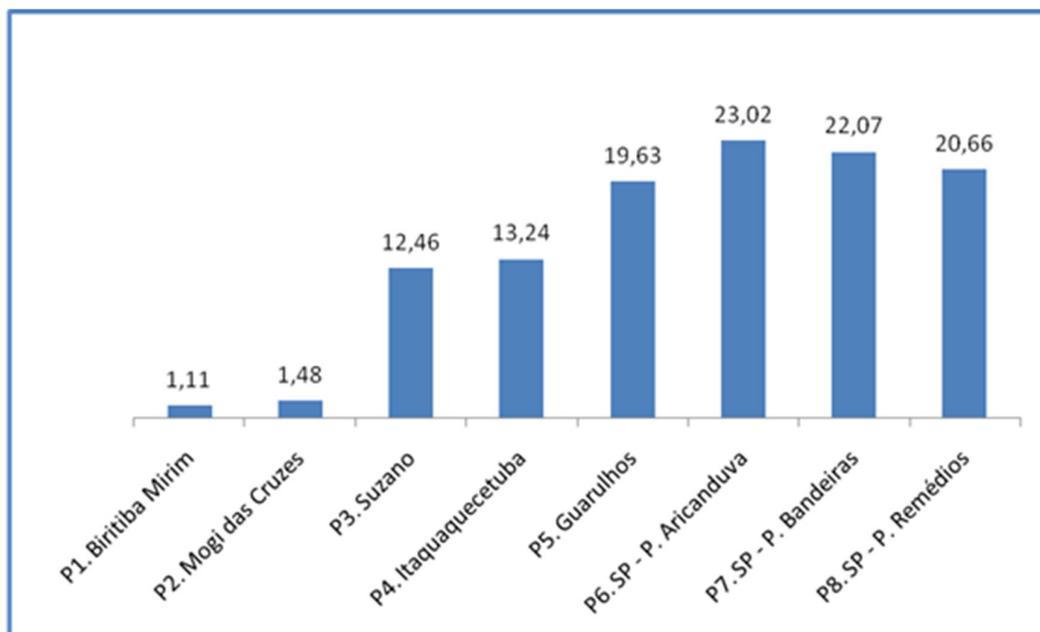
Santos (2004 *apud* SILVA JÚNIOR et al., 2017) detectou, na foz do Rio Amazonas, o valor médio para o nitrogênio de 7,51 mg/L e o máximo de 16,4 mg/L.

Os resultados de 26 amostras colhidas em cada ponto de monitoramento apresentaram valores dentro do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, o que representa 54% do total, e o valor máximo apresentado no curso do Rio Tietê foi maior do que o encontrado em estudos realizados por outros autores.

Pode-se associar esse aumento de valores ao período de estiagem nos meses de maio e julho e ao descarte de lixo doméstico e industrial nos pontos de monitoramento localizados nas áreas urbanizadas.

A média em cada ponto de monitoramento das concentrações de nitrogênio total na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressas na Figura 24.

Figura 24 – Concentração Média de Nitrogênio Total (mg/L) no Rio Tietê, 2018



Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Na Figura 24, pode-se observar que os pontos de monitoramento localizados em área com menor adensamento humano e com vegetação preservada no entorno (P1 e P2), apresentaram a concentração média de nitrogênio total abaixo do limite de 3,7 mg/l estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para classe 2. Os pontos de monitoramento P3 e P4 apesar de estarem em região urbanizada e à jusante de uma ETE registraram valores de nitrogênio dentro do limite indicado na legislação para classe 3 (13,3 mg/L). Para cursos dá água de classe 4, como nos pontos de

monitoramento P6, P7 e P8 não há um valor máximo permitido determinado na legislação (ANA, 2005).

Os maiores valores de nitrogênio total estão concentrados nos pontos de monitoramento P5, P6, P7 e P8 que podem estar associados ao período de estiagem nos meses de maio e julho e ao descarte de resíduo doméstico e industrial nos pontos de monitoramento localizados nas áreas urbanizadas.

As fontes desse nutriente nos ambientes aquáticos podem ser variadas e inclui decomposição de matéria orgânica, lançamento de efluentes (doméstico ou industrial), detergentes, excretas de animais e fertilizantes agrícolas (Américo-Pinheiro; Ribeiro, 2019).

5.7 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Os valores das concentrações de oxigênio dissolvido na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressos na Tabela 7.

Tabela 7 - Concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018

PARÂMETRO: OXIGÊNIO DISSOLVIDO mg/L									
Pontos	Classe	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	Média	Desvio Padrão
P1. Biritiba Mirim	2	3,70	2,48	6,21	6,94	6,82	1,68	4,64	2,32
P2. Mogi das Cruzes	2	2,40	1,74	4,86	5,70	4,74	3,55	3,83	1,54
P3. Suzano	3	0,66	0,48	0,31	0,62	0,50	0,54	0,52	0,12
P4. Itaquaquecetuba	3	0,47	0,73	0,32	0,84	0,49	0,90	0,63	0,23
P5. Guarulhos	3	2,30	0,84	0,68	0,50	0,29	0,21	0,80	0,77
P6. SP - P. Aricanduva	4	2,13	0,74	0,42	0,76	0,21	0,81	0,85	0,67
P7. SP - P. Bandeiras	4	0,52	0,23	0,32	0,49	0,59	1,22	0,56	0,35
P8. SP - P. Remédios	4	1,06	0,21	0,42	0,64	0,22	1,58	0,69	0,54

Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Na tabela 7, são apresentados os valores da concentração de oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento. Nota-se que o valor mínimo foi de 0,21 mg/L, apresentado no ponto de monitoramento P8, no mês de março, e o valor máximo apresentado foi no ponto de monitoramento 1 (6,94 mg/L), no mês de julho.

Os valores máximos estão concentrados nos pontos de monitoramento P1 e P2, nos meses de maio, julho e setembro. Esses pontos de monitoramento também apresentaram a maior variação do desvio padrão, no ponto de monitoramento P1: o mês de novembro apresentou valor mínimo 1,68 mg/L e valor máximo de 6,94 mg/L

em julho; no ponto de monitoramento P2, o mês de março apresentou valor mínimo 1,74 mg/L, e valor máximo de 5,70 mg/L em julho.

