

Gustavo Frazao / istockphoto.com



SÉRIE RELATÓRIOS  
ISSN: 0103 4103

# QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES NO ESTADO DE SÃO PAULO



2020



| Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente

Governo do Estado de São Paulo  
João Doria - Governador

Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente  
Marcos Penido - Secretário

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
Patrícia Iglecias - Diretora-Presidente

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Diretoria de Gestão Corporativa  
Clayton Paganotto - Diretor

Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental  
Gláucio Attorre Penna - Diretor

Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental  
Domenico Tremaroli - Diretor

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental  
Carlos Roberto dos Santos - Diretor

---



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO



# QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES NO ESTADO DE SÃO PAULO

CETESB COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

2020

SÉRIE RELATÓRIOS

São Paulo • 2021

## Dados Internacionais de Catalogação

(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

C418q CETESB (São Paulo)  
Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2020 [recurso eletrônico] / CETESB ; Coordenação geral Maria Helena R.B. Martins ; Coordenação técnica Fábio Netto Moreno, Marta Condé Lamparelli, Beatriz Durazzo Ruiz; Coordenação cartográfica Carmen Lúcia V. Midaglia ; Equipe técnica Cláudio Roberto Palombo ... [et al.]. – Sao Paulo : CETESB, 2021.  
Arquivos eletrônicos : il. color., PDF, XLSX ; 68MB. - - (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103 4103)

Publicado anteriormente como: Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, e Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo.  
Conteúdo: 1 relatório (arquivo de texto : 246 p., 41 MB) + apêndices A-R (arquivos : 27 MB)  
Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>  
ISBN 978-65-5577-024-7.

1. Água – poluição 2. Águas interiores – qualidade – controle 3. São Paulo (Est.) I. Título. II. Série.

CDD (21.ed. Esp.) 363.739 463 169 081 61  
CDU (2.ed. Port.) 502.175 (282:815.6)

Catalogação na fonte: Margot Terada - CRB 8.4422

Direitos reservados de distribuição e comercialização.  
Permitida a reprodução desde que citada a fonte.

© CETESB 2021.  
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345  
Pinheiros – SP – Brasil – CEP 05459900

# FICHA TÉCNICA

## Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

Eng. Carlos Roberto dos Santos  
Diretor

### Coordenação geral

Quím. Maria Helena R. B. Martins  
Gerente do Departamento de Qualidade Ambiental

### Coordenação técnica

Biól. Fábio Netto Moreno  
Gerente da Divisão de Qualidade das Águas e do Solo  
Biól. Marta Condé Lamparelli  
Gerente da Divisão de Análises Hidrobiológicas  
Téc. Amb. Beatriz Durazzo Ruiz  
Gerente do Setor de Águas Interiores

### Coordenação cartográfica

Geóg. Carmen Lucia V. Midaglia

### Equipe Técnica

#### Setor de Águas Interiores

Biól. Cláudio Roberto Palombo  
Eng. Quím. Uladyr Ormino Nayme  
Geóg. Fabíola Martins Antoneli  
Aprendiz Mariana Célia Jesus Santos

#### Setor de Hidrologia

Eng. Luís Altivo Carvalho Alvim  
Quím. Vinícius Marques da Silva

#### Departamento de Análises Ambientais

Farm. Bioq. Maria Inês Zanoli Sato

#### Divisão de Análises Físico-químicas

Maria Yumiko Tominaga

#### Setor de Comunidades Aquáticas

Biól. Maria do Carmo Carvalho  
Biól. Adriana C. C. Ribeiro de Deus  
Biól. Ana Maria Brockelmann  
Biól. Denise Amazonas Pires  
Biól. Helena Mitiko Watanabe  
Biól. Hélio Rubens Victorino Imbimbo  
Biól. Luciana Haipek Mosolino Lerche  
Biól. Mônica Luisa Kuhlmann  
Farm. Bioq. Rosalina Pereira de Almeida Araújo  
Estagiária Caroline de Santana Belissimo

#### Setor de Ecotoxicologia Aquática

Biól. William Viveiros  
Biól. Lucy Lina Ogura  
Biól. Márcia Aparecida Aragão  
Biól. Sandra Valéria Buratini

#### Setor de Análises Toxicológicas

Quím. Gilson Alves Quinaglia  
Farm. Bioq. Daniela Dayrell França  
Téc. Amb. Wallace Anderson A. Soares

#### Setor de Toxicologia e Genotoxicidade

Biól. Deborah Arnsdorff Roubicek  
Biól. Celso Fumio Suzuki  
Biól. Cynthia Muniz Soares

#### Divisão de Microbiologia e Parasitologia

Biól. Mikaela Renata Funada Barbosa  
Farm. Bioq. Solange Rodrigues Ramos  
Farm. Bioq. Ana Tereza Galvani

#### Setor de Química Inorgânica

Quím. Sharlley Alves Silva  
Quím. Robson Leocádio Franklin

### Coletas de Amostras e/ou Análises

Divisão de Amostragem  
Setor de Química Inorgânica  
Setor de Química Orgânica  
Divisão de Microbiologia e Parasitologia  
Setor de Comunidades Aquáticas  
Setor de Ecotoxicologia Aquática  
Setor de Metrologia e Calibração  
Setor de Análises Toxicológicas

Setor de Toxicologia e Genotoxicidade  
Divisão de Laboratório Campinas  
Divisão de Laboratório Sorocaba  
Divisão de Laboratório Cubatão  
Divisão de Laboratório Taubaté  
Divisão de Laboratório Ribeirão Preto  
Divisão de Laboratório Marília  
Divisão de Laboratório Limeira

### Apoio

Agências Ambientais da Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental  
Setor de Biblioteca

### Contribuições

CIIAGRO – Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas  
COMDEC – Coordenadoria Municipal de Defesa Civil da Prefeitura de São Paulo  
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica  
EMAE – Empresa Metropolitana de Água e Energia  
FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

### Projeto Gráfico

Vera Severo

### Editores/Diagramação

Phábrica de Produções

### Impressão

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

### Distribuição

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 – Alto de Pinheiros  
Tel. 3133-3000 – CEP 05459-900 – São Paulo – SP  
Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)





# Apresentação

Logo no início de 2020 o mundo foi surpreendido com uma pandemia, assim reconhecida pela Organização Mundial da Saúde, que afetou significativamente o modo de vida da população tendo reflexos graves na saúde.

A presença e disseminação do coronavírus SARS-CoV-2, demonstrou mais uma vez o quanto é frágil esta cadeia que nos mantém vivos, reforçando a primordial necessidade de um meio ambiente saudável e sustentável, bem como de repensarmos os nossos padrões de consumo e a maneira como vivemos. Entretanto, criou também a oportunidade do surgimento de soluções inovadoras, além da aceleração de medidas que estavam embrionárias, como por exemplo, o teletrabalho.

Neste período a CETESB passou por grandes desafios para continuar cumprindo com a sua missão, o que foi alcançado graças a um esforço conjunto.

Dentre estes desafios, está a operação das redes de monitoramento de qualidade ambiental que envolve trabalho presencial, tanto na coleta quanto na análise das amostras. Embora tenham ocorrido descontinuidades parciais neste período, com empenho e a dedicação do corpo funcional foi possível realizar as principais atividades de monitoramento, nos locais considerados prioritários.

As informações geradas neste ano em que houve, em maior ou menor grau, isolamento social e redução de algumas atividades proporcionam uma base de dados importante para comparação com resultados históricos, e permitirão avaliar a influência de alguns fatores na qualidade ambiental possibilitando eventualmente reavaliar políticas públicas voltadas à melhoria da qualidade ambiental.

Os resultados do monitoramento são consubstanciados em relatórios de qualidade ambiental. Como faz anualmente, a CETESB disponibiliza informações para a sociedade de forma sistemática e transparente, sendo que este ano estão disponíveis na página da CETESB, na internet, as seguintes publicações: Relatório de Qualidade das Praias Litorâneas, de Qualidade das Águas Interiores, de Qualidade das Águas Costeiras e de Qualidade do Ar, além do Boletim de Qualidade das Águas Subterrâneas.

Certamente vários desafios permanecerão até que a pandemia seja superada e a CETESB irá suplantarlos com inovação, competência técnica e dedicação contribuindo assim para a proteção do meio ambiente.

Boa leitura!

**Patrícia Iglecias**  
Diretora-Presidente da CETESB





# Listas

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b> – Tabela de Pontos do Projeto FEHIDRO Mananciais compartilhados com a Rede Básica – CETESB.....	33
<b>Tabela 3.2</b> – Alterações de Pontos de Amostragem na Rede Básica em 2020 .....	34
<b>Tabela 3.3</b> – Registros Fotográficos dos novos pontos da CETESB e da Rede ANA/CETESB .....	39
<b>Tabela 3.4</b> – Pontos de sedimento coletados em 2020 .....	42
<b>Tabela 3.5</b> – Percentual de tempo de operação com geração/transmissão de dados válidos entre 2016 e 2020.....	45
<b>Tabela 3.6</b> – Resumo de pontos monitorados por UGRHI, tipo de projeto e densidade da rede em 2020 .....	50
<b>Tabela 3.7</b> – Composição da Matriz de análise dos fatores da Análise Multicritério do IAEM.....	52
<b>Tabela 3.8</b> – Dados originais para geração do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento 2019 e 2020 .....	53
<b>Tabela 3.9</b> – Classes do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento (IAEM).....	54
<b>Tabela 4.1</b> – Porcentagem da população atendida pela coleta e pelo tratamento de esgotos e ICTEM nas áreas urbanas das 22 UGRHIs - 2020 .....	62
<b>Tabela 4.2</b> – Porcentagens de atendimento aos padrões da Classe 1 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe Especial da Resolução CONAMA nº 357/2005.....	68
<b>Tabela 4.3</b> – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1 e 2 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005.....	69
<b>Tabela 4.4</b> – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2 e 3 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005.....	71
<b>Tabela 4.5</b> – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2, 3 e 4 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios enquadrados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005.....	72
<b>Tabela 4.6</b> – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2, 3 e 4 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados na calha do rio Pinheiros e nos seus principais afluentes enquadrados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005 .....	73
<b>Tabela 4.7</b> – Porcentagem de atendimento aos padrões da Classe 2 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados em na calha do rio Pinheiros e nos seus principais afluentes.....	74
<b>Tabela 5.1</b> – Mananciais cujo IAP foi influenciado negativamente pelo PFTHM em 2020 .....	81
<b>Tabela 5.2</b> – Mananciais cujo IAP foi influenciado negativamente pelo Número de Células de Cianobactérias em 2020.....	81
<b>Tabela 5.3</b> – Mananciais que foram classificados na categoria Regular do IQA .....	82
<b>Tabela 5.4</b> – Índice de Balneabilidade no período de 2012 a 2020 .....	98
<b>Tabela 6.1</b> – Descrição dos pontos de Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram Toxicidade Aguda para o <i>Vibrio fischeri</i> .....	110
<b>Tabela 6.2</b> – Evolução da classificação segundo o ICZ <sub>RES</sub> para o período chuvoso (janeiro-fevereiro-março) entre 2015 e 2020 .....	118
<b>Tabela 6.3</b> – Atividade estrogênica nos locais avaliados com amostragem única em 2020.....	119
<b>Tabela 6.4</b> – Pontos de monitoramento da vigilância ambiental de SARS-CoV-2 em rios que compõe os Compartimentos Sanitários Ambientais da região metropolitana de São Paulo .....	124
<b>Tabela 7.1</b> – Concentrações médias de Oxigênio Dissolvido (OD) e de Carbono Orgânico Total (COT) no rio Pinheiros no período de 2019 e 2020 .....	165
<b>Tabela 8.1</b> – Avaliação dos sedimentos - 2020.....	208
<b>Tabela 8.2</b> – Quantidade de pontos com elementos em concentrações iguais ou acima dos critérios de TEL e PEL .....	209
<b>Tabela 9.1</b> – Número de registros de reclamações de mortandade de peixes por UGRHI, no estado de São Paulo em 2020 .....	212

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 6.1</b> – Frequências de amostragens, número de pontos e as respectivas porcentagens em 2020.....	112
<b>Quadro 6.2</b> – Comparação dos dados de 2019 e 2020 do reservatório Promissão (TIPR 02900) em relação à porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/05, ao Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5/2017 do Ministério da Saúde para água tratada e as densidades máximas de Células de Cianobactérias .....	113
<b>Quadro 6.3</b> – Pontos com classificação Regular do ICF em 2020 que apresentaram melhora da qualidade em relação ao índice comparados a 2019... 114	114
<b>Quadro 6.4</b> – Pontos com classificação Regular do ICF em 2020 e que apresentaram piora da qualidade em relação ao índice.....	114
<b>Quadro 6.5</b> – Pontos com classificação Regular do ICF em 2020 e sem média anual de ICF de 2019.....	115
<b>Quadro 6.6</b> – Pontos com classificação Boa do ICF que se destacaram em 2020.....	115
<b>Quadro 6.7</b> – Pontos de destaque em 2020 .....	116
<b>Quadro 6.8</b> – Número de pontos em que foram registrados e/ou quantificados organismos do gênero <i>Ceratium</i> de 2016 a 2020.....	116
<b>Quadro 7.1</b> – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Jaguari (ponto JARI 00800).....	140
<b>Quadro 7.2</b> – Resultados de densidade de organismos (org mL <sup>-1</sup> ), de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Jacaréi (ponto JCRE 00500) .....	141
<b>Quadro 7.3</b> – Resultados de densidade de organismos (org mL <sup>-1</sup> ), de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Cachoeira (ponto CACH 00500).....	141
<b>Quadro 7.4</b> – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Atibainha (ponto RAIN 00800).....	144
<b>Quadro 7.5</b> – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Juqueri (ponto JQU 00900).....	147
<b>Quadro 7.6</b> – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Águas Claras (ponto ACLA 00500).....	151
<b>Quadro 7.7</b> – Comparação dos resultados de densidade de organismos (org mL <sup>-1</sup> ), de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 entre 2019 e 2020 (ponto BFAR 02250).....	160
<b>Quadro 7.8</b> – Comparação dos resultados de densidade de organismos (org mL <sup>-1</sup> ), de células de cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 entre 2019 e 2020.....	163
<b>Quadro 7.9</b> – Comparação dos resultados de densidade de organismos (org mL <sup>-1</sup> ), de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 entre 2019 e 2020.....	164
<b>Quadro 7.10</b> – Resultados de densidade de organismos (org mL <sup>-1</sup> ), de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 por ponto em 2020.....	171
<b>Quadro 7.11</b> – Observações relevantes por pontos amostrados .....	172
<b>Quadro 7.12</b> – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Reservatório Billings - 2020.....	173
<b>Quadro 7.13</b> – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Reservatório Guarapiranga (pontos GUAR 00100 e GUAR 00900) 2020 .....	180
<b>Quadro 7.14</b> – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Guarapiranga no ponto situado próximo da captação (GUAR 00900).....	181
<b>Quadro 7.15</b> – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02030).....	186
<b>Quadro 7.16</b> – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Reservatório Rio Grande (RGDE 02030). Comparação entre 2019 e 2020.....	187
<b>Quadro 7.17</b> – Resultados de densidade de organismos (org mL <sup>-1</sup> ), de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 no reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02200). Comparação entre 2019 e 2020 ....	188
<b>Quadro 7.18</b> – Resultados de densidade de organismos (org mL <sup>-1</sup> ), de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagens de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02900). Comparação entre 2019 e 2020 .....	189
<b>Quadro 7.19</b> – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Reservatório Rio Grande (RGDE 02900). Comparação entre 2019 e 2020.....	190
<b>Quadro 7.20</b> – Densidade máxima de células de cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Jundiá (ponto JNDI 00500) .....	195
<b>Quadro 7.21</b> – Concentrações máximas de microcistina e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Jundiá (Ponto JNDI 00500).....	196
<b>Quadro 7.22</b> – Densidade máxima de células de cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Taiapuê (ponto PEBA 00900).....	198

<b>Quadro 7.23</b> – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Taiapuêba .....	198
<b>Quadro 7.24</b> – Densidade máxima de células de cianobactérias (células mL <sup>-1</sup> ) e porcentagem de atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Itupararanga (pontos SOIT 02900 e SOIT 02100).....	203
<b>Quadro 7.25</b> – Concentrações máximas de microcistina e saxitoxina e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Itupararanga .....	204
<b>Quadro 9.1</b> – Tendência estatística de melhora ou piora em relação ao número de registros de mortalidades de peixes apresentada pelas UGRHs no período de 2014 a 2019 .....	215
<b>Quadro 9.2</b> – Atendimento de ocorrências de mortalidade de peixes, realizados em 2020 pela CETESB .....	216
<b>Quadro 9.2</b> – Atendimento de ocorrências de mortalidade de peixes, realizados em 2020 pela CETESB .....	217

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 3.1</b> – Distribuição dos pontos de amostragem por tipo de monitoramento 2020 .....	49
<b>Gráfico 4.1</b> – Evolução do tratamento de esgotos domésticos no estado de São Paulo – 2015 a 2020 .....	60
<b>Gráfico 4.2</b> – Evolução da carga remanescente no estado de São Paulo – 2015 a 2020 .....	61
<b>Gráfico 4.3</b> – Carga remanescente de DBO por UGRHI – 2020 .....	64
<b>Gráfico 4.4</b> – Porcentagens de resultados na Rede Básica que não atendem aos padrões estabelecidos para a Classe 2, em 2020 e no período de 2015 a 2019 .....	66
<b>Gráfico 5.1</b> – Distribuição percentual das categorias do IQA por UGRHI em 2020 .....	76
<b>Gráfico 5.2</b> – Evolução da Distribuição do IQA, no período de 2015 a 2020.....	79
<b>Gráfico 5.3</b> – Influência das variáveis no resultado do IAP em 2020 .....	80
<b>Gráfico 5.4</b> – Evolução da Distribuição do IAP, no período de 2015 a 2020.....	84
<b>Gráfico 5.5</b> – Distribuição percentual do IET por UGRHI em 2020 .....	86
<b>Gráfico 5.6</b> – Evolução da Distribuição do IET, no período de 2015 a 2020 .....	90
<b>Gráfico 5.7</b> – Distribuição percentual das categorias do IVA no primeiro trimestre de 2020 por UGRHI e no estado de São Paulo .....	91
<b>Gráfico 5.8</b> – Influência das variáveis no resultado do IVA no primeiro trimestre de 2020.....	92
<b>Gráfico 5.9</b> – Distribuição percentual do IET por UGRHI no primeiro trimestre de 2020 e no estado de São Paulo.....	93
<b>Gráfico 5.10</b> – Distribuição percentual dos níveis de Oxigênio Dissolvido por UGRHI no primeiro trimestre de 2020 .....	94
<b>Gráfico 5.11</b> – Distribuição percentual do efeito tóxico observado no primeiro trimestre de 2020 por UGRHI e no estado de São Paulo .....	95
<b>Gráfico 6.1</b> – Porcentagem de amostras positivas para os protozoários <i>Giardia</i> spp. e <i>Cryptosporidium</i> spp. em pontos de captação do estado de São Paulo - 2020.....	102
<b>Gráfico 6.2</b> – Concentrações de <i>E. coli</i> e médias anuais geométricas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de <i>Giardia</i> spp. e <i>Cryptosporidium</i> spp. em 2020.....	103
<b>Gráfico 6.3</b> – Concentrações de oocistos de <i>Giardia</i> spp. com médias anuais aritméticas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de 2020. Os valores abaixo do limite de quantificação (LQ = 0,1) foram considerados como 0,07 cistos L <sup>-1</sup> (LQ/√2).....	104
<b>Gráfico 6.4</b> – Concentrações de cistos de <i>Cryptosporidium</i> spp. com médias anuais aritméticas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de 2020. Os valores abaixo do limite de quantificação (LQ = 0,1) foram considerados como 0,07 oocistos L <sup>-1</sup> (LQ/√2) .....	105
<b>Gráfico 6.5</b> – Porcentagem dos resultados de Toxicidade Aguda com <i>Vibrio fischeri</i> nas amostras de água, por UGRHI, distribuídos em cada categoria.....	109
<b>Gráfico 6.6</b> – Porcentagem dos resultados de Toxicidade Aguda com <i>Vibrio fischeri</i> nas amostras de água Classe 4, distribuídos em cada categoria, por UGRHI .....	111
<b>Gráfico 6.7</b> – Porcentagem dos resultados de Toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> nos pontos coincidentes nos anos de 2015 a 2020.....	111
<b>Gráfico 6.8</b> – Densidade de grupos de organismos da comunidade zooplânctônica no período chuvoso (janeiro-fevereiro-março) em 2020 .....	118
<b>Gráfico 6.9</b> – Atividade estrogênica média nos locais avaliados em 2020.....	120
<b>Gráfico 6.10</b> – Percentual de amostras com atividade glicocorticoide detectada em 2020 .....	121
<b>Gráfico 6.11</b> – Atividade glicocorticoide das amostras testadas em 2020.....	122
<b>Gráfico 6.12</b> – Boxplot das concentrações de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê, que representam as principais bacias de drenagem e esgoto da Região Metropolitana de São Paulo.....	126
<b>Gráfico 6.13</b> – Concentrações das regiões genômicas N1 e N2 de SARS-CoV-2 no ponto TIES 04900 (Barragem Edgard de Souza) e número de casos novos semanais de Síndrome Respiratória Aguda Grave na região metropolitana de São Paulo (Fonte do nº de casos de SRAG: Observatório COVID-19 BR).....	127
<b>Gráfico 6.14</b> – Concentrações das regiões genômicas N1 de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da Bacia do Alto Tietê e número de casos novos semanais de Síndrome Respiratória Aguda Grave na região metropolitana de São Paulo (Fonte do nº de casos de SRAG: Observatório COVID-19 BR).....	127



<b>Gráfico 7.1</b> – Perfil do IQA ao longo do rio Paraíba do Sul em 2020 e nos últimos cinco anos .....	130
<b>Gráfico 7.2</b> – Perfil do IQA ao longo do rio Atibaia em 2020 e nos últimos cinco anos.....	133
<b>Gráfico 7.3</b> – Perfil do IQA ao longo do rio Piracicaba em 2020 e nos últimos cinco anos .....	134
<b>Gráfico 7.4</b> – Média Anual do IQA no ponto JUNA 03270 no rio Jundiá .....	135
<b>Gráfico 7.5</b> – Evolução do volume do Sistema Equivalente ao longo de 2020.....	136
<b>Gráfico 7.6</b> – Perfil do IQA nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2020 e nos últimos cinco anos .....	137
<b>Gráfico 7.7</b> – Perfil do IAP nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2020 e nos últimos cinco anos.....	137
<b>Gráfico 7.8</b> – Concentrações de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório Jaguari em 2020.....	138
<b>Gráfico 7.9</b> – Média Anual de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no reservatório Jaguari - 2015 a 2020 .....	139
<b>Gráfico 7.10</b> – Concentrações mensais de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório Atibainha em 2020.....	142
<b>Gráfico 7.11</b> – Média Anual de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório Atibainha - 2015 a 2020 .....	143
<b>Gráfico 7.12</b> – Concentrações de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no reservatório Juqueri em 2020 .....	145
<b>Gráfico 7.13</b> – Média Anual de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no reservatório Juqueri - 2015 a 2020.....	145
<b>Gráfico 7.14</b> – Concentrações de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório Águas Claras (ACLA 00500) em 2020 .....	149
<b>Gráfico 7.15</b> – Média Anual de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no reservatório Águas Claras - 2015 a 2020 .....	149
<b>Gráfico 7.16</b> – Perfil do IQA ao longo do rio Tietê em 2020 e nos últimos cinco anos .....	152
<b>Gráfico 7.17</b> – Vazões médias de descarga e cargas de Carbono Orgânico Total, no ponto TIPI 04900.....	155
<b>Gráfico 7.18</b> – Carga de Carbono Orgânico Total estimada a partir da vazão efluente do reservatório de Pirapora (medida no dia de coleta) no ponto TIPI 04900 .....	155
<b>Gráfico 7.19</b> – IQA nos braços e afluentes do rio Tietê do reservatório de Promissão até a entrada no reservatório Três Irmãos .....	159
<b>Gráfico 7.20</b> – Concentrações de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no braço do ribeirão Fartura (BFAR 02250) em 2020.....	160
<b>Gráfico 7.21</b> – Concentrações de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no braço do rio Barra Mansa (BMAN 02250) em 2020.....	162
<b>Gráfico 7.22</b> – Perfil do IQA ao longo do rio Pinheiros em 2020 e nos últimos cinco anos.....	165
<b>Gráfico 7.23</b> – Médias anuais de Carbono Orgânico Total no ponto PINH 04900 .....	167
<b>Gráfico 7.24</b> – IQA dos afluentes do rio Pinheiros em 2020.....	167
<b>Gráfico 7.25</b> – Perfil de COT nos afluentes do rio Pinheiros em 2020 .....	168
<b>Gráfico 7.26</b> – Perfil do IQA – reservatório Billings em 2020 e nos últimos cinco anos .....	169
<b>Gráfico 7.27</b> – IAP anual no ponto BITQ 00100 de 2015 a 2020.....	169
<b>Gráfico 7.28</b> – Média anual de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório Billings (BILL 02100 e BITQ 00100) - 2006 a 2020.....	170
<b>Gráfico 7.29</b> – Tempo de residência (dias) do reservatório Billings em 2020.....	172
<b>Gráfico 7.30</b> – IQA dos afluentes do reservatório Billings – 2020 .....	176
<b>Gráfico 7.31</b> – Perfil do IQA no reservatório Guarapiranga em 2020 e nos últimos cinco anos.....	177
<b>Gráfico 7.32</b> – Média Anual do IAP no ponto GUAR 00900 – reservatório Guarapiranga .....	177
<b>Gráfico 7.33</b> – Média Anual de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900) - 2015 a 2020.....	179
<b>Gráfico 7.34</b> – Tempo de residência médio mensal e anual em dias do reservatório Guarapiranga - 2020 .....	182
<b>Gráfico 7.35</b> – IQA dos afluentes do reservatório Guarapiranga - 2020 .....	183
<b>Gráfico 7.36</b> – Perfil do IQA no reservatório rio Grande em 2020 e nos últimos cinco anos .....	184
<b>Gráfico 7.37</b> – Perfil do IAP no reservatório rio Grande em 2020 e nos últimos cinco anos .....	184
<b>Gráfico 7.38</b> – Concentrações de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório rio Grande (RGDE 02030) em 2020 .....	185
<b>Gráfico 7.39</b> – Concentrações de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório rio Grande (RGDE 02200) em 2020 .....	187
<b>Gráfico 7.40</b> – Média Anual de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório rio Grande (RGDE 02900) - 2015 a 2020 .....	188
<b>Gráfico 7.41</b> – Tempo de residência (dias) do reservatório Rio Grande - 2020 .....	190
<b>Gráfico 7.42</b> – Perfil do IQA no Sistema Alto Tietê e rios afluentes em 2020 e nos últimos cinco anos.....	193
<b>Gráfico 7.43</b> – Média Anual do IAP no Reserv. Taiacupeba no período de 2015 a 2020 .....	193
<b>Gráfico 7.44</b> – Concentrações de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório Jundiá em 2020.....	194
<b>Gráfico 7.45</b> – Média Anual de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório Jundiá - 2015 a 2020 .....	194
<b>Gráfico 7.46</b> – Concentrações de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório Taiacupeba em 2020.....	196
<b>Gráfico 7.47</b> – Média Anual de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório Taiacupeba - 2015 a 2020 .....	197
<b>Gráfico 7.48</b> – Perfil do IQA no rio Mogi-Guaçu em 2020 e nos últimos cinco anos .....	200
<b>Gráfico 7.49</b> – Perfil do IQA no rio Sorocaba em 2020 e nos últimos cinco anos .....	201
<b>Gráfico 7.50</b> – Classificação do IAP no reservatório de Itupararanga entre 2015 e 2020 .....	202
<b>Gráfico 7.51</b> – Média Anual de Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total (PT) no reservatório Itupararanga (SOIT 02900) - 2015 a 2020 .....	202
<b>Gráfico 7.52</b> – Perfil do IQA no rio do Peixe em 2019 e nos últimos cinco anos .....	205

<b>Gráfico 7.53</b> – Perfil do IQA no rio Grande em 2020 e nos últimos cinco anos .....	206
<b>Gráfico 7.54</b> – Perfil do IQA no rio Paranapanema em 2020 e nos últimos cinco anos.....	206
<b>Gráfico 9.1</b> – Evolução dos registros de Mortandades de Peixes de 2005 a 2020 no Estado de São Paulo.....	212
<b>Gráfico 9.2</b> – Distribuição proporcional das ocorrências de mortandades de peixes no estado de São Paulo, por UGRHI de 2015 a 2020 .....	214
<b>Gráfico 9.3</b> – Proporção entre as principais causas das ocorrências de mortandade de peixes atendidas pela CETESB no período de 2015 a 2020 .....	219
<b>Gráfico 9.4</b> – Detalhamento das causas das mortandades de peixes no estado de São Paulo em 2020 .....	220

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> – Processo de codificação e georreferenciamento dos pontos de amostragem .....	31
<b>Figura 3.2</b> – Exemplo de localização do ponto GUAR 00900, na Represa Guarapiranga, para cadastro no Banco InterÁguas.....	32
<b>Figura 3.3</b> – Pontos ANA propostos inicialmente para o estado de São Paulo.....	36
<b>Figura 3.4</b> – Ex. Medição de vazão realizada pela CETESB no ponto integrado da rede CETESB/ANA, JQRI 03300, no rio Juqueri, na entrada do Parque Estadual do Juquery.....	37
<b>Figura 3.5</b> – BILL 02801 – Interdição de frequência na Prainha do Riacho Grande .....	43
<b>Figura 3.6</b> – Vista da Prainha do Estoril (RGDE 02901).....	44
<b>Figura 3.7</b> – EF-06 - PCAB 02600 – Vista do flutuante no Sítio Paudalinho, na estrada dos Marins, S/N, em Piracicaba.....	46
<b>Figura 3.8</b> – Vista da estação EF03 - Laranjal Paulista, TIET 02450 localizada próxima da ponte sobre o rio Tietê, na estrada vicinal para a fazenda Santo Olegário, em Laranjal Paulista, entre SP 127 e SP 300 .....	47
<b>Figura 5.1</b> – Distribuição porcentual das categorias do IQA em 2020 em função da época do ano.....	78
<b>Figura 5.2</b> – Distribuição porcentual das categorias do IAP em função da época do ano em 2020 .....	85
<b>Figura 6.1</b> – Meta de tratamento (redução em log) com base na concentração de cistos de <i>Giardia</i> spp. na água bruta, para atingir um nível aceitável de risco de 10–6 DALYs / pessoa por ano com base no consumo diário de 1 L de água potável .....	104
<b>Figura 6.2</b> – Meta de tratamento (redução em log) com base na concentração de oocistos de <i>Cryptosporidium</i> spp. na água bruta, para atingir um nível aceitável de risco de 10 <sup>-6</sup> DALYs / pessoa por ano com base no consumo diário de 1 L de água potável.....	105
<b>Figura 6.3</b> – Resultados qualitativos de mutagenicidade dos ensaios de <i>Salmonella</i> /microsoma e Micronúcleo nas amostras de água avaliadas no período de 2016 a 2020. Os resultados de testes de Ames estão representados por quadrados e os de micronúcleo por círculos. Vermelho indica mutagenicidade presente na amostra e azul indica que não foi detectada mutagenicidade nas condições do ensaio .....	107
<b>Figura 6.4</b> – Classificação das amostras dos corpos hídricos Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram toxicidade aguda para o <i>Vibrio fischeri</i> em 2020.....	110
<b>Figura 6.5</b> – Compartimentos Sanitários Ambientais (CSA) da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.....	125
<b>Figura 7.1</b> – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Santa Branca de janeiro a dezembro de 2020 .....	131
<b>Figura 7.2</b> – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Queluz de janeiro a dezembro de 2020.....	132
<b>Figura 7.3</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Piracicaba de janeiro a dezembro de 2020 .....	134
<b>Figura 7.4</b> – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jaguari – 2015 a 2020.....	139
<b>Figura 7.5</b> – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jaguari - 2020 .....	140
<b>Figura 7.6</b> – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Atibainha – 2015 a 2020 .....	143
<b>Figura 7.7</b> – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica, Contagem de Células de Cianobactérias e concentração de microcistina e saxitoxina no reservatório Atibainha. 2020.....	144
<b>Figura 7.8</b> – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Juqueri - 2015 a 2020 .....	146
<b>Figura 7.9</b> – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica, Contagem de Células de Cianobactérias e concentrações de microcistina e saxitoxina no reservatório Juqueri - 2020.....	146
<b>Figura 7.10</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Águas Claras de janeiro a dezembro de 2020.....	148
<b>Figura 7.11</b> – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Águas Claras – 2015 a 2020....	150
<b>Figura 7.12</b> – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Águas Claras. 2020.....	150
<b>Figura 7.13</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Mogi das Cruzes de janeiro a dezembro de 2020 .....	153
<b>Figura 7.14</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Penha de janeiro a dezembro de 2020 .....	154
<b>Figura 7.15</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rasgão de janeiro a dezembro de 2020 .....	156
<b>Figura 7.16</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Itu de janeiro a dezembro de 2020 .....	157
<b>Figura 7.17</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Laranjal Paulista de janeiro a dezembro de 2020.....	158
<b>Figura 7.18</b> – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2020. Braço do ribeirão da Fatura .....	161
<b>Figura 7.19</b> – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2020. Braço do Rio Barra Mansa.....	163
<b>Figura 7.20</b> – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2020. Braço do Ribeirão Sta. Bárbara....	164
<b>Figura 7.21</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Pedreira de janeiro a dezembro de 2020 .....	166

<b>Figura 7.22</b> – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – reservatório Billings – 2005 a 2020 .....	173
<b>Figura 7.23</b> – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Taquacetuba de janeiro a dezembro de 2020 .....	174
<b>Figura 7.24</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Summit Control de janeiro a dezembro de 2020 .....	175
<b>Figura 7.25</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Guarapiranga de janeiro a dezembro de 2020 .....	178
<b>Figura 7.26</b> – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Densidade de Células de Cianobactérias no reservatório Guarapiranga - 2015 a 2020 .....	180
<b>Figura 7.27</b> – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Caulim de janeiro a dezembro de 2020 .....	182
<b>Figura 7.28</b> – Médias anuais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório rio Grande, corpo central (RGDE 02030) - 2020 .....	185
<b>Figura 7.29</b> – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Densidade de Células de Cianobactérias no reservatório Rio Grande (RGDE 02030) - 2020 ...	186
<b>Figura 7.30</b> – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório rio Grande próximo da Captação da SABESP (RGDE 02900) - 2015 a 2020 .....	189
<b>Figura 7.31</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Ribeirão Pires de janeiro a dezembro de 2020 .....	191
<b>Figura 7.32</b> – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rio Grande de janeiro a dezembro de 2020 .....	192
<b>Figura 7.33</b> – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jundiá - 2015 a 2020 .....	195
<b>Figura 7.34</b> – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Taiacupeba - 2015 a 2020 .....	198
<b>Figura 7.35</b> – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Taiacupeba de janeiro a dezembro de 2020 .....	199
<b>Figura 7.36</b> – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Itupararanga – próximo à barragem (SOIT 02900), 2015 a 2020 .....	203

## LISTA DE MAPAS

<b>Mapa 3.1</b> – Pontos de Monitoramento da Rede Básica CETESB / Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas 2020 com mínimo de três amostragens .....	38
<b>Mapa 3.2</b> – Pontos CETESB por projeto de monitoramento 2020 .....	48
<b>Mapa 3.3</b> – Situação das UGRHs no Estado de São Paulo em função do IAEM - 2019 .....	55
<b>Mapa 3.4</b> – Situação das UGRHs no Estado de São Paulo em função do IAEM - 2020 .....	56
<b>Mapa 4.1</b> – Porcentagem de tratamento de esgoto doméstico por município – 2020 .....	65
<b>Mapa 5.1</b> – Médias anuais do IQA para o ano de 2020 .....	77
<b>Mapa 5.2</b> – Médias anuais do IAP para o ano de 2020 .....	83
<b>Mapa 5.3</b> – Médias anuais do IET para o ano de 2020 .....	87
<b>Mapa 5.4</b> – Localização e classificação das praias de rios e reservatórios - 2020 .....	99