Nos pontos de monitoramento P7 e P8, nota-se a maior variação do desvio padrão e, para ambos os pontos de monitoramento, o mês de janeiro apresentou o valor mínimo de 0,81 mg/L para o ponto de monitoramento P7 e 0,73 mg/L para o ponto de monitoramento P8; os valores máximos de ambos os pontos de monitoramento foram apresentados no mês de julho, sendo 3,5 mg/L no ponto de monitoramento P7 e 2,94 mg/L no ponto de monitoramento P8.

Os valores máximos estabelecidos para águas doces estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, estão apresentados no quadro 7.

Quadro 7 – Concentração de oxigênio dissolvido mg/L-1 na água estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005

Classificação	Concentração de oxigênio dissolvido
Classe especial	As condições naturais dos corpos hídricos devem ser mantidas
Classe 1	Não inferior a 6 mg/L-1
Classe 2	Não inferior a 5 mg/L-1
Classe 3	Não inferior a 4 mg/L-1
Classe 4	Superior a 2 mg/L-1

Fonte: CONAMA (2005)

O ponto de monitoramento P1 apresentou um nível máximo de 6,82 mg/L em setembro e mínimo de 1,68 mg/L em novembro, enquanto o ponto de monitoramento 2 apresentou uma grande variação do desvio padrão, apresentando um valor máximo de 5,70 mg/L em julho e valor mínimo de 1,74 mg/L em novembro.

Ao realizar a avaliação de oxigênio dissolvido no Córrego Tamanduá em Iporá, GO, com amostras coletadas em dezembro de 2016 e maio de 2017, em 7 pontos de amostragem, obtiveram-se valores mínimos de 4,52 mg/L e 3,40 mg/L respectivamente (BATISTA et al., 2017).

Ainda segundo Batista, Cabral, Rocha e Barbosa (2017), a avaliação da qualidade das águas por intermédio do teor de oxigênio dissolvido no Rio Ribeirão Paraíso aponta que houve variação inferior a 3% nos valores de oxigênio dissolvido: mínimo de 6,61 mg/L em novembro de 2014 e máximo de 8,17 mg/L em maio de 2015.

Costa e Ferreira (2015), ao analisarem a concentração de oxigênio dissolvido na Bacia do Rio Paranaíba, MG, perceberam que a média durante o ano de 2012 foi superior ao limite estabelecido pelo CONAMA, sendo o valor detectado de 4,8 mg/L.

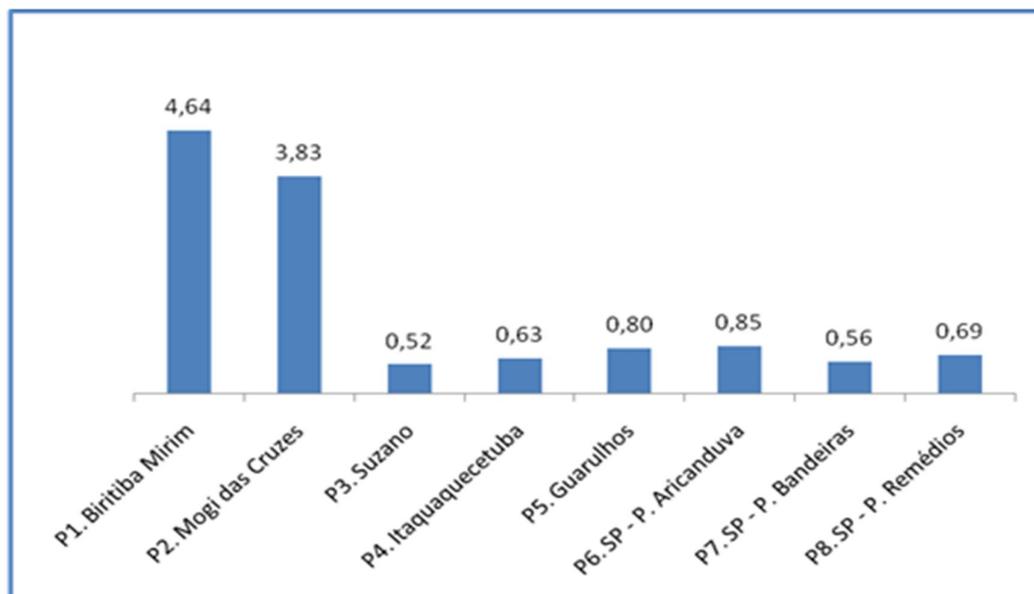
No total de 48 amostras obtidas em cada ponto de monitoramento, 36 amostras apresentaram valores abaixo de 2,0 mg/L, valores abaixo da concentração de oxigênio dissolvido estabelecidos pela legislação (Quadro 7). Essa quantidade de amostras com valores abaixo do estabelecidos pela legislação representa 75% do total.

Observa-se que, a partir do ponto de monitoramento 3, os valores obtidos de oxigênio dissolvido apresentam 17 amostras com valores entre 0,2 mg/L a 0,5 mg/L, o que representa, aproximadamente, 30% do total das amostras.

Geralmente, isso ocorre em águas poluídas por esgoto, quando o oxigênio dissolvido é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Pelos resultados apresentados, o percurso do Rio Tietê apresenta uma grande variação, e os pontos de monitoramento apresentam os maiores valores, mas, a partir do ponto de monitoramento P3, os valores apresentados estão bem abaixo dos valores permitidos pela Resolução CONAMA 357/2005, como também demonstrado em estudos realizados por outros autores.

As médias em cada ponto de monitoramento das concentrações de oxigênio dissolvido na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressas na Figura 25.

Figura 25 – Concentração média de Oxigênio Dissolvido (mg/L) no Rio Tietê, 2018



Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Todas as concentrações médias de oxigênio dissolvido na água dos pontos de monitoramento do Rio Tietê estão abaixo do limite mínimo para as classes de uso em que esses pontos estão enquadrados (Figura 21). Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, para classe 2 (P1 e P2) a concentração de oxigênio dissolvido na água não deve ser inferior a 5 mg/L, para cursos d'água classe 3 (P3, P4 e P5) não deve ser inferior a 4 mg/L e para classe 4 (P6, P7 e P8) não inferior a 2 mg/L (ANA, 2005).

Observa-se que durante o percurso do Rio Tietê, a partir do ponto de monitoramento P3, a concentração de oxigênio diminui. Fato que está associado à intensificação da urbanização e lançamentos de efluentes a longo do rio. Geralmente, isso ocorre em águas poluídas por esgoto, quando o oxigênio dissolvido é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica.

5.8 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

Os valores das concentrações de potencial hidrogeniônico na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressos na Tabela 8 e apresentam valores dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 em todos os pontos de monitoramento.

Tabela 8 - Concentração de potencial hidrogeniônico (pH) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018

PARÂMETRO: POTENCIAL HIDROGENIONICO - pH									
Pontos	Classe	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	Média	Desvio Padrão
P1. Biritiba Mirim	2	6,11	6,37	6,80	6,66	6,83	6,23	6,50	0,31
P2. Mogi das Cruzes	2	5,88	6,49	6,90	6,48	6,60	6,52	6,48	0,33
P3. Suzano	3	6,95	7,07	7,19	7,13	7,36	6,97	7,11	0,15
P4. Itaquaquecetuba	3	7,08	7,05	7,11	6,96	7,39	7,05	7,11	0,15
P5. Guarulhos	3	7,00	7,09	7,33	7,40	7,47	7,16	7,24	0,19
P6. SP - P. Aricanduva	4	7,20	7,15	7,35	7,26	7,42	7,26	7,27	0,10
P7. SP - P. Bandeiras	4	7,20	7,12	7,38	7,14	7,35	7,18	7,23	0,11
P8. SP - P. Remédios	4	7,25	7,25	7,16	7,40	7,22	7,13	7,24	0,09

Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Avaliando as variações do potencial hidrogeniônico (pH) nos pontos de monitoramento (Tabela 3), no período que foram coletadas as amostras, os resultados apresentam homogeneização entre o percurso do corpo hídrico, sem apresentar grandes oscilações no desvio padrão dos pontos de monitoramento.

O potencial hidrogeniônico refere-se à concentração de íons de hidrogênio H⁺ no meio líquido e varia de 0 a 14. O pH igual a 7,0 indica neutralidade do meio, valores acima de 7,0 refletem condições alcalinas da água e valores abaixo de 7,0 correspondem a meios ácidos (AMÉRICO-PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

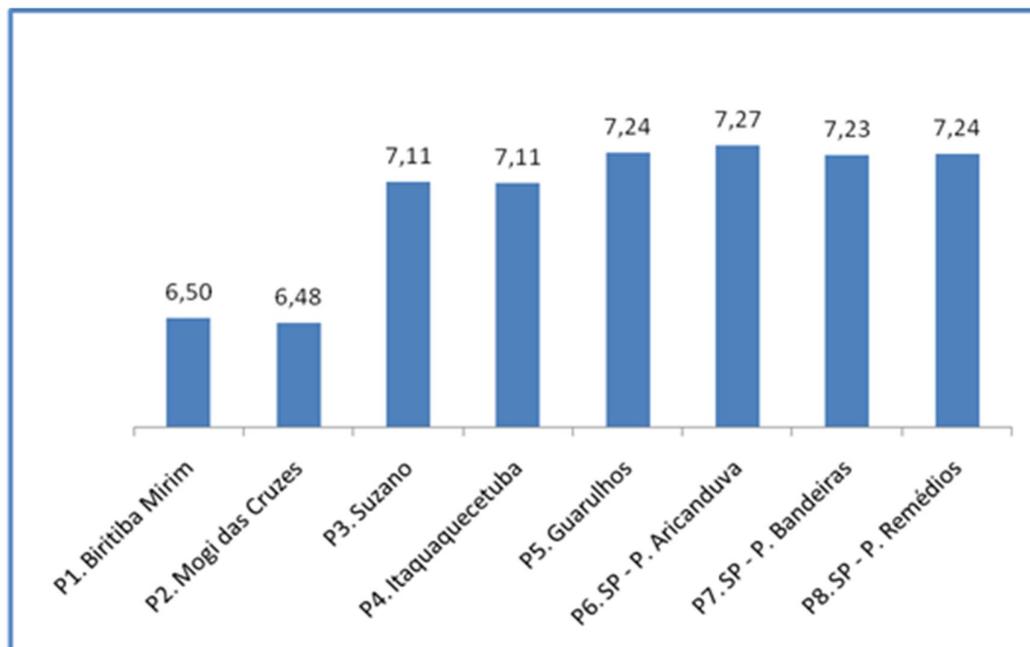
Baggio, Freitas e Araújo (2016) apresentaram os valores de potencial hidrogeniônico encontrados ao longo do perfil longitudinal do rio das Velhas, MG, variando entre 5,16 a 7,78 ao longo de praticamente todo o segmento fluvial avaliado; a água apresentou características levemente ácidas.

Chaves, Almeida, Crispim, Silva e Ferreira (2015), em seu estudo no Rio Piranhas, PB/RN, apresentaram uma pequena variação do potencial hidrogeniônico durante o período de monitoramento, com o pH variando de 6,5 a 6,98, entre os meses de dezembro de 2013 a abril de 2014.

Todas as amostras obtidas em cada ponto de monitoramento apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, que define o intervalo entre 6,0 a 9,0. Mesmo no período de estiagem apresentado nos meses de maio e julho (Figura 17), quando o aporte de material carreado dos solos que interfere na qualidade da água, os parâmetros do potencial hidrogeniônico permaneceram constantes.

A média em cada ponto de monitoramento das concentrações de potencial hidrogeniônico na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressas na Figura 26.

Figura 26 – Concentração média de potencial hidrogeniônico (pH) no Rio Tietê, 2018



Fonte: CETESB (2019) Adaptada

Os resultados das médias obtidas em cada ponto de monitoramento apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, que define o intervalo entre 6,0 a 9,0 para cursos d'água independente da classe de enquadramento (BRASIL, 2005). Isso indica que as águas desta bacia hidrográfica estão neutras e dentro da faixa de proteção da vida aquática.