# Sumário

<b>1 • Conceitos e Metodologia</b> .....	<b>17</b>
1.1 Objetivos do monitoramento .....	17
1.2 Qualidade das Águas Doces.....	17
1.2.1. Redes de Monitoramento.....	18
1.2.2 Variáveis de Qualidade das Águas e do Sedimento .....	21
1.2.2.1 Variáveis da Rede Básica .....	21
1.2.2.2 Variáveis da Rede de Sedimento .....	23
1.2.2.3 Variáveis da Rede de Balneabilidade de Praias Interiores .....	23
1.2.2.4 Variáveis do Monitoramento Automático.....	23
1.2.3. Índices de Qualidade das Águas e do Sedimento .....	24
1.2.3.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas .....	24
1.2.3.2 IAP – Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público .....	24
1.2.3.3 IVA – Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática .....	25
1.2.3.4 IET – Índice do Estado Trófico .....	25
1.2.3.5 ICF, ICZ e ICB – Índice da Comunidade Fitoplanctônica, Índice da Comunidade Zooplanctônica e Índice da Comunidade Bentônica.....	25
1.2.3.6 IB – Índice de Balneabilidade .....	25
1.2.3.7 CQS – Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos.....	25
1.2.4 Perfis de Temperatura e Oxigênio Dissolvido .....	26
1.2.5 Mortandade de Peixes .....	26
1.2.6 Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município – ICTEM .....	26
<b>2 • Aspectos hidrológicos</b> .....	<b>27</b>
<b>3 • Redes de Monitoramento</b> .....	<b>31</b>
3.1 Caracterização dos pontos de amostragem .....	31
3.2 Rede de Amostragem Manual.....	32
3.2.1 A Rede Básica .....	33
3.2.2 Rede de Sedimentos .....	42
3.2.3 Rede de Balneabilidade em Rios e Reservatórios .....	43
3.3 Rede Automática .....	45
3.4 Distribuição dos pontos de amostragem.....	47
3.4.1 Distribuição por UGRHI.....	49
3.5 Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento – IAEM .....	51
3.5.1 Cenário do IAEM para o ano de 2020 .....	54
<b>4 • Saneamento e Aspectos Legais</b> .....	<b>59</b>
4.1 Coleta e Tratamento de Esgotos no estado de São Paulo .....	59
4.1.1 Carga Orgânica Potencial e Remanescente.....	60
4.1.2 Porcentagens de Coleta e Tratamento por UGRHI .....	61
4.2 Atendimento aos Padrões da Legislação.....	66
4.2.1 Porcentagem de resultados desconformes por classe de enquadramento .....	67
4.2.1.1 Pontos enquadrados na Classe Especial .....	68
4.2.1.2 Pontos enquadrados na Classe 2 .....	69
4.2.1.3 Pontos enquadrados na Classe 3 .....	70
4.2.1.4 Pontos enquadrados na Classe 4 .....	71
4.2.1.4.1 Pontos do Programa Novo Rio Pinheiros .....	72

<b>5 • Índices de Qualidade das Águas</b> .....	<b>75</b>
5.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas .....	76
5.1.1 Distribuição porcentual das categorias do IQA .....	76
5.1.2 Influência da sazonalidade na distribuição porcentual das categorias do IQA.....	78
5.1.3 IQA entre 2015 e 2020 .....	78
5.2 IAP – Índice de qualidade de água para fins de abastecimento público.....	79
5.2.1 IAP entre 2015 e 2020.....	84
5.2.2 Influência da sazonalidade na distribuição porcentual das categorias do IAP .....	85
5.3 IET – Índice do Estado Trófico .....	85
5.3.2 IET entre 2015 e 2020.....	89
5.4 IVA - Índice de qualidade das águas para a proteção da vida aquática (primeiro trimestre de 2020).....	90
5.4.1 Distribuição porcentual das categorias do IVA do primeiro trimestre por UGRHI em 2020 .....	91
5.4.2 Distribuição do IET no primeiro trimestre de 2020 .....	92
5.4.3 Distribuição do Oxigênio Dissolvido no primeiro trimestre de 2020 .....	93
5.4.4 Distribuição do Ensaio Ecotoxicológico com Ceriodaphnia dubia no primeiro trimestre de 2020 .....	95
5.5 IB – Índice de Balneabilidade das praias em reservatórios e rios .....	97
<b>6 • Avaliação Biológica</b> .....	<b>101</b>
6.1 MICROBIOLOGIA.....	101
6.1.1 Giardia spp. e Cryptosporidium spp. ....	102
6.2 TOXICOLOGIA .....	106
6.2.1 Testes de Mutagenicidade.....	106
6.2.1.1 Teste de <i>Salmonella</i> /microssoma – teste de Ames.....	107
6.2.1.2 Ensaio de Micronúcleo <i>in vitro</i> .....	108
6.2.2 Toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> (Sistema Microtox®) .....	108
6.3 COMUNIDADES AQUÁTICAS.....	112
6.3.1 Comunidade Fitoplanctônica .....	112
6.3.2 Comunidade Zooplanctônica .....	117
6.4 ENSAIOS BIOANALÍTICOS.....	119
6.4.1 Interferentes endócrinos (atividade estrogênica).....	119
6.4.2 Determinação da atividade glicocorticoide (ensaio GR-CALUX).....	120
6.5 VIGILÂNCIA AMBIENTAL DE SARS-CoV-2.....	122
<b>7 • Avaliação por corpo d'água</b> .....	<b>129</b>
7.1 UGRHI 2 – RIO PARAÍBA DO SUL.....	130
7.1.1 Rio Paraíba do Sul .....	130
7.2 UGRHI 5 – PIRACICABA / JUNDIAÍ / CAPIVARI.....	133
7.2.1 Rio Atibaia .....	133
7.2.2 Rio Piracicaba.....	133
7.2.3 Rio Jundiá .....	135
7.3 SISTEMA CANTAREIRA – UGRHIs 5 e 6 .....	136
7.3.1 Reservatório Jaguari .....	138
7.3.2 Reservatório Jacaréi.....	140
7.3.3 Reservatório Cachoeira .....	141
7.3.4 Reservatório Atibainha.....	141
7.3.5 Reservatório Juqueri (Paiva Castro) .....	144
7.3.6 Reservatório Águas Claras .....	147
7.4 RIO TIETÊ – UGRHIs 6, 10, 13, 16 e 19 .....	151
7.4.1 Rio Tietê - do reservatório de Promissão até entrada no reservatório Três Irmãos.....	158
7.4.1.1 Braço do ribeirão Fartura .....	160
7.4.1.2 Braço do rio Barra Mansa .....	162
7.4.1.3 Braço do Ribeirão Sta. Bárbara (BBRA 02700).....	164

7.5 RIO PINHEIROS - UGRHI 6 .....	165
7.6 RESERVATÓRIOS DA UGRHI 6 – ALTO TIETÊ .....	168
7.6.1 Reservatório Billings .....	168
7.6.2 Reservatório Guarapiranga .....	176
7.6.3 Reservatório Rio Grande .....	183
7.6.4 Sistema Alto Tietê .....	192
7.6.4.1 Reservatório Jundiá .....	193
7.6.4.2 Reservatório Taiaçupeba .....	196
7.7 UGRHI 9 – MOGI-GUAÇU .....	200
7.8 UGRHI 10 – SOROCABA / MÉDIO TIETÊ .....	201
7.8.1 Rio Sorocaba .....	201
7.8.2 Reservatório Itupararanga .....	201
7.9 UGRHI 21 - PEIXE .....	204
7.9.1 Rio do Peixe – UGRHI 21 .....	204
7.10 DIVISAS DO ESTADO .....	205
7.10.1 Rio Grande – UGRHIs 08, 12 e 15 .....	205
7.10.2 Rio Paranapanema – UGRHIs 14, 17 e 22 .....	206
<b>8 • Qualidade dos sedimentos .....</b>	<b>207</b>
RESERVATÓRIO PARAÍTINGA .....	210
<b>9 • Mortandades de Peixes .....</b>	<b>211</b>
9.1 Registros de Mortandades de Peixes .....	211
9.2 Ocorrências nas UGRHIs .....	213
9.2 Tendência nas UGRHIs .....	214
9.4 Atendimento pelo Setor de Comunidades Aquáticas e Agências Ambientais .....	215
9.5 Causas das Mortandades de peixes .....	218
<b>10 • Conclusões .....</b>	<b>223</b>
<b>11 • Referências .....</b>	<b>229</b>
<b>Apêndices .....</b>	
Apêndice A - Aspectos descritivos e quantitativos da rede de monitoramento – 2020 .....	
Apêndice B – Descrição dos pontos de amostragem planejados para 2020 .....	
Apêndice C - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem .....	
Apêndice D - Relação das variáveis por ponto de amostragem - 2020 .....	
Apêndice E - Índices de Qualidade das Águas .....	
Apêndice F - Quantitativo de postos pluviométricos - 2020 .....	
Apêndice G - Intensidade de Chuvas por UGRHI em 2020 .....	
Apêndice H - Mapa das redes de monitoramento por UGRHI - 2020 .....	
Apêndice I - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento - IAEM .....	
Apêndice J - Dados de saneamento por município – 2020 .....	
Apêndice K – Porcentagem de resultados não conformes para a Classe por ponto de monitoramento .....	
Apêndice L - Resultados do monitoramento – 2020 .....	
Apêndice M - Média anual dos Índices de Qualidade (2015 a 2020) .....	
Apêndice N - Dados brutos das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos - 2020 .....	
Apêndice O - Perfis de Oxigênio Dissolvido e Temperatura da Água - 2020 .....	
Apêndice P - Dados de vazão e cargas de COT e Fósforo - 2020 .....	
Apêndice Q - Resultados analíticos e classificação semanal das praias de rios e reservatórios - 2020 .....	
Apêndice R - Ocorrências de mortandade de peixes - 2020 .....	



# 1 • Conceitos e Metodologia

Neste capítulo, são apresentados os objetivos do monitoramento, os conceitos relativos às redes de monitoramento da CETESB, as variáveis de qualidade adotadas para o monitoramento das águas doces e dos sedimentos, bem como os índices de qualidade de água e do sedimento.

## 1.1 Objetivos do monitoramento

A CETESB monitora a qualidade das águas superficiais doces no estado de São Paulo desde 1974. Os principais objetivos desse monitoramento atualmente são:

- Fazer um diagnóstico da qualidade das águas superficiais do estado, avaliando sua conformidade com a legislação ambiental.
- Avaliar a evolução temporal da qualidade das águas superficiais do estado.
- Identificar áreas prioritárias para o controle da poluição das águas, tais como trechos de rios e estuários onde a sua qualidade possa estar mais comprometida, possibilitando, assim, ações preventivas e corretivas da CETESB e de outros órgãos.
- Subsidiar o diagnóstico e controle da qualidade das águas doces utilizadas para o abastecimento público, verificando se suas características são compatíveis com o tratamento existente, bem como para os seus usos múltiplos.
- Subsidiar a execução dos Planos de Bacia e Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos, para a cobrança do uso da água e estudo do enquadramento dos corpos hídricos.
- Subsidiar a implementação da [Política Nacional de Saneamento Básico \(Lei nº. 11.445/2007\)](#), atualizada pelo [marco do Saneamento Básico \(Lei nº.14.026/2020\)](#).

## 1.2 Qualidade das Águas Doces

De acordo com a Resolução [CONAMA nº357/2005](#), as águas superficiais doces, salobras e salinas são classificadas em treze classes de qualidade, sendo essas definidas a partir de um conjunto de condições e padrões de qualidade necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros.

Essa mesma resolução define padrão de qualidade como sendo o valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade da água, ao passo que a condição de qualidade representa a qualidade apresentada por um segmento do corpo d'água num determinado momento, em termos de usos possíveis com segurança

adequada, frente às classes de qualidade. Assim, para cada classe de qualidade foram estabelecidos condições e padrões de qualidade por meio de variáveis (1) descritivas, tais como materiais flutuantes não naturais, óleos e graxas, substâncias que propiciam gosto ou odor, corantes provenientes de fontes antrópicas, resíduos sólidos objetáveis e toxicidade e; (2) quantitativas, tais como pH, DBO, OD, substâncias orgânicas, metais totais e dissolvidos, densidade de cianobactérias, teor de clorofila, entre outras, onde existem faixas de concentração permitidas.

Salienta-se que os corpos de água doce paulistas foram enquadrados pelo [Decreto Estadual nº.10.755/1977](#). Uma vez que esse enquadramento, respeitando os padrões de qualidade, consiste numa meta ou objetivo de qualidade da água a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo, os dados de qualidade atuais dos corpos hídricos do Estado de São Paulo podem não atender às respectivas classes estabelecidas. Dessa forma, ressalta-se que as ações de prevenção e controle de poluição de fontes pontuais (origem doméstica e industrial) ou difusas (origem urbana e agrícola) devem caminhar no sentido de promover a adequação da qualidade dos corpos hídricos superficiais na sua respectiva classe de qualidade, sendo o monitoramento uma ferramenta imprescindível para aferir a eficácia dessas ações e as respectivas metas de enquadramento dos corpos de água.

### 1.2.1. Redes de Monitoramento

O monitoramento da qualidade das águas superficiais em corpos de água doce, como rios e reservatórios, realizado pela CETESB, é constituído por três redes de amostragem manual e uma rede automática, descritas na Tabela 1.1, objetivando um diagnóstico dos usos múltiplos do recurso hídrico.

**Tabela 1.1**– Redes de monitoramento de água doce – 2020

Monitoramento CETESB	Objetivos	Início de Operação	Pontos	Frequência	Variáveis
Rede Básica	Fornecer um diagnóstico geral dos recursos hídricos no Estado de São Paulo.	1974	230	Trimestral	Físicas Químicas Biológicas
Rede de Sedimento	Complementar o diagnóstico da coluna d'água.	2002	7	Anual	Físicas Químicas Biológicas
Balneabilidade de Praias Interiores	Informar as condições da água para recreação de contato primário/banho à população.	1994	12	Semanal / Mensal	Biológicas
Monitoramento Automático	Controle de fontes poluidoras domésticas e industriais, bem como controle da qualidade da água destinada ao abastecimento público.	1998	17	Horária	Físicas Químicas

Em relação às informações descritas na Tabela 1.1, cabe esclarecer que:

- a frequência de amostragem da rede básica de qualidade das águas da CETESB foi alterada de bimestral para trimestral. Essa alteração foi subsidiada pelo estudo estatístico: "[Otimização da frequência da rede básica de monitoramento da qualidade das águas superficiais doces no estado de São Paulo](#)".

- o número de pontos previstos para a Rede Básica em 2020 era de 498, acrescidos de 16 pontos a serem amostrados em conjunto com o Programa Mananciais, totalizando 514 pontos. O monitoramento da rede básica em 2020 atendeu à programação prevista nos meses de janeiro, fevereiro até meados de março. Contudo, devido a pandemia de COVID-19, o monitoramento de água da Rede Básica sofreu adequações no número de pontos e na sua frequência, sendo priorizados pontos localizados nos principais corpos hídricos do estado, nas principais captações e nos trechos mais impactados pelo lançamento de fontes poluidoras. Com base nesses critérios, foi estabelecida uma Rede Mínima, a qual foi iniciada em junho com 104 pontos. A essa Rede Mínima foram acrescidos



pontos gradualmente, até dezembro de 2020. Para fins de contagem de pontos monitorados em 2020, foram contabilizados os pontos de tiveram pelo menos três campanhas de amostragem e nas quais todas as variáveis para o cálculo do IQA foram analisadas, totalizando 230 pontos.

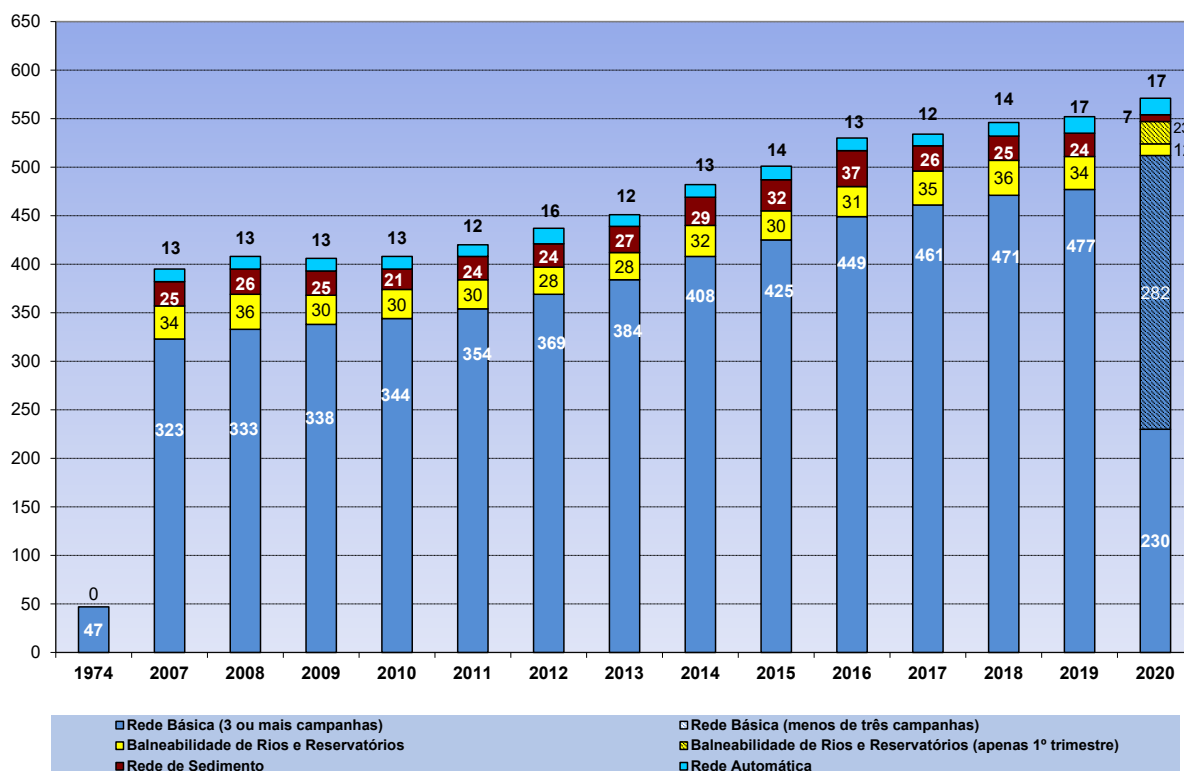
Em relação à balneabilidade das praias em rios ou reservatórios, cabe informar que o monitoramento previsto em 2020 era de 35 pontos com frequência variando entre semanal e mensal. Contudo, devido à pandemia de COVID-19 e a restrições de acesso às praias, o monitoramento foi suspenso no final de março de 2020, sendo retomado em outubro, em conformidade com as medidas de flexibilização do isolamento, sendo priorizados pontos em 12 praias com maior frequência de banhistas.

A descrição dos pontos monitorados em 2020 pelas quatro redes de monitoramento será detalhada no [Capítulo 3](#). Já os aspectos quantitativos do monitoramento executado em 2020 foram detalhados no [Apêndice A](#).

O aperfeiçoamento sistemático da rede da CETESB atende a diversos objetivos inerentes ao monitoramento de qualidade das águas, destacando-se:

- Necessidades de acompanhar o crescimento populacional;
- Diversificação das indústrias no estado;
- Programas de controle da poluição das águas desenvolvidos pela CETESB;
- Diagnóstico dos mananciais utilizados para o abastecimento público.

O processo de evolução do programa de monitoramento da CETESB está baseado na busca contínua de um melhor e mais eficiente diagnóstico dos recursos hídricos. Esse processo considera o avanço científico, os projetos do Governo do Estado, bem como as demandas das Agências Ambientais, das Prefeituras Municipais e dos Comitês das Bacias Hidrográficas. O Gráfico 1.1 permite constatar o aumento do número de pontos de amostragem ao longo dos últimos 10 anos e a redução dos pontos de monitoramento efetivamente monitorados em 2020, devido às restrições impostas pela pandemia de COVID-19. Cabe ressaltar que a redução no número de pontos nas Rede Básica, de Balneabilidade e de Sedimentos é temporária, sendo previsto para o próximo ano o retorno do monitoramento trimestral em todos os pontos e, eventualmente, em novos pontos, assim que as condições sanitárias permitirem.

**Gráfico 1.1** – Evolução dos pontos de amostragem por programa de monitoramento de água doce

Em 2020:

Rede Básica: foram contabilizados apenas os pontos que tiveram pelos menos três campanhas de amostragem, totalizando 230 pontos dos 514 previstos. Dessa forma, 282 pontos tiveram 1 ou 2 amostragens e 2 pontos não foram amostrados.

Balneabilidade: foram contabilizados apenas os pontos monitoradas no primeiro e quarto trimestres, totalizando 12 pontos dos 35 previstos.

Rede de Sedimento: planejada com menor número de pontos em razão da pandemia.

Ao longo do tempo, a Rede da CETESB também pode sofrer modificações no seu plano de monitoramento que podem incluir ampliações ou reduções do número de pontos de amostragem, adequações das frequências de coletas e inclusão de novas variáveis de qualidade.

Dentro desse contexto, incluem-se ações de monitoramento em colaboração com programas de cunho governamental, a exemplo do Programa Novo Rio Pinheiros (<https://novoriopinheiros.sp.gov.br>), que tem o objetivo de revitalizar o rio Pinheiros por meio da ação de diversos órgãos públicos em parceria com a sociedade. A meta, até o fim de 2022, é reduzir o esgoto lançado em seus afluentes e torná-lo parte da vida da cidade, por meio de ações de ampliação da coleta e tratamento de esgotos, limpeza e desassoreamento da calha do leito do rio, revitalização das margens, coleta e destinação correta de resíduos sólidos e comunicação e educação socioambiental. Nesse contexto, a CETESB é responsável pelo monitoramento da qualidade da água em 18 pontos posicionados nos afluentes do rio Pinheiros e em quatro pontos na calha principal desse rio além de ter executado análise dos sedimentos em seis pontos para caracterização da sua qualidade.

Além disso, deve ser mencionado que foram selecionados 16 pontos para integrarem a Rede Básica de monitoramento da CETESB em 2020 e 2021, relativos ao Projeto FEHIDRO AT-COB-28 – “Avaliação da qualidade da água das áreas de proteção e recuperação dos mananciais da bacia hidrográfica do Alto Tietê”. Nesse projeto, estão sendo monitoradas, pelo período de dois anos, a qualidade da água e a vazão dos afluentes pertencentes aos sistemas de abastecimento de água da RMSP: Billings, Guarapiranga, Alto Juquery e Alto

Tietê-Cabeceiras, totalizando 46 pontos de amostragem, de modo a constituir um marco referencial voltado ao monitoramento para verificação do atendimento às metas de qualidade da água das Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais – APRMs, descritas nas leis específicas dos mananciais da RMSP. O programa também visa à calibração do Modelo Matemático de Correlação do Uso do Solo e Qualidade de Água - MQUAL utilizado em cada APRM (<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/portalmananciais/>).

## 1.2.2 Variáveis de Qualidade das Águas e do Sedimento

As variáveis de qualidade das águas e do sedimento podem ser integradas para a avaliação dos ambientes aquáticos e, dependendo dos usos da água pretendidos, variáveis e índices específicos são adotados para indicar a qualidade das águas.

A seleção das variáveis de qualidade é determinada em função do tipo de monitoramento: rede básica, balneabilidade, sedimentos e automático. Para a rede básica, a escolha das variáveis está direcionada em função dos usos da água verificados em campo.

O significado ambiental e sanitário dessas variáveis, bem como as respectivas metodologias analíticas e de amostragem estão descritas no [Apêndice C](#).

### 1.2.2.1 Variáveis da Rede Básica

A grande quantidade e as diferentes formas de aporte de poluentes que podem estar presentes nas águas superficiais tornam inexecutável a análise sistemática de todas as substâncias. Por esse motivo, a CETESB faz a determinação de cerca de 60 variáveis de qualidade da água (físicas, químicas, hidrobiológicas, microbiológicas e ecotoxicológicas) consideradas mais representativas (Tabela 1.2).

Em razão da necessidade de estudos específicos de qualidade de água em determinados trechos de rios ou reservatórios, com vistas a diagnósticos mais detalhados, outras variáveis podem ser determinadas, tanto em função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica contribuinte, da tipologia industrial, quanto pela ocorrência de algum evento excepcional.

A lista da quantidade de análises por variáveis e por ponto de amostragem de água que foram realizadas em 2020 constam no [Apêndice D](#).

**Tabela 1.2** – Variáveis de qualidade da Rede Básica (água doce)

Rede de Monitoramento	Grupo	Principais Variáveis*	Variáveis Adicionais**
Rede Básica	Físicos	Condutividade, Sólido Dissolvido Total, Sólido Total, Temperatura da Água, Turbidez	Cor Verdadeira, Salinidade, Transparência, Vazão
	Químicos	Alumínio Dissolvido, Alumínio Total, Bário Total, Cádmio Total, Cálcio, Carbono Orgânico Total, Chumbo Total, Cloreto Total, Cobre Dissolvido, Cobre Total, Crômio Total, DBO (5, 20), Dureza, Ferro Dissolvido, Ferro Total, Fluoreto, Fósforo Total, Fósforo-Ortofosfato, Magnésio, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Kjeldahl, Nitrogênio-Nitrato, Nitrogênio-Nitrito, Oxigênio Dissolvido, pH, Potássio, Sódio, Subst. Tensoat. reagem c/ Azul Metileno (Surfactantes), Sulfato, Zinco Total	Agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas e raticidas, organofosforados), Alcalinidade Total, Arsênio Total, Boro Total, Carbono Orgânico Dissolvido, Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), Compostos Orgânicos Semivoláteis (Semi-COVs), DQO, Fenóis Totais, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), Microcistinas, Óleos e Graxas, Potencial de Formação de THM, Saxitoxina, Sulfeto
	Hidrobiológicos	Clorofila <i>a</i> e Feofitina <i>a</i>	Comunidades Fitoplanctônica e Zooplanctônica
	Microbiológicos	<i>Escherichia coli</i>	Giardia e Cryptosporidium
	Ecotoxicológicos	Ensaio Ecotoxicológico com o microcrustáceo <i>Ceriodaphnia dubia</i>	Ensaio de Toxicidade Aguda com a bactéria luminescente <i>Vibrio fischeri</i> (Sistema Microtox®)
	Testes de Mutagenicidade		Ensaio de Mutação Reversa (Teste de Ames) e Ensaio de micronúcleos <i>in vitro</i>
	Bioanalíticos		Atividade Estrogênica por BLYES, GR-Calux

\*Principais variáveis - monitoradas em mais de 70% dos pontos;

\*\* Variáveis adicionais - monitorados em menos de 70% dos pontos

Em razão da pandemia de COVID-19, houve priorização das variáveis a serem monitoradas na Rede Básica, a partir de junho de 2020, com a definição de uma lista de variáveis mínimas, obrigatórias em todas as amostragens. Nesse grupo estão contempladas as variáveis principais descritas na tabela 1.1, exceto o ensaio Ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*, surfactantes, havendo também restrição para análise de alguns metais.

Cabe esclarecer que, em 2020, a variável DBO foi substituída pela variável Carbono Orgânico Total, por meio da qual também é possível quantificar a matéria orgânica presente no ambiente aquático. As justificativas técnicas para essa substituição podem ser consultadas no "[Estudo estatístico da relação funcional entre os parâmetros DBO e COT em corpos d'água do Estado de São Paulo](#)".

As medições de vazão nos corpos d'água são realizadas pela CETESB em parceria com o DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Os resultados são obtidos pela medição direta da vazão nos corpos d'água ou pela leitura de régua, simultaneamente à amostragem da água ou por meio de medidores de nível. No caso das medições feitas por meio das régua ou medidores de nível, para se determinar a vazão, são utilizadas curvas-chave, as quais devem ser ajustadas periodicamente.

Em 2020, a Rede Básica gerou um volume de dados correspondente aos resultados de aproximadamente 57.000 análises físicas, químicas, biológicas, ecotoxicológicas e bioanalíticas.

### 1.2.2.2 Variáveis da Rede de Sedimento

O sedimento tem sido cada vez mais utilizado em estudos de avaliação da qualidade de ecossistemas aquáticos, por retratar condições históricas da influência de atividades antrópicas sobre esses ambientes, nem sempre detectáveis pelo uso de variáveis da água. A presença de contaminantes no sedimento potencializa a transferência desses para a coluna d'água. A mobilização de contaminantes da fase sólida para a fase dissolvida pode ocorrer por meio do revolvimento do sedimento, por exemplo, em virtude do aumento da vazão e das chuvas ou por atividades que interfiram com o leito do rio, como dragagens (seja de desassoreamento ou aprofundamento da calha), passagem de dutos, construção de pilares de sustentação de pontes, dentre outras atividades.

Na Tabela 1.3, são apresentadas as variáveis de qualidade de sedimento (físicas, químicas, hidrobiológicas e toxicológicas) utilizadas pela CETESB em sua avaliação em 2020. Em razão da pandemia de COVID-19, a amostragem na rede de sedimento foi priorizada nos pontos que fazem parte do projeto do FEHIDRO 2016 - AT - COB-10 - Avaliação de Risco como Ferramenta para o Gerenciamento da Qualidade de Recursos Hídricos: Estudo de Caso Rio Grande – UGRHI 6 e do Programa Novo Rio Pinheiros.

**Tabela 1.3** – Variáveis de qualidade da Rede de Sedimento

Monitoramento	Grupo	Variáveis
Rede de Sedimento	Físicos	Granulometria (Areia, Silte e Argila), Série de Sólidos (Fixos, Totais e Voláteis)
	Químicos	a) Inorgânicas: Alumínio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Crômio, Escândio, Ferro, Fósforo, Manganês, Mercúrio, Níquel, Nitrogênio Kjeldahl e Zinco
		b) Orgânicas: Bifenilas Policloradas PCBs, Carbono Orgânico Total, Compostos Orgânicos Voláteis Aromáticos e Semivoláteis, Dioxinas e Furanos, Dioxin-Like PCBs, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs); Pesticidas Organoclorados
	Microbiológicos	<i>Escherichia coli</i> e <i>Clostridium perfringens</i>
	Hidrobiológicos	Comunidade Bentônica
	Toxicológicas	Deformidade em mento de <i>Chironomus sp</i>
		Ensaio de Toxicidade Aguda com a bactéria luminescente <i>Vibrio fischeri</i> (Sistema Microtox)
Ensaio de Toxicidade Aguda/Subletal com o anfípodo <i>Hyalella azteca</i>		
	Ensaio de Toxicidade Aguda/Subletal com <i>Chironomus sancti-caroli</i>	

### 1.2.2.3 Variáveis da Rede de Balneabilidade de Praias Interiores

O principal indicador microbiológico utilizado para avaliação da balneabilidade de praias interiores da CETESB é a variável *Escherichia coli*. As variáveis Enterococos e Coliformes Termotolerantes também podem ser utilizados.

### 1.2.2.4 Variáveis do Monitoramento Automático

As variáveis possíveis de serem medidas por meio de sondas multiparamétricas compõem o grupo de variáveis monitoradas nas estações automáticas: Oxigênio Dissolvido, Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Turbidez.

### 1.2.3. Índices de Qualidade das Águas e do Sedimento

Os índices são utilizados para fornecer uma visão geral da qualidade da água, pois integram os resultados de diversas variáveis por meio de um único indicador. Assim, para transmitir uma informação passível de compreensão pelo público em geral, a CETESB utiliza índices específicos que refletem a qualidade das águas de acordo com seus usos pretendidos.

A descrição detalhada dos índices de qualidade de água e de sedimento utilizados pela CETESB e a metodologia de cálculo constam no [Apêndice E](#).

A Tabela 1.4 apresenta as categorias e faixas de classificação dos índices de qualidade de água.

**Tabela 1.4** – Categorias e faixas de classificação dos Índices de Qualidade de Água

Índice de Qualidade	Categoria					
	Ótima	Boa	Regular		Ruim	Péssima
IQA	Ótima	Boa	Regular		Ruim	Péssima
	$79 < IQA \leq 100$	$51 < IQA \leq 79$	$36 < IQA \leq 51$		$19 < IQA \leq 36$	$IQA \leq 19$
IAP	Ótima	Boa	Regular		Ruim	Péssima
	$79 < IAP \leq 100$	$51 < IAP \leq 79$	$36 < IAP \leq 51$		$19 < IAP \leq 36$	$IAP \leq 19$
IVA	Ótima	Boa	Regular		Ruim	Péssima
	$IVA \leq 2,5$	$2,6 \leq IVA \leq 3,3$	$3,4 \leq IVA \leq 4,5$		$4,6 \leq IVA \leq 6,7$	$IVA \geq 6,8$
IET	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Supereutrófico	Hipereutrófico
	$IET \leq 47$	$47 < IET \leq 52$	$52 < IET \leq 59$	$59 < IET \leq 63$	$63 < IET \leq 67$	$IET > 67$
ICF	Ótima	Boa	Regular		Ruim	
	1	2	3		4	
ICZ		Boa	Regular		Ruim	Péssima
IB	Ótima	Boa	Regular		Ruim	Péssima
	Praias excelentes em 100% do tempo	Praias próprias em 100% do tempo	Praias impróprias em até 25% do tempo		Praias impróprias entre 25 e 50% do tempo	Praias impróprias em mais de 50% do tempo

IQA – Índice de Qualidade das Águas; IAP - Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público; IVA - Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática; IET – Índice do Estado Trófico; ICF - Índice da Comunidade Fitoplanctônica; ICZ - Índice da Comunidade Zooplanctônica; IB - Índice de Balneabilidade

#### 1.2.3.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas

Para o cálculo do IQA, são consideradas variáveis de qualidade que indicam a presença de efluentes, principalmente sanitários, no corpo d'água, fornecendo uma visão geral sobre as condições de qualidade das águas superficiais. Este índice, calculado em todos os pontos da Rede Básica, também pode indicar alguma contribuição de efluentes industriais, desde que sejam de natureza orgânica biodegradável.

#### 1.2.3.2 IAP – Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público

O IAP é o índice utilizado pela CETESB para indicar as condições de qualidade das águas para fins de abastecimento público. Além das variáveis consideradas no IQA, são avaliadas as substâncias tóxicas e as variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água.

O IAP é calculado apenas nos pontos coincidentes com as captações utilizadas para abastecimento público ou em locais de transposição de águas para outros reservatórios que são utilizados para abastecimento.

### 1.2.3.3 IVA – Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática

O IVA é utilizado para avaliar a qualidade das águas para a proteção da vida aquática, incluindo no seu cálculo as variáveis essenciais para os organismos aquáticos (Oxigênio Dissolvido, pH, Toxicidade por meio de ensaio ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*), as substâncias tóxicas e o grau de trofia.

O cálculo do IVA é priorizado em pontos que estão enquadrados em classes que preveem a proteção da vida aquática excluindo-se, assim, os corpos hídricos Classe 4 (Resolução CONAMA nº 357/2005).

Em 2020, em razão das restrições laboratoriais devido à pandemia de COVID-19, para realização do ensaio ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*, o IVA foi calculado apenas no primeiro trimestre e, com número reduzido de pontos, no quarto trimestre.

### 1.2.3.4 IET – Índice do Estado Trófico

O Índice do Estado Trófico classifica os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias. O IET é calculado prioritariamente nos pontos em cuja classe está prevista a proteção da vida aquática.

### 1.2.3.5 ICF, ICZ e ICB – Índice da Comunidade Fitoplanctônica, Índice da Comunidade Zooplanctônica e Índice da Comunidade Bentônica

Os índices de comunidades complementam a avaliação do IVA, fornecendo o diagnóstico ambiental por meio dos grupos de organismos fitoplanctônicos (ICF), zooplanctônicos (ICZ) e bentônicos (ICB), com base em informações, como: densidade, dominância, diversidade e outras métricas, para a classificação dos diferentes meios.

### 1.2.3.6 IB – Índice de Balneabilidade

O Índice de Balneabilidade visa avaliar a qualidade de água para fins de recreação de contato primário, sendo aplicado em praias de águas interiores, localizadas em rios e reservatórios.

Os reservatórios em melhores condições são avaliados mensalmente. Já aqueles impactados por lançamentos de efluentes domésticos são avaliados com frequência semanal.

Em 2020, em razão da pandemia de COVID-19, o monitoramento da balneabilidade foi suspenso temporariamente. Dessa forma, o IB foi calculado nas praias que foram monitoradas no primeiro e quarto trimestre de 2020.