5.9 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Os valores das concentrações de coliformes termotolerantes na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressos na Tabela 9, observa-se que todos os valores apresentados nos pontos de monitoramento P3, P4, P5, P6, P7 e P8 estão acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 9 - Concentração de coliformes termotolerantes (UFC/100ml) na água dos pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, 2018

PARÂMETRO: COLIFORMES TERMOTOLERANTES (UFC/100ml)										
Pontos	Classe	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	Média	Desvio Padrão	
P1. Biritiba Mirim	2	136	1060	44	116	33	18	235	407	
P2. Mogi das Cruzes	2	43	100	88	67	46	56	67	23	
P3. Suzano	3	78.000	270.000	510.000	560.000	530.000	250.000	366.333	195.389	
P4. Itaquaquecetuba	3	68.000	81.000	92.000	240.000	460.000	220.000	193.500	150.064	
P5. Guarulhos	3	930.000	1.800.000	2.600.000	1.600.000	670.000	1.500.000	1.516.667	681.489	
P6. SP - P. Aricanduva	4	1.200.000	2.300.000	1.800.000	1.700.000	2.400.000	2.200.000	1.933.333	454.606	
P7. SP - P. Bandeiras	4	620.000	1.500.000	2.300.000	2.400.000	2.100.000	520	1.486.753	983.035	
P8. SP - P. Remédios	4	1.400.000	2.700.000	3.100.000	2.900.000	1.700.000	3.200.000	2.500.000	761.577	

Fonte: CETESB (2019) Adaptada

A tabela 9 mostra os valores encontrados de concentração de coliformes termotolerantes nos pontos de monitoramento durante o ano de 2018. Pode-se observar que os pontos de monitoramento P1 e P2 atendem os parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, exceto no mês de março no ponto de monitoramento P1, que apresentou 1.060 NMP/100ml.

Os demais pontos de monitoramento apresentaram índices bem acima dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (Quadro 8), apresentando grande variação do desvio padrão, em destaque o ponto de monitoramento P8, que apresentou, em novembro, um índice de 3.200.000 NMP/100ml, o que demonstra um alto índice de contaminação.

Quadro 8 – Limite permitido de coliformes termotolerantes para águas doces por cada 100 ml, estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005

Classificação	Limite permitido para coliformes termotolerantes por 100 ml de água
Classe especial	As condições naturais dos corpos hídricos devem ser mantidas
Classe 1	200 coliformes
Classe 2	1.000 coliformes
Classe 3	25.000 coliformes
Classe 4	Valor dos padrões não especificado na resolução

Fonte: ANA (2005)

Costa e Ferreira (2015), em seu trabalho de avaliação da qualidade da água, ao analisarem os valores de coliformes termotolerantes na Bacia do Rio Paranaíba, MG, observaram que a média do último trimestre de 2012 foi superior ao limite estabelecido pelo CONAMA, e o valor máximo alcançou 160.000 NMP/100 ml.

Roberto et al. (2017), em seu estudo realizado em 5 pontos de coletas de amostras da água no Córrego Guará Velho, TO, obtiveram uma variação entre os pontos de coleta entre 161 NMP/100 ml a 2.320 NMP/100 ml.

Quando comparada com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e os estudos realizados por outros autores como Costa e Ferreira (2015) e Roberto et al. (2017), observa-se que o Rio Tietê apresenta os maiores valores de coliformes termotolerantes, principalmente a partir do ponto de monitoramento P3.

As bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes, que inclui a *Escherichia coli*, são indicadoras de contaminação fecal em ambientes aquáticos. Assim, o lançamento de efluentes de ETE em cursos d'água favorece o aporte de microrganismos de origem fecal (animal e humana) nas bacias hidrográficas (Frias et al., 2020).

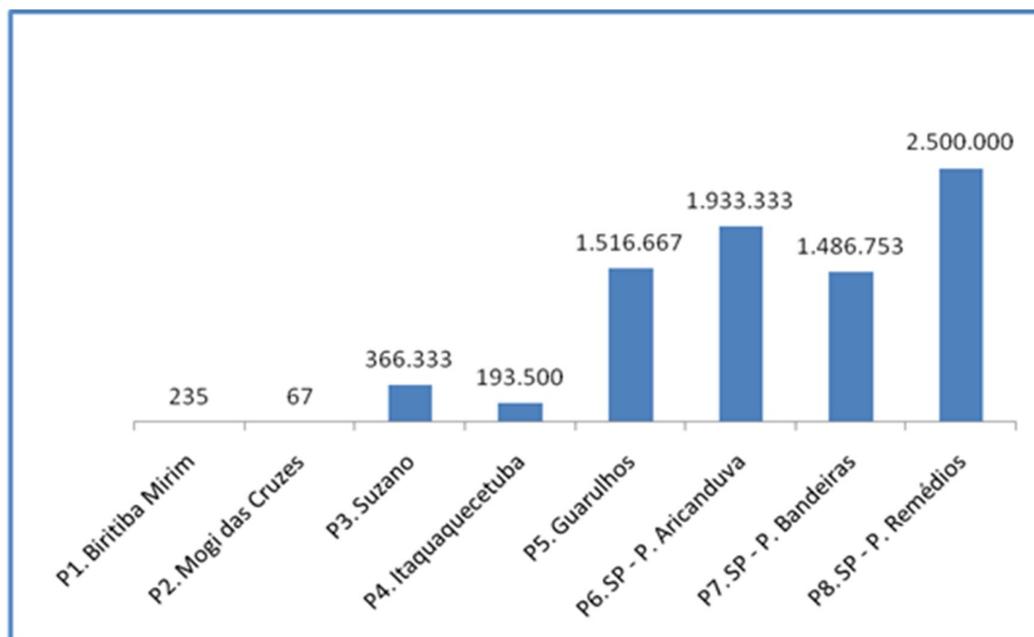
A presença desses microrganismos indicadores de contaminação fecal acima do limite permitido em cursos d'água é preocupante, pois torna a água imprópria para o uso destinado conforme sua classe de enquadramento.

De acordo com Libânio et al. (2005), a maioria das doenças de veiculação hídrica ocorrem devido a ingestão de microrganismos patogênicos, principalmente de origem entérica animal ou humana.

Pode-se associar esses valores altos ao despejo de esgoto contaminado pela bactéria, tornando a água um veículo de transmissão de agentes infecciosos e parasitários.

A média em cada ponto de monitoramento das concentrações de coliformes termotolerantes na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, para o ano de 2018, estão expressas na Figura 27.

Figura 27 – Concentração média de coliformes termotolerantes (UFC/100ml) no Rio Tietê, 2018



Fonte: CETESB (2019) Adaptada

A concentração média de coliformes termotolerantes nos pontos do Rio Tietê enquadrados como classe 2 (P1 e P2) estão em conformidade com o limite máximo estabelecido (1000 UFC/100mL) pela Resolução CONAMA 357/2005. Nos pontos de monitoramento de classe 3 (P3, P4 e P5) registrou-se concentrações de coliformes termotolerantes em acima do padrão indicado para essa classe de 2500 UFC/100mL. Para corpos hídricos de classe 4 (P6, P7 e P8) não há limite estabelecido (ANA, 2005).

As bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes, que inclui a *Escherichia coli*, são indicadoras de contaminação fecal em ambientes aquáticos. Assim, o lançamento de efluentes de ETE em cursos d'água favorece o aporte de microrganismos de origem fecal (animal e humana) nas bacias hidrográficas (Frias et al., 2020).

De acordo com Libânio et al. (2005), a maioria das doenças de veiculação hídrica ocorrem devido a ingestão de microrganismos patogênicos, principalmente de origem entérica animal ou humana.

A presença desses microrganismos indicadores de contaminação fecal acima do limite permitido em cursos d'água é preocupante, pois torna a água imprópria para o uso destinado conforme sua classe de enquadramento.

5.10 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)

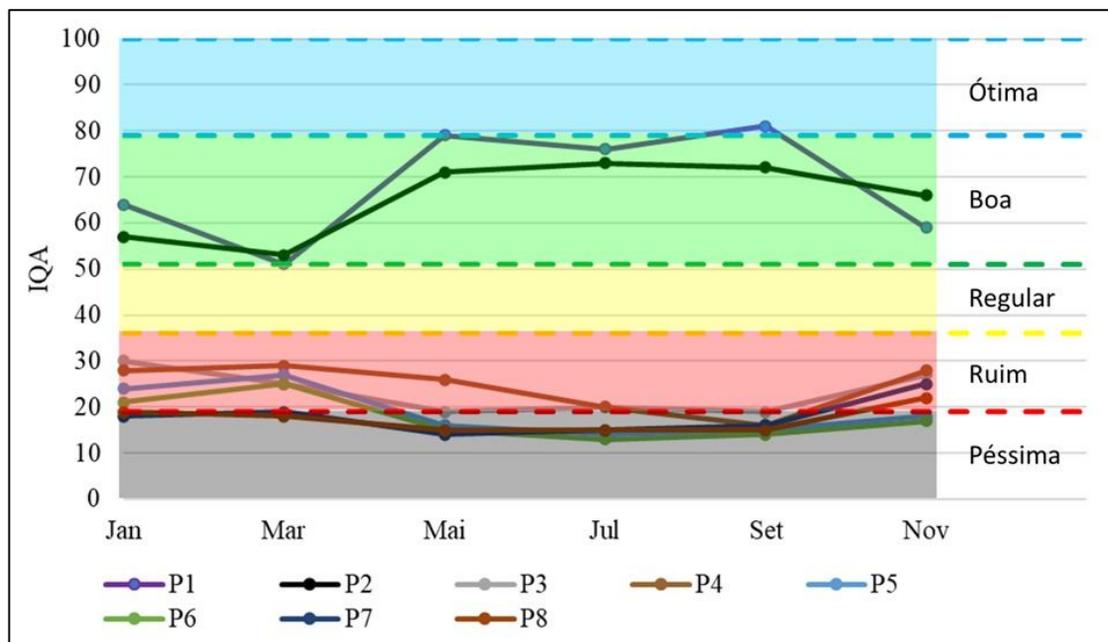
Para determinação do IQA foram utilizados os resultados dos nove parâmetros da qualidade obtidos em cada ponto de monitoramento e seu respectivo mês. Estes dados foram extraídos do Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), no ano de 2018.

O IQA tem sido utilizado pela CETESB como informação básica de qualidade de água para a população em geral, porque representa a síntese de inúmeros dados provenientes do monitoramento por procedimentos analíticos submetidos à análise estatística e gráfica, possibilitando a análise visual e a avaliação das alterações ao longo do tempo (LEITE et al., 2013).

Em relação ao IQA, constou-se que nos pontos de monitoramento P1 e P2 do Rio Tietê a qualidade da água variou de Ótima (IQA: 80 a 100) à Boa (IQA: 52 a 79) durante o ano de 2018 (Figura 28). Apenas no mês de março, a qualidade da água do P1 foi classificada como: Regular (IQA: 37 a 51) com um valor de IQA de 51.

Esses dois pontos analisados no Rio Tietê estão inseridos em áreas de proteção ambiental com pouca influência da área urbana e ausência do despejo de efluentes, esses fatores proporcionam uma melhor qualidade da água nesses trechos do rio como pode ser observado nos valores de IQA calculados.

Figura 28 - Evolução dos valores de IQA nos oito pontos de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê – SP, Brasil, 2018



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

A qualidade da água nos pontos P3, P4, P5, P6, P7 e P8 variou de: Ruim (IQA: 20 a 36) à Péssima (IQA: 0 a 19) indicando a influência da urbanização e industrialização da área. Os menores valores de IQA (13 a 15) ocorrem em P5, P6, P7 e P8 nos meses de menores precipitações (maio, julho e setembro).

Nota-se que, do total do cálculo de 48 valores de IQA (7 valores por ponto analisado) no ano de 2018, apenas 25% dos Índices na Bacia Hidrográfica foi classificado como Ótimo, Bom ou Regular e 41,6% classificado como: Péssimo (Quadro 9). De acordo com o IQA médio do ano de 2018, a qualidade da água foi Boa para P1 e P2, Ruim para P3 e P4 e Péssima para os demais pontos.