### 1.2.3.7 CQS – Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos

O Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos - CQS classifica o sedimento em categorias de acordo com linhas de evidência. As três principais são: Contaminação Química, Comunidade Bentônica e Toxicidade, este último incluindo teste de toxicidade com *Hyallela azteca*.



As linhas de evidência são complementadas de forma a obter um diagnóstico mais detalhado. Assim a linha de evidência de toxicidade é complementada com os ensaios de mutação reversa (Teste de Ames), teste de Toxicidade Aguda (Microtox®) e frequência de deformidade.

O diagnóstico químico é complementado pela análise do Fósforo Total, que avalia a extensão do grau de eutrofização dos corpos hídricos. Analisam-se também Carbono Orgânico Total e Nitrogênio Kjeldahl que, juntamente com o Fósforo Total, avaliam a sua qualidade biogeoquímica, notadamente a carga interna de nutrientes e a condição de eutrofização desses corpos d'água.

#### *1.2.4 Perfis de Temperatura e Oxigênio Dissolvido*

A determinação dos perfis de Temperatura e Oxigênio Dissolvido ao longo da coluna d'água de corpos hídricos lênticos é desejável onde se constata a ocorrência da estratificação térmica, principalmente no verão. Nesse período, a camada superficial do reservatório apresenta temperatura mais elevada, acarretando menor densidade da água (epilímnio), enquanto que a camada mais profunda apresenta temperatura mais baixa e com maior densidade (hipolímnio).

Dessa forma, cria-se uma estabilidade na massa líquida que será desestruturada por forças externas, como o vento, entrada de afluentes, sazonalidade. Essa estabilidade pode levar a uma alteração na qualidade ao longo da coluna da água, principalmente na camada mais profunda, como a redução da concentração de Oxigênio Dissolvido devido a processos de decomposição.

Os perfis de OD e Temperatura são incluídos nos pontos de amostragem de ambientes lênticos (reservatórios), com medição feita com o uso de embarcação.

#### *1.2.5 Mortandade de Peixes*

Um evento de mortandade de peixes indica um ponto extremo de pressão no corpo d'água, podendo incluir a morte de diversas espécies, além de outros organismos. As mortandades estão normalmente associadas a alterações da qualidade da água e, embora nem sempre seja possível identificar suas causas, o seu registro consiste em um bom indicador da suscetibilidade do corpo hídrico em relação às fontes de poluição nas respectivas UGRHI. A CETESB realiza atendimento a ocorrências de mortandades de peixes por meio das Agências Ambientais e do Setor de Comunidades Aquáticas.

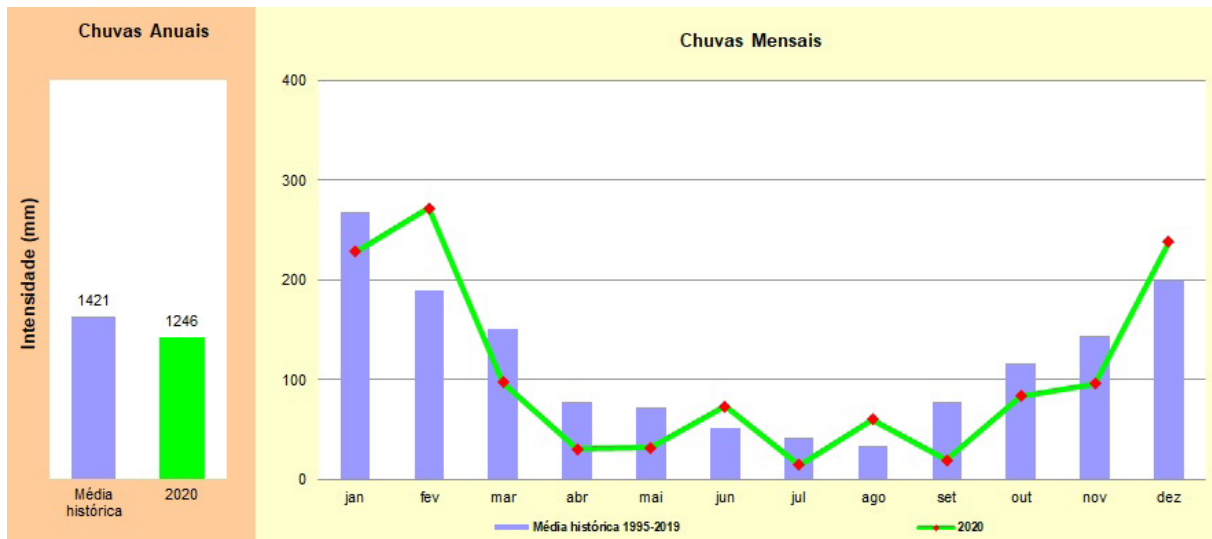
#### *1.2.6 Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município – ICTEM*

O ICTEM retrata uma situação que leva em consideração a efetiva remoção da carga orgânica, (em relação à carga orgânica potencial gerada pela população urbana) sem deixar, entretanto, de observar a importância de outros elementos que compõem um sistema de tratamento de esgotos, como a coleta, o afastamento e o tratamento. Além disso, considera também o atendimento à legislação quanto à eficiência de remoção (superior a 80% da carga orgânica) e a conformidade com os padrões de qualidade do corpo receptor dos efluentes. A metodologia de cálculo do ICTEM está descrita no [Apêndice E](#).

## 2 • Aspectos hidrológicos

Este capítulo tem por objetivo avaliar a disponibilidade hídrica no estado de São Paulo. Para tanto, foram tomadas as médias mensais dos valores registrados em 1.601 postos pluviométricos distribuídos pelas 22 UGRHIs, conforme apresentado no [Apêndice F](#). Os valores de precipitação média mensal e anual do estado foram calculados proporcionalmente à área de cada UGRHI, ou seja, ainda que tenham menos postos, as UGRHIs com maior área têm peso maior no cálculo das médias do estado. O resultado é apresentado no Gráfico 2.1.

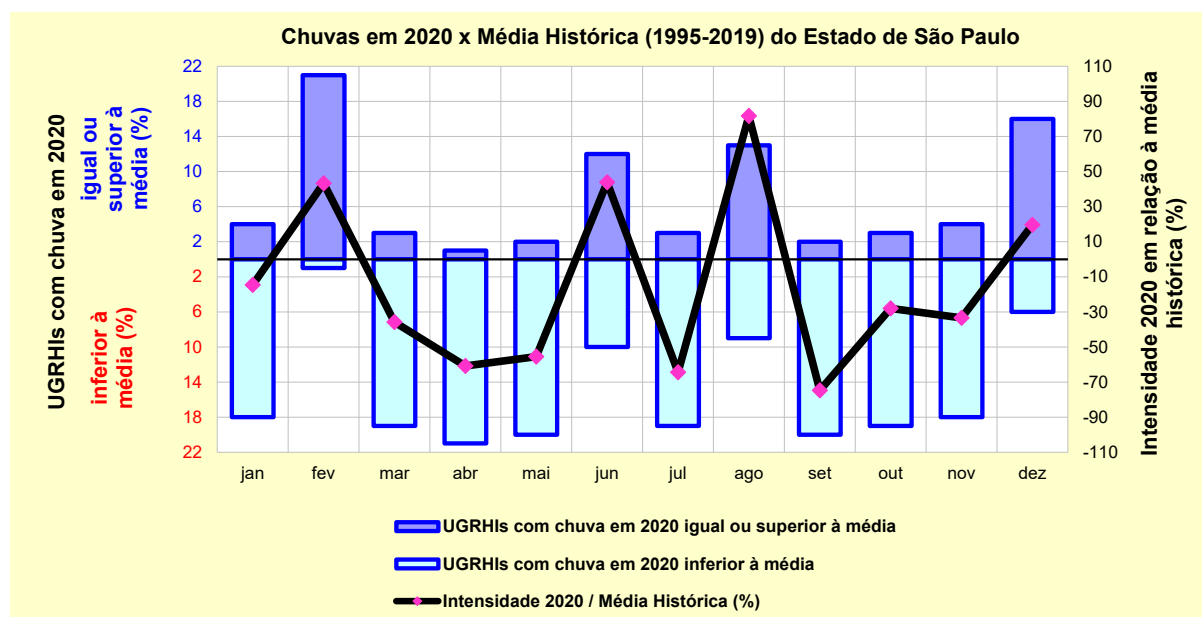
**Gráfico 2.1** – Intensidades de chuva mensais e anual no estado de São Paulo em 2020



O Gráfico 2.1 mostra que o estado de São Paulo apresenta média histórica de chuva de 1.421 mm ao ano, considerando-se o período 1995-2019. Esse intervalo temporal foi selecionado por apresentar dados em todas as UGRHIs. O ano de 2020 apresentou um volume anual de chuvas de 1.246 mm, ou seja, 12% inferior à média dos 25 anos anteriores.

Ainda no Gráfico 2.1, é possível observar a distribuição mensal das chuvas. No período de estiagem, historicamente considerado de abril a setembro, com precipitações mensais inferiores a 100 mm, a precipitação foi 35% inferior à média histórica. O período tradicionalmente mais úmido, que envolve os meses de janeiro a março e outubro a dezembro, registrou 5% menos precipitação que a média histórica.

Para avaliar as precipitações ocorridas ao longo de 2020 no conjunto das UGRHIs, foi elaborado o Gráfico 2.2. Para tanto, foram comparadas as precipitações mensais em cada uma das UGRHIs com as médias históricas do estado para se obter o número de unidades que registraram chuvas acima e abaixo da média. Calculou-se, também, a variação de intensidade pluviométrica do conjunto das UGRHIs em relação à média histórica do estado.

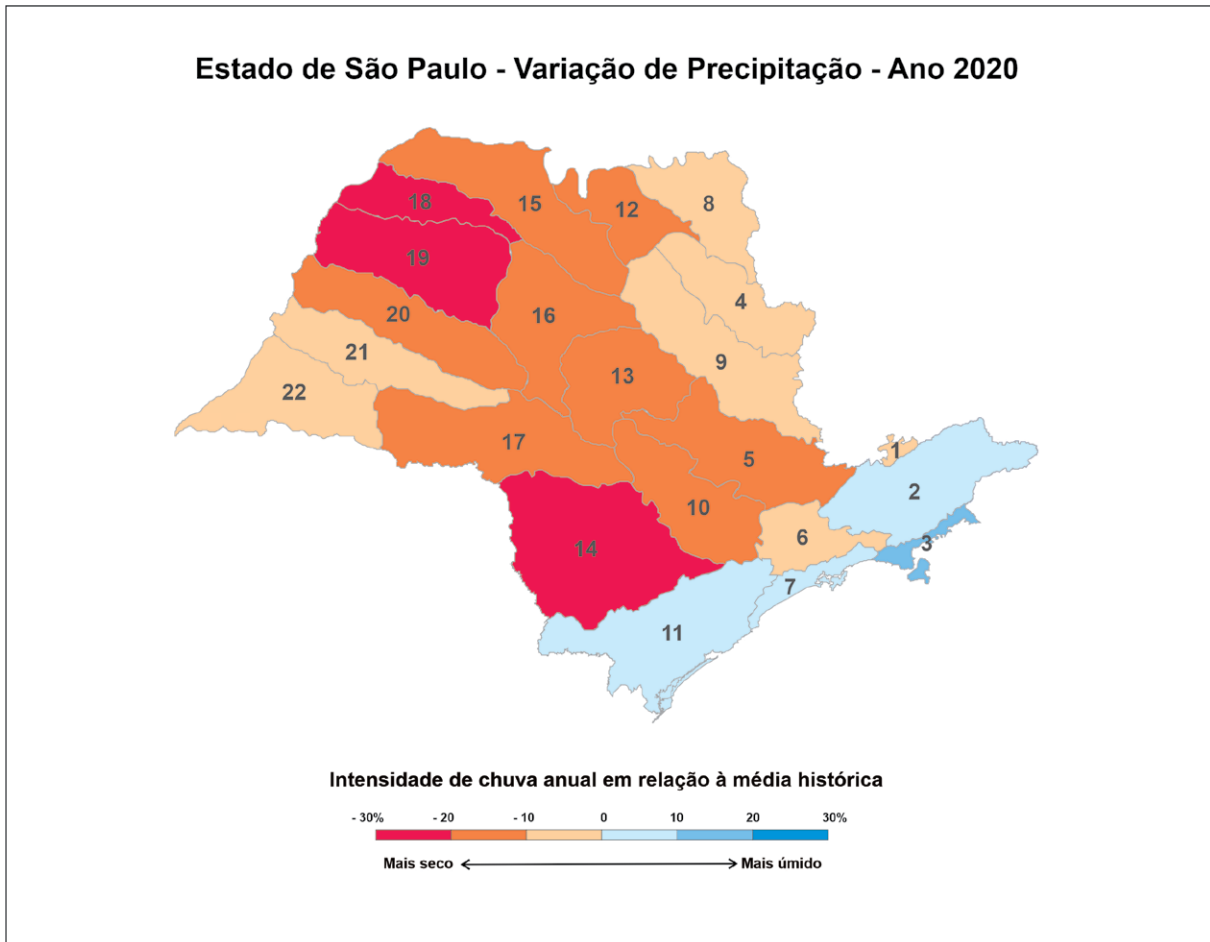
**Gráfico 2.2** – Chuvas nas UGRHIs em 2020 em relação à média histórica do estado de São Paulo

Os resultados mostrados no Gráfico 2.2 corroboram os do Gráfico 2.1. Constata-se no Gráfico 2.2 que os deslocamentos da linha são compatíveis com o posicionamento das barras azuis. Exemplificando, setembro de 2020 apresentou intensidade de chuva 75% inferior à média histórica, podendo-se observar a linha no campo negativo (-75%) e a barra azul indicando que 20 das 22 UGRHIs tiveram um mês de setembro menos chuvoso do que a média histórica.

Assim, o distanciamento da linha do eixo zero exprime o quanto as intensidades de chuva observadas se diferenciaram da média histórica. De forma coerente com os resultados apresentados no Gráfico 2.1, a evolução dessa linha, tal como o posicionamento das barras azuis, mostra uma tendência ao déficit pluviométrico, o que condiz com o fato de a precipitação de 2020 ter sido inferior à média histórica.

Os volumes mensais e anuais precipitados em cada UGRHI podem ser visualizados no [Apêndice G](#), que traz também um comparativo entre o volume observado em 2020 e a série histórica de cada bacia. Essas informações foram consolidadas na Figura 2.1, onde se visualiza especialmente a ocorrência de chuvas em 2020 nas 22 UGRHIs do Estado, comparativamente às médias históricas de cada uma. Nesse mapa, observa-se que, em 2020, 18 UGRHIs apresentaram volumes anuais de chuva inferiores às respectivas médias históricas, destacando-se os déficits de 22% na UGRHI 14, 33% na UGRHI 18 e 24% na UGRHI 19.

Saliente-se que, para a elaboração do mapa da Figura 2.1, foram consideradas as séries históricas de dados pluviométricos completas de cada UGRHI, sendo que cada uma pode apresentar séries mais ou menos longas. A UGRHI 6, por exemplo, tem a série histórica mais extensa, com dados desde 1879. Em razão dessas diferenças, o resultado expresso no mapa pode diferir do que foi apresentado nos Gráficos 2.1 e 2.2, cuja elaboração foi baseada apenas em dados desde 1995.

**Figura 2.1** – Variação da intensidade de chuva em cada UGRHI em relação às suas respectivas médias históricas



## 3 • Redes de Monitoramento

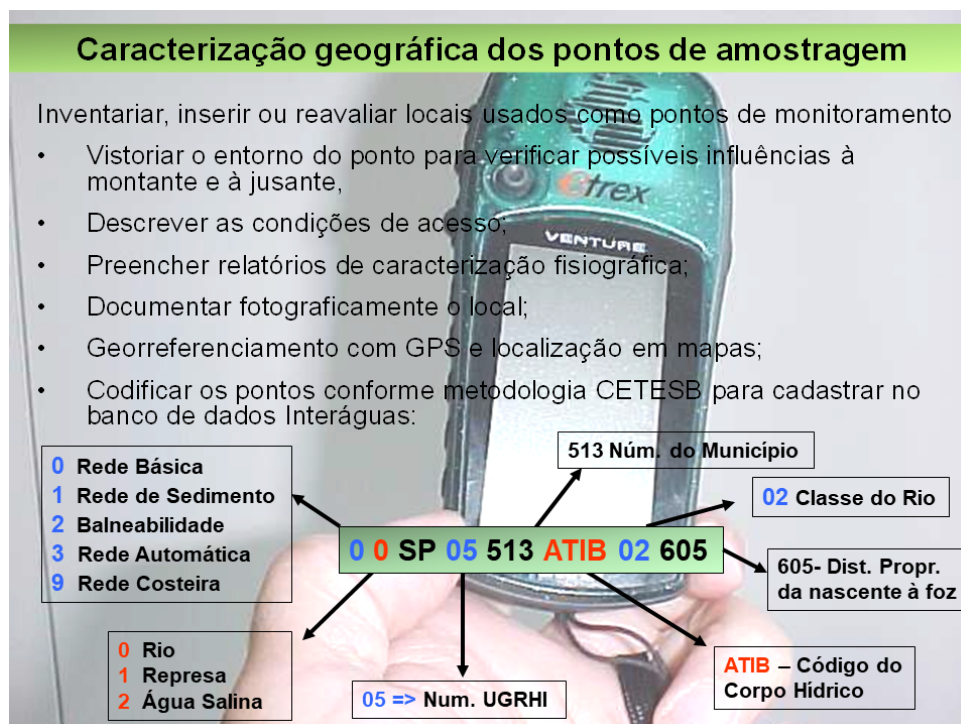
O monitoramento da qualidade das águas superficiais em corpos de água doce, como rios e reservatórios, é constituído pelas redes de amostragem manual e automática, que objetivam um diagnóstico dos usos múltiplos do recurso hídrico. Para o acompanhamento das condições de contato primário das praias de água doce, é realizado um monitoramento específico. A análise das distribuições geográficas dos pontos por UGRHI, município e corpo hídrico constitui-se em ferramenta para subsidiar as redes de monitoramento e avaliação dos rios e reservatórios.

### 3.1 Caracterização dos pontos de amostragem

Os pontos de amostragem, antes de integrar as redes de monitoramento, são vistoriados e caracterizados geograficamente com a finalidade de 1) compilar os dados essenciais ao processo de codificação, 2) identificar possíveis contribuições do uso do solo no entorno do ponto e 3) auxiliar na escolha do conjunto de análises a serem executadas. Na Figura 3.1, apresenta-se um exemplo da codificação utilizada pela CETESB.

O gerenciamento das informações dos pontos de amostragem e das variáveis de qualidade é realizado por meio do Sistema InterÁguas, que é um banco de dados relacional, desenvolvido pela CETESB.

**Figura 3.1** – Processo de codificação e georreferenciamento dos pontos de amostragem





A caracterização geográfica dos pontos de amostragem é realizada por meio de visitas em campo, com uso de aparelho de georreferenciamento - GPS, auxiliadas se possível por localização prévia de acesso por meio das plataformas *Google Earth* e/ou *Google Maps* e por consultas a mapas. Após a visita, esses pontos são registrados nas cartas do IBGE que recobrem o estado de São Paulo em escala 1:50.000, possibilitando a conferência da localização digital. Além disso, é feita a documentação fotográfica dos trechos do entorno. Esses pontos, progressivamente, estão sendo migrados para um banco georreferenciado.

A Figura 3.2, extraída do *Google Earth*, apresenta um exemplo da localização do ponto da represa de Guarapiranga, GUAR 00900 - na Captação da SABESP, junto à casa de bombas.

**Figura 3.2** – Exemplo de localização do ponto GUAR 00900, na Represa Guarapiranga, para cadastro no Banco InterÁguas



### 3.2 Rede de Amostragem Manual

A rede de monitoramento de águas manual da CETESB é formada pelas redes: básica, de sedimento e de balneabilidade de águas interiores (em rios e reservatórios).



### 3.2.1 A Rede Básica

A Rede Básica sofreu impactos em relação ao número de pontos e quantidade de coletas realizadas ao longo de 2020 após o início da pandemia, conforme explicado no [Capítulo 1, item 1.2.1](#).

Para fins de contagem de pontos monitorados em 2020, foram contabilizados os pontos que tiveram pelo menos três campanhas de amostragem nas quais todas as variáveis para cálculo do IQA foram analisadas, totalizando 230 pontos. Esse número de campanhas (três) foi definido por representar metade da frequência adotada até 2019 (de 6 vezes ao ano) e 75% da nova frequência adotada a partir de 2020 (4 coletas por ano). A alteração da frequência de bimestral para trimestral foi explicada no [Capítulo 1, item 1.2.1](#).

Cabe mencionar que foram previstos 514 pontos na Rede Básica de 2020, porém foram feitas coletas em 512 pontos com frequências variáveis: 190 pontos tiveram apenas uma coleta; 92 tiveram 2 coletas; 114 pontos tiveram 3 coletas e 116, conforme o planejado, tiveram 4 ou mais coletas. Dois pontos não foram amostrados (GADE 02900 - UGRHI 6 - Alto Tietê) e PITA 04800 (UGRHI 12 - Pardo/Grande), todavia não foram excluídos da rede de 2021. Assim, para efeitos de comparação, informa-se que a rede de monitoramento de 2019 foi constituída por 477 pontos de amostragem.

Em 2020, houve acréscimo de 38 pontos novos e 1 (um) ponto reativado (ARAS 03400). Houve também a exclusão de 2 pontos. São eles: CRUM 02100 na UGRHI 5 - Piracicaba/Jundiá/Capivari e BEBE 04800 na UGRHI 12 - Baixo Pardo/Grande. Dos 38 pontos novos, 16 são pertencentes ao Projeto FEHIDRO AT-COB-28 - intitulado "Avaliação da qualidade da água das áreas de proteção e recuperação dos mananciais da bacia hidrográfica do Alto Tietê" (FEHIDRO - Mananciais) cujos resultados são compartilhados com a Rede Básica da CETESB. A descrição desses pontos consta na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** – Tabela de Pontos do Projeto FEHIDRO Mananciais compartilhados com a Rede Básica – CETESB (continua)

Corpo hídrico receptor	Corpo Hídrico	Nome do Ponto	código projeto	Local de Amostragem Projeto FEHIDRO	Município	Latitude S	Longitude W
Represa BILLINGS / Res. Rio grande (7 afluentes)	Córrego Reimberg ou Cocaia	REIM 02800	B1	Ponte na Av. Dona Belmira Marim, alt. N. 2800, no Bairro Cocaia.(B01-Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 45 13	46 41 16
	Ribeirão Colônia	RCOL 02500	B14	Ponte na rua Paulino Gottsfritz alt. num. 1, com acesso ao ponto pelo lava-rápido). (B14 - Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 50 48	46 41 52
	Rio Curucutu	CURU 02800	B15	Ponte na estrada da Água Limpa. (B15 - Programa Mananciais).	SÃO BERNARDO DO CAMPO	23 52 57	46 37 07
	Ribeirão Pires	PIRE 02800	B27	Na ponte na Rua Capitão José Galo com a Av. Brasil, próximo ao corpo de Bombeiros.(B27-Programa Mananciais).	RIBEIRAO PIRES	23 42 30	46 25 08
	Rio Grande ou Jurubatuba	GADE 02800	B28	Na travessia de pedestres no Bairro Cortes, em Rio Grande da Serra.(B28-Programa Mananciais).	RIO GRANDE DA SERRA	23 44 40	46 23 13
	Ribeirão Grota Funda	GROT 02900	B3	Dentro do Parque Ecológico do Eldorado, cerca de 160m a jusante do cruzamento da Ponte na Rua Olária, com a Rua Perobás.(B03-Programa Mananciais).	DIADEMA	23 42 55	46 37 19
	Ribeirão dos Alvarengas	ALVE 02800	B5	A montante da galeria da Rod. dos Imigrantes, próximo da foz do Córrego dos Alvarengas. (B05-Programa Mananciais).	SÃO BERNARDO DO CAMPO	23 44 38	46 35 48

**Tabela 3.1** – Tabela de Pontos do Projeto FEHIDRO Mananciais compartilhados com a Rede Básica – CETESB (conclusão)

Corpo hídrico receptor	Corpo Hídrico	Nome do Ponto	código projeto	Local de Amostragem Projeto FEHIDRO	Município	Latitude S	Longitude W
Represa Guarapiranga (9 afluentes)	Rio Bonito	NITO 00600	G1	Ponte na Rua Jaburuna. (G01-Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 43 04	46 42 22
	Córrego Guavirutuba	GVIT 00900	G10	Ao lado da ETA da SABESP, na Rua Talamanca. (Ponto G10- Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 41 31	46 45 00
	Córrego do Crispim	XPIM00700	G17	Ponte na SP 124, ao lado da EEE Jacira. (Ponto G17- Programa Mananciais).	ITAPECERICA DA SERRA	23 45 10	46 47 20
	Ribeirão Santa Rita	RYTA00800	G19	Ponte na Rua Mary Angels V. de Souza, próximo ao entroncamento com a Estrada Embu-Guaçu.(Ponto G19- Programa Mananciais).	EMBU-GUAÇU	23 49 27	46 49 18
	Ribeirão das Pedras	EDRA00900	G2	Ponte na R. Frederico René De Jaegher (G02-Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 43 17	46 42 21
	Córrego São José	JOSE00900	G3	Ponte ao lado do Parque Linear São José. na R. Frederico René De Jaegher. G03- Mananciais.	SÃO PAULO	23 43 49	46 43 00
	Córrego Tanquinho	TANQ00900	G4	Ponte na Av. Carlos Oberhuber (G04-Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 44 49	46 42 55
	Córrego Itaim	YTAI00900	G7	Ponte na Av. Sadamu Inoue, altura do num. 900. Cerca de 500m antes da sua foz no Rio Caulim. (Ponto G07- Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 46 52	46 43 31
	Rio Parelheiros	PARE00600	G8	Ponte na Rua José Roschel Rodrigues -Ponto G08- Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 47 35	46 43 50

Na Tabela 3.2, são discriminadas as demais alterações ocorridas na Rede Básica - CETESB ao longo de 2020: inclusão de 22 pontos novos, sendo 12 pontos relativos ao monitoramento dos afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros, reativação de um ponto e exclusão de dois pontos.

**Tabela 3.2** – Alterações de Pontos de Amostragem na Rede Básica em 2020 (continua)

UGRHI	Núm. de Pontos	Situação	Corpo Hídrico /	Motivo
			Código CETESB	
4	2	Inclusão	Rio Lambari BARI 02950	Ponto Novo. Inserido para avaliar o impacto de efluentes urbanos de Poços de Caldas (MG).
		Inclusão	Represa de Graminha GRAM 02950	Ponto Novo. Inserido para avaliar o impacto de efluentes urbanos advindos de Minas Gerais na represa de Graminha.
5	1	Inclusão	Ribeirão Tijuco Preto TJCO 03750 (UGRHI 5)	Solicitação da Agência Ambiental de Piracicaba
	1	Exclusão	Rio Corumbataí CRUM 02100	Ponto excluído devido à proximidade ao ponto CRUM 02080. Ausência de fontes significativas neste trecho.
6	1	Inclusão	Córrego Dom Bosco BOSC 04500	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros.
	1	Inclusão	Dreno Cayaguava CAYA 04950	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros.
	1	Inclusão	Córrego da Av. Jaime de Oliveira JAME 04800	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros.

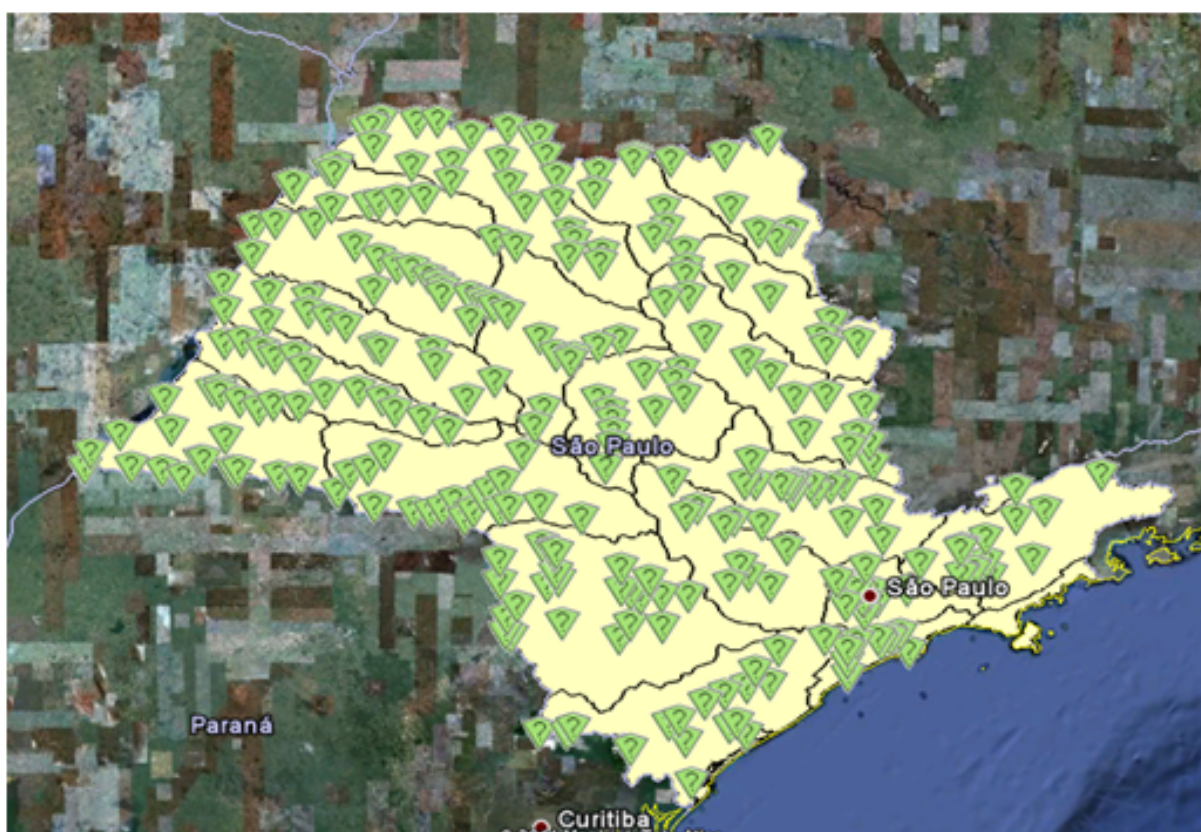
Tabela 3.2 – Alterações de Pontos de Amostragem na Rede Básica em 2020 (conclusão)

UGRHI	Núm. de Pontos	Situação	Corpo Hídrico /	Motivo
			Código CETESB	
6	1	Inclusão	Córrego Judas JUDA 02300	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros.
	1	Inclusão	Córrego das Corujas KUJA 04350	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros.
	1	Inclusão	Córrego da Av. Alexandre Mackenzie MACK 04900	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros.
	1	Inclusão	Córrego Olaria OLAR 04800	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros.
	1	Inclusão	Córrego do Pau Arcado/ Morumbi PARC 04900	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros
	1	Inclusão	Córrego da Ponte Baixa PBAX 04600	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros
	1	Inclusão	Córrego Pedreiras PEDR 04800	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros
	1	Inclusão	Córrego Poli POLI 04900	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros
	1	Inclusão	Córrego da Traição TRAI 04800	Monitoramento dos Afluentes do Rio Pinheiros - Programa Novo Rio Pinheiros
9	1	Reativado	Rio das Araras ARAS 03400	Para avaliar a qualidade da água do Rio das Araras a montante do lançamento da ETE da Cidade de Araras.
10	1	Inclusão	Braço do Ribeirão Paruru BPRU 02300	Solicitação da Agência Ambiental de Sorocaba devido ao acordo com o FEHIDRO (reforma do Laboratório de Sorocaba).
12	1	Exclusão	Córrego Bebedouro BEBE 04800	Ponto para avaliar a carga difusa a jusante da cidade de Bebedouro, que será avaliada no ponto do mesmo rio, BEBE 04500.
	1	Inclusão	Córrego Mandembo DEMB 02800	Ponto Novo. Inserido para avaliar os impactos de efluentes urbanos / industriais e carga difusa a jusante da cidade de Bebedouro.
16	2	Inclusão	Braço do Ribeirão da Fartura BFAR 02250	Ponto ANA Novo Florações de algas em Braços do rio Tietê.
	2	Inclusão	Braço do Rio Barra Mansa BMAN 02250	Ponto ANA Novo Florações de algas em Braços do rio Tietê.
17	1	Inclusão	Braço do Rio Novo- UGRHI 17	Ponto ANA Novo.
			NOSG 02500	Aportes de cargas domésticas do município de Salto Grande no reservatório da UHES de Salto Grande.
19	1	Inclusão	Braço do Ribeirão Santa Bárbara - UGRHI 19	Ponto ANA Novo
			BBRA 02700	Florações de algas em Braços do Rio Tiete
21	1	Inclusão	Rio do Peixe	Ponto novo para monitorar a Foz do Rio do Peixe junto ao rio Paraná.
			PEIX 02950	

Os quatro pontos resultantes do acordo CETESB/CESP (2018) para monitoramento conjunto do rio Paraná: PARN 02110 (UGRHI 19); PARN 02400 (UGRHI 20), PARN 02740 e PARN 02910 (UGRHI 22) foram mantidos durante o primeiro trimestre de 2020 e ainda figuram entre os 514 pontos, sendo desativados a partir do segundo trimestre de 2020.

Em 2013, a CETESB integrou os primeiros pontos provenientes do acordo de Cooperação Técnica firmado, em 2010, com a ANA - Agência Nacional de Águas e de Saneamento Básico, dentro do PNQA - Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas, programa este que visa ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais em todo o Brasil. A ANA apresentou uma proposta inicial de rede federal com cerca de 275 pontos (de impacto, estratégicos ou de referência) para o estado de São Paulo, muitos deles em rios limítrofes com os estados de Paraná, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. A Figura 3.3 mostra um esboço da rede inicialmente proposta para o estado de São Paulo. Após uma série de reuniões realizadas em conjunto com o CTH - Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos e o DAEE - Departamento de Água e Energia Elétrica optou-se pela exclusão de cerca de 50 pontos propostos inicialmente e integração de muitos pontos em locais já monitorados pela CETESB.

**Figura 3.3** – Pontos ANA propostos inicialmente para o estado de São Paulo

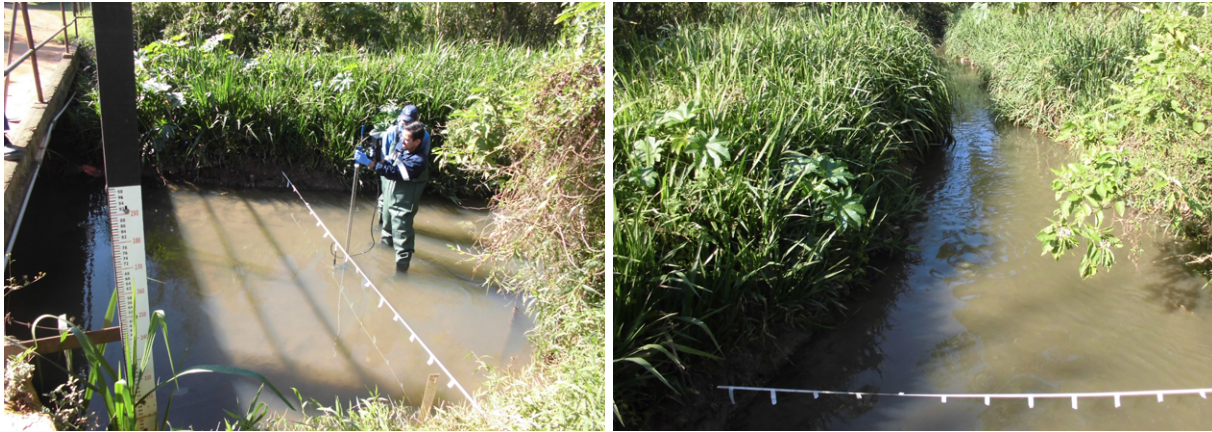


Em 5 de setembro de 2016, o contrato nº 034/2016/ANA foi assinado e publicado no DOU (Diário Oficial da União). Foi definido o Plano de Metas do Contrato no qual a rede federal no Estado de São Paulo deveria atingir 249 pontos até 2020, inseridos progressivamente ao longo dos cinco anos de vigência do contrato. Além disso, foram estabelecidas metas semestrais de integração progressiva de pontos de quantidade e qualidade no programa de monitoramento da CETESB. Assim dos 249 pontos exigidos, 124 teriam



que ter dados integrados aos dados de quantidade, com dados de medição de vazão simultânea, gerando informação quali-quantitativa com frequência de quatro vezes por ano, tal como mostrado na Figura 3.4.