As principais vantagens dos índices são a facilidade de comunicação com o público leigo, o *status* maior do que as variáveis isoladas e o fato de representar a média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade (CETESB, 2019).

As variáveis de qualidade, que fazem parte do cálculo do IQA, refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos.

ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante, também, salientar que este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo

como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (CETESB, 2019).

Quadro 9 - Valores mensais e médio do Índice de Qualidade da Água nos oitos pontos de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê - SP, Brasil, 2018

Pontos	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	Média
P1. Biritiba Mirim	64	51	79	76	81	59	68
P2. Mogi das Cruzes	57	53	71	73	72	66	65
P3. Suzano	30	25	19	20	19	27	23
P4. Itaquaquetuba	28	29	26	20	16	28	25
P5. Guarulhos	24	27	16	14	15	18	19
P6. SP - P. Aricanduva	21	25	15	13	14	17	18
P7. SP - P. Bandeiras	18	19	14	15	16	25	18
P8. SP - P. Remédios	19	18	15	15	15	22	17

Legenda

	Ótima
	Boa
	Regular
	Ruim
	Péssima

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

Analisando os valores apresentados no quadro 9, observa-se que os maiores valores do IQA são apresentados nos pontos de monitoramento P1 e P2, sendo que no mês de março do ponto de monitoramento P1 apresentou o valor do IQA: 51, o que significa que a qualidade da água foi classificada como aceitável. O mesmo ponto de monitoramento, no mês de setembro, apresentou o valor do IQA: 81, que classificou este ponto de monitoramento com qualidade ótima. Nos demais meses, o índice de qualidade das águas manteve-se constante, apresentando uma média anual de valor do IQA: 68 no ponto de monitoramento P1 e uma média anual de valor do IQA: 65 no ponto de monitoramento P2.

Nos pontos de monitoramento P3 e P4, observa-se um predomínio do resultado de valor do IQA classificado como ruim, apresentando, no ponto de monitoramento P3, uma média anual de valor do IQA: 23 e no ponto de monitoramento P4, uma média anual de valor do IQA: 25, sendo que em ambos os pontos de monitoramento apresentaram o resultado de valor de IQA classificado como péssimo no mês de setembro.

Os pontos de monitoramento P5 e P6 apresentaram o resultado de valor de IQA classificado como ruim nos meses de janeiro e março, sendo que, para os demais meses, se observa um predomínio do resultado de valor do IQA classificado com péssimo, apresentando, no ponto de monitoramento P4, uma média anual de valor do IQA: 19 e, no ponto de monitoramento P5, uma média anual de valor do IQA: 18.

Nos pontos de monitoramento P7 e P8, observa-se um predomínio do resultado de valor do IQA classificado com péssimo, apresentando no ponto de monitoramento P7 uma média anual de valor do IQA: 18 e, no ponto de monitoramento P8, uma média anual de valor do IQA: 17, sendo que ambos os pontos de monitoramento apresentaram o resultado de valor do IQA classificado com ruim no mês de novembro.

Nota-se que, do total de 48 amostras extraídas do Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) no ano de 2018, apenas 12 amostras apresentaram resultados de valor do IQA classificados como: ótimo, bom e aceitável, o que representa 25% do total, enquanto as outras 36 amostras apresentaram resultados de valor do IQA classificado como: ruim e péssimo, o que representa 75% do total.

Na análise de todos os pontos de monitoramento, percebe-se que, do total de oito pontos de monitoramento, apenas dois apresentam resultados de valor do IQA classificados como: ótimo, bom e aceitável, o que representa 25% do total; outros dois pontos de monitoramento apresentaram resultados de valor do IQA classificado como: ruim, o que equivale a 25% do total, e os demais (quatro pontos de monitoramento) apresentaram resultados de valor do IQA classificado como: péssimo, o que equivale a 50% do total. Concluiu-se que apenas 25% dos pontos de monitoramento estão dentro dos valores aceitáveis de índice de qualidade das águas.

A qualidade da água do Rio tem como origem diversas fontes, tais como: efluentes domésticos, efluentes industriais e carga difusa urbana e agrossilvipastoril e mineração, especialmente a exploração e comercialização de areia para fins de construção civil. Cada qual representa um tipo de poluente característico que é carregado pelas águas (LEITE et al., 2013).

Comparando os resultados apresentados em cada ponto de monitoramento com a classificação dos valores índices de qualidade das águas (Quadro 9), observa-se maior deterioração do estado da qualidade da água na bacia hidrográfica à medida que o curso do rio Tietê avança do município de Biritiba-Mirim para a zona oeste de São Paulo.

Os períodos de estiagem nas bacias hidrográficas podem aumentar consideravelmente o nível de poluição dos rios, pois a vazão do curso d'água tende a diminuir e isto pode comprometer a qualidade em alguns pontos de monitoramento (LEITE et al., 2013).

Observa-se que, no período de monitoramento, ocorreu estiagem nos meses de maio e julho (Figura 18), o que deve ser considerado pela apresentação dos índices insatisfatórios da qualidade da água. Nota-se, também, que os dois primeiros pontos de monitoramento estão inseridos em áreas com proteção ambiental ou sem a influência das áreas urbanas e os demais pontos de monitoramento revelam a presença de grande intensidade urbana e industrial.

Manter os índices dos parâmetros de qualidade da água nos níveis ótimo e bom é fundamental para a preservação da saúde humana. No entanto, a intensificação da urbanização e industrialização, somada à prática da agricultura próximo ao leito do Rio Tietê, acarretou na sua contaminação, sendo atribuído com o principal fator o lançamento indevido de esgoto.

6 CONCLUSÃO

A qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê é ruim ou péssima na maior parte do trecho do rio que corta a região metropolitana de São Paulo indicando influência do uso e ocupação do solo da bacia que é predominantemente urbano. O lançamento de efluentes tratados e esgoto “*in natura*” alteram a qualidade da água da região que tem seu uso comprometido principalmente devido a elevada carga de matéria orgânica e presença de microrganismos indicadores de contaminação fecal.