**Figura 3.4** – Ex. Medição de vazão realizada pela CETESB no ponto integrado da rede CETESB/ANA, JQRI 03300, no rio Juqueri, na entrada do Parque Estadual do Juquery



(Foto: R. Rossetti)

Assim, dando sequência ao acordo de cooperação técnica com a ANA, a CETESB continua com a inserção de novos pontos, por meio do processo de visita, caracterização geográfica, codificação e cadastramento de novos locais no Banco InterÁguas.

Em 2019, a rede da CETESB possuía 240 pontos ANA. Em 2020, foram adicionados quatro pontos novos/integrados ao PNQA:

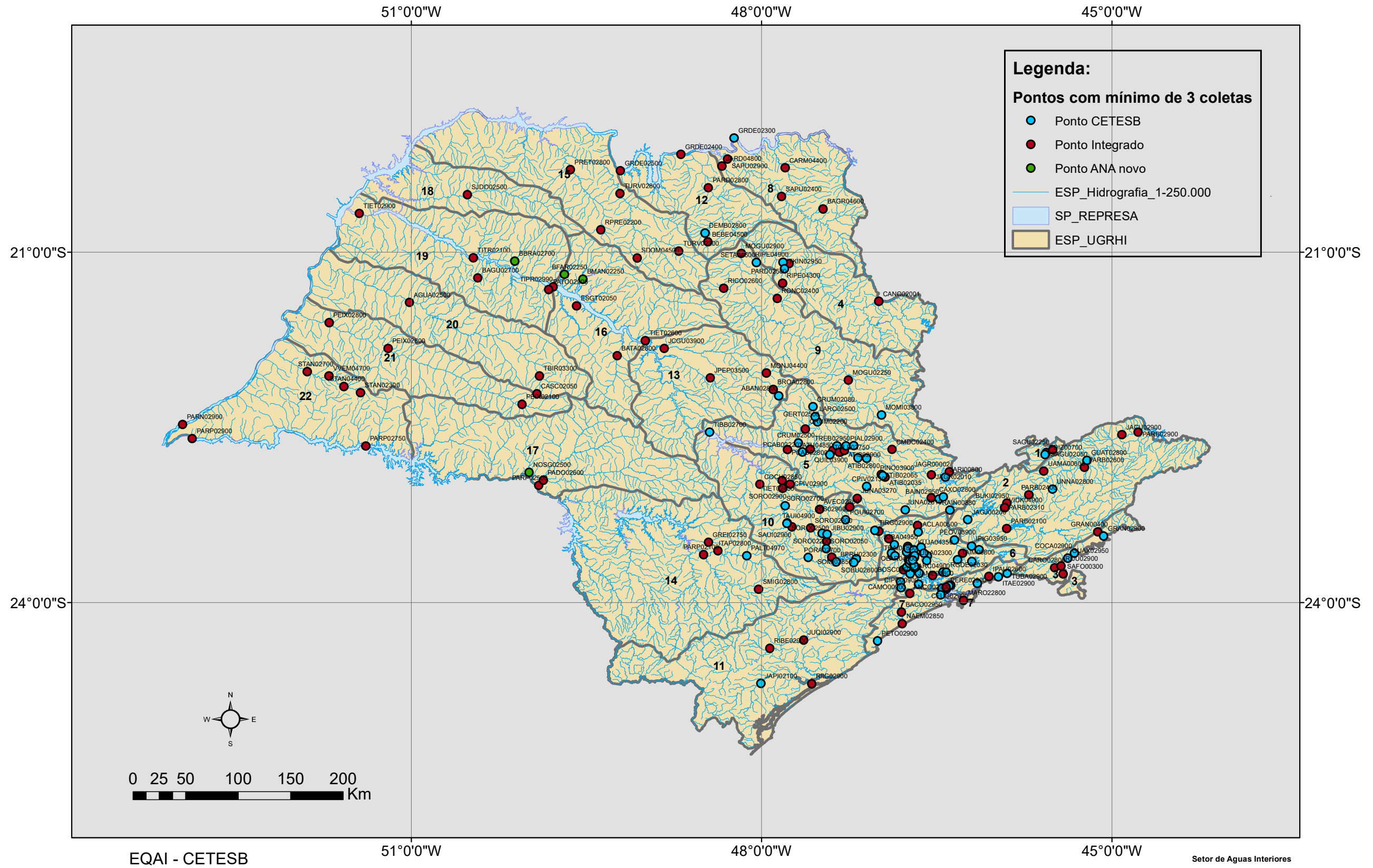
- Entraram na rede o ponto BFAR 02250 (Braço do Ribeirão da Fartura), BMAN 02250 (Braço do Rio Barra Mansa), NOSG 02500 (Braço do Rio Novo-UGRHI 17) e BBRA 02700 (Braço do Ribeirão Santa Bárbara - UGRHI 19). Com isso, a rede ANA planejada em 2020 foi de 244 pontos, porém foram monitorados 119 pontos com um mínimo de três coletas.

Durante este último período de certificação (2020 – 2021) a ampliação da RNQA deverá ocorrer, prioritariamente, nas bacias federais consideradas de especial interesse para gestão, quais sejam: Bacia do Rio Tietê; Região da Baixada Santista; Bacia do Rio Paraíba do Sul em São Paulo; Bacia do Rio Piracicaba; Bacia do Rio Mogi-Guaçu; Bacia do Rio Pardo e trecho do Rio Paranapanema na divisa com o Paraná.

O Mapa 3.1, mostra a atual situação do processo de integração da rede paulista da CETESB com a RNQA - Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas. Foram considerados os 230 pontos monitorados em 2020, que tiveram o mínimo de três coletas.

Mapa 3.1 – Pontos de Monitoramento da Rede Básica CETESB / Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas 2020 com mínimo de três amostragens













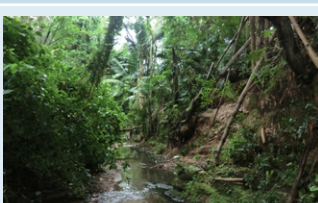
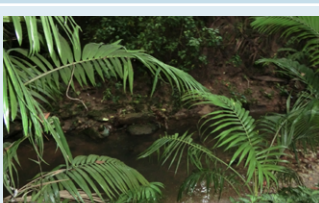
# Pontos da Rede Básica CETESB / Rede Federal ANA 2020














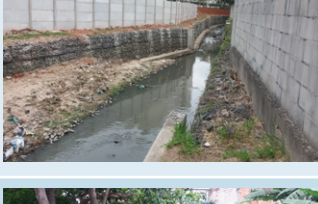


Na Tabela 3.3, são apresentados os registros fotográficos dos 22 pontos novos da Rede Básica CETESB e da rede conjunta CETESB/ANA, que foram inseridos em 2020, estando alguns deles, próximos a réguas fluviométricas.

**Tabela 3.3** – Registros Fotográficos dos novos pontos da CETESB e da Rede ANA/CETESB (continua)













UGRHI	Corpo Hídrico / Ponto CETESB / Ponto ANA	Código CETESB / Local de Amostragem do Ponto	Registros Fotográficos	
4	RIO LAMBARI BARI 02950 CETESB	Rio Lambari Na foz do rio Lambari, em frente ao rancho do Lafaiate.		
4	REPRESA DE GRAMINHA GRAM 02950 PONTO CETESB	Represa de Graminha Represa de Graminha, próximo da tomada d'água para as turbinas.		
5	RIBEIRÃO TIJUCO PRETO TJCO 03750 PONTO CETESB	Ribeirão Tijuco Preto Ponte dentro do Horto Florestal de Tupi.		
6	CÓRREGO DOM BOSCO BOSC 04500 PONTO CETESB (Programa Novo Rio Pinheiros)	Córrego Dom Bosco BOSC 04500 Ponte na Rua José Abrantes, no Jardim Dom Bosco.		
6	DRENO CAYAGUAVA CAYA 04950 PONTO CETESB (Programa Novo Rio Pinheiros)	Dreno Cayaguava Na estrada da EMAE, cerca de 400 m depois da Estação Automática da CETESB PINH 04105.		
6	CÓRREGO DA AV. JAIME DE OLIVEIRA JAME 04800 PONTO CETESB (Programa Novo Rio Pinheiros)	Córrego da Av. Jaime de Oliveira Ponte na esquina da Marginal Pinheiros, com a Av. Jaime de Oliveira.		
6	CÓRREGO JUDAS JUDA 02300 PONTO CETESB (Programa Novo Rio Pinheiros)	Córrego Judas No Parque Severo Gomes, na área fechada ao público.		



**Tabela 3.3** – Registros Fotográficos dos novos pontos da CETESB e da Rede ANA/CETESB (continua)

UGRHI	Corpo Hídrico / Ponto CETESB / Ponto ANA	Código CETESB / Local de Amostragem do Ponto	Registros Fotográficos	
6	CÓRREGO DAS CORUJAS KUJA 04350 PONTO CETESB (Programa Novo Rio Pinheiros)	Córrego das Corujas Ponte na Av. das Corujas X Rua Juranda.		
6	CÓRREGO DA AV. ALEXANDRE MACKENZIE MACK 04900 PONTO CETESB (Programa Novo Rio Pinheiros)	Córrego da Av. Alexandre Mackenzie No trevo da Av. Alexandre Mackenzie com a Marginal Pinheiros, em frente ao posto de gasolina.		
6	CÓRREGO OLARIA OLAR 04800 PONTO CETESB (Programa Novo Rio Pinheiros)	Córrego Olaria Ponte ao lado da 1ª CIA da PM, na Rua Miguel Yunes, Jurubatuba.		
6	CÓRREGO DO PAU ARCADEO/ MORUMBI PARC 04900 PONTO CETESB (Programa Novo Rio Pinheiros)	Córrego do Pau Arcado/ Morumbi Ponte na Rua Itapaiúna, Vila Andrade, ao lado da reciclagem.		
6	CÓRREGO DA PONTE BAIXA PBAX 04600 PONTO CETESB (Programa Novo Rio Pinheiros)	Córrego da Ponte Baixa Ponte na Rua Guilherme Valente, junto ao medidor de nível do SAISP (AT84 -		
6	CÓRREGO PEDREIRAS PEDR 04800 (Programa Novo Rio Pinheiros)	Córrego Pedreiras Ponte na Av. N. Sra. do Sabará, próximo ao nº 5600, ao lado do ponto de ônibus.		
6	CÓRREGO POLI POLI 04900 (Programa Novo Rio Pinheiros)	Córrego Poli Ponte na Av. Nações Unidas, esquina com a Rua Moacir Padilha.		

**Tabela 3.3** – Registros Fotográficos dos novos pontos da CETESB e da Rede ANA/CETESB (continua)

UGRHI	Corpo Hídrico / Ponto CETESB / Ponto ANA	Código CETESB / Local de Amostragem do Ponto	Registros Fotográficos	
6	CÓRREGO DA TRAIÇÃO TRAI 04800 (Programa Novo Rio Pinheiros)	Córrego da Traição Na caixa de inspeção do Córrego da Traição, na Av. dos Bandeirantes com Praça Dr. Francisco Patti.		
10	BRAÇO DO RIBEIRÃO PARURU BPRU 02300	Braço do Ribeirão Paruru Corpo central, cerca de 700 m a jusante do Píer São Francisco.		
12	CÓRREGO MANDEMBO DEMB 02800 PONTO CETESB	Córrego Mandembo Ponte do Córrego Mandembo, na Rodovia Brigadeiro Faria Lima - SP-326, no km 390.		
16	BRAÇO DO RIBEIRÃO DA FARTURA BFAR02250 PONTO CETESB/ ANA	Braço do Ribeirão da Fartura No corpo central, em frente à Prainha de Ubarana.		
16	BRAÇO DO RIO BARRA MANSA BMAN 02250 PONTO CETESB/ ANA	Braço do Rio Barra Mansa Ponte na SP-304, na divisa municipal de Mendonça / Sales.		
17	BRAÇO DO RIO NOVO-UGRHI 17 NOSG 02500 PONTO CETESB/ ANA	Braço do Rio Novo- UGRHI 17 Ponte no Braço do Rio Novo na estrada Salto Grande/Cambará, na saída da cidade.		

**Tabela 3.3** – Registros Fotográficos dos novos pontos da CETESB e da Rede ANA/CETESB (conclusão)

UGRHI	Corpo Hídrico / Ponto CETESB / Ponto ANA	Código CETESB / Local de Amostragem do Ponto	Registros Fotográficos	
19	BRAÇO DO RIBEIRÃO SANTA BÁRBARA - UGRHI 19 BBRA 02700 PONTO CETESB	Braço do Ribeirão Santa Bárbara - UGRHI 19  No píer do Náutico Clube Buritama.		
21	RIO DO PEIXE - UGRHI 21 PEIX 02950 PONTO CETESB	Rio do Peixe-UGRHI 21  Na Foz do rio do Peixe, 800 m a jusante da Ponte de Arco, entre Panorama/ Capinal.		

Fotos: C.L. Midaglia /Gustavo Matheus da Silva/ Carmo Sireno / Waldir Gonçalves / Antônio Ruguê/ /Beatriz Ruiz/ Mauro Hamamoto / Henrique Garrido /Diego Soares. Fotos do acervo do Banco de Dados InterÁguas.

### 3.2.2 Rede de Sedimentos

Em 2020, não foi possível realizar o monitoramento da rede de sedimento tal como nos anos anteriores, devido à pandemia. Entretanto, na UGRHI 6 foram feitas coletas, priorizando-se o Programa Novo Pinheiros e um ponto no Reservatório Paraitinga, totalizando sete pontos amostrados que podem ser visualizados na Tabela 3.4:

**Tabela 3.4** – Pontos de sedimento coletados em 2020

Projeto CETESB	Projetos UGRHI 6 Alto Tietê	Nome do Ponto	Corpo Hídrico monitorado	Local de amostragem	Município	Latitude S	Longitude W
Rede de Sedimentos 2020	Proj. FEIHDRO	PATI 00700	Reservatório de Paraitinga - UGRHI 6	Cerca de 2 km da Barragem da represa de Paraitinga.	SALESÓPOLIS	23 31 23	45 56 01
	Prog. Rio Pinheiros	PINH 04100	Rio Pinheiros	A montante da ponte da linha do trem e a jusante da usina de Pedreira.	SÃO PAULO	23 42 18	46 40 32
	Prog. Rio Pinheiros	PINH 04360	Rio Pinheiros	Em frente à foz do Córrego do Morro do S.	SÃO PAULO	23 38 37	46 43 34
	Prog. Rio Pinheiros	PINH 04500	Rio Pinheiros	Embaixo da Ponte Ari Torres Av. Bandeirantes.	SÃO PAULO	23 35 35	46 41 34
	Prog. Rio Pinheiros	PINH 04750	Rio Pinheiros	Em frente à foz do Córrego do Pirajussara, ao lado da Ponte da USP.	SÃO PAULO	23 33 30	46 42 45
	Prog. Rio Pinheiros	PINH 04790	Rio Pinheiros	Em frente à foz do Córrego do Jaguaré.	SÃO PAULO	23 32 55	46 43 54
	Prog. Rio Pinheiros	PINH 04900	Rio Pinheiros	Próximo à sua foz no Rio Tietê, na Estrutura de Retiro.	SÃO PAULO	23 31 52	46 44 54



### 3.2.3 Rede de Balneabilidade em Rios e Reservatórios

Em 2020, o programa de balneabilidade de rios e reservatórios começou a ser executado em 35 pontos/praias.

Porém, tal como outros programas de monitoramento, sofreu alterações devido à pandemia. O monitoramento foi interrompido em março de 2020 e depois, no quarto trimestre, houve a retomada gradual da coleta em pontos com maior demanda de uso recreativo voltado para os esportes náuticos. Para efeitos de contabilização, foram consideradas as praias amostradas no primeiro e no quarto trimestre de 2020, totalizando 12 pontos de três diferentes UGRHIs:

- Na UGRHI 06 - sete pontos na represa Guarapiranga: GUAR 00611 (no píer da Escola de Esportes Náuticos Wind Clube); GUAR 00751 (em frente ao píer do Yacht Club Paulista); GUAR 00452 (Prainha do Jardim Represa/Hidroavião); GUAR 00602 (Praia no Restaurante Interlagos/ Guarujapiranga); GUAR 00702 (na Marina Guarapiranga / Praia do Sol); GUAR 00301 (Praia Miami Paulista (Aracati) e GUAR 00401 (na Marina Guaraci) e um ponto no reservatório Billings: BILL 02801 (Prainha do Riacho Grande, próxima à barragem do Rio Grande, ao lado da Rodovia Anchieta) (Figura 3.5). A represa de Guarapiranga foi o corpo hídrico com maior número de pontos (7) de balneabilidade monitorado em 2020, apesar de algumas restrições de acesso.
- UGRHI 10 - Sorocaba / Médio Tiete, Reservatório de Itupararanga, com dois pontos: SOIT 02601 e SOIT 02801.
- UGRHI 13 - Tietê / Jacaré, Represa do Broa, com dois pontos: BROA 02701 e BROA 02703.

**Figura 3.5** – BILL 02801 – Interdição de frequência na Prainha do Riacho Grande



BILL 02801: Aviso na entrada da Prainha do Riacho Grande, na represa Billings, em São Bernardo do Campo.

Prainha do Riacho Grande interditada devido à pandemia de COVID-19. Fotos: (C.L. Midaglia, 2020)

Os demais 23 pontos que não foram contabilizados na rede de 2020 foram os seguintes:

Na UGRHI 2 - Paraíba do Sul, com dois pontos: UAMA 00501 (rio Piracuama) e RIBG 02352 (Ribeirão Grande);

Na UGRHI 5 - Piracicaba/Capivari/Jundiaí, onde seis pontos foram pausados: três pontos RAIN 00402, RAIN 00802 e RAIN 901 todos no reservatório de Atibainha. Mais dois pontos: JCRE 00521 e JCRE 00701 no reservatório Jaguari/Jacaré e um ponto, CACH 00902, no reservatório Cachoeira.

Na UGRHI 6 - Alto Tietê, nos seguintes pontos:

- Na Represa de Guarapiranga: GUAR 00101 - Praia Dedo de Deus - M'Boi Mirim e GUAR 00051- Prainha Bairro do Crispim.
- Res. do Rio Grande: quatro pontos: Clube Prainha Tahiti (RGDE 02301); Prainha Pq. Municipal do Estoril (RGDE 02901) (Figura 3.6); Prainha próxima ao Zoológico do Parque Municipal (RGDE 02851) e Clube de Campo do Sindicato dos Metalúrgicos do ABC (RGDE 02701).

**Figura 3.6** – Vista da Prainha do Estoril (RGDE 02901)



Vista da Prainha do Estoril, (RGDE 02901) - São Bernardo do Campo, no reservatório Billings, onde o monitoramento foi interrompido. (C.L.Midaglia, 2020).

Na UGRHI 7 - Baixada Santista: um ponto no rio Perequê; (PERE 02601).

Na UGRHI 8 - Sapucaí/ Grande: dois pontos no Rio Grande, cujas praias já estavam passando por reformas: GRDE 02271 e GRDE 02273.

Na UGRHI 9 - Mogi-Guaçu: três pontos nos rio Mogi-Guaçu (MOGU 02351), na prainha de Cachoeira das Emas, em frente ao Restaurante César; no Ribeirão do Moquéim (QUEM 02700) Lago Municipal Euclides Morelli e no Lago do Córrego da Vendinha, no Parque Ecológico de Sertãozinho (LVEN 02501).

Na UGRHI 13 - Tietê/Jacaré: : O ponto na Prainha de Igaráçu do Tietê no rio Tietê (TIET 02491) e o ponto no Reservatório de Ibitinga, na Prainha Municipal de Arealva (TIBI 02451).

Na UGRHI 16 - Tietê/Batalha: um ponto na Praia de Sabino (ESGT 02252), cujo monitoramento foi retomado no final de 2019 após reforma e foi interrompido após o fechamento da praia devido à pandemia em março de 2020.

Em 2020, nenhuma praia nova foi adicionada a esse programa de balneabilidade de águas interiores e também nenhum ponto foi excluído.

A divulgação semanal dos boletins para o público externo com as condições de balneabilidade é realizada por meio do link (<<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/boletim-semanal/>>).

### 3.3 Rede Automática

A Rede Automática monitora a qualidade das águas de rios e reservatórios por meio da medição online dos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido, pH, Condutividade Elétrica, Temperatura e Turbidez. Em 2020, a rede de monitoramento automática operou com todas as suas 17 estações. Nenhuma estação foi adicionada ou excluída durante 2020.

Dentre as atuais 17 estações de monitoramento automático, nove delas são coincidentes com pontos de amostragens manuais da rede básica: ACLA 00500, BILL 02900, BITQ 00100, GUAR 00900, PEBA 00900, RGDE 02900, TIET 02090, TIET 02450 e TIRG 02900.

Das estações automáticas da CETESB em operação, 10 situam-se em rios, a saber: quatro no rio Tietê, duas no rio Paraíba do Sul, e uma em cada dos seguintes corpos hídricos: Piracicaba, Pinheiros, Caulim e Ribeirão Pires. As outras sete estão nos seguintes reservatórios: reservatório Águas Claras, represa Billings, braço do reservatório do Guarapiranga, reservatório do Rio Grande, braço do ribeirão Taquacetuba, reservatório de Rasgão e reservatório do Taiacupeba, onde observam constantemente a condição da qualidade da água bruta utilizada para o abastecimento público de parte da RMSF.

O histórico do tempo de operação de todas as estações desde 2016 está descrito na Tabela 3.5

**Tabela 3.5** – Percentual de tempo de operação com geração/transmissão de dados válidos entre 2016 e 2020

UGRHI	Nome da Estação	Código CETESB	% dados válidos / ano				
			2016	2017	2018	2019	2020
2	EF25 – Santa Branca	PARB 02040	-	-	82,65	97,76	99,61
	EF26 – Queluz	PARB 02870	-	93,35	93,61	96,19	80,69
5	EF06 – Piracicaba	PCAB 02600	95,80	91,66	89,39	96,28	92,46
6	EF09 – Águas Claras	ACLA 00500	86,76	73,47	90,75	86,58	94,14
	EF11 – Summit Control	BILL 02900	80,34	81,62	96,95	97,20	94,41
	EF10 – Taquacetuba	BITQ 00100	91,19	83,50	89,82	92,15	92,41
	EF18 – Caulim	CAUL 00800	-	-	-	79,16	55,62
	EF08 – Guarapiranga	GUAR 00900	83,95	83,75	81,06	90,97	97,67
	EF20 – Taiacupeba	PEBA 00900	-	-	59,55	49,30	84,88
	EF14 – Pedreira	PINH 04105	79,76	68,70	91,95	90,01	97,23
	EF19 – Ribeirão Pires	PIRE 02800	-	-	-	68,16	73,67
	EF07 – Rio Grande	RGDE 02900	76,71	91,86	94,95	93,86	100,00
	EF01 – Mogi das Cruzes	TIET 02090	93,76	89,79	89,32	96,59	94,32
10	EF29 – Penha	TIET 04160	-	-	78,74	96,91	98,68
	EF28 – Itu	TIET 02300	-	-	-	67,56	82,63
	EF03 – Laranjal Paulista	TIET 02450	32,34	75,06	59,79	50,11	61,62
	EF02 – Rasgão	TIRG 02900	88,07	76,19	91,10	83,65	93,84

Considerando o tempo de operação para geração de dados válidos das estações automáticas em 2020, é possível tecer os seguintes comentários:

Na UGRHI 2, as duas estações do rio Paraíba do Sul funcionaram sem problemas, gerando 100% dos dados na EF25 - Santa Branca e 81% no trecho final, em EF26 - Queluz.



Na UGRHI 5, a EF - 06 PCAB 02600 situada na margem esquerda do rio Piracicaba (Figura 3.7), apesar de sofrer reparos no flutuante da sonda, funcionou 92% do tempo.

**Figura 3.7** – EF-06 - PCAB 02600 – Vista do flutuante no Sítio Paudalinho, na estrada dos Marins, S/N, em Piracicaba



(Fotos:C.L.Midaglia).

Na UGRHI 6 a maioria das 11 estações esteve com ótima performance, inclusive durante a pandemia, sendo que oito delas superaram os 90% de tempo de funcionamento. A estação EF07 - RGDE 02900, no reservatório do rio Grande alcançou 100% do tempo de operação.

A estação PIRE 02800 EF 19 - Ribeirão Pires, localizada na ponte da Av. Brasil, em frente ao Corpo de Bombeiros, no município de Ribeirão Pires, ficou parcialmente sem operar durante o início da pandemia, entre março e maio, devido ao acúmulo de material suspenso no rio, o que afetou os sensores. Essa estação operou em 74% do tempo.

Já a estação EF 18 - CAUL 00800 no Ribeirão Caulim - operou em tempo inferior a 60%, devido a problemas de acúmulo de material suspenso, o que inviabilizou o sensor de leitura do equipamento.

Na UGRHI 10 - Sorocaba/Médio Tietê a estação TIRG 02900 situada no reservatório de Rasgão obteve 93,84% e a TIET 02300 - EF28 - Itu, que em 2020 completou seu primeiro ano, operou cerca de 83% do tempo.

Ainda na UGRHI 10, a estação EF03 - Laranjal Paulista (Figura 3.8) operou 62% do tempo em 2020 devido a problemas elétricos (entre os meses de março a julho) e por necessidade de substituição dos seus sistemas de aquisição e transmissão de dados. Também foi feita a reforma do dispositivo flutuante para a adequação tecnológica, o que impossibilitou a instalação da sonda multiparâmetro no corpo d'água durante o processo.

**Figura 3.8** – Vista da estação EF03 - Laranjal Paulista, TIET 02450 localizada próxima da ponte sobre o rio Tietê, na estrada vicinal para a fazenda Santo Olegário, em Laranjal Paulista, entre SP 127 e SP 300



(Foto:C.L.Midaglia).

### 3.4 Distribuição dos pontos de amostragem

Para fins de análise dos dados das quatro redes de monitoramento da CETESB, foram considerados os seguintes pontos, a saber: 230 da Rede Básica, 12 da Rede de Balneabilidade, 7 da Rede de Sedimento e 17 Estações Automáticas, totalizando 266 pontos de monitoramento.

A tabela com a descrição dos pontos de amostragem das redes de monitoramento em 2020 e que apresenta as informações referentes ao código e a descrição dos locais dos 266 pontos está disponível no [Apêndice A](#) - Aspectos descritivos e qualitativos da rede de monitoramento 2020, a qual inclui também os pontos solicitados pela ANA que foram integrados ou adicionados ao monitoramento.

Já a relação completa dos pontos da Rede Básica (512 pontos) e de Balneabilidade de Praias Interiores (35 pontos) previstos inicialmente para serem monitorados em 2020, onde houve pelo menos uma coleta com resultado válido, e os pontos da Rede de Sedimento (7 pontos) e Rede Automática (17 estações), totalizando 571 pontos de monitoramento, será apresentada no [Apêndice B](#), assim como o mapa da Rede Básica contendo 512 pontos com pelo menos uma amostragem em 2020.

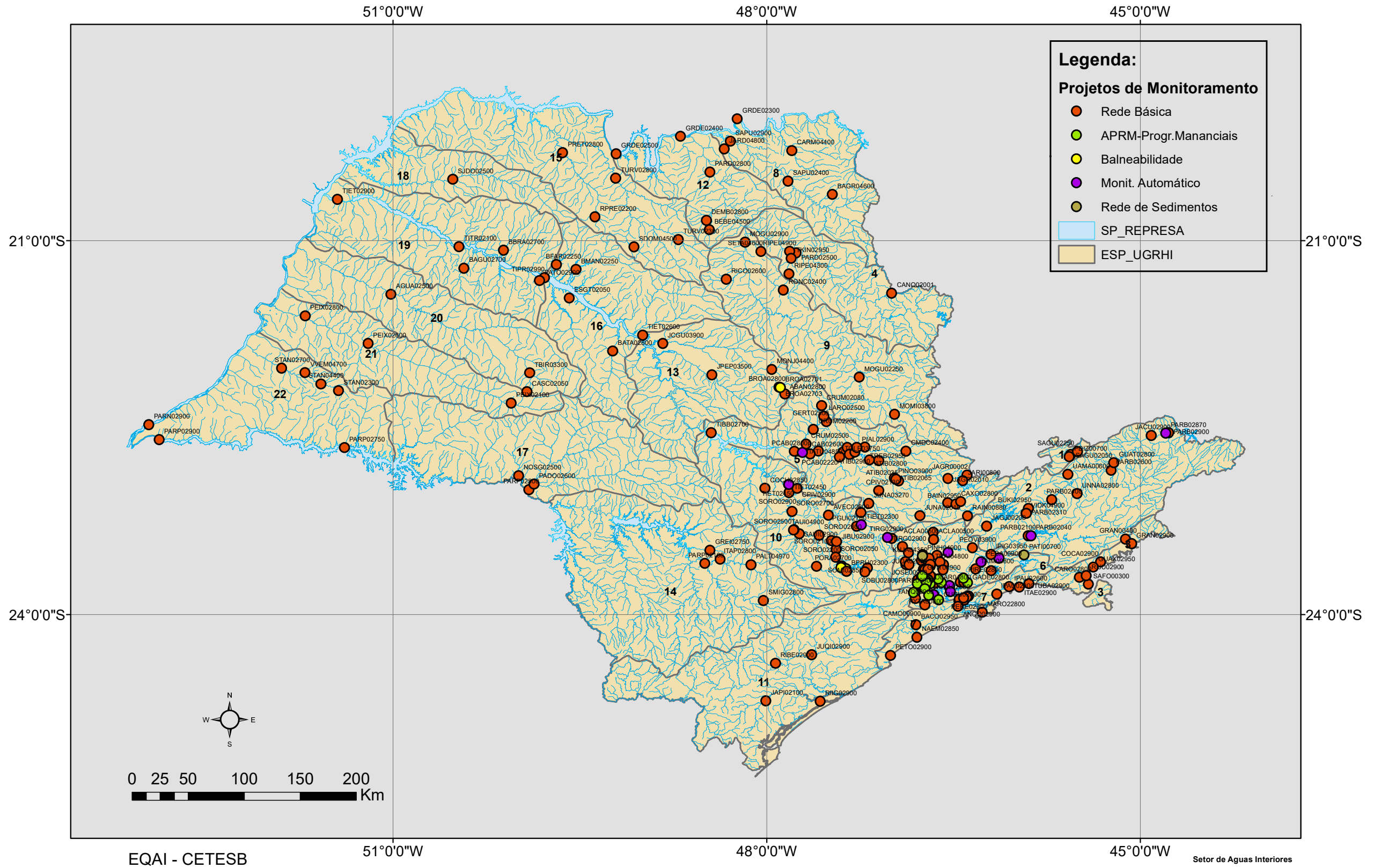
Para visualizar a distribuição espacial dos 266 pontos das redes de monitoramento, confeccionou-se o Mapa 3.2 que apresenta os pontos contabilizados para a rede de 2020 agrupados por projeto (Rede Básica, Monitoramento Automático, Sedimento e Balneabilidade de Praias Interiores).

Os mapas por projeto de monitoramento por UGRHI estão no [Apêndice H](#) onde pode ser visualizada também a localização dos pontos previstos para a rede de 2020.



Mapa 3.2 – Pontos CETESB por projeto de monitoramento 2020

# Pontos CETESB por projeto de monitoramento 2020



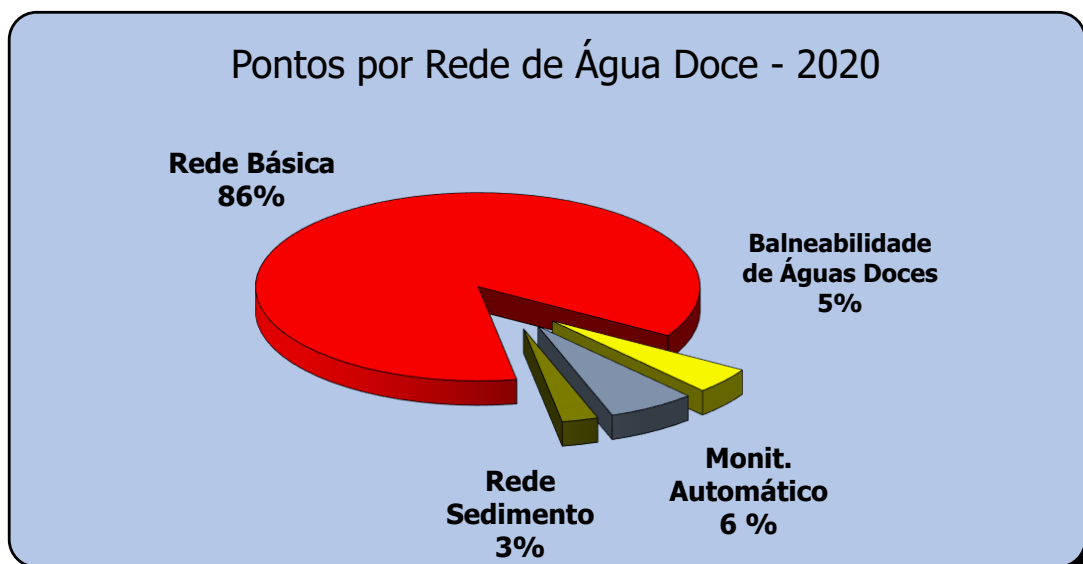
### 3.4.1 Distribuição por UGRHI

Em 2020, a Rede Básica da CETESB operou com 230 pontos com pelo menos três coletas perfazendo uma densidade média de 0,93 pontos por 1.000 km<sup>2</sup>. Incluindo-se os 17 pontos do monitoramento automático atinge-se a densidade média de 1 ponto por 1.000 km<sup>2</sup>. Com os 12 pontos do programa de balneabilidade de rios e reservatórios, alcança-se uma densidade de 1,04 pontos por 1.000 km<sup>2</sup>. Dentre os 230 pontos contabilizados na Rede Básica em 2020, 53 deles já possuem mais de 30 anos de atividade na rede de monitoramento.

Portanto, os monitoramentos de água doce superficial totalizaram 259 pontos. Dentro desse grupo, 67 pontos são coincidentes com captações superficiais ou com sistemas de transferência de água para mananciais de abastecimento público, permitindo à CETESB, dessa forma, acompanhar a qualidade da água bruta distribuída para 21,3 milhões de habitantes.

Somando-se os sete pontos da rede de sedimento, a CETESB totalizou 266 pontos de amostragem e uma densidade total de monitoramento (todos os tipos) de 1,07 pontos por 1.000 km<sup>2</sup>. No Gráfico 3.1, apresenta-se a relação com a distribuição dos números de pontos de amostragem por tipo de projeto de monitoramento.

**Gráfico 3.1** – Distribuição dos pontos de amostragem por tipo de monitoramento 2020



A Tabela 3.6 mostra um resumo da quantidade de pontos por UGRHI, a respectiva área de drenagem em território paulista (km<sup>2</sup>), o total de pontos por tipo de monitoramento pela CETESB e o total de pontos integrados à rede federal por UGRHI, com suas respectivas densidades.

Tabela 3.6 – Resumo de pontos monitorados por UGRHI, tipo de projeto e densidade da rede em 2020

Número da UGRHI	São Paulo 2020 / Nome das UGRHIs	Área em Km <sup>2</sup> (PERH)	Rede Básica 2020 Planejada	Rede Básica 2020 c/ mínimo de 3 coletas	Monit. Autom.	Baln. Águas Doces	Mon. Total Água 2020	Rede Sedim.	Rede ANA Planejada em SP	Rede ANA em SP (3 coletas)	Monit. Total 2020	N. Pontos Água planejada/ 1.000 km <sup>2</sup>	N. Ptos Água 3 coletas / 1.000 km <sup>2</sup>	Dens. Total Ptos. validos 2020 /1.000 km <sup>2</sup>	DENS. Rede Federal planejada	DENS. Rede Federal (3 coletas) 2020
1	Mantiqueira	675	5	3	0	0	3	0	3	2	3	7,41	4,44	4,44	4,44	2,96
2	Paraíba do Sul	14.444	31	12	2	0	14	0	17	8	14	2,15	0,83	0,97	1,18	0,55
3	Litoral Norte	1.948	31	7	0	0	7	0	5	4	7	15,91	3,59	3,59	2,57	2,05
4	Pardo	8.993	13	5	0	0	5	0	9	3	5	1,45	0,56	0,56	1,00	0,33
5	Piracicaba, Capivari e Jundiá	14.178	91	35	1	0	36	0	24	17	36	6,42	2,47	2,54	1,69	1,20
6	Alto Tietê	5.868	100	67	11	8	86	7	21	11	93	17,04	11,42	15,85	3,58	1,87
7	Baixada Santista	2.818	19	16	0	0	16	0	8	8	16	6,74	5,68	5,68	2,84	2,84
8	Sapucaí / Grande	9.125	17	6	0	0	6	0	10	5	6	1,86	0,66	0,66	1,10	0,55
9	Mogi-Guaçu	15.004	37	6	0	0	6	0	17	4	6	2,47	0,40	0,40	1,13	0,27
10	Sorocaba / Médio Tietê	11.829	29	21	3	2	26	0	11	9	26	2,45	1,78	2,20	0,93	0,76
11	Ribeira de Iguape/ Litoral Sul	17.068	13	4	0	0	4	0	10	3	4	0,76	0,23	0,23	0,59	0,18
12	Baixo Pardo / Grande	7.239	8	4	0	0	4	0	6	3	4	1,11	0,55	0,55	0,83	0,41
13	Tietê / Jacaré	11.779	16	5	0	2	7	0	12	4	7	1,36	0,42	0,59	1,02	0,34
14	Alto Paranapanema	22.689	12	5	0	0	5	0	11	4	5	0,53	0,22	0,22	0,48	0,18
15	Turvo / Grande	15.925	21	6	0	0	6	0	17	6	6	1,32	0,38	0,38	1,07	0,38
16	Tietê / Batalha	13.149	11	6	0	0	6	0	11	6	6	0,84	0,46	0,46	0,84	0,46
17	Médio Paranapanema	16.749	9	3	0	0	3	0	9	3	3	0,54	0,18	0,18	0,54	0,18
18	São José dos Dourados	6.783	6	1	0	0	1	0	6	1	1	0,88	0,15	0,15	0,88	0,15
19	Baixo Tietê	15.588	13	5	0	0	5	0	12	5	5	0,83	0,32	0,32	0,77	0,32
20	Aguapeí	13.196	11	3	0	0	3	0	10	3	3	0,83	0,23	0,23	0,76	0,23
21	Peixe	10.769	7	3	0	0	3	0	5	3	3	0,65	0,28	0,28	0,46	0,28
22	Pontal do Paranapanema	12.395	12	7	0	0	7	0	10	7	7	0,97	0,56	0,56	0,81	0,56
<b>22 UGRHIs</b>		<b>248.219</b>	<b>512</b>	<b>230</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>259</b>	<b>7</b>	<b>244</b>	<b>119</b>	<b>266</b>	<b>2,06</b>	<b>0,93</b>	<b>1,07</b>	<b>0,98</b>	<b>0,48</b>

Obs.: Houve reprocessamento dos valores das áreas territoriais que foi atualizado de acordo com a estrutura político-administrativa vigente em 30 de abril de 2019, conforme publicado no Diário Oficial da União nº 94, de 19 de maio de 2020, que indicou que a nova área do Estado de São Paulo, passou de 248.222 km<sup>2</sup> para 248.219,481 km<sup>2</sup>. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=35>

### 3.5 Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento – IAEM

O IAEM, Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento, faz uma análise multicriterial composta basicamente por dois grupos de variáveis: antrópicas e ambientais. A correlação espacial é baseada em cinco fatores e abrange uma análise integrada, indo, portanto, além do critério de referência da densidade de pontos de cada UGRHI, que se baseia apenas na extensão territorial. O cenário anual é resultado da correlação dos dados de população total por UGRHI, advindos da estimativa da população residente no ano avaliado, de acordo com o IBGE e da densidade de população por UGRHI com a evolução do monitoramento da rede básica, a média do IQA por UGRHI e a densidade de pontos da rede básica da CETESB por UGRHI.

Dentro do critério antrópico são analisados dois fatores: a pressão populacional (estimada pela densidade populacional/km<sup>2</sup> de cada ano) e pelos macroúsos do solo, conforme a classificação das ex-principais vocações das UGRHIs, que fornecem uma ideia da pressão antrópica existente em cada unidade. Entretanto, o art. 28 da Lei nº 16.337/2016 revogou a Lei nº 9.034/1994, na qual constava essa classificação por “vocação” e na Lei nº 16.337/2016 não existe mais essa classificação, mas sim aquela dada pelo Anexo III da mesma, que é uma caracterização geral, atualizada por meio dos Relatórios de Situação. Para manter o critério de comparação à ponderação original, a vocação quanto ao macroúsos do solo permanecerá sendo usada, pois a vocação ainda reflete o uso do solo preponderante, variando seus pesos de 1 a 4 como originalmente delineado ([Apêndice I](#)).

O critério ambiental é baseado no monitoramento de água da rede básica da CETESB, o qual correlaciona as informações sobre monitoramento superficial das águas interiores, a saber: número de pontos com IQA calculado; densidade de pontos por UGRHI e a qualidade média da água (média anual do IQA por UGRHI). Assim, a partir da análise multicriterial, os dados ficam sintetizados e disponíveis para a gestão das águas paulista facilitando, dessa forma, a comparação da abrangência espacial da rede de monitoramento entre as UGRHIs para cada ano analisado.

A matriz para geração do índice IAEM divide os dois grupos em custos (antrópicos) e benefícios (ambientais), conforme a Tabela 3.7. O grupo de variáveis antrópicas é considerado como custo, pois no cálculo do índice IAEM influenciam negativamente no ambiente, ou seja, podem causar degradação nos corpos hídricos. Com isso, podem somar até 0,45 da nota máxima do índice que varia de 0 a 1 (sendo 1 a melhor nota). O grupo das variáveis ambientais associado à gestão do monitoramento é considerado como benefício, uma vez que esses fatores influenciam positivamente, ou seja, quanto maior sua presença, melhor será a gestão do território e sua contribuição positiva para o índice. Equivalem a uma parcela de 0,55 da composição da nota do índice IAEM.

**Tabela 3.7** – Composição da Matriz de análise dos fatores da Análise Multicritério do IAEM

Critérios	Variável	Peso
Antrópico (Dens. Pop. e Macro Uso do Solo da UGRHI)	Dens. Populacional.	0,25
	Macroúso do solo da UGRHI	0,2
Custos	$\Sigma$ Impactos Ambientais	0,45
Ambiental	Média Anual do IQA	0,3
(Monitoramento de Água)	Num. Pontos Monitorados	0,1
	Densidade de Pontos	0,15
Benefícios	$\Sigma$ Gestão do Monitoramento da Água	0,55
	Total => Índice IAEM	1

Portanto, o resultado não é um índice de qualidade de água, mas sim um índice que avalia a sustentabilidade de cada UGRHI por meio da abrangência e a da vulnerabilidade espacial da rede de monitoramento dentro do universo amostral de cada ano. Uma vez que a qualidade de água é um de seus componentes principais, bons resultados da qualidade da água contribuem favoravelmente para a melhora do índice. O delineamento metodológico está descrito no [Apêndice I](#).

Diferentemente dos anos anteriores, será incluída no relatório a comparação do IAEM de 2020 com o ano de 2019. Porém, a análise do ano de 2010 estará no Apêndice I. Com isso a Tabela 3.8 apresenta os dados originais para os anos de 2019 (antes da pandemia) e 2020 (com influência da pandemia), com a somatória do IAEM calculado para as 22 UGRHIs, em que se divide o Estado de São Paulo.

Tabela 3.8 – Dados originais para geração do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento 2019 e 2020

Matriz de Análise multicriterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2019									Matriz de Análise multicriterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2020								
Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE 0-1)	Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE 0-1)
Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/ UGRHI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Red. Básica		Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/ UGRHI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Red. Básica	
UGRHI	Área Km <sup>2</sup>	POP. IBGE 2019	hab/km <sup>2</sup>	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./ 1000 km <sup>2</sup>	IAEM 2019	UGRHI	Área Km <sup>2</sup>	POP. IBGE 2020	hab/km <sup>2</sup>	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./ 1000 km <sup>2</sup>	IAEM 2020
1	675	69.777	103,37	1	58,96	5	7,41	0,69	1	675	70.125	103,89	1	63,48	3	4,44	0,70
2	14.444	2.233.736	154,65	4	63,96	31	2,15	0,48	2	14.444	2.253.095	155,99	4	61,20	12	0,83	0,45
3	1.948	336.281	172,63	1	64,53	31	15,91	0,81	3	1.948	341.132	175,12	1	68,23	7	3,59	0,70
4	8.993	1.251.815	139,20	3	60,80	11	1,22	0,51	4	8.993	1.263.688	140,52	3	51,40	5	0,56	0,47
5	14.178	5.844.351	412,21	4	52,80	91	6,42	0,54	5	14.178	5.909.454	416,80	4	50,65	35	2,47	0,46
6	5.868	21.547.632	3.672,06	4	40,41	73	12,44	0,32	6	5.868	21.704.648	3.698,82	4	36,57	67	11,42	0,36
7	2.818	1.865.397	661,96	4	56,97	19	6,74	0,45	7	2.818	1.881.706	667,75	4	61,95	16	5,68	0,49
8	9.125	739.517	81,04	3	62,61	17	1,86	0,53	8	9.125	744.851	81,63	3	56,32	6	0,66	0,50
9	15.004	1.620.532	108,01	3	58,08	36	2,40	0,54	9	15.004	1.634.221	108,92	3	55,98	6	0,40	0,49
10	11.829	2.129.775	180,05	4	57,63	28	2,37	0,46	10	11.829	2.154.115	182,10	4	54,83	21	1,78	0,46
11	17.068	380.592	22,30	1	65,13	13	0,76	0,66	11	17.068	381.230	22,34	1	63,51	4	0,23	0,65
12	7.239	360.056	49,74	3	56,58	9	1,24	0,50	12	7.239	361.964	50,00	3	51,85	4	0,55	0,48
13	11.779	1.649.810	140,06	3	61,88	16	1,36	0,52	13	11.779	1.663.315	141,21	3	60,46	5	0,42	0,50
14	22.689	778.267	34,30	1	67,65	12	0,53	0,66	14	22.689	782.169	34,47	1	61,29	5	0,22	0,64
15	15.925	1.365.415	85,74	2	59,82	21	1,32	0,59	15	15.925	1.375.688	86,39	2	58,83	6	0,38	0,57
16	13.149	564.282	42,91	2	65,86	9	0,68	0,59	16	13.149	568.329	43,22	2	73,92	6	0,46	0,62
17	16.749	723.278	43,18	2	67,46	8	0,48	0,59	17	16.749	727.434	43,43	2	73,53	3	0,18	0,61
18	6.783	238.519	35,16	2	76,92	6	0,88	0,62	18	6.783	239.412	35,30	2	66,86	1	0,15	0,58
19	15.588	831.375	53,33	2	74,78	12	0,77	0,62	19	15.588	837.412	53,72	2	70,68	5	0,32	0,60
20	13.196	388.685	29,45	2	66,99	11	0,83	0,59	20	13.196	390.252	29,57	2	58,86	3	0,23	0,56
21	10.769	485.485	45,08	2	68,42	6	0,56	0,59	21	10.769	488.188	45,33	2	57,21	3	0,28	0,56
22	12.395	514.472	41,51	2	71,13	12	0,97	0,61	22	12.395	516.905	41,70	2	64,02	7	0,56	0,59
SP	248.219,5	45.919.049	183,35	3	62,66	477	1,92	12,44	SP	248.219,5	46.289.333	186,49	3	60,08	230	0,93	12,01
								∑ IAEM 2019									∑ IAEM 2020



Na Tabela 3.9 estão descritos os intervalos do índice, que variam de 0 (pior situação) a 1 (melhor situação), distribuídos nas cinco classes com as respectivas classificações, quanto ao nível de pressão antrópica exercida na UGRHI.

**Tabela 3.9** – Classes do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento (IAEM)

IAEM-Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento		Intervalos		Sustentabilidade do Gerenciamento da Qualidade	Status do Monitoramento da Qualidade X Pressão Antrópica
Classes	Insuficiente	0	0,355	Alta vulnerabilidade à pressão antrópica	Vulnerável
	Pouco Abrangente	0,356	0,505	Vulnerabilidade Significativa	
	Suficiente	0,506	0,605	Não Vulnerável	Não Vulnerável
	Abrangente	0,606	0,755	Sustentável	
	Muito Abrangente	0,756	1	Boa Sustentabilidade	

### 3.5.1 Cenário do IAEM para o ano de 2020

Em 2020, segundo a Estimativa do IBGE, a população do estado de São Paulo atingiu 46.289.333 habitantes, aumentando em cerca de 5 milhões durante o período 2010-2020. Somente nas UGRHIs de macroúso do solo industrial, notadamente com maior pressão antrópica, houve um incremento de 3,4 milhões de pessoas.

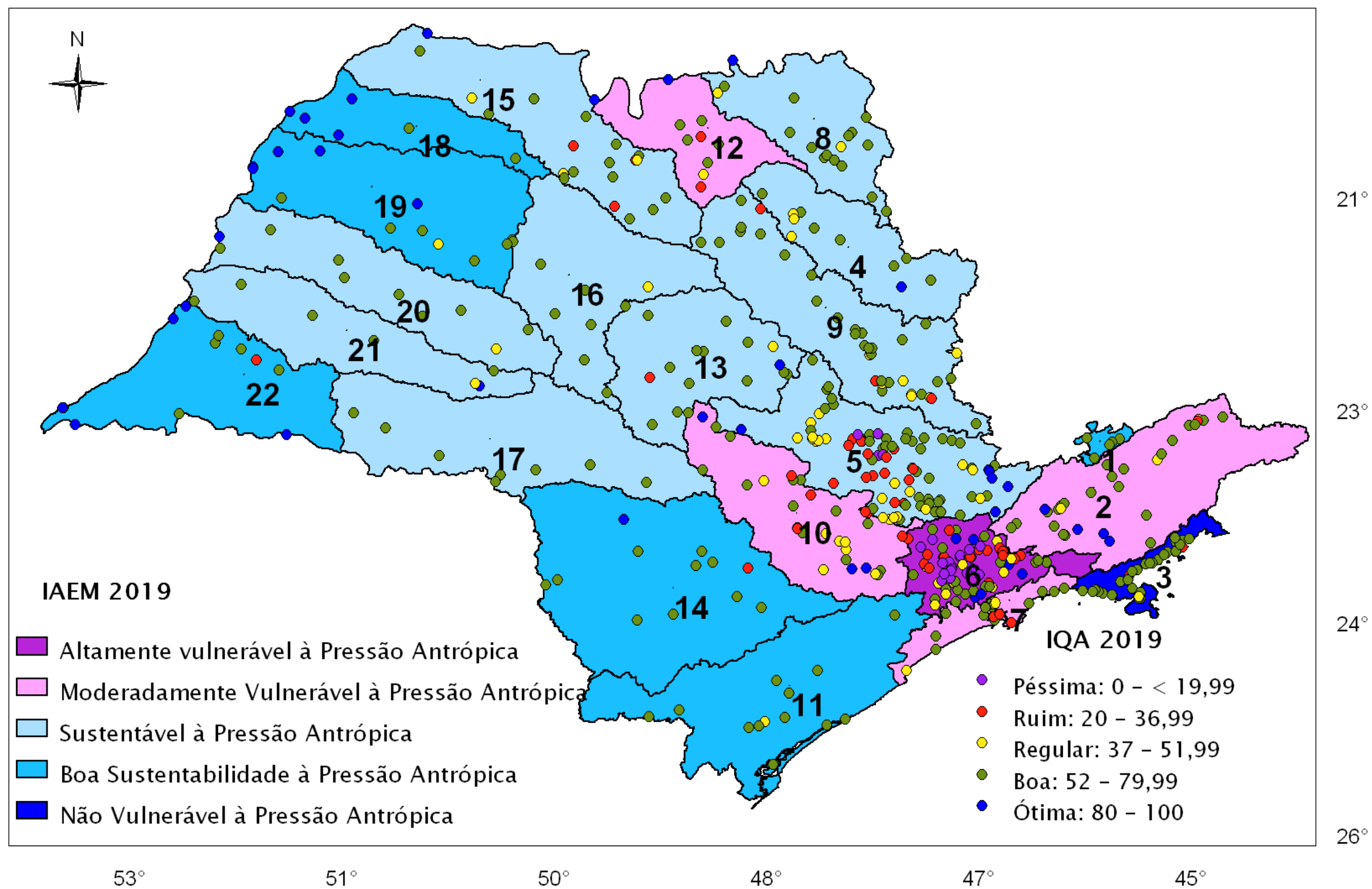
A redução do número de pontos de monitoramento devido à pandemia de COVID-19 representou uma diminuição de 477 pontos ativos em 2019 para 230 pontos com no mínimo de três coletas em 2020. Com isso, o Estado de São Paulo passou a ter uma densidade de 0,93 pontos/1.000 km<sup>2</sup>.

A menor incidência da presença do monitoramento de pontos da Rede Básica em todas as UGRHIs fez a amplitude da distribuição espacial da densidade de pontos/1.000 km<sup>2</sup> dentro do conjunto das 22 UGRHIs ficar um pouco menor. Em 2019, a amplitude foi de 15,44 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, variando de 0,48 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, caso da UGRHI 17 - Médio Paranapanema à 15,91 pontos/1.000 km<sup>2</sup>, caso da UGRHI 3 - Litoral Norte. Já em 2020, essa amplitude foi de 11,27 pontos/1.000 km<sup>2</sup> variando de 0,15 pontos/1.000 km<sup>2</sup> na UGRHI 18 - São Jose dos Dourados à 11,42 pontos/1.000 km<sup>2</sup> na UGRHI 6 - Alto Tietê, mostrando que existem, em ambas as comparações, significantes desigualdades espaciais no monitoramento entre as UGRHIs quando somente o fator densidade de pontos é considerado.

Em termos de mudança de classes do índice multicritério do IAEM, em relação ao ano de 2019, verificam-se 12 alterações na classificação: cinco unidades melhoraram e mudaram de classe (UGRHI 6 - Alto Tietê, 16 - Tietê/Batalha e UGRHI 17 - Alto Paranapanema). Os Mapas 3.3 e 3.4 resumem a situação das UGRHIs em relação ao IAEM em 2019 e 2020.

Mapa 3.3 – Situação das UGRHs no Estado de São Paulo em função do IAEM - 2019

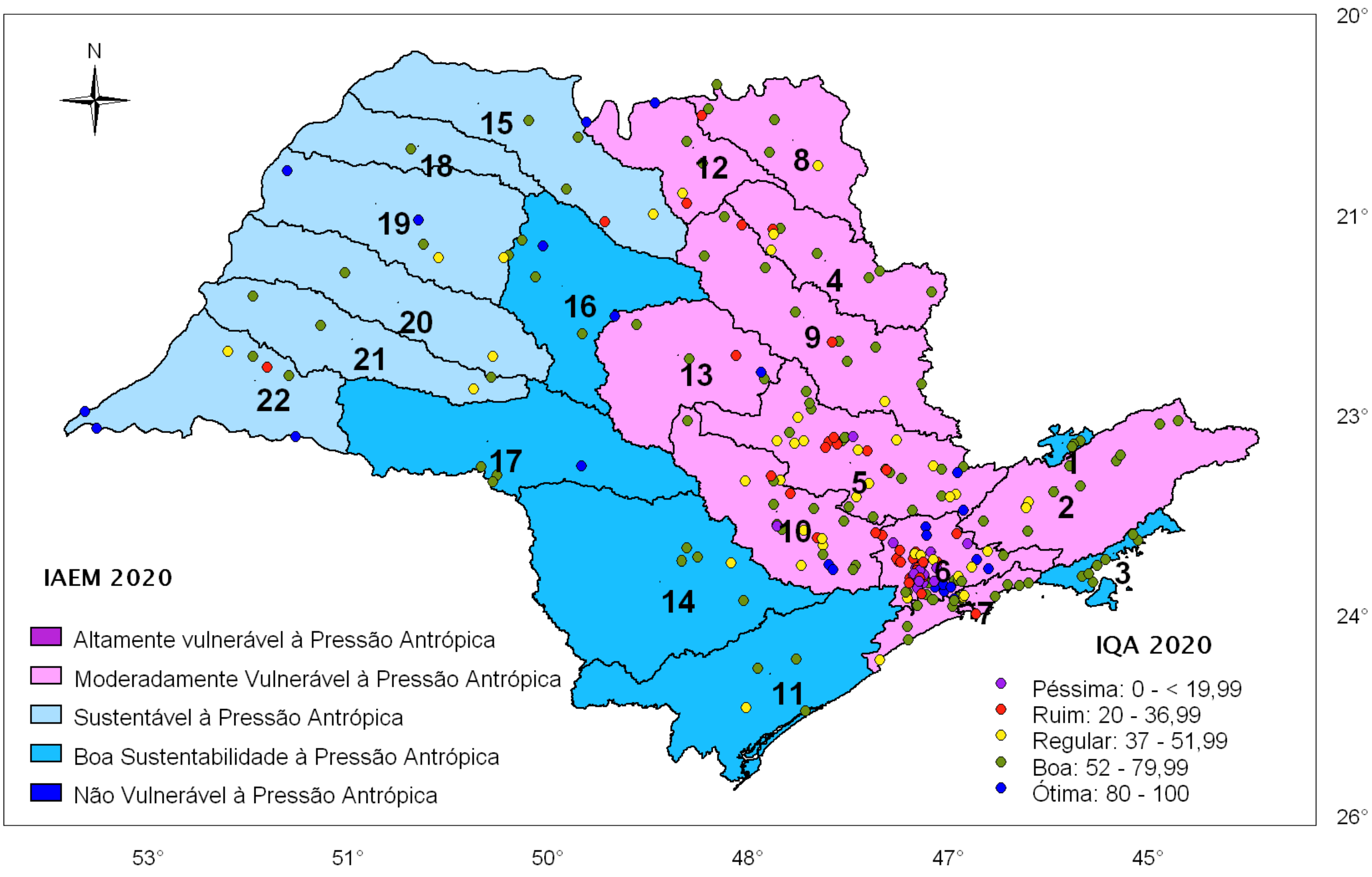
### Mapa do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento de Água - 2019 - Estado de São Paulo e suas 22 UGRHs





Mapa 3.4 – Situação das UGRHs no Estado de São Paulo em função do IAEM - 2020

### Mapa do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento de Água - 2020 - Estado de São Paulo e suas 22 UGRHs



De forma resumida, obteve-se o seguinte cenário para a variação da abrangência do monitoramento, de acordo com o critério territorial da CEE, utilizado para caracterizar a abrangência da rede de monitoramento: em 2019, a densidade mínima foi atingida por 13 das 22 UGRHs; em 2020, 6 das 22 UGRHs estavam dentro do índice de densidade mínima de 1 ponto/1.000 km<sup>2</sup>;

Já de acordo com os cenários do índice de abrangência espacial do monitoramento - IAEM no período estudado, o número de UGRHs classificadas como "Não vulnerável à pressão antrópica" caiu de 17 em 2019 para 12 em 2020. Dessa forma, pode-se concluir que a rede de monitoramento sofreu com os impactos das restrições de coleta e análise e houve aumento de mais unidades vulneráveis neste ano. Isso, também pode ser visto com a queda da somatória geral do estado, que foi um pouco pior, passando de 12,44 em 2019 para 12,01 em 2020.

A análise comparativa completa por UGRHI dos cenários de 2019 e 2020 consta no [Apêndice I](#).



## 4 • Saneamento e Aspectos Legais

Este capítulo subdivide-se em dois itens. No primeiro, é apresentada uma visão geral do saneamento no estado de São Paulo, indicando a evolução dos índices de tratamento dos esgotos domésticos para o período compreendido entre 2015 e 2020, bem como uma visão do saneamento nas 22 UGRHIs do estado de São Paulo. A avaliação dos serviços de coleta e tratamento de esgotos não levou em consideração outras fontes potenciais de impactos à qualidade das águas, tais como os sistemas de drenagem urbana e de coleta e disposição de resíduos sólidos, uma vez que se constituem em fontes de poluição difusa de difícil quantificação. Destaca-se ainda que essa poluição difusa é afetada pelos hábitos da população, entre os quais o descarte inadequado de resíduos no ambiente ou o lançamento indevido de esgotos no sistema de drenagem.

O segundo item analisa a porcentagem de resultados desconformes em relação aos padrões da Classe 2 da [Resolução CONAMA nº 357/2005](#) para as principais variáveis que podem estar contribuindo para a degradação dos corpos hídricos. Essa avaliação é complementada pela análise das porcentagens de atendimento em relação aos padrões de qualidade para a classe atual de enquadramento do corpo d'água, assim como para os padrões legais de classes de qualidade mais exigentes. Essas comparações objetivam subsidiar futuras ações dos órgãos competentes, visando uma recuperação progressiva da qualidade dos corpos d'água, conforme previsto na Resolução CONAMA nº 357/2005.

### 4.1 Coleta e Tratamento de Esgotos no estado de São Paulo

As porcentagens da população atendida pelos serviços de coleta e tratamento de esgotos são geradas pela Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental da CETESB.

O índice de tratamento de esgoto doméstico, no estado de São Paulo, atingiu 65%, o maior patamar em relação aos últimos cinco anos, conforme aponta o Gráfico 4.1.

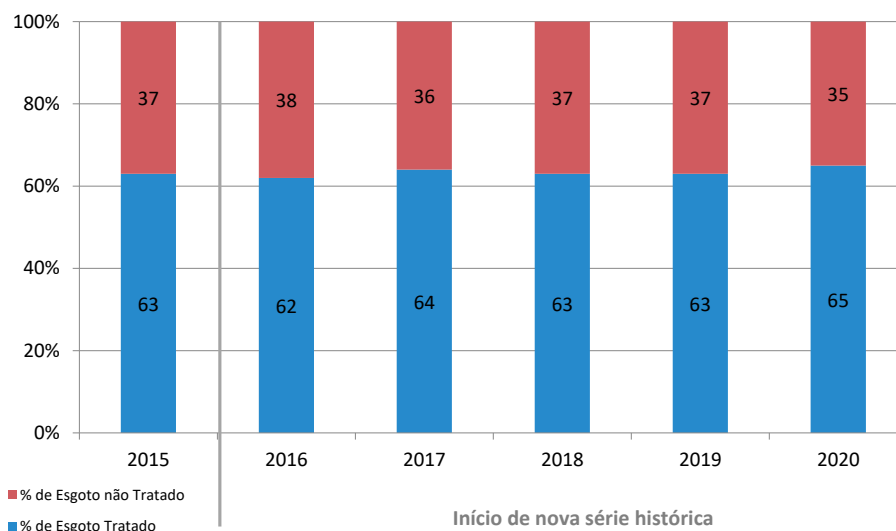
Embora o estado de São Paulo possua um dos melhores índices de saneamento básico da federação, ainda existe um déficit em relação à universalização, sendo necessária a aceleração do ritmo de investimentos, de forma a obter impactos positivos com relação às questões de saúde pública e de meio ambiente.

O aumento da porcentagem da população atendida pelos serviços de coleta e tratamento de esgotos é fundamental para a melhoria da qualidade das águas e o desenvolvimento sustentável do estado de São Paulo.

Para tanto, são necessárias ações integradas relacionadas ao uso e ocupação do solo envolvendo municipalidades e estado, de forma a equacionar problemas decorrentes das ocupações irregulares e do crescimento desordenado das cidades, além de intensificar as ações de educação sanitária e ambiental com a população para conexão ao sistema público de esgotos e uso correto dos serviços de saneamento disponibilizados. O lançamento dos esgotos domésticos sem tratamento nas águas dos rios, reservatórios, estuários e regiões

costeiras reduz sua qualidade, restringindo seus múltiplos usos e contribuindo para o aumento da ocorrência de doenças de veiculação hídrica, causadas pelo contato primário ou pela ingestão de água contaminada.

**Gráfico 4.1** – Evolução do tratamento de esgotos domésticos no estado de São Paulo – 2015 a 2020



Observação: A partir de 2016, houve um aperfeiçoamento na base de dados de cálculo do índice de coleta de esgoto.

Um dos principais parâmetros que indica o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento é o aumento da presença da *Escherichia coli* na água. Outro indicador da presença de lançamento de esgotos é o aumento da concentração da matéria orgânica e a sua decomposição pelos microrganismos, causando uma redução nos níveis de oxigênio dissolvido no meio aquático, que pode chegar a anoxia, dependendo das características do lançamento e do rio.

Quando os níveis de oxigênio dissolvido tendem a zero, a decomposição da matéria orgânica ocorre em meio anaeróbico, o que causa a emissão de subprodutos voláteis odoríferos dos corpos de água, causando incômodos à população e danos aos materiais e à flora. Em meio aeróbico, por outro lado, ocorre a decomposição da matéria orgânica carbonácea e da matéria orgânica nitrogenada, esta última convertida em nitrato. Ambos, fósforo e nitrato, são nutrientes essenciais para a atividade biológica, sendo o fósforo considerado como fator limitante. Quando em excesso, esses nutrientes provocam o crescimento excessivo de algas e macrófitas aquáticas, provocando a ocorrência do fenômeno denominado de eutrofização. Com o lançamento indevido de esgotos domésticos também aumentam a turbidez e as concentrações de surfactantes e de sólidos totais.

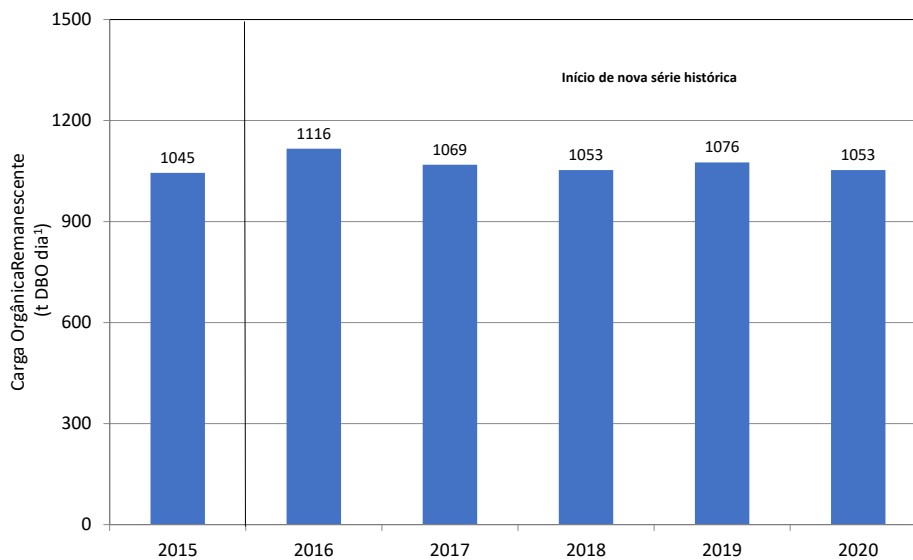
#### 4.1.1 Carga Orgânica Potencial e Remanescente

A carga orgânica potencial de cada município é calculada a partir da população urbana e do índice de carga de matéria orgânica gerada diariamente por habitante, representada pela Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO. O valor obtido da literatura é de  $54 \text{ g hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Com a carga potencial gerada pela população do município e as porcentagens de coleta e tratamento, bem como a eficiência do sistema de tratamento dos esgotos, calcula-se a carga orgânica remanescente, ou seja, aquela que é lançada nos corpos hídricos receptores.

Nas estações de tratamento de esgotos monitoradas pela CETESB, as eficiências dos processos de

tratamento são calculadas por meio dos resultados das análises de DBO no efluente bruto e no tratado. Nos outros casos, adotam-se eficiências esperadas em função do tipo de tratamento relacionadas na literatura técnica. A eficiência média das estações de tratamento de esgotos, em 2020, foi de 87%. A somatória da carga orgânica remanescente dos 645 municípios do estado não tem sido alterada significativamente ao longo dos últimos anos, mantendo-se em torno de 1.000 t DBO dia<sup>-1</sup> (Gráfico 4.2).

**Gráfico 4.2** – Evolução da carga remanescente no estado de São Paulo – 2015 a 2020



Observação: A partir de 2016, houve um aperfeiçoamento na base de dados de cálculo do índice de coleta de esgoto.

#### 4.1.2 Porcentagens de Coleta e Tratamento por UGRHI

Na Tabela 4.1, é apresentada a população atendida por coleta e tratamento de esgotos por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI. Também são apresentados a somatória da carga orgânica remanescente e o ICTEM para cada UGRHI.

**Tabela 4.1** – Porcentagem da população atendida pela coleta e pelo tratamento de esgotos e ICTEM nas áreas urbanas das 22 UGRHs - 2020

UGRHI		População Urbana	Atendimento (%)		Carga Remanescente t DBO dia <sup>-1</sup>	ICTEM
Número	Descrição		Coleta	Tratamento		
1	Mantiqueira	61.381	56	54	2	5,95
2	Paraíba do Sul	2.106.583	93	81	36	7,42
3	Litoral Norte	332.563	53	ND	ND	6,23
4	Pardo	1.204.305	99	85	15	8,12
5	Piracicaba/Capivari/Jundiaí	5.676.546	94	80	94	7,54
6	Alto Tietê	21.475.488	85	52	615	5,64
7	Baixada Santista	1.877.578	77	ND	ND	5,08
8	Sapucai/Grande	703.019	99	92	8	8,40
9	Mogi Guaçu	1.530.286	98	69	37	6,46
10	Sorocaba/Médio Tietê	1.915.928	89	81	32	7,52
11	Ribeira de Iguape/Litoral Sul	272.876	68	68	7	6,47
12	Baixo Pardo/Grande	344.416	99	75	7	7,05
13	Tietê/Jacaré	1.596.208	99	74	34	6,81
14	Alto Paranapanema	628.231	91	89	8	8,07
15	Turvo/Grande	1.279.792	98	94	11	9,83
16	Tietê/Batalha	516.836	99	92	8	7,91
17	Médio Paranapanema	662.970	97	94	10	7,99
18	São José dos Dourados	211.850	99	99	2	9,97
19	Baixo Tietê	766.836	98	98	9	8,36
20	Aguapeí	346.913	96	96	4	8,28
21	Peixe	442.214	89	47	15	5,03
22	Pontal de Paranapanema	467.967	97	92	4	9,84
<b>Estado de São Paulo</b>		<b>44.420.786</b>	<b>89</b>	<b>65</b>	<b>1053</b>	<b>7,74</b>

População Urbana: Estimativa populacional IBGE 2020 x % População Urbana CENSO 2010

ND: Não Determinado. As UGRHs 3 e 7 possuem municípios com sistema de emissário submarino precedido de EPC, não havendo atribuição legal para redução de matéria orgânica, de forma que não foram determinadas as porcentagens de tratamento e de carga remanescente para essas UGRHs.

A avaliação dos sistemas de saneamento básico dos 645 municípios paulistas é uma ferramenta importante para explicar o diagnóstico obtido pelo monitoramento da qualidade dos recursos hídricos.

Os dados relativos ao saneamento dos 645 municípios do estado de São Paulo, que compõem o retrato estadual, em que constam os percentuais de coleta e tratamento de esgoto, bem como a carga orgânica potencial e remanescente para cada um dos municípios encontram-se no [Apêndice J](#).

A CETESB aplica o Índice de Coleta e Tratabilidade de Esgotos da População Urbana de Municípios (ICTEM) para avaliar as condições de saneamento dos municípios do estado de São Paulo. O ICTEM retrata uma situação que leva em consideração a efetiva remoção da carga orgânica gerada pela população urbana sem deixar, entretanto, de observar a importância de outros elementos que compõem um sistema de tratamento de

esgotos, como a coleta, o afastamento e o tratamento. Além disso, considera também o atendimento à legislação quanto à eficiência de remoção da carga orgânica, que deve ser superior a 80%, e a conformidade com os padrões de qualidade do corpo receptor dos efluentes. O indicador permite transformar os valores nominais de carga orgânica em valores de comparação entre situações distintas dos vários municípios, refletindo a evolução ou estado de conservação de um sistema público de tratamento de esgotos.