A deterioração da qualidade das águas apresenta grande impacto para as espécies vegetais, animais, seres humanos, desenvolvimento agrícola e industrial, como também, para a correta manutenção da vida aquática. Por isso, ações de controle, fiscalização e educação ambiental são essenciais para reduzir o despejo de cargas orgânicas e resíduos sólidos nessa bacia hidrográfica.

7 RECOMENDAÇÕES

A sociedade precisa reconhecer os rios como reflexos da qualidade ambiental dos municípios. Para isso é importante identificar as fontes poluidoras, investir em saneamento ambiental, reconhecer a ineficiência da gestão atual, com o propósito de melhorar a qualidade da água do Rio Tietê.

Para que os indicadores possam apresentar resultados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, são necessárias políticas públicas que impactam na gestão da água, tais como: maior investimento em saneamento básico, melhor controle do despejo de esgoto na bacia hidrográfica e engajamento das comunidades em movimentos de revitalização das águas, para garantir a continuidade do Rio Tietê.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari-AP: revisão descritiva. **Revista Biota Amazônia**, Macapá, v. 5, n. 2, p.119-131, 2015.
- ALVES, S. G. S.; ATAÍDE, C. D. G.; SILVA, J. X. Análise microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília. **Revista Científica Sena Aires**, Distrito Federal, v. 7, n. 1, p. 12-17, 2018.
- AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; RIBEIRO, L. G. Monitoramento de recursos hídricos e parâmetros de qualidade de água em bacias hidrográficas. In: AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê; BENINI, Sandra Medina (orgs.) **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Tupã: ANAP, 2019, p.89-109.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2005. 176 p.
- _____. **O Comitê de bacia hidrográfica: o que é e o que faz?** Caderno de capacitação em recursos hídricos. Brasília, DF: SAG, 2011. 64 p.
- _____. **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. 2. ed. Brasília, DF: ANA, 2013. 157 p.
- _____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual**. Brasília, DF: ANA, 2019. 100 p.
- _____. **Indicadores de qualidade. Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Portal da Qualidade das Águas. Brasília, DF: ANA, 2020. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Indicadores-idade-aguas.aspx>. Acesso em: 28 out. 2020.
- BAGGIO, H.; FREITAS, M. O.; ARAÚJO, A. D. Análise dos parâmetros físico-químicos oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico e temperatura, no baixo curso do Rio das Velhas-MG. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 17, n. 60, p. 105-117, 2016.
- BAHIA (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório de monitoramento da qualidade das águas: Rio Carnaíba de Dentro/Palmas de Monte Alto**. Salvador: Inema Bahia, 2011. 15 p. Disponível em: http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Carnaiba_C2_final.pdf. Acesso em: 28 out. 2020.
- BATISTA, D. F.; CABRAL, J. B. P.; ROCHA, T.; BARBOSA, G. R. Avaliação do oxigênio dissolvido nas águas do Ribeirão Paraíso em Jataí-GO e Córrego Tamanduá em Iporá-GO. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 296-309, 2017.
- BATISTA, M. **O manual do saneamento básico: entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2012. 67 p.

BELLO, F. H.; GUANDIQUE, M. E. G. Diagnóstico ambiental do meio aquático do Rio Ipanema. **Revista Holos Environment**, Centro de Estudos ambientais (CEA/UNESP), Sorocaba, v. 11, n. 2, p. 94-105, 2011.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.344, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, de 9.1.1997. Brasília, DF, Presidência da República, 1997.

_____. **Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. (Redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020). Diário Oficial da União, de 18.7.2000. Brasília (DF), Presidência da República, 2000.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. (Série B. Textos Básicos de Saúde).

_____. **Lei nº. 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Diário Oficial da União, de 8.1.2007, retificado em 11.1.2007. Brasília, DF, Presidência da República, 2007.

_____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2013. 150 p.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: FUNASA, 2014. 112 p.

BUZANELLO, E. B.; MARTINHAGO, M. Wi.; ALMEIDA, M. M.; SILVA PINTO, F. G. Determinação de coliformes totais e termotolerantes na água do Lago Municipal de Cascavel, Paraná. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 59-60, 2008.

CÂNDIDO, T. S.; MIRANDA, J. H.; ABREU, M. V. S.; QUARTAROLI, L. Avaliação da qualidade da água por meio de parâmetro físico-químicos e a influência do uso e ocupação do solo. **Revista Científica Univiçosa**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 329-334, 2015.

CETESB (São Paulo) - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo: águas doces 2018**. São Paulo: CETESB, 2019. (Série Relatórios / CETESB).

_____. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Mortalidade de peixes: oxigênio dissolvido**. São Paulo: CETESB, 2020a. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido>. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2019**. São Paulo: CETESB, 2020b. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Relatorio-da-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf>. Acesso em 27 set. 2020.

CHAVES, A. D. C. G.; ALMEIDA, R. R. P.; CRISPIM, D. L.; SILVA, F. T.; FERREIRA, A. C. Monitoramento e qualidade das águas do Rio Piranhas. **Revista Verde**, Pombal, v. 10, n.1, p. 160-164, 2015.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**. Fundo Estadual de Recursos Hídricos. Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo. São Paulo: FUSP, 2009.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, n. 053, p. 58-63, 18 mar. 2005. Brasília, DF, CONAMA, 18 mar. 2005.

CONDEMAT – CONSÓRCIO DE DESENVOLVIMENTO DOS MUNICÍPIOS DO ALTO TIETÊ. **Caderno Econômico Alto Tietê**. São Paulo: CONDEMAT, 2018.

CORREIA, A. R.; ROCHA, P. C. Análise de parâmetro de Qualidade das Águas na UGRHI 20, Bacia do Rio Aguapeí – Oeste de São Paulo. In: AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê; BENINI, Sandra Medina (orgs.) **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Tupã: ANAP, 2018. 204 p. cap. 6. p. 109-121.

COSTA, F. B.; FERREIRA, V. O. Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (IQA) na porção Mineira da Bacia do Rio Paranaíba. **Revista Eletrônica de Geografia**, Uberlândia, v. 7, n. 18, p. 22-47, 2015. Disponível em: <http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/7edicao/n18/2.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.