Os resultados do ICTEM para 2020 podem ser visualizados na Tabela 4.1 e os detalhes técnicos do cálculo do ICTEM dos municípios litorâneos e a sua metodologia de cálculo podem ser consultados no [Apêndice E](#).

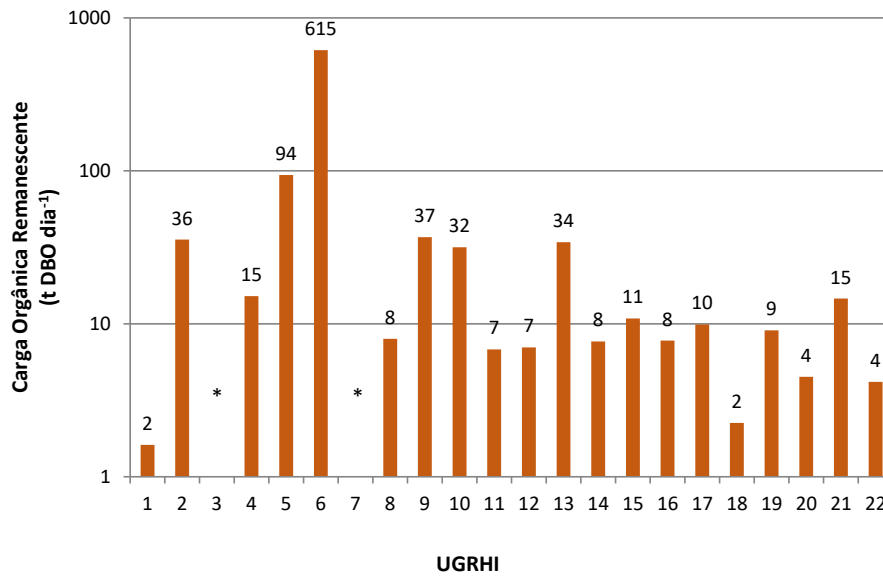
Em 2020, catorze UGRHIs, que concentram uma população de quase 17 milhões de pessoas, mantiveram uma nota de ICTEM superior a 7, com destaque para as UGRHIs 15 - Turvo Grande, 18 - São José dos Dourados e 22 - Pontal do Paranapanema, que quase atingiram a nota máxima, com índices de coleta e tratamento de esgotos superiores a 90%. A UGRHI 21 - Peixe, apresentou o menor ICTEM do estado, influenciado pelo índice nulo para o tratamento de esgotos do município de Marília.

Quanto à melhora na infraestrutura do saneamento municipal, cabe ressaltar que no ano de 2020 entraram em operação alguns sistemas de tratamento de esgotos nos municípios de Serrana (UGRHI 4), Rafard (UGRHI 5), Ibitinga e Itapuí (UGRHI 13). Destacaram-se ainda os municípios de Lavrinhas (UGRHI 2), Capivari, Rio Claro, Mombuca e Piracicaba (UGRHI 5), São Paulo (UGRHI 6), Guaira (UGRHI 8), Águas da Prata e Santa Rita do Passa Quatro (UGRHI 9), Cesário Lange (UGRHI 10), Tapiraí (UGRHI 11), Ibirá (UGRHI 16) e São Pedro do Turvo (UGRHI 17), com ampliações nos sistemas de tratamento ou melhorias na eficiência das ETEs que permitiram um aumento dos esgotos tratados nesses municípios.

Contudo, ainda existem no estado de São Paulo, 36 municípios com porcentagem nula de tratamento, que são: Américo Brasiliense, Araras, Areias, Barrinha, Bom Jesus dos Perdões, Caconde, Caieiras, Cajamar, Cordeirópolis, Cosmópolis, Descalvado, Estiva Gerbi, Francisco Morato, Franco da Rocha, Ipiruá, Iracemópolis, Jardinópolis, Mairinque, Marília, Monte Alegre do Sul, Orlandia, Paraibuna, Pedra Bela, Piquete, Pirajuí, Ribeirão Bonito, Rincão, Rio das Pedras, Santa Cruz das Palmeiras, São Joaquim da Barra, São José do Barreiro, São Simão, Sarapuí, Sarutaiá, Tejuapá e Tuiuti. Esses municípios totalizam uma população de, aproximadamente, 1,5 milhão de habitantes.

No Gráfico 4.3, são apresentadas as cargas remanescentes de DBO para cada UGRHI em que se divide o estado de São Paulo. Em razão da alta concentração de população na RMSP e dos seus índices de saneamento, a carga remanescente do Alto Tietê (UGRHI 6), de 615 t DBO dia<sup>-1</sup>, é responsável por 58% da carga lançada nos corpos hídricos do estado de São Paulo. Vale destacar que a população urbana dessa bacia corresponde a cerca de 48% da população urbana total do estado, motivo pelo qual o trecho do rio Tietê, inserido nesta UGRHI, concentra uma carga expressiva de DBO. A segunda UGRHI com maior carga remanescente é a do Piracicaba, Capivari e Jundiá (UGRHI 5), com 94 t DBO dia<sup>-1</sup>, representando uma porcentagem de cerca de 9% da carga remanescente gerada no estado de São Paulo. No entanto, a carga remanescente gerada nesta UGRHI distribui-se pelos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.



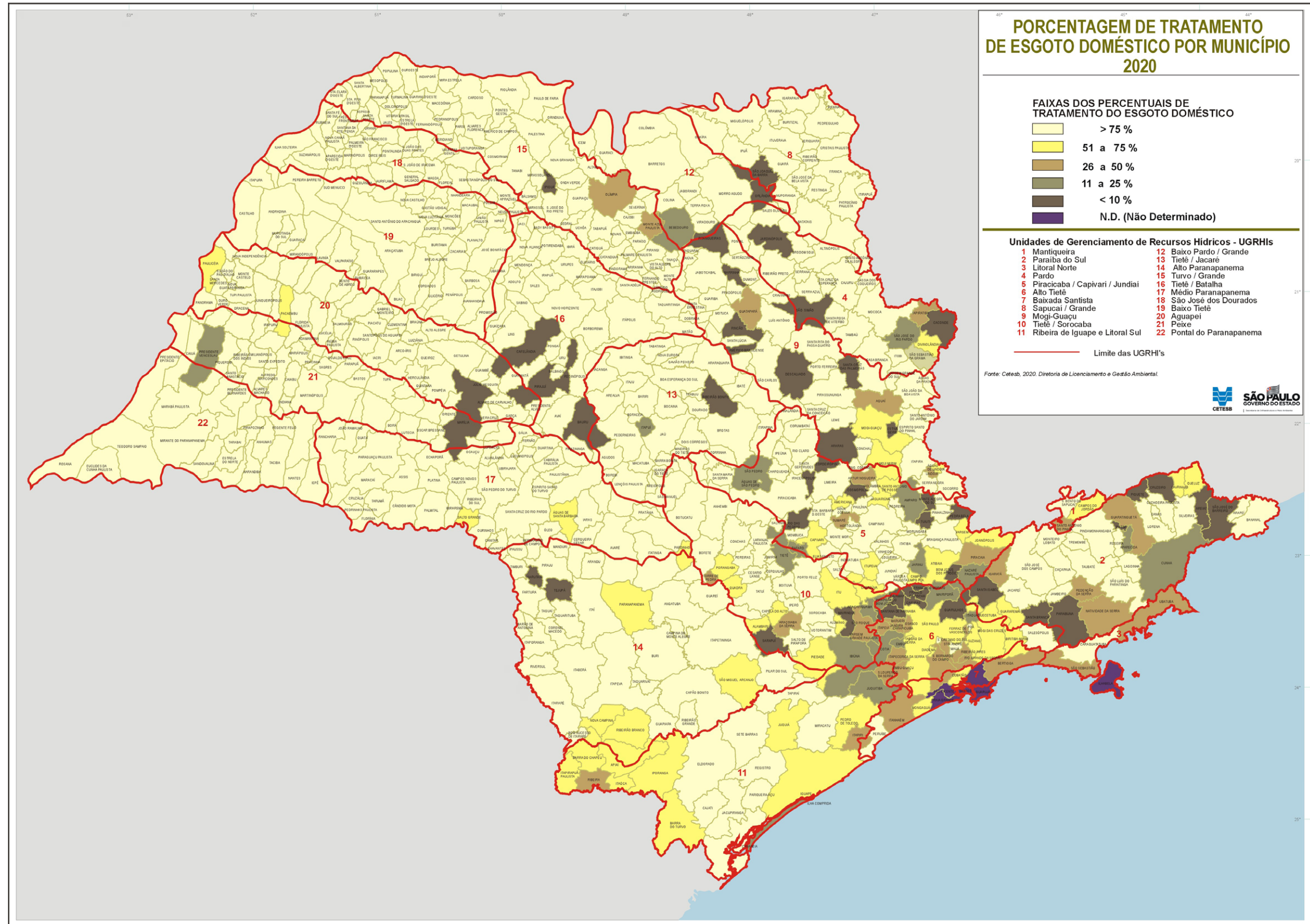
**Gráfico 4.3** – Carga remanescente de DBO por UGRHI – 2020

\* As UGRHIs 3 e 7 possuem municípios com sistema de emissário submarino precedido de EPC, não havendo atribuição legal para redução de matéria orgânica, de forma que não foram determinadas as porcentagens de tratamento e de carga remanescente para essas UGRHIs.

Outros fatores importantes que afetam diretamente o planejamento e disponibilidade dos serviços de saneamento são os problemas associados às ocupações irregulares e ao crescimento desordenado das cidades. Além disso, também deve ser considerado o comportamento do cidadão, que é responsável por ligar seus esgotos à rede coletora. Dessa forma, no Município de São Paulo, existe o [Decreto nº 42.565/2002](#), que obriga o munícipe a ligar seus esgotos à rede coletora quando esta estiver disponível.

A visualização geográfica das porcentagens de tratamento encontra-se no Mapa 4.1, em que é apresentada a situação dos 645 municípios do estado de São Paulo.

Mapa 4.1 – Porcentagem de tratamento de esgoto doméstico por município – 2020



## 4.2 Atendimento aos Padrões da Legislação

A Resolução [CONAMA nº 357/2005](#) estabelece as classes de qualidade para enquadramento dos corpos hídricos, os usos preponderantes e as condições e padrões de qualidade que devem ser atendidos em cada classe de qualidade. O [Decreto Estadual nº 10755/1977](#) define o enquadramento dos corpos hídricos no estado de São Paulo.

De forma a se obter uma visão geral da qualidade, adotaram-se os padrões da Classe 2, para todos os corpos hídricos monitorados, cujos usos previstos na Resolução CONAMA nº 357/2005 incluem a proteção da vida aquática e o abastecimento público após tratamento convencional. Desta forma, é possível subsidiar futuras ações dos órgãos competentes, visando uma recuperação progressiva da qualidade dos corpos d'água, conforme previsto na Resolução CONAMA nº 357/2005. Cabe esclarecer, contudo, que para grande parte da população do Estado, concentrada na RMSP, os rios correspondentes não são da Classe 2.

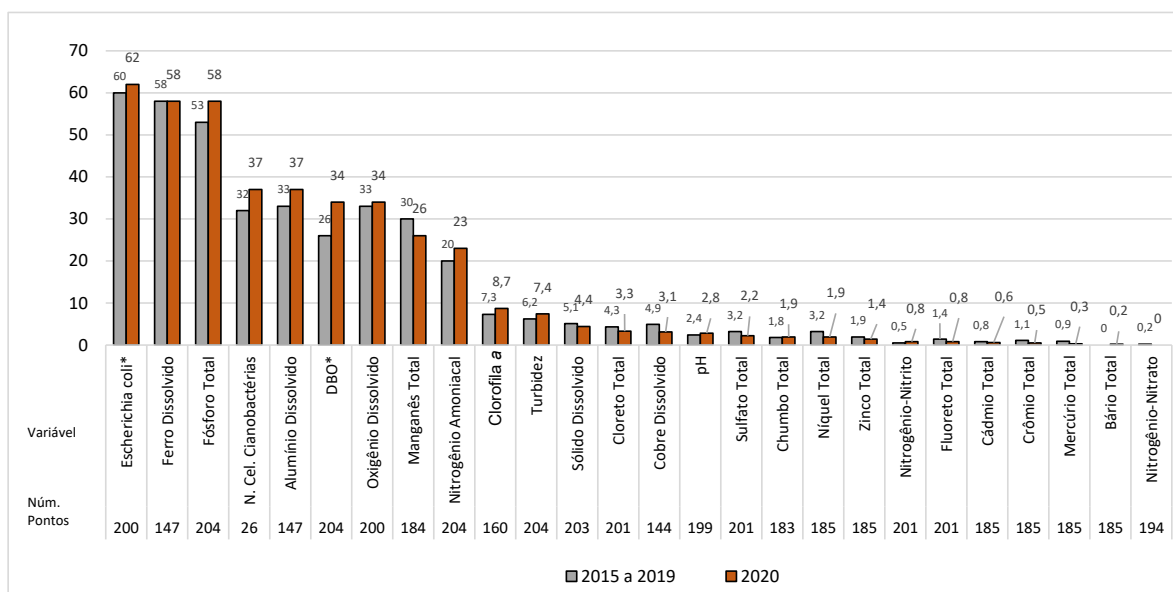
As porcentagens de resultados que não atendem ao padrão de qualidade de corpos d'água de Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005, obtidos em 2020, são comparadas à média dos últimos cinco anos (período de 2015 a 2019) (Gráfico 4.4). Em razão da pandemia de COVID-19, só foram considerados para essa análise, os pontos que em 2020 tiveram, pelo menos, três amostragens de cada variável, assim como aqueles que possuem um histórico de monitoramento. As desconformidades por variável e por ponto de coleta podem ser consultadas no [Apêndice K](#).

Cabe ressaltar que, com relação às variáveis *Escherichia coli* e DBO, foram adotados os seguintes critérios:

***Escherichia coli*** - adotou-se a variável *Escherichia coli*, em substituição aos Coliformes Termotolerantes, cujos resultados são comparados aos padrões da Classe 2, estabelecidos na [Decisão de Diretoria nº 112/2013/E](#) de 09/04/2013, publicada no Diário Oficial Estado de São Paulo, em 12/04/2013.

**DBO** – adotou-se a DBO estimada a partir dos resultados obtidos do Carbono Orgânico Total, para as amostras em que essa variável não foi determinada, valendo-se da relação descrita no estudo estatístico publicado no site da CETESB: [Estudo estatístico da relação funcional entre os parâmetros DBO5 e COT em corpos d'água do Estado de São Paulo](#).

**Gráfico 4.4** – Porcentagens de resultados na Rede Básica que não atendem aos padrões estabelecidos para a Classe 2, em 2020 e no período de 2015 a 2019



\*DBO estimada a partir dos resultados de COT

De um modo geral, as maiores porcentagens de não atendimento referem-se às variáveis sanitárias (*E. coli*, DBO, Fósforo Total e Oxigênio Dissolvido), aos metais (Ferro Dissolvido, Alumínio Dissolvido e Manganês Total) e ao Número de Células de Cianobactérias (Gráfico 4.4).

Dentre as variáveis presentes no esgoto doméstico ou que indicam a sua presença no corpo hídrico, a *E. coli* apresentou a maior porcentagem de resultados em desacordo com os padrões de Classe 2 do estado (62%), seguido pelo Fósforo (58%), Oxigênio Dissolvido (34%), DBO (34%) e Nitrogênio Amoniacal (23%). Constataram-se que essas variáveis apresentaram ligeira piora em 2020 em relação à média histórica. As variáveis DBO, Fósforo e Número de Células de Cianobactérias foram as variáveis que apresentaram maiores diferenças em 2020 em relação à média histórica, pois houve aumento entre cinco e oito pontos percentuais de resultados não conformes.

Para atendimento à legislação, é primordial a continuidade nos investimentos para atingir a universalização da coleta e do tratamento de esgoto no estado. Para o Fósforo, a implantação do tratamento terciário é uma solução adequada, onde for necessário e sob condições específicas, ressaltando que as contribuições de fósforo oriundas das atividades agrícolas e pecuárias devem ser consideradas. A diminuição da carga de fósforo nos corpos hídricos também resultará na diminuição dos eventos de florações de algas.

Em relação aos metais Alumínio, Ferro e Manganês, abundantes nos solos do estado de São Paulo e que constituem uma fonte significativa desses metais para os corpos hídricos, as porcentagens de não atendimento aos padrões da Classe 2 em 2020 mantiveram-se estáveis ou decresceram em relação à média histórica, como é o caso do Ferro Dissolvido (58%) e o Manganês Total (26%), ao passo que estas aumentaram quatro pontos percentuais para o Alumínio Dissolvido (37%). Ressalta-se que esses metais também podem estar associados a efluentes de ETAs e a fontes industriais, em áreas mais urbanizadas. O carreamento de solo aos corpos hídricos acarreta o aumento da Turbidez e de Sólidos Dissolvidos, principalmente em eventos de alta intensidade de chuvas, entre outros fatores. Essas variáveis tiveram 7,4 e 4,4% de resultados não conformes, um pouco acima da média histórica, respectivamente.

Em relação às variáveis hidrobiológicas, houve aumento de não atendimento aos padrões de Classe 2 para a Clorofila *a* e para o Número de Células de Cianobactérias em relação à média histórica, com aumento de dois e cinco pontos percentuais, respectivamente.

Semelhante ao constatado nos anos anteriores, os metais Níquel, Zinco, Cádmiio, Chumbo, Cromo, Cobre Dissolvido e Mercúrio, associados intrinsecamente aos lançamentos de efluentes industriais, vem mantendo baixa porcentagem de resultados que não atendem ao padrão de Classe 2, refletindo o controle das fontes industriais no estado.

Ressalta-se que as interpretações relativas ao Gráfico 4.4 exigem cautela, já que a porcentagens de não atendimento aos padrões de Classe 2 para o ano de 2020 foram obtidas a partir de um universo menor de amostras em razão da pandemia de COVID-19.

#### 4.2.1 Porcentagem de resultados desconformes por classe de enquadramento

De acordo com os usos preponderantes de um corpo hídrico, ele é enquadrado numa determinada classe de qualidade, devendo atender às condições e padrões determinados para essa classe (Resolução CONAMA nº 357/2005).



Neste item são apresentados os resultados de uma análise específica, por meio da qual foram verificadas as porcentagens de atendimento em relação aos padrões de qualidade para a classe de qualidade de enquadramento atual do corpo d'água. De forma a subsidiar uma eventual proposta de reenquadramento, a análise foi estendida para verificar o atendimento do enquadramento atual aos padrões legais de classes de qualidade mais exigentes.

#### 4.2.1.1 Pontos enquadrados na Classe Especial

Os pontos enquadrados na Classe 1 do Decreto Estadual nº 10.755/1977 correspondem a Classe Especial da Resolução CONAMA nº 357/2005, devendo atender às condições estabelecidas nessa resolução. Assim, para fins de avaliação da qualidade dos trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe Especial, para os quais devem ser mantidas as condições naturais do corpo d'água, optou-se pela comparação aos padrões da Classe 1 dessa resolução.

Em 2020, foram monitorados 29 pontos enquadrados na Classe Especial localizados principalmente nos reservatórios de abastecimento público e nos seus formadores. Na Tabela 4.2 são apresentadas as porcentagens de atendimento ao padrão da Classe 1 de pontos localizados em trechos de rios e reservatórios da Classe Especial.

**Tabela 4.2** – Porcentagens de atendimento aos padrões da Classe 1 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe Especial da Resolução CONAMA nº 357/2005

Variável	N. Pontos	% de Atendimento Classe 1
<i>Escherichia coli</i>	29	33
Fósforo Total	29	37
N. de Cél. Cianobactérias	10	48
Oxigênio Dissolvido	29	50
DBO*	29	52
Clorofila <i>a</i>	18	64
Nitrogênio Amoniacal	29	71
Alumínio Dissolvido	8	82
Cobre Dissolvido	8	82
Ferro Dissolvido	8	82
Turbidez	29	85
Manganês Total	15	92
pH	28	96

\*DBO estimada a partir dos resultados de COT para as amostras em que essa variável não foi determinada.

Nos pontos enquadrados na Classe Especial, as menores porcentagens de atendimento aos padrões da Classe 1 são relacionadas às variáveis que indicam a presença de esgoto doméstico e floração de algas.

As variáveis que indicam a presença de esgotos domésticos, como DBO, *Escherichia coli*, Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Amoniacal e Fósforo Total não atenderam ao padrão de qualidade principalmente nos formadores do reservatório Guarapiranga e na entrada do braço do Parelheiros nesse reservatório (GUAR 00100).

Nos reservatórios da Billings (braço do Taquacetuba - BITQ 00100), Guarapiranga (GUAR 00900) e alguns reservatórios pertencentes ao sistema Alto Tietê (Jundiá e Taiacupeba) e Cantareira (Jaguari e Atibainha), as variáveis relacionadas às florações de algas, como Número de Células Cianobactérias, Fósforo Total, pH e Clorofila *a*, não atenderam aos padrões de qualidade em algumas campanhas. No reservatório Guarapiranga, próximo à captação, o Cobre Dissolvido foi quantificado acima dos padrões para as Classes 1 e 2 em cinco campanhas, podendo estar relacionado ao uso de algicidas para controle de florações de algas.

Desconformidades para as variáveis Alumínio e Ferro Dissolvido e Manganês Total foram verificadas no rio Jaguari, a montante do reservatório Jaguari, na UGRHI 5 (JAGR 00002) e no rio Piracuama (UAMA 00600), na UGRHI 2.

As demais variáveis monitoradas que possuem padrão de qualidade e que não constam na Tabela 4.2 atenderam aos padrões de qualidade em 100% das amostras ou próximo disto.

#### 4.2.1.2 Pontos enquadrados na Classe 2

Em 2020, foram monitorados 148 pontos enquadrados na Classe 2. Nessa classe, estão enquadrados a maior parte dos corpos hídricos monitorados no estado. Na Tabela 4.3 são apresentadas as porcentagens de atendimento ao padrão das Classes 1 e 2 de pontos localizados em trechos de rios e reservatórios da Classe 2.

**Tabela 4.3** – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1 e 2 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005

Variável	N. Pontos	% de Atendimento Classe 1	% de Atendimento Classe 2
Ferro Dissolvido	106	44	44
<i>Escherichia coli</i>	144	24	47
N. Cel. Cianobactérias	19	36	51
Fósforo Total	148	50	52
Alumínio Dissolvido	106	62	62
Oxigênio Dissolvido	144	61	76
Manganês Total	131	77	77
DBO*	148	60	78
Nitrogênio Amoniacal	148	88	88
Turbidez	148	81	93
Clorofila <i>a</i>	134	77	93

\*DBO estimada a partir dos resultados de COT para as amostras em que essa variável não foi determinada.

As porcentagens de atendimento aos padrões legais dos trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 2 são semelhantes à distribuição das não conformidades no estado, uma vez que a maior parte dos pontos monitorados está enquadrado nessa classe.

Dessa forma, prevalecem, em diversos pontos de monitoramento no estado, as não conformidades para as variáveis que indicam a presença de esgoto doméstico, principalmente *Escherichia coli* e Fósforo



Total, dos metais de origem edáfica Ferro e Alumínio Dissolvido e da variável Número de Células de Cianobactérias, que está associada ao enriquecimento por Fósforo Total, principalmente em pontos localizados em ambientes lânticos.

Na hipótese de reenquadramento para a Classe 1, a porcentagem de pontos que satisfazem essa exigência de qualidade diminui expressivamente, principalmente para as variáveis *E. coli*, densidade de cianobactérias, Oxigênio Dissolvido e DBO.

Dentre as não conformidades associadas à Classe 2, destacou-se a variável densidade de cianobactérias nos reservatórios do rio Tietê (Barra Bonita e Promissão) e nos seus braços. Valores elevados de Fósforo foram quantificados no rio Piaçaguera (PIAC 02700), na UGRHI 7 (12,8 mg L<sup>-1</sup>), e no rio Jacupiranga (JAPI 02100), na UGRHI 11 (8,7 mg L<sup>-1</sup>). Baixos valores de Oxigênio Dissolvido foram verificados nos afluentes da Billings, em trechos do rio Piracicaba (PCAB 02135 e PCAB 02220) e no rio Sorocaba (SORO 02200 e SORO 02300).

As não conformidades para Cloreto, Sulfato e Sólidos Dissolvidos foram verificadas em pontos próximos à foz dos rios litorâneos, onde há influência da maré. Os maiores valores de fluoreto foram verificados no rio Pirajibu – UGRHI 5 (5,8 mg L<sup>-1</sup>) e no rio das Conchas – UGRHI 10 (2,12 mg L<sup>-1</sup>). Resultados não conformes para a Turbidez são verificados principalmente na UGRHI 5, nos rios Atibaia e Piracicaba.

Os Compostos Orgânicos Voláteis, monitorados em cinco pontos da UGRHI 7, atenderam ao padrão de qualidade, quando existente.

As demais variáveis monitoradas que possuem padrão de qualidade e que não constam na Tabela 4.3 atenderam ao padrão de qualidade da Classe 2 entre 95 e 100% das amostras.

#### 4.2.1.3 Pontos enquadrados na Classe 3

Em 2020, foram monitorados 14 pontos em rios enquadrados na Classe 3. As porcentagens de atendimento aos padrões de qualidade das Classes 1, 2 e 3 de pontos localizados em trechos de rios e reservatórios da Classe 3 constam na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4** – Percentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2 e 3 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005

Variável	N. Pontos	% de Atendimento Classe 1	% de Atendimento Classe 2	% de Atendimento Classe 3
<i>Escherichia coli</i>	14	0	4	13
Fósforo Total	14	16	16	16
Oxigênio Dissolvido	14	29	47	53
DBO*	14	18	36	56
Alumínio Dissolvido	12	61	61	69
Nitrogênio Amoniacal	14	49	49	78
Turbidez	14	71	87	87
Fluoreto Total	14	93	93	93
Cobre Dissolvido	12	94	94	94
Manganês Total	14	53	53	98
Ferro Dissolvido	12	28	28	100

\*DBO estimada a partir dos resultados de COT para as amostras em que essa variável não foi determinada.

Destacam-se as variáveis *E. coli* e Fósforo Total, com baixa percentagem de atendimento aos padrões da Classe 3, ao passo que 53 e 56% das amostras analisadas atenderam aos padrões da Classe 3 para as variáveis Oxigênio Dissolvido e DBO, respectivamente. Verifica-se também que, apesar de alta percentagem de atendimento aos padrões da Classe 3 para algumas variáveis, a exemplo do Nitrogênio Amoniacal e do Ferro Dissolvido, a percentagem de atendimento a padrões de qualidade mais restritivos (Classes 1 e 2) seria bem inferior. Além disso, nenhum ponto atualmente enquadrado na Classe 3 atenderia em 100% aos padrões de qualidade da Classe 2.

Valores elevados de Nitrogênio Amoniacal são verificados no ribeirão Perová (PEOV 03900) na UGRHI 6 (50,9 mg L<sup>-1</sup>) e no ribeirão dos Quilombos (QUIL 03900) (26 mg L<sup>-1</sup>) na UGRHI 5.

As demais variáveis monitoradas e que possuem padrão de qualidade atenderam entre 96 e 100% aos padros de qualidade da Classe 3. Destaca-se 100% de atendimento para Clorofila *a*. O ribeirão Perová (PEOV 03900) apresentou resultados não conformes para diversas variáveis, incluindo alguns metais pesados.

#### 4.2.1.4 Pontos enquadrados na Classe 4

Em 2020, foram monitorados 45 pontos em rios enquadrados na Classe 4. As percentagens de atendimento aos padros de qualidade das Classes 1, 2, 3 e 4 de pontos localizados em trechos de rios da Classe 4 constam na Tabela 4.5.

**Tabela 4.5** – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2, 3 e 4 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios enquadrados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005

Variável	N. Pontos	% de Atendimento Classe 1	% de Atendimento Classe 2	% de Atendimento Classe 3	% de Atendimento Classe 4
Oxigênio Dissolvido	45	16	30	38	60
pH	45	100	100	100	100
<i>Escherichia coli</i>	45	0	1	5	
Fósforo Total	45	2	2	7	
*DBO	45	4	15	32	
Nitrogênio Amoniacal	45	25	25	58	
Alumínio Dissolvido	28	66	66	81	
Turbidez	45	69	91	91	
Níquel Total	31	93	93	93	
Ferro Dissolvido	28	26	26	100	
Manganês Total	31	49	49	99	
Tolueno	18	84	84		
Cobre Dissolvido	27	94	94	96	

\*DBO estimada a partir dos resultados de COT para as amostras em que essa variável não foi determinada.

As variáveis monitoradas em 2020 e que possuem padrão de qualidade para a Classe 4 são Oxigênio Dissolvido e pH. Os pontos enquadrados na Classe 4 atenderam ao padrão de pH em 100% das amostras e em 60% das amostras de Oxigênio Dissolvido. Porém, essa porcentagem diminui para 38 e 30% se comparado aos padrões das Classes 2 e 3, indicando que a maioria dos rios Classe 4 no estado não são adequados para a proteção da vida aquática. Dessa forma, caso seja estudado reenquadramento desses corpos hídricos, serão necessárias ações para aumentar os níveis de Oxigênio Dissolvido.

As demais variáveis não possuem padrão para a Classe 4, mas verifica-se a qualidade comprometida, principalmente pela presença de variáveis associadas ao lançamento de esgotos domésticos. Constata-se que o atendimento aos padrões das Classes 1 e 2 é muito baixo ou praticamente nulo para as variáveis *E. coli*, DBO e Fósforo.

As porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 2 e 3 para os metais pesados e compostos orgânicos voláteis em rios da Classe 4 são, de modo geral, elevadas, embora alguns deles, como o Níquel Total e o Tolueno, sejam detectados em trechos de alguns rios, a exemplo do rio Tietê na RMSP e em seus afluentes e no rio Tatu (TATU 04900) na UGRHI 5.

#### 4.2.1.4.1 Pontos do Programa Novo Rio Pinheiros

Em 2020, a CETESB monitorou 22 pontos pertencentes a bacia do rio Pinheiros, visando acompanhar as ações para melhoria da qualidade da água dessa bacia por intermédio do Programa Novo Rio Pinheiros do Governo do Estado de São Paulo. Esses rios estão atualmente enquadrados na Classe 4 e fazem parte dos 45 pontos da Rede Básica monitorados em trechos de rios dessa classe, conforme mencionados no item 4.2.1.4. Este item objetiva avaliar o atendimento aos padrões da Classe 4, assim como de classes de qualidade mais exigentes, dos pontos da bacia do rio Pinheiros.

A Tabela 4.6 apresenta as porcentagens de atendimento aos padrões de qualidade das Classes 2, 3 e 4 de pontos localizados em trechos de rios da Classe 4 da bacia do rio Pinheiros. Algumas variáveis só foram monitoradas em quatro pontos da calha do rio Pinheiros (PINH 04250, PINH 04500, PINH 04700 e PINH 04900) e nos seus principais afluentes, a saber: córregos Espraiada, Jaguaré, Pirajuçara, Traição, Cordeiro e Morro do S, totalizando 10 pontos.

**Tabela 4.6** – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2, 3 e 4 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados na calha do rio Pinheiros e nos seus principais afluentes enquadrados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005

Variável	N. Pontos	% de Atendimento Classe 2	% de Atendimento Classe 3	% de Atendimento Classe 4
Oxigênio Dissolvido	22	29	36	58
pH	22	100	100	100
<i>Escherichia coli</i>	22	1	4	
Fósforo Total	22	4	10	
DBO*	22	11	20	
Nitrogênio Amoniacal	22	19	48	
Cobre Dissolvido	10	87	93	
Níquel Total	10	93	93	
Turbidez	22	95	95	
Alumínio Dissolvido	10	77	97	
Crômio Total	10	97	97	
Fluoreto Total	22	98	98	
Manganês Total	10	43	100	
Ferro Dissolvido	10	57	100	
Zinco Total	10	97	100	
Bário Total	10	100	100	
Cádmio Total	10	100	100	
Chumbo Total	10	100	100	
Cloreto Total	22	100	100	
Mercúrio Total	10	100	100	
Nitrogênio-Nitrato	22	100	100	
Nitrogênio-Nitrito	22	100	100	
Sólido Dissolvido Total	21	100	100	
Sulfato Total	22	100	100	

\*DBO estimada a partir dos resultados de COT para as amostras em que essa variável não foi determinada.

Conforme Tabela 4.6, 58% das amostras atenderam ao padrão de qualidade da Classe 4 para o Oxigênio Dissolvido (2 mg L<sup>-1</sup>). As variáveis que indicam a presença de esgoto doméstico são as que apresentaram maiores não conformidades em relação aos padrões das Classes 2 e 3, a saber: *Escherichia coli*, DBO, Nitrogênio Amoniacal e Fósforo Total.

Alguns metais foram quantificados em concentrações que não atenderiam aos padrões da Classe 2 e 3. Desses, foram quantificados em duas campanhas: Cobre Dissolvido nos córregos Pirajuçara e Jaguaré e Níquel Total no córrego dos Cordeiros.

Na Tabela 4.7 é apresentada a porcentagem de atendimento aos padrões da Classe 2 por ponto de monitoramento na bacia do rio Pinheiros. A porcentagem foi calculada considerando o total de amostras das variáveis listadas na Tabela 4.6 por ponto.

**Tabela 4.7** – Porcentagem de atendimento aos padrões da Classe 2 de amostras dos pontos da Rede Básica da CETESB localizados em na calha do rio Pinheiros e nos seus principais afluentes

Ponto	Corpo Hídrico	% Atendimento a Classe 2
JUDA 02300	Córrego Judas	92
JAME 04800	Córrego da Av. Jaime de Oliveira	79
KUJA 04350	Córrego das Corujas	79
PINH 04100	Rio Pinheiros	79
PINH 04250	Rio Pinheiros	76
TRAI 04800	Córrego da Traição	76
SPRA 04850	Córrego Águas Espaiadas	72
BOSC 04500	Córrego Dom Bosco	72
PINH 04500	Rio Pinheiros	69
MACK 04900	Córrego da Av. Alexandre Mackenzie	69
PBAX 04600	Córrego da Ponte Baixa	69
ESSE 04800	Córrego do Morro do S	68
UARE 04550	Córrego do Jaguaré	68
CAYA 04950	Dreno Cayaguava	67
PINH04900	Rio Pinheiros	65
JUÇA 04900	Córrego do Pirajussara	65
CORD 04950	Córrego Parque do Cordeiro	65
OLAR 04800	Córrego Olaria	62
PARC 04900	Córrego do Pau Arcado/ Morumbi	62
POLI 04900	Córrego Poli	62
ZVUS 04950	Córrego Zavuvus	62
PEDR 04800	Córrego Pedreiras	58

Destacam-se os córregos Judas (JUDA 02300), Jaime de Oliveira (JAME 04800) e Corujas (KUJA 04350) que apresentaram as maiores porcentagens de resultados conformes.

## 5 • Índices de Qualidade das Águas

Neste capítulo é apresentada uma síntese da qualidade das águas no Estado de São Paulo, determinada a partir dos índices de qualidade. Visualizam-se os mapas da distribuição espacial da qualidade, os resultados agrupados por UGRHI e a comparação com a média histórica, de forma a estabelecer as áreas prioritárias e verificar possíveis tendências de melhora ou piora ocorridas nos últimos cinco anos.

Os resultados do monitoramento e dos índices de qualidade podem ser consultados no [Apêndice L](#), que contém:

- Médias de 2020 e de 2015 a 2019 das principais variáveis de qualidade.
- Porcentagem dos resultados não conformes em 2020 e de 2015 a 2019.
- Resultados mensais e média anual do IQA – 2020.
- Resultados mensais e média anual do IAP – 2020.
- Resultados mensais e média anual do IET – 2020.
- Resultados mensais e média anual do IVA – 2020.
- Resultados mensais e média anual do ICF – 2020.
- Valores mensais de microcistina e saxitoxina – 2020.
- Resultados mensais e média anual do ICZ – 2020.
- Resultados mensais e média anual do IB – 2020.
- Qualidade do Sedimento por UGRHI e pontos de coleta – 2020.
- Porcentagem de operação das Estações Automáticas – 2020.
- Porcentagem de atendimento das médias horárias das Estações Automáticas – 2020.
- Registros mensais de mortalidade de peixes por UGRHI – 2020.