FRIAS D. F. R.; PINHEIRO, R. S. B.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; BUOSI, A. L. B. Variação espaço-temporal da concentração de Escherichia coli em águas superficiais e a saúde pública. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Londrina, v. 8, n. 60, 2020.

GEO BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília: MMA/ANA, 2007. 264 p.

GLORIA, L. P.; HORN, B. C.; HILGEMANN, M. **Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do Índice de Qualidade da Água – IQA**. Caderno Pedagógico, Lajeado, v. 14, n.1, p. 103-119, 2017.

GOOGLE. **Google Earth-Maps**. 2020. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 21 out. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010. **Cidades 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/Brasil/sp>. Acesso em: 10 out. 2020.

LEITE, D. A. N. O.; RAMOS, M. A. G.; GODÓI, D. R.; MARIANO, A. P.; PIÃO, A. C. S.; DE ANGELIS, D. F. Avaliação dos parâmetros do Índice de Qualidade de Água segundo o modelo estatístico ARIMA. **Revista Holos Environment**, Rio Claro, v. 13, n. 1, p. 39-39, 2013.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p.331-348, 2011.

LIBANIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Salvador, vol. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.

MALUTTA, S.; KOBIYAMA, M.; FUERST, L. Análise da qualidade de água dos principais rios do município de Rio Negrinho (SC). **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 9, n. 1, p. 173-186, 2013.

MOROZ- CACCIA, G. **A Cidade de São Paulo e seus rios: uma história repleta de paradoxos**. Confins [Online], 27 | 2016. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/10884>. Acesso em: 22 mar. 2021.

OLIVEIRA, A. B. K. O Rio Tietê: o processo histórico e sua importância para São Paulo. In: I SIMPÓSIO MINEIRO DE GEOGRAFIA: DAS DIVERSIDADES À ARTICULAÇÃO GEOGRÁFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 271., 2014. Alfenas. **Anais [...]**. Minas Gerais: UFV, 2014. p. 271-285. Disponível em: <https://silo.tips/download/o-rio-tiete-o-processo-historico-e-sua-importancia-para-sao-paulo>. Acesso em: 14 out. 2020.

PEREIRA, D. S.; FERREIRA, R. B. SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Ecocidadão**. São Paulo: SMA/CEA, 2008. 116 p. (Cadernos de Educação Ambiental).

PREFEITURA DE BIRITIBA MIRIM. **A cidade** [Internet], 23 out. 2020. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://www.biritibamirim.sp.gov.br/site/acidade.php>. Acesso em: 23 out. 2020.

PREFEITURA DE GUARULHOS. **Caderno econômico de Guarulhos** [Internet], 27 out. 2020. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.guarulhos.sp.gov.br/sites/>

default/files/file/arquivos/CADERNO_ECONOMICO_21X28CM_EDICAO7_2020_WE B.pdf. Acesso em: 27 out. 2020.

PREFEITURA DE MOGI DAS CRUZES. **Descobrimo Mogi das Cruzes** [Internet], 28 out. 2020. Disponível em: <http://www.mogidascruzes.sp.gov.br/mogi-das-cruzes/descobrimo-mogi-das-cruzes>. Acesso em: 28 out. 2020.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. **Estudo de Impacto Ambiental** [Internet], 21 ago. 2020a. cap. II. Meio físico – parte 3. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/EIA_Capitulo_II_MeioFisico_parte3.pdf. Acesso em: 21 ago. 2020a.

_____. **Cidades** [Internet], 27 out. 2020b. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade>. Acesso em: 27 out. 2020b.

PREFEITURA DE SUZANO. **História** [Internet], 20 out. 2020. Disponível em: <https://www.suzano.sp.gov.br/web/cidade/historia>. Acesso em: 20 out. 2020.

ROBERTO, M. C.; GUIMARÃES, A. P. M.; RIBEIRO, J. L.; CARVALHO, A. V.; NERES, J. C. I.; CERQUEIRA, F. B. Avaliação do pH, turbidez e análise microbiológica da água do Córrego Guará Velho em Guaraí, Estado do Tocantins. **Revista Desafios**, Tocantins, v. 4, n. 4, 2017.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **A SABESP no município de Suzano** [Internet], 26 out. 2020. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Municipio.aspx?secaold=18&id=614>. Acesso em 26 out. 2020.

SANTANA, D. P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, dez. 2003. 63 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SANTOS, R. C. L.; LIMA, Á. S.; CAALCANTI, E. B.; MELO, C. M.; MARQUES, M. N. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Salvador, v. 23, n. 1, p. 33-46, 2018.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Educação Ambiental. **Caderno Ambiental Guarapiranga**. São Paulo: SMA/CEA, 2008. 84 p.

_____. Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Fundo Estadual de Recursos Hídricos. Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo (FUSP). **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**. Sumário executivo. São Paulo: FUSP, set. 2009. 55 p.

_____. **São Paulo: hidrografia**. [Internet], 7 out. 2018. Biblioteca virtual do governo do estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.bibliotecavirtual.sp.gov.br/temas/sao-paulo/sao-paulo-hidrografia.php>. Acesso em: 7 out. 2020.

SILVA JÚNIOR, O. P.; CARVALHO, S. L.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. Avaliação das concentrações de nitrogênio e fósforo na água do Córrego das Marrecas,

município de Dracena, SP. **Revista Científica ANAP Brasil**, Tupã, v. 10, n. 19, p. 37-44, 2017.

SOARES, E. M.; FERREIRA, R. L. Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba, v. 13, n. 6, p. 50-76, 2017.

SUGIRTHARAN, M.; PATHMARAJAH, S.; MOWJOOD, M. Spatial and temporal dynamics of water quality in Batticaloa lagoon in Sri Lanka. **Tropical Agricultural Research**, Sri Lanka, v. 28, n. 3, p. 281-397, 2017.

SUGUITURU, S. S.; MORINI, M. S. C.; FEITOSA, R. M.; SILVA, R. R. **Formigas do Alto Tietê**. Bauru: Canal 6, 2015.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2004.

TUNDISI, J. G. (coord.). **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014.

WWF-BRASIL. **Cadernos de educação ambiental água para vida**. Água para todos: livro das águas. Brasília: WWF-Brasil, 2006. 72 p.