Em 2020, em razão da pandemia de COVID-19, a Rede Básica teve redução de pontos e frequência de monitoramento ao longo do ano, conforme detalhado nos [Capítulos 1 e 3](#).

Para fins de cálculo das médias anuais dos índices de qualidade, só foram considerados os pontos que tiveram pelo menos três resultados em 2020.

Os seguintes resultados estão disponibilizados nos apêndices desse relatório:

- [Apêndice M](#) - Médias anuais dos índices de qualidade de 2015 a 2020;
- [Apêndice N](#) - Dados brutos das variáveis de qualidade por ponto de amostragem;
- [Apêndice O](#) - Perfis de Oxigênio e Temperatura.

Em relação ao IVA, como só foi possível o cálculo no primeiro trimestre de 2020, foi feita uma análise específica desse trimestre.

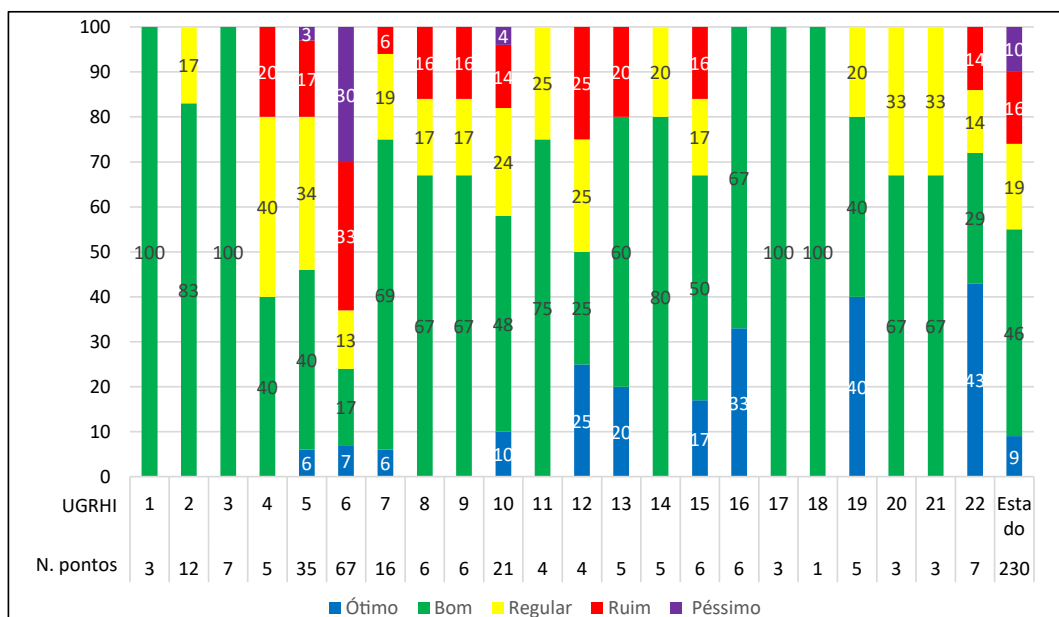
## 5.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas

No Mapa 5.1 do Estado de São Paulo, são mostrados os corpos de água e as médias anuais do IQA, calculadas para os 230 pontos de amostragem que tiveram, pelo menos, três resultados em 2020.

### 5.1.1 Distribuição porcentual das categorias do IQA

O Gráfico 5.1 exibe a distribuição porcentual das categorias do IQA em cada uma das 22 UGRHIs do estado de São Paulo, calculadas a partir da distribuição de suas médias anuais, relativas a 2020, de cada ponto de amostragem.

**Gráfico 5.1** – Distribuição porcentual das categorias do IQA por UGRHI em 2020



Em 2020, as categorias Ótima, Boa e Regular contabilizaram 74% dos pontos monitorados no estado.

Na categoria Ótima, que corresponde a 9% dos pontos com monitoramento representativo em 2020, foram classificados os pontos localizados em braços e reservatórios, nos rios de divisa do estado e na foz do rio Tietê. Destacam-se as UGRHIs 16 e 19, com 33 e 40% dos pontos classificados na categoria Ótima, respectivamente.

Nas categorias Ruim e Péssima foram classificados 26% dos pontos. Destaca-se a UGRHI 6, que teve 33% dos pontos monitorados classificados nessas categorias. Essa região engloba o rio Tietê na RMSP e seus afluentes diretos e indiretos das bacias do rio Pinheiros, Tamanduateí e Cotia e alguns tributários dos mananciais da Billings e Guarapiranga. Nas demais UGRHIs, a maioria dos pontos classificados nessas categorias estão enquadrados na Classe 4 e em trechos e afluentes dos rios Atibaia, Piracicaba e Sorocaba. Tal classificação foi influenciada pela elevada carga orgânica remanescente decorrente principalmente da presença de esgotos domésticos. Ressalta-se que outros lançamentos, carências nos sistemas de saneamento municipais e cargas difusas também impactam negativamente a qualidade da água. É necessária especial atenção à qualidade da água nos formadores dos mananciais utilizados para abastecimento.

Os demais pontos de monitoramento foram classificados nas categorias Boa ou Regular do IQA, com destaque para as UGRHIs 1,3, 17 e 18, com 100% dos pontos classificados na categoria Boa.



Mapa 5.1 – Médias anuais do IQA para o ano de 2020

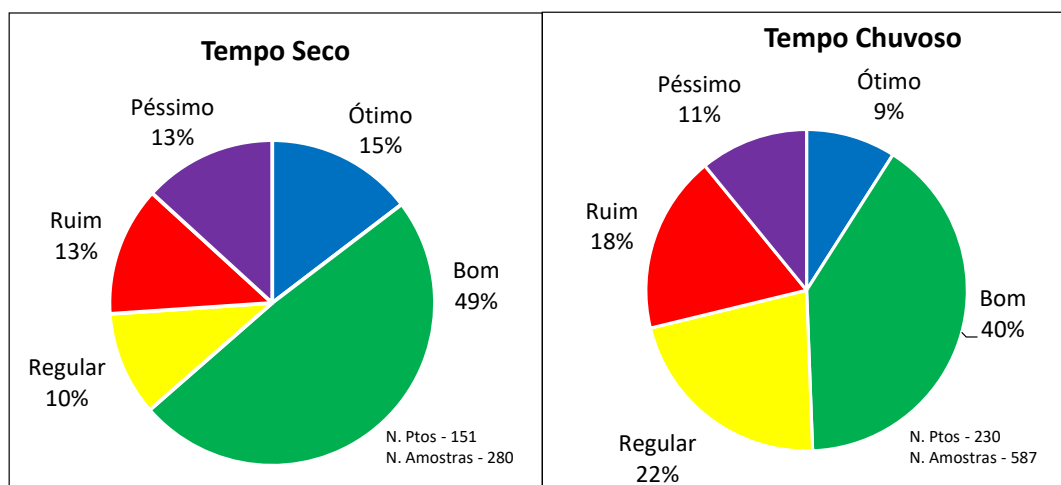
# IQA-Índice de Qualidade de Água-Média Anual 2020



### 5.1.2 Influência da sazonalidade na distribuição porcentual das categorias do IQA

A influência da ocorrência de chuvas na qualidade das águas é mostrada na Figura 5.1, por meio das comparações da distribuição nas faixas de qualidade do IQA nos períodos de maior (outubro a março) e de menor (abril a setembro) precipitação. Em 2020, a precipitação anual no estado de São Paulo foi inferior à média histórica na maior parte do ano, exceto nos meses de fevereiro, junho, agosto e dezembro.

**Figura 5.1** – Distribuição porcentual das categorias do IQA em 2020 em função da época do ano



As alterações de qualidade entre a época seca e a chuvosa refletem a influência das cargas difusas, que se caracterizam pelo aporte de poluentes nos corpos hídricos superficiais em intervalos intermitentes relacionados primariamente a ocorrência de eventos chuvosos. No entanto, quando já ocorre um aporte elevado de contaminantes no corpo hídrico, a carga difusa exerce pouca influência, sendo a chuva um fator de diluição dos contaminantes existentes. Por outro lado, nos períodos secos, quando há o predomínio do escoamento de base, os poluentes tendem a se concentrar no corpo d'água, uma vez que há menor diluição.

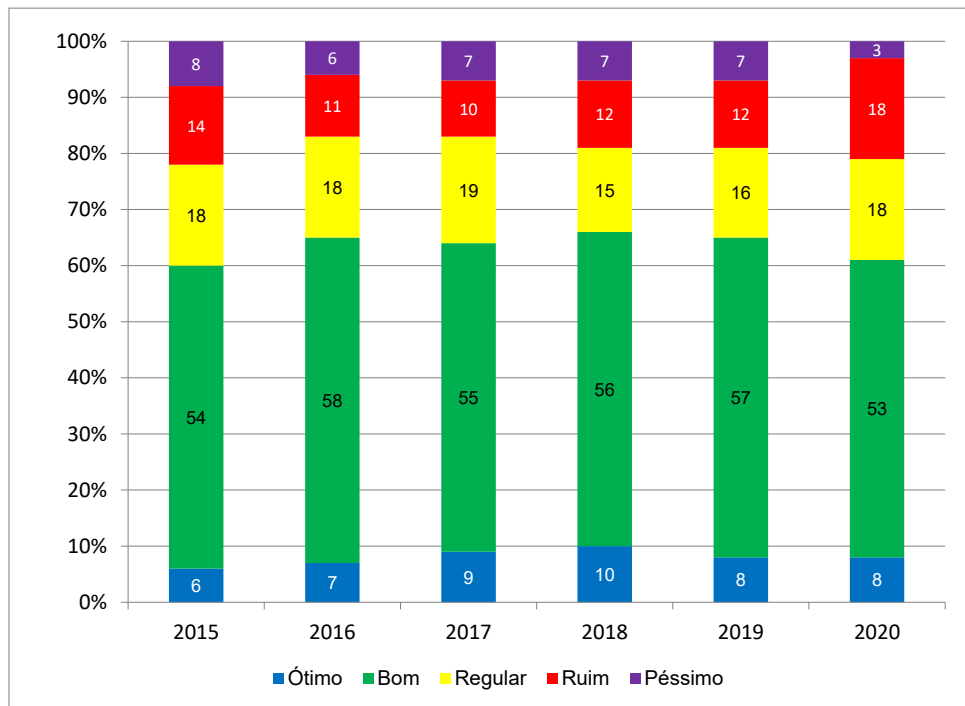
Em 2020, verificou-se uma porcentagem maior de corpos de água classificados nas categorias Ótima e Boa no tempo seco, quando comparado ao tempo chuvoso (64% para 49%). Essa melhora é esperada em razão da influência de cargas difusas, mais acentuada pelos altos índices pluviométricos no tempo chuvoso.

Em pontos classificados nas categorias Ruim e Péssima, é verificada uma proporção semelhante de classificação nessas categorias nos dois períodos (26 e 29%), o que indica corpos d'água já comprometidos, nos quais o efeito da diluição das chuvas não é suficiente para alterar a classificação do indicador de qualidade das águas.

Uma análise mais específica do comportamento da qualidade com a vazão nos principais corpos hídricos em 2020 consta no [Apêndice P](#).

### 5.1.3 IQA entre 2015 e 2020

O Gráfico 5.2 mostra a evolução anual dos resultados do IQA por categoria, de 2015 a 2020. Para o cálculo da média anual por categoria, foram computados os 177 pontos com dados disponíveis neste período.

**Gráfico 5.2** – Evolução da Distribuição do IQA, no período de 2015 a 2020

Em 2020, a distribuição do IQA por categoria demonstra menor porcentagem de classificação nas categorias Boa e Ótima (61%) em comparação com os últimos quatro anos (entre 64 e 66%). A distribuição das categorias do IQA em 2020, foi semelhante a distribuição em 2015, com aumento na proporção de pontos classificados na categoria Ruim o que está possivelmente associado com precipitações abaixo da média histórica, a exemplo da escassez prolongada em 2014/2015 e agora em 2019/2020.

A tabela completa, contendo o IQA anual de todos os pontos da Rede Básica, no período de 2015 a 2020, pode ser consultada no [Apêndice M](#).

## 5.2 IAP – Índice de qualidade de água para fins de abastecimento público

Para o cálculo do IAP são selecionados os pontos de monitoramento da Rede Básica coincidentes com os pontos de captação para abastecimento público, assim como pontos de transferência para outros reservatórios. Incluem-se nesse caso os pontos nos braços formadores da represa Billings: braço do rio Taquacetuba e braço do reservatório rio Grande, utilizados para reforço do abastecimento dos Sistemas Guarapiranga e Alto Tietê.

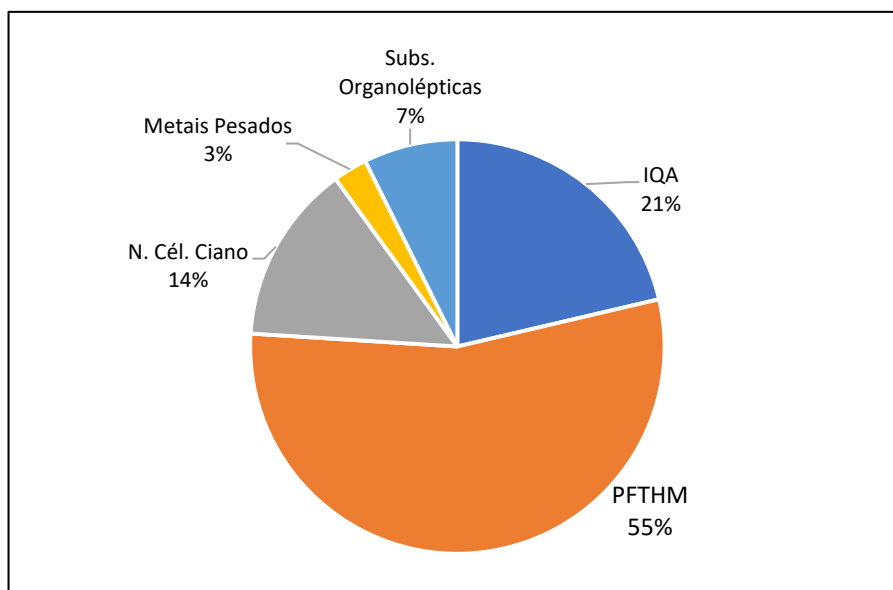
A CETESB monitorou a qualidade da água bruta em 67 pontos utilizados como captação para fins de abastecimento público, considerando todas as redes de monitoramento, localizados em 61 diferentes locais. Na Rede Básica, dos 95 pontos previstos para cálculo do IAP, foi possível o cálculo em 53 pontos de captação que tiveram, pelo menos, três campanhas de coleta. O Mapa 5.2 indica a localização das captações e a classificação anual do IAP em 2020.

Os resultados do cálculo do IAP e a respectiva média anual por ponto de monitoramento podem ser visualizados no [Apêndice L](#) e a metodologia de cálculo está descrita no [Apêndice E](#).

O IAP é composto pelos resultados do IQA e do ISTO – Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas, abrangendo os grupos das variáveis tóxicas e das organolépticas.

Em relação aos dois grupos de variáveis que compõem o ISTO verificou-se, em 2020, que o Potencial de Formação de Trihalometanos (PFTHM) foi a variável que mais influenciou a classificação do IAP. O Número de Células de Cianobactérias, seguido pelo IQA também tiveram influência significativa na classificação do IAP. O Gráfico 5.3 apresenta a influência das variáveis no resultado IAP em 2020.

**Gráfico 5.3** – Influência das variáveis no resultado do IAP em 2020



No grupo das substâncias organolépticas, os resultados do IAP foram influenciados pelo Ferro Total, Alumínio Total e Manganês Total. Destaca-se o rio Atibaia, nas captações de Atibaia (ATIB 02065), Campinas (ATIB 02065) e Sumaré (ATIB 02800), cuja qualidade da água foi influenciada negativamente por essas variáveis no período chuvoso. Já o Cobre Total e Zinco Total não foram quantificados em níveis que pudessem causar impacto no tratamento convencional de água.

Os resultados do PFTHM estão associados ao carregamento de matéria orgânica, particulada ou dissolvida, para os corpos de água, principalmente no período chuvoso (de outubro a março). Ao longo de 2020, o PFTHM influenciou negativamente as classificações mensais de 41 captações. Desse total, 19 foram classificadas na categoria Ruim ou Péssima na classificação anual. As captações que tiveram o cálculo do IAP influenciado negativamente pelo PFTHM em todas as campanhas constam na Tabela 5.1

**Tabela 5.1** – Mananciais cujo IAP foi influenciado negativamente pelo PFTHM em 2020

UGRHI	CORPO HÍDRICO	PONTO	CAPTAÇÃO/MUNICÍPIO
5	Rio Atibaia	ATIB02800	PAULÍNIA
5	Rio Capivari	CPIV02130	CAMPINAS
5	Rio Piracicaba	PCAB02220	PIRACICABA
6	Reservatório do Guarapiranga	GUAR00900	SÃO PAULO
6	Reservatório do Rio Grande	RGDE02030	TRANSPOSIÇÃO ALTO TIETÊ
7	Reservatório Capivari-Monos	CAMO00900	TRANSPOSIÇÃO GUARAPIRANGA
7	Rio Itapanhaú	IPAU02600	BERTIOGA
10	Ribeirão Avecuia	AVEC02800	PORTO FELIZ
10	Rio Sorocamirim	SOMI02850	SAO ROQUE
21	Rio do Peixe-UGRHI 21	PEIX02100	MARÍLIA

Dentre os 53 pontos de captação monitorados em 2020, o Número de Células de Cianobactérias (NCC) foi medido em 18 captações, em duas ou mais campanhas. Em nove captações foram medidos valores acima de 50.000 céls mL<sup>-1</sup> em, pelo menos, uma campanha, influenciando negativamente a qualidade da água para fins de abastecimento, conforme Tabela 5.2.

**Tabela 5.2** – Mananciais cujo IAP foi influenciado negativamente pelo Número de Células de Cianobactérias em 2020

UGRHI	CORPO HÍDRICO	PONTO	CAPTAÇÃO/MUNICÍPIO	Núm.*	Máx. NCC (céls mL <sup>-1</sup> )
5	Reservatório Jaguarí - UGRHI 05	JARI00800	SISTEMA CANTAREIRA	3	118.105
5	Rio Piracicaba	PCAB02220	PIRACICABA	1	90.456
6	Braço do Ribeirão Taquacetuba	BITQ00100	TRANSPOSIÇÃO GUARAPIRANGA	4	706.569
6	Reservatório do Guarapiranga	GUAR00900	MANANCIAL RMSP	2	74.062
6	Reservatório do Rio Grande	RGDE02900	MANANCIAL RMSP	1	81.943
6	Reservatório Taiáçupeba	PEBA00900	MANANCIAL RMSP	1	118.358
7	Canal de Fuga II da UHE Henry Borden	CFUG02900	AFLUÊNCIA DO RIO CUBATÃO (BAIXADA SANTISTA)	3	196.372
10	Reservatório Itupararanga	SOIT02900	VOTORANTIM E REGIÃO	4	130.295
20	Reservatório Cascata	CASC02050	MARÍLIA	1	355.647

\* Núm. - Número de amostras com contagem do Número de Células de Cianobactérias acima de 50.000 céls mL<sup>-1</sup>

O aumento da densidade desses organismos está relacionado a fatores abióticos (como nutrientes P e N, temperatura e luminosidade) que contribuem para a sua proliferação.

Outra variável que influencia a qualidade da água para fins de abastecimento público é o IQA, que indica possíveis contaminações por esgoto no manancial. Em 2020, 20 captações, predominantemente localizadas em rios, foram classificadas na categoria Regular do IQA em, pelo menos, uma campanha. Deste total, oito captações foram classificadas na categoria Regular do IQA em mais da metade das campanhas, conforme Tabela 5.3.

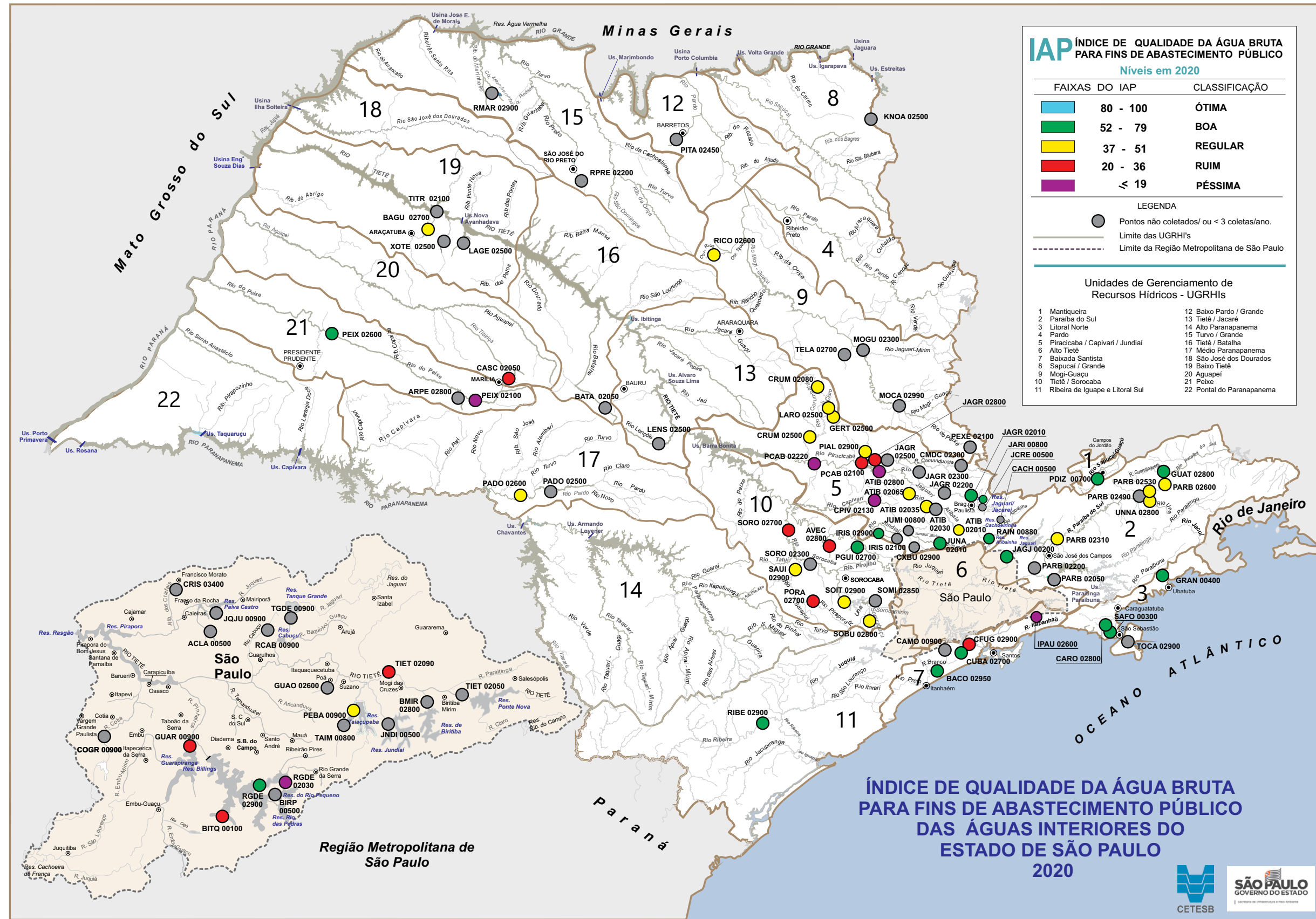
**Tabela 5.3** – Mananciais que foram classificados na categoria Regular do IQA

UGRHI	CORPO HÍDRICO	PONTO	CAPTAÇÃO/MUNICÍPIO
2	Rio Paraíba do Sul	PARB02600	APARECIDA
5	Rio Atibaia	ATIB02800	SUMARÉ
5	Rio Jaguari - UGRHI 05	JAGR02010	BRAGANCA PAULISTA
5	Rio Jaguari - UGRHI 05	JAGR02800	LIMEIRA
5	Rio Piracicaba	PCAB02220	PIRACICABA
10	Rio Pirapora	PORA02700	SALTO DE PIRAPORA
19	Ribeirão Bagaçu	BAGU02700	ARAÇATUBA
21	Rio do Peixe-UGRHI 21	PEIX02100	MARÍLIA

As empresas de saneamento devem adotar medidas preventivas e corretivas que garantam o atendimento ao padrão de potabilidade da água distribuída a população.



Mapa 5.2- Médias anuais do IAP para o ano de 2020

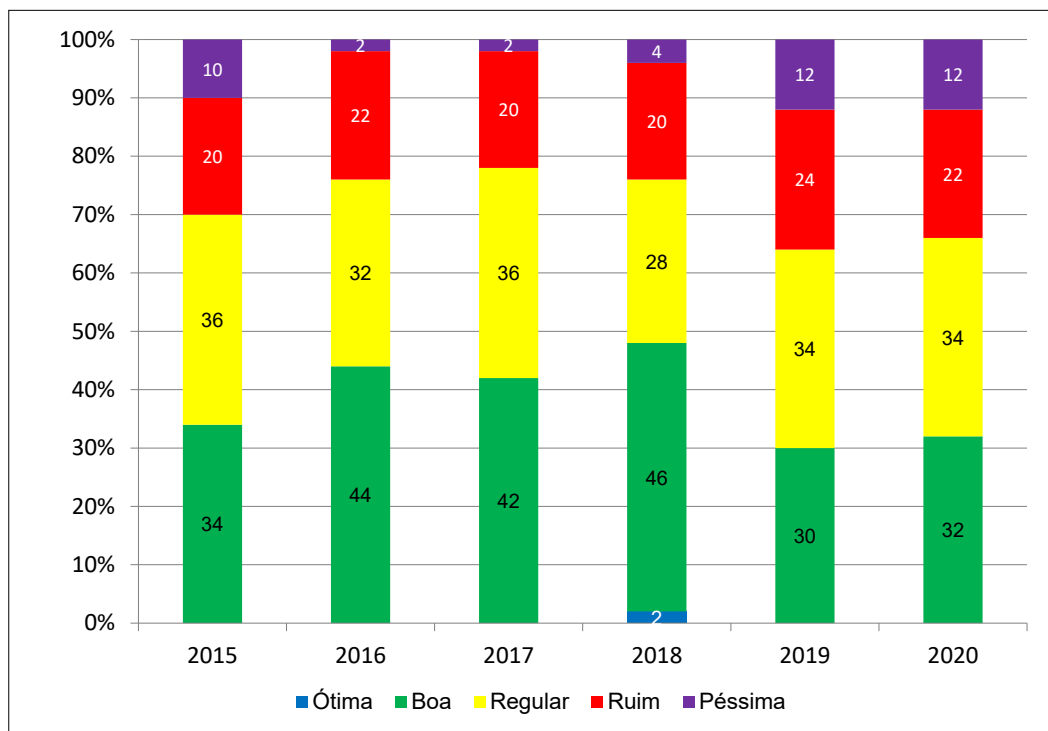




### 5.2.1 IAP entre 2015 e 2020

O Gráfico 5.4 mostra a distribuição do IAP para 50 pontos de captação, onde foi possível calcular o índice para o período de 2015 a 2020.

**Gráfico 5.4** – Evolução da Distribuição do IAP, no período de 2015 a 2020



Em 2020, dentre as 53 captações monitoradas, 32% foram classificadas na categoria Boa do IAP, mantendo a distribuição nas categorias verificada em 2019. Assim como em 2019, houve mais amostragens no período chuvoso, associado a piores classificações do IAP em razão da carga difusa, o que pode justificar a piora observada na distribuição das classificações em relação ao período de 2016 a 2018, quando foi verificado melhora gradual da qualidade da água avaliada por este índice (Gráfico 5.4).

Destacam-se sete captações classificadas nas categorias Ótima e Boa em todo o período de 2015 a 2020. São elas: os reservatórios do Sistema Cantareira (JARI 00800 e RAIN 00880) e o reservatório do Rio Grande (RGDE 02900), a captação de Guaratinguetá (GUAT 02800), a captação de Ubatuba (GRAN 00400), a captação de Itanhaém (BACO 02959) e a captação de São Sebastião (SAFO 00300).

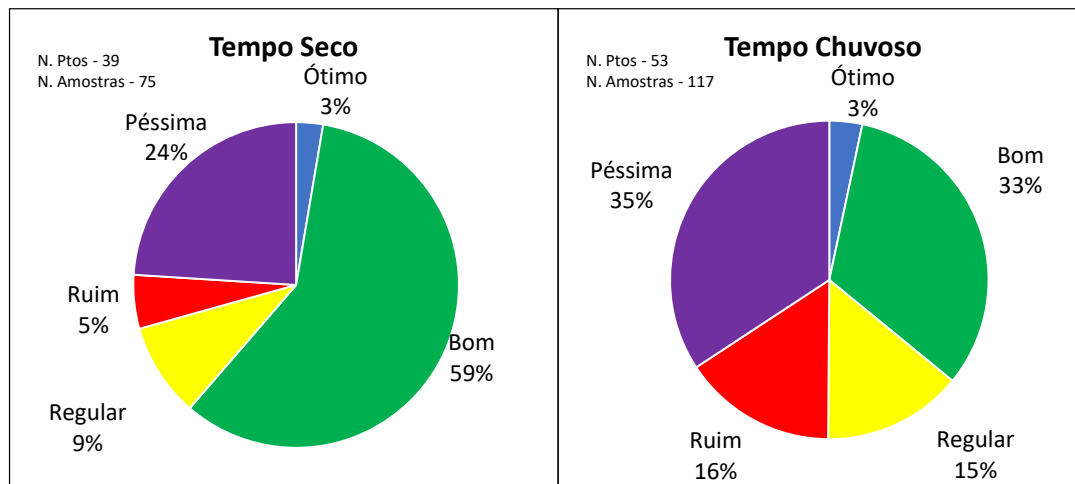
Por outro lado, seis captações foram classificadas nas categorias Ruim ou Péssima em mais de 80% do tempo entre 2015 e 2020. São elas: o braço do Taquacetuba (BITQ 00100) devido ao Número de Células de Cianobactérias; a captação de Mogi das Cruzes (TIET 02090) e a transposição do reservatório Rio Grande para o Taiacupeba (RGDE 02030) devido ao Potencial de Formação de THM; a captação de Campinas (CPIV 02130), a captação de Piracicaba (PCAB 02220) e a captação de Salto de Pirapora (PORA 02700), devido ao potencial de formação de THM, aos baixos valores do IQA e à presença de substâncias organolépticas.

A tabela completa, com os IAPs anuais contendo todos os pontos de captação de rios e reservatórios monitorados pela CETESB, no período de 2015 a 2020, consta no [Apêndice M](#).

### 5.2.2 Influência da sazonalidade na distribuição percentual das categorias do IAP

Como a qualidade das águas nos pontos de captação pode ser influenciada pela sazonalidade, foram calculados os percentuais dos IAPs mensais dos pontos monitorados em 2020 (Figura 5.2).

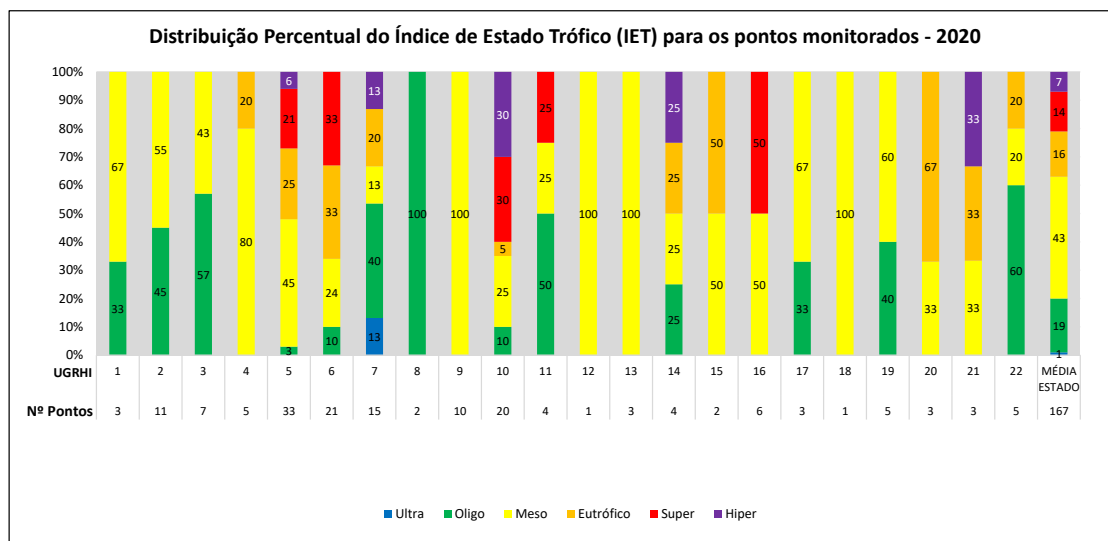
**Figura 5.2** – Distribuição percentual das categorias do IAP em função da época do ano em 2020



No geral, evidencia-se melhora na qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público no período seco, com 62% dos pontos classificados nas categorias Boa e Ótima. A piora no tempo chuvoso, evidenciada pelo aumento significativo das categorias Ruim e Péssimo, relaciona-se, principalmente, com os valores elevados do Potencial de Formação de Trihalometanos (PFTHM) e, secundariamente, com os metais Ferro, Alumínio e Manganês, associados com a lixiviação do material edáfico para os corpos de água em eventos de elevadas precipitações, processo intensificado na ausência de mata ciliar. Ressalta-se que, das campanhas cuja qualidade do corpo hídrico para abastecimento público foi influenciada pelo PFTHM, 70% foram realizadas na época chuvosa.

### 5.3 IET – Índice do Estado Trófico

No Gráfico 5.5 é apresentada a distribuição percentual das classificações médias anuais obtidas pelo Índice de Estado Trófico - IET, por UGRHI, para 167 pontos e a média para o estado. Conforme discutido anteriormente, devido à redução no número de pontos e de coletas em 2020 a comparação desses resultados com os de anos anteriores deve ser realizada com cautela.

**Gráfico 5.5** – Distribuição porcentual do IET por UGRHI em 2020

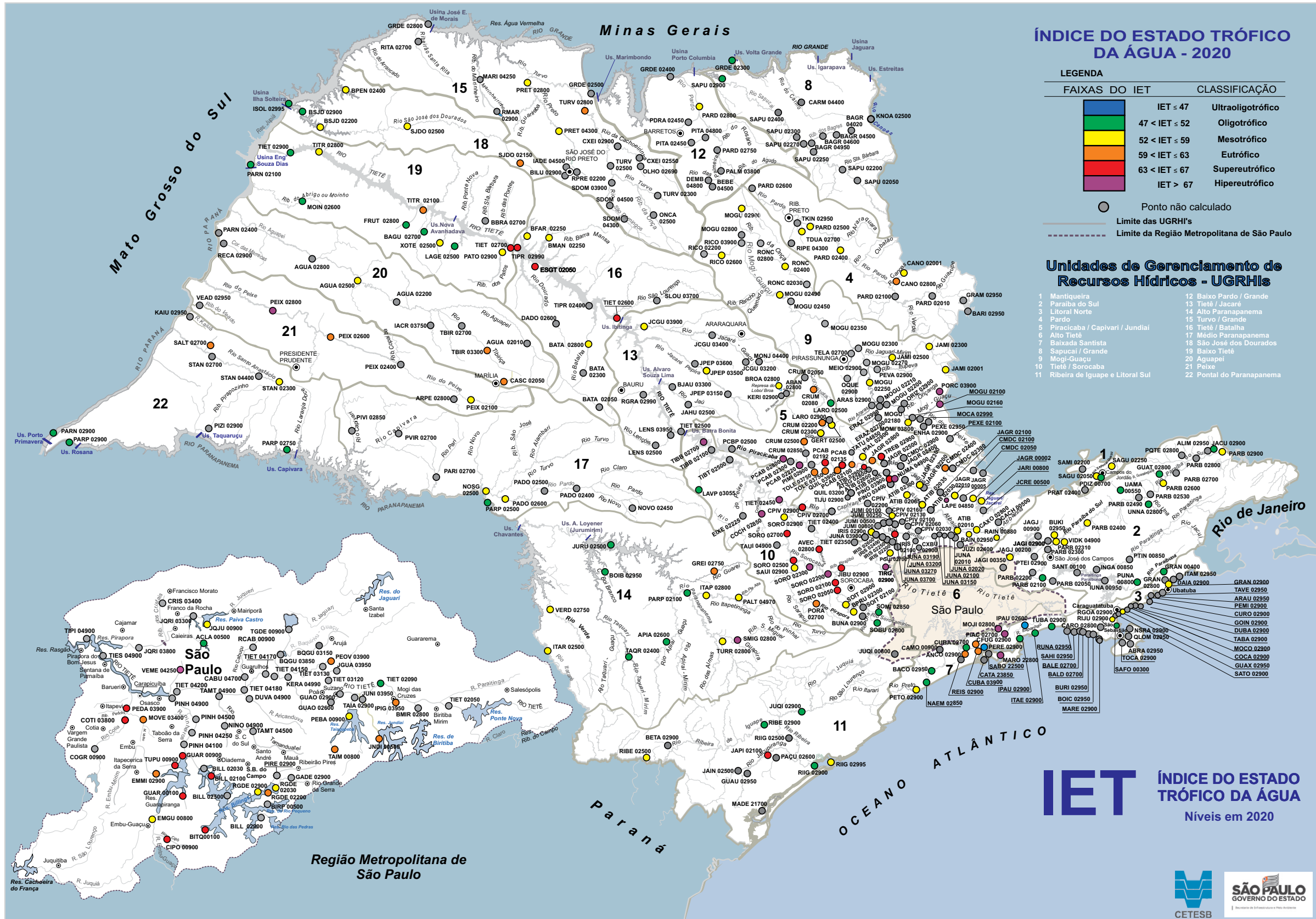
No Gráfico 5.5 é possível observar, pela média anual do estado, que a maioria dos pontos exibiu condições entre baixa (Ultraoligotrófica e Oligotrófica - 20%) e média trofia (Mesotrófico - 43%). No entanto, 37% dos pontos já foram considerados eutrofizados e 21% extremamente eutrofizados. As UGRHIs 2, 3, 7, 8, 11 e 22 exibiram porcentagens acima de 40% dos pontos considerados de baixa trofia, ou seja, de qualidade trófica desejável, enquanto as UGRHI 5, 6, 7 e 10 destacaram-se pelo número de pontos que se encontram eutrofizados e extremamente eutrofizados (Supereutrófico e Hipereutrófico). Destaca-se a UGRHI 7 que, embora com 53% dos pontos com baixa trofia, exibiu 13% dos pontos extremamente eutrofizados e 20% eutrofizados.

Na avaliação da condição trófica dos corpos de água do estado de São Paulo em 2020, foi possível observar que, assim como em 2019, os rios e reservatórios se encontram com porcentagens similares de pontos considerados eutrofizados, 37 e 39%, respectivamente. No entanto, os reservatórios exibiram uma maior porcentagem de pontos em processo de eutrofização (Mesotrófico) e extremamente eutrofizados (Supereutrófico e Hipereutrófico), isso se deve ao aporte de nutrientes tanto do escoamento superficial quanto de seus corpos de água contribuintes que, somado a características lênticas dos reservatórios, tem como consequência o estabelecimento da comunidade fitoplanctônica, levando a uma piora nas condições tróficas desses corpos de água. Já os rios, devido as suas características lóticicas, em geral, não propiciam o estabelecimento de algas e cianobactérias, e como esperado, foi observada uma porcentagem maior de pontos com baixa trofia (23%) quando comparado aos reservatórios (7%).

Comparado aos resultados de 2019, dos 162 pontos coincidentes, 103 (64%) mantiveram as condições tróficas; 17 (10%) exibiram melhora e 42 (26%) evidenciaram piora em sua classificação.

No Mapa 5.3 são exibidos os corpos de água e as médias anuais do IET calculadas, em 2020, para os 167 pontos de amostragem.

Mapa 5.3- Médias anuais do IET para o ano de 2020





Na UGRHI 5, de 33 pontos monitorados, 48% se encontram em condição de baixa e média trofia e 52% eutrofizados, sendo que três pontos apresentaram melhora e nove piora em relação a 2019. Alguns corpos de água ainda exibiram pontos extremamente eutrofizados, como os ribeirões Pinheiros (PINO 03900) e Três Barras (TREB 02950) e os rios Atibaia (ATIB 02900), Capivari (CPIV 02090), Jundiá (JUNA 03270) e o Piracicaba (PCAB 02135 a PCAB 02800). Pode-se inferir que o impacto sobre esses corpos de água se deve principalmente ao lançamento de efluentes domésticos de fontes pontuais e difusas, uma vez que os valores de Fósforo Total e *Escherichia coli*, ao longo de todo o ano, foram elevados ultrapassando o limite estabelecido na [Resolução CONAMA nº 357/2005](#) para as suas respectivas classes. Dos três pontos que exibiram melhora em relação ao ano anterior, dois ainda se apresentam eutrofizados: os pontos no ribeirão Pinheiros (PINO 03900), próximo à foz no rio Atibaia e no Quilombo (QUIL 03900) na foz do rio Piracicaba, na ETE de Americana, já o ponto no rio Atibaia, na captação de Sumaré (ATIB02800), apresentou melhora sendo classificado, em 2020, como Mesotrófico.

Na UGRHI 6, com 21 pontos monitorados, 34% apresentaram condição de baixa e média trofia e 66% eutrofizados. Em relação ao ano anterior, foi possível constatar que dois pontos exibiram melhora e dez exibiram piora. Os pontos que exibiram melhora foram o BILL 02100, no reservatório Billings - corpo central, direção do braço do Bororé e o rio Tietê (TIET 02090), na captação principal de Mogi das Cruzes - SEMAE. Os pontos que apresentaram piora foram, o BITQ 00100 no reservatório Billings - captação SABESP, o JNDI 00500 no reservatório do rio Jundiá - canal de interligação com o reservatório Taiaçupeba, os ribeirões das Pedras (PEDA 03900), do Cipó (CIPO 00900), Moinho Velho (MOVE 03400) e Perová (PEOV 03900) e os rios Cotia (COTI 03800), Embu-Guaçu (EMGU 00800), Embu-Mirim (EMMI 02900) e Taiaçupeba-Mirim (TAIM 00800). Para os pontos, principalmente em rios, que se encontram eutrofizados, observou-se concentrações elevadas de Fósforo Total e *Escherichia coli* acima do limite estabelecido em legislação sendo indicativos de lançamento de efluentes domésticos, não apenas no próprio corpo d'água como também em seus afluentes.

Na UGRHI 7, Baixada Santista, com 15 pontos monitorados, 67% apresentaram condição de baixa e média trofia e 33% encontraram-se eutrofizados. Em relação ao ano anterior, nenhum ponto exibiu piora e três exibiram melhora, os rios Itaguará (ITAE 02900) e Itapanhaú (IPAU 02900) classificados como Oligotróficos e o Perequê (PERE 02900) classificado como Ultraoligotrófico. Os pontos nos rios Santo Amaro (MARO 22800) e Piaçaguera (PIAC 02700) permaneceram em condição extremamente eutrofizados (Hipereutrófico). No rio Piaçaguera há uma forte influência da atividade industrial, sobretudo de empresas de fertilizantes, verificando-se concentrações de Fósforo Total extremamente elevadas superando, em março, 120 vezes o limite de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ , estabelecido pela legislação. Foi observado também indicativo da presença de esgotos domésticos pelo registro de elevados valores de *Escherichia coli*. Já no rio Santo Amaro, a principal influência se deve a presença de esgoto doméstico, visto que, além das concentrações de Fósforo Total, acima do estabelecido em legislação, valores extremamente elevados de *Escherichia coli* foram observados.

Na UGRHI 9, todos os dez pontos monitorados em 2020 foram classificados como Mesotróficos, ou seja, em processo de eutrofização. Dois pontos exibiram piora, o córrego do Rico (RICO 02600) e o ribeirão das Onças (RONCO 2900). Em todos os pontos, o Fósforo Total superou os limites estabelecidos em legislação e foi a principal variável para a classificação destes corpos de água como Mesotróficos, podendo estar relacionada às atividades agrícolas praticadas no entorno. Foram observados, na maioria dos pontos, a presença de valores elevados de *Escherichia coli* indicando também impactos por lançamento de efluentes domésticos.

Na UGRHI 10, dos 20 pontos monitorados, 35% apresentaram condição de baixa a média trofia e 65% eutrofizados. Essa é a UGRHI que apresentou as piores condições tróficas do estado, visto que, dos pontos eutrofizados, 60% estão extremamente eutrofizados, isso provavelmente está relacionado aos dois principais corpos de água monitorados nessa UGRHI, o rio Tietê e o rio Sorocaba, ambos com muitos trechos extremamente eutrofizados. O Fósforo Total foi a variável que mais contribuiu nas classificações tróficas para a maioria dos corpos d'água. O ribeirão Aveçuia (AVEC 02800), os rios das Conchas (COCH 02850), Pirajibu (JIBU 02900), Sorocaba (SORO 02050 a 02700) e o Tietê (TIET 02450) e os reservatórios de Barra Bonita (TIBB 02700) e de Rasgão (TIRG 02900) exibiram condições extremamente eutrofizadas, com indicativos de impactos devido ao lançamento de efluentes domésticos de fontes pontuais e difusas, presença de valores elevados de *Escherichia coli*, embora parte da carga de Fósforo Total também possa se originar de atividades industrial e/ou agrícola. Em relação ao ano anterior, foi observada uma piora em oito pontos, AVEC02800, COCH 02850, JIBU 02900, SAUI 02900, SORO 02200, SORO 02700, TIBB 02700 e TIRG 02900. Dois pontos exibiram melhora, o SORO 02100, embora ainda classificado como Supereutrófico, e o SOMI 02850 classificado como Oligotrófico.

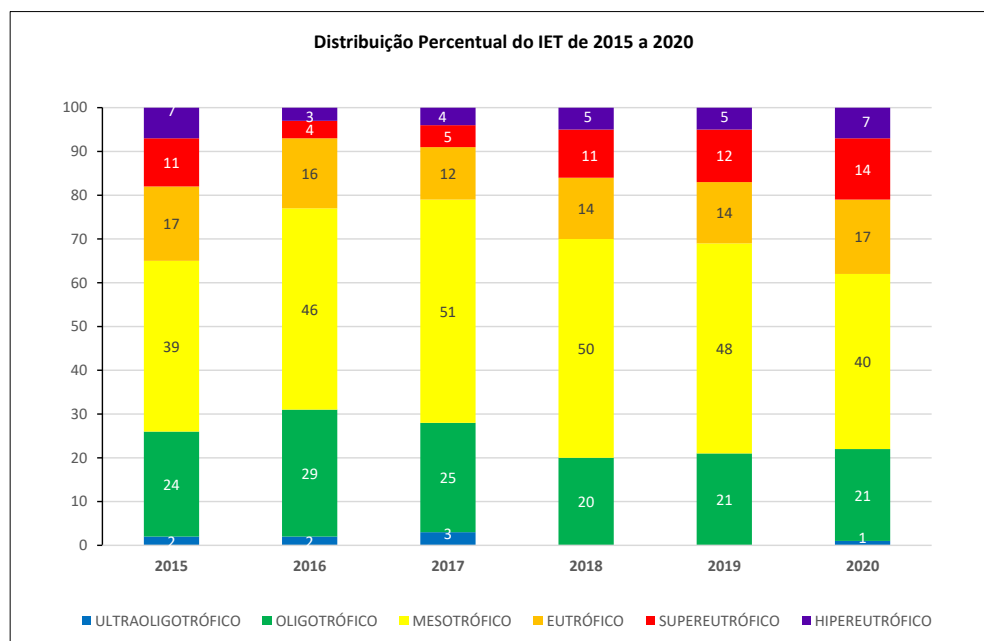
Algumas UGRHIs, ainda que com consideráveis porcentagens de pontos de baixa trofia, exibiram pontos que merecem destaque por já se encontrarem eutrofizados ou extremamente eutrofizados, como o rio Jacupiranga (JAPI 02100) na UGRHI 11, o Guareí (GREI 02750), em Angatuba, e o São Miguel Arcanjo (SMIG 02800), a jusante da ETE de São Miguel Arcanjo na UGRHI 14, o Turvo (TURV 02800), em Nova Granada na UGRHI 15, o Tietê (TIET02600), a jusante da UH de Ibitinga, o córrego do Esgotão (ESGT02050) em Sabino, e o reservatório de Promissão (TIPR 02990) na UGRHI 16, o reservatório Cascata (CASC02050) e o rio Tibiriçá (TBIR 03300) ambos em Marília na UGRHI 20, o Peixe (PEIX 02600 e PEIX 02800) em Caiabu e Dracena, respectivamente, na UGRHI 21 e o rio Santo Anastácio (STAN 02700) em Piquerobi na UGRHI 22. As classificações desses pontos apresentaram indicativos relacionados principalmente ao lançamento de efluentes domésticos e por atividades agropecuárias da região, exceto para o rio Jacupiranga, associado a atividades industriais.

Em 2020, foi possível observar que o rio Tietê, a partir do município Pirapora do Bom Jesus, na UGRHI 10, até o município de Promissão na UGRHI 19, exibiu piora em diferentes pontos monitorados, com condições extremamente eutrofizadas. De Pirapora do Bom Jesus até Laranjal Paulista é possível inferir, pelos resultados elevados de *Escherichia coli*, que a eutrofização se deve principalmente ao lançamento de efluentes domésticos. Nos demais pontos além da carga de montante, a principal contribuição está relacionada às atividades agropecuárias da região.

### 5.3.2 IET entre 2015 e 2020

Na avaliação da evolução histórica da distribuição percentual do Estado Trófico médio anual, no período de 2015 a 2020 (Gráfico 5.6), selecionaram-se os 150 pontos, com disponibilidade de resultados do Índice de Estado Trófico, nesses anos.



**Gráfico 5.6** – Evolução da Distribuição do IET, no período de 2015 a 2020

Considerando-se os 150 pontos monitorados ao longo dos últimos seis anos (Gráfico 5.6) pode-se observar uma tendência de diminuição significativa nas classificações de baixa trofia (Ultraoligotrófico e Oligotrófico) e nos três últimos anos uma diminuição na porcentagem de pontos de média trofia, ou seja, em processo de eutrofização (Mesotróficos) e um aumento nos pontos considerados eutrofizados. Com exceção de 2015, período de crise hídrica, pode-se observar, a partir de 2018, um aumento na porcentagem de pontos eutrofizados (Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico). Embora haja o esforço em relação a ampliação do sistema de coleta e tratamento de esgotos domésticos, no estado, um dos principais impactos para os corpos de água continua sendo o lançamento de efluentes domésticos, indicado pela presença de *Escherichia coli* e elevados valores de DBO. Esses efluentes colaboram com a eutrofização, indicadas pelas classificações do IET, e conseqüentemente com o crescimento de algas e cianobactérias nos corpos de água. Atualmente, a expansão de áreas agrícolas também tem contribuído para a eutrofização dos corpos de água no estado.

## 5.4 IVA - Índice de qualidade das águas para a proteção da vida aquática (primeiro trimestre de 2020)

O IVA avalia a qualidade da água para fins de proteção da vida aquática e é composto pelo grupo de variáveis essenciais (Oxigênio Dissolvido, pH e Toxicidade), grupo de variáveis tóxicas (metais e surfactantes) e pelo Estado Trófico (IET). A conceituação do IVA e as variáveis integrantes de sua composição estão descritos no [Capítulo 1](#); a metodologia de cálculo está detalhada no [Apêndice E](#).

Devido à pandemia de COVID-19, a amostragem para a verificação da ocorrência de efeitos tóxicos se concentrou, excepcionalmente, no primeiro trimestre de 2020, quando foram realizados ensaios ecotoxicológicos

com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* em 365 pontos de monitoramento no estado de São Paulo, ao passo que apenas 36 pontos foram avaliados no quarto trimestre. Dessa forma, não foi possível o cálculo do IVA anual e optou-se pela análise do IVA baseada nos resultados do primeiro trimestre. Esses resultados não podem ser comparados com os anos anteriores nos quais a amostragem ocorreu durante todo o ano.

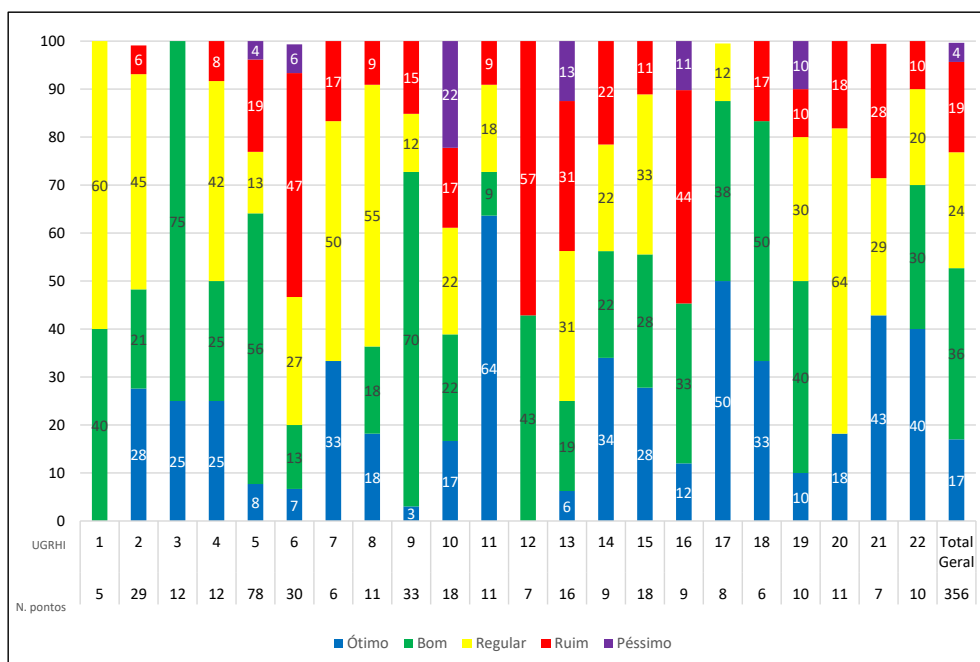
O IVA é priorizado em pontos enquadrados nas Classes Especial, 2 e 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005, uma vez que nessas classes é prevista a proteção da vida aquática.

Para o cálculo do IVA em 2020, estavam previstos 381 pontos de monitoramento. Desses, 365 foram amostrados no primeiro trimestre e, em 356 foi possível o cálculo do IVA. Dentre esses pontos, 16 estão enquadrados na Classe 4, para a qual não há previsão para avaliação da toxicidade na legislação. No entanto, esses pontos têm apresentado classificação do IQA entre Regular e Boa e não exibiram efeito tóxico para *Vibrio fischeri* (Sistema Microtox®), o que justificaria a avaliação do IVA no caso de eventuais propostas de reenquadramento desses corpos de água.

#### 5.4.1 Distribuição percentual das categorias do IVA do primeiro trimestre por UGRHI em 2020

O Gráfico 5.7 mostra a distribuição percentual das categorias do IVA, calculados a partir dos resultados do primeiro trimestre, agrupados por UGRHIs.

**Gráfico 5.7** – Distribuição percentual das categorias do IVA no primeiro trimestre de 2020 por UGRHI e no estado de São Paulo

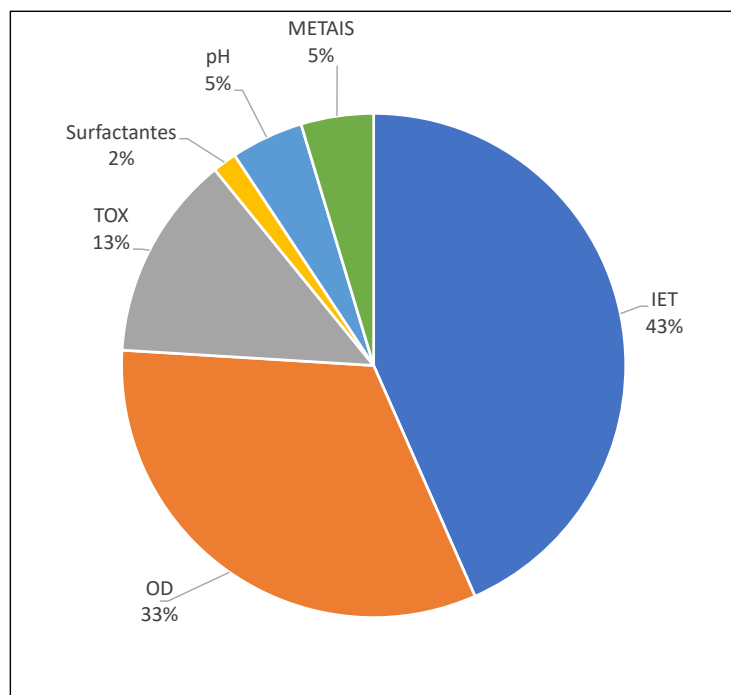


No primeiro trimestre de 2020, 77% dos pontos foram classificados nas categorias Ótima, Boa e Regular do IVA.

Destaca-se a UGRHI 3, onde teve apenas pontos classificados nas categorias Ótima e Boa e as UGRHIs 1 e 17, que não tiveram pontos classificados nas categorias Ruim ou Péssima.

No primeiro trimestre de 2020, 80 pontos (23%) foram classificados nas categorias Ruim ou Péssima. No Gráfico 5.8 são apresentados os percentuais de influência das variáveis sobre o resultado do IVA quando classificado nessas categorias.

**Gráfico 5.8** – Influência das variáveis no resultado do IVA no primeiro trimestre de 2020

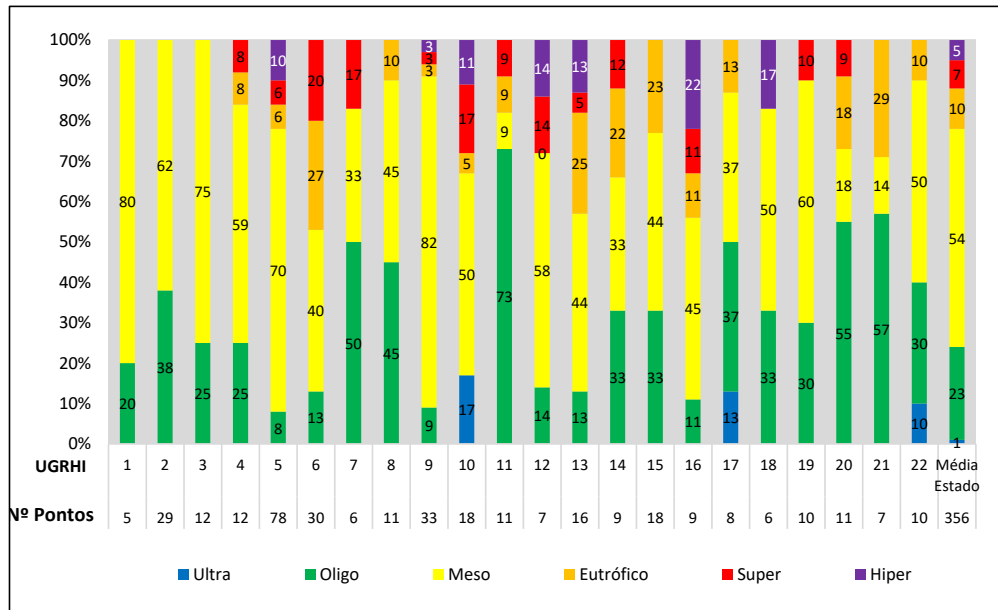


Como se verifica no Gráfico 5.8, as variáveis que mais influenciaram o IVA quando classificado como Ruim ou Péssimo em 2020 foram o grau de trofia (43%), Oxigênio Dissolvido (33%) e Toxicidade (13%). A influência dessas três variáveis será detalhada nos próximos itens.

As variáveis pH, metais e surfactantes tiveram pouca influência nos resultados do IVA.

#### 5.4.2 Distribuição do IET no primeiro trimestre de 2020

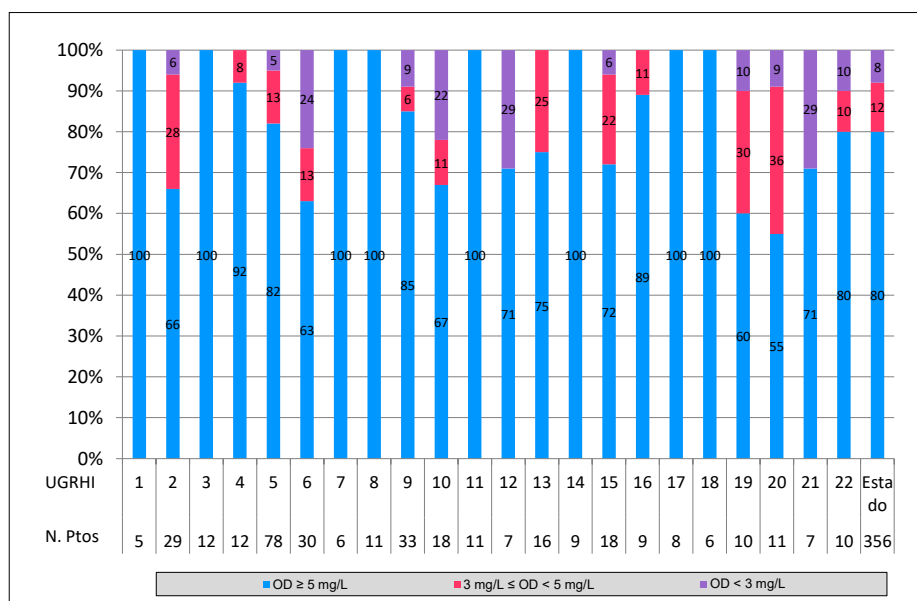
No Gráfico 5.9 é apresentada a distribuição percentual das classificações no primeiro trimestre de 2020, nos 356 pontos onde foi possível o cálculo do IVA.

**Gráfico 5.9** – Distribuição percentual do IET por UGRHI no primeiro trimestre de 2020 e no estado de São Paulo

Considerando apenas os resultados do estado trófico desse período, (Gráfico 5.9) é possível observar pela média do estado que a maioria dos pontos exibiu condições entre baixa (Ultraoligotrófica e Oligotrófica - 24%) e média trofia (Mesotrófica - 54%). Destacam-se as UGRHIs 6, 10, 13 e 16 com mais de 40% dos pontos eutróficos e extremamente eutróficos (Supereutrótico e Hipereutrótico), com reflexos nas respectivas classificações pelo IVA, além das UGRHIs 1, 2 e 3 com todos os pontos com baixa trofia.

#### 5.4.3 Distribuição do Oxigênio Dissolvido no primeiro trimestre de 2020

No Gráfico 5.10 é apresentada a distribuição percentual dos níveis de Oxigênio Dissolvido por UGRHI no primeiro trimestre de 2020 nos 356 pontos onde foi possível o cálculo do IVA.

**Gráfico 5.10** – Distribuição percentual dos níveis de Oxigênio Dissolvido por UGRHI no primeiro trimestre de 2020

No primeiro trimestre de 2020, cerca de 80% dos pontos monitorados tiveram níveis de Oxigênio Dissolvido acima de 5 mg L<sup>-1</sup>, ou seja, adequado para a proteção da vida aquática. Destacam-se as UGRHIs 1, 3, 7, 8, 11, 14, 17 e 18, onde todos os pontos tiveram medições acima dessa concentração.

As maiores porcentagens de pontos com medições de Oxigênio Dissolvido menores que 5 mg L<sup>-1</sup> foram constatadas nas UGRHIs 2, 6, 10, 19 e 20 (entre 33 e 45%).

Na UGRHI 2, os trechos do rio Paraíba do Sul apresentam níveis baixos de Oxigênio Dissolvido na estação chuvosa, época que há menor vertimento de água boa dos reservatórios da cabeceira e aumento do aporte de carga difusa, como foi observado no primeiro trimestre de 2020, quando 34% dos pontos tiveram níveis de Oxigênio Dissolvido menores que 5 mg L<sup>-1</sup>.

Na UGRHI 6, apresentaram baixos níveis de Oxigênio Dissolvido e classificação Ruim do IVA pontos no rio Tietê, nos municípios de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, e em seus afluentes, rio Guaió (GUAO 02600), rio Jundiá (JUNI 03950) e rio Taiaçupeba-Açu (TAIA 02900), além de um formador da represa Guarapiranga, o córrego do Itupu (TUPU 00900) e o ribeirão das Pedras (PEDA 03900). Na UGRHI 10, os pontos que apresentaram baixos níveis de Oxigênio Dissolvido localizam-se no rio Tietê, no trecho de Laranjal Paulista ao reservatório de Barra Bonita.

As UGRHIs 19 e 20, que somam 21 pontos de amostragens, apresentaram as maiores porcentagens de pontos com medições de Oxigênio Dissolvido menores que 5 mg L<sup>-1</sup> (40 e 45% respectivamente), resultando na classificação Ruim do IVA. Porém, ressalta-se que essas UGRHIs tiveram sete pontos com Oxigênio Dissolvido entre 3 e 5 mg L<sup>-1</sup> e apenas sete pontos com Oxigênio Dissolvido menor que 3 mg L<sup>-1</sup> (nível que pode comprometer a sobrevivência dos organismos), a saber: o córrego do Baixote (XOTE 02500) e o ribeirão das Marrecas (RECA 02900).

As demais UGRHIs apresentaram entre 8 e 30% dos pontos com medições de Oxigênio Dissolvido menores que 5 mg L<sup>-1</sup>.

#### 5.4.4 Distribuição do Ensaio Ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia* no primeiro trimestre de 2020

A síntese dos resultados obtidos para o Ensaio Ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia* é apresentada no Gráfico 5.11 que contém a distribuição percentual dos efeitos tóxicos (crônicos ou agudos) observados nos ensaios, por UGRHI, além do percentual no estado.

**Gráfico 5.11** – Distribuição percentual do efeito tóxico observado no primeiro trimestre de 2020 por UGRHI e no estado de São Paulo



Os dados apresentados no Gráfico 5.11 demonstram que nas UGRHIs 3, 11, 15, 17, 18, 19, 21 e 22 não foram constatados efeitos tóxicos durante o primeiro trimestre de 2020. Nas UGRHIs 2, 5, 9, 14 e 20 observou-se toxicidade crônica em até 20% das amostras analisadas. As demais UGRHIs (1, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 13 e 16) apresentaram percentuais de toxicidade crônica acima de 20%, sendo que na UGRHI 10 verificou-se ainda a ocorrência de toxicidade aguda, indicando maior comprometimento da qualidade dessas águas.

Em 15% dos pontos de amostragem nos corpos de água do estado de São Paulo avaliados pela CETESB, foram verificados efeitos adversos à vida aquática, muitas vezes causados pela presença de agentes de origem química (efluentes domésticos e industriais) ou biológica (cianotoxinas). Destacam-se alguns pontos das UGRHIs 1, 6, 7, 8 e 10, que serão discutidos a seguir.

Na UGRHI 1 verificou-se a ocorrência de toxicidade crônica em fevereiro nas amostras analisadas do ribeirão das Perdizes (PDIZ 00700), do rio Sapucaí-Guaçu (SAGU 02250) em Campos de Jordão e do rio Sapucaí-Mirim (SAMI 02200) em São Bento do Sapucaí.

Na UGRHI 6 destaca-se a ocorrência de toxicidade crônica no reservatório Billings (BITQ 00100, BILL 02500, BIRP 00500 e BILL 02900) em março. Nas águas desses pontos verificou-se a presença de cianobactérias, que podem estar relacionadas aos efeitos tóxicos observados.



Na Baixada Santista (UGRHI 7), em março, cabe destacar a toxicidade crônica no Canal de Fuga (CFUG 02900), que também pode estar relacionada à presença de cianobactérias na água, proveniente do complexo Billings, via reservatório Rio das Pedras. Além desse ponto, observou-se toxicidade crônica nas amostras do rio Perequê (PERE 02900) e do rio Moji (MOJI 02800), que drenam bacias com uso industrial do solo.

Na UGRHI 8 destaca-se o efeito tóxico crônico verificado no ribeirão dos Bagres (BAGR 04600 e BAGR 04950), na região do município de Franca, e nos rios do Carmo (CARM 04400), Sapucaí (SAPU 02050, SAPU 02300 e SAPU 02400) e Sapucaizinho (SAPZ 04500), no ribeirão Pinheirinho (PNHO 04500) e nos rios Canoas (KNOA 02500) e Grande (GRDE 02300), nas amostras analisadas em fevereiro. Em grande parte desses pontos foram registrados elevados valores de *Escherichia coli*, que podem ser associados a presença de esgotos domésticos. Além disso, na amostra do rio Canoas, localizado na captação de Franca, detectou-se cobre dissolvido ( $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Na UGRHI 10, cabe destacar a ocorrência de toxicidade aguda nas amostras do rio Tietê em Salto (TIET 02350) no mês de janeiro, e em Laranjal Paulista (TIET 02450) em março. Nessas amostras verificou-se a presença de elevados valores de *Escherichia coli*, indicando o aporte de efluentes domésticos. Além disso, destaca-se a ocorrência de toxicidade crônica nas amostras do rio Sorocaba (SORO 02050), braço do Rio Paruru (BPRU 02300) e no Reservatório do Itupararanga (SOIT 02900 e SOIT 02100), em março. Nesse reservatório os efeitos tóxicos observados podem estar relacionados à presença de cianobactérias.

Em 2020 também foi realizado o ajuste da dureza para  $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ , antes da realização dos ensaios com as amostras dos pontos COGR 00900 (res. das Graças), JUQI 00800, JUQI 02900 (rio Juquiá), ACLA 00500 (res. Águas Claras), JQJU 00900 (res. do Juqueri), VERD 02750 (rio Verde), BROA 02800 (represa do Broa), JCRE 00500 (res. do Rio Jacareí), JARI 00800 (res. Jaguari), CACH 00500 (res. Cachoeira), RAIN 00880 (res. Atibainha) e PERE 02900 (rio Perequê). Tais pontos podem apresentar valores de dureza da água abaixo de  $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ , o que pode reduzir a reprodução dos organismos-teste, interferindo na interpretação dos resultados dos ensaios. Dentre esses pontos, BROA 02800 e PERE 02900 apresentaram efeito tóxico crônico.

Dentre os pontos Classe 4 avaliados, dez (63%) não apresentaram toxicidade em 2020: ribeirão Vermelho (VEME 04250), córrego Piedade (IADE 04500), ribeirão Vai e Vem (VVEM 04700), rio Santo Anastácio (STAN 04300 e STAN 04400), córrego da Boa Esperança (BESP 04900), ribeirão dos Bagres (BAGR 04020 e BAGR 04500), ribeirão do Marinheirinho (MARI 04250) e ribeirão São Domingos (SDOM 04300).

Assim, durante o primeiro trimestre de 2020, em 14 das 22 UGRHIs analisadas, alguns recursos hídricos apresentaram desconformidade com os critérios de toxicidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, ou seja, foram evidenciados efeitos adversos em amostras de corpos de água enquadrados nas Classes 1, 2 e 3.

## 5.5 IB – Índice de Balneabilidade das praias em reservatórios e rios

O histórico das classificações anuais da balneabilidade das 12 praias de rios e reservatórios consideradas na rede de balneabilidade de praias interiores de 2020, conforme explicado no [Capítulo 3](#), no período de 2014 a 2020 encontra-se na Tabela 5.4. Ressalta-se que a classificação anual das praias é calculada a partir das porcentagens de classificação nas diversas categorias obtida em cada praia durante o ano, de acordo com a [Resolução CONAMA no 274/2000](#). Os resultados para o Índice de Balneabilidade de 2020 encontram-se no [Apêndice L](#) e a classificação anual no [Apêndice Q](#).

Na represa Guarapiranga, cinco das sete praias monitoradas foram classificadas na categoria Péssima em 2020, mantendo a classificação observada nos anos anteriores, com exceção da praia no Wind Club, que havia sido classificada nas categorias Ruim e Regular nos últimos dois anos. Embora as praias do Sol e Guarujapiranga tenham apresentado melhora, passando da classificação Regular para a Boa, esses resultados devem ser interpretados com cautela, já que as mesmas foram amostradas apenas no primeiro e quarto trimestres, portanto no período chuvoso.

A prainha do Riacho Grande, na Billings, manteve a classificação Péssima.

As praias monitoradas mensalmente, na represa do Broa – UGRHI 13 e represa de Itupararanga – UGRHI 10, que são consideradas sistematicamente boas, foram classificadas nas categorias Ótima e Boa do IB, mantendo o histórico de praias próprias para o banho.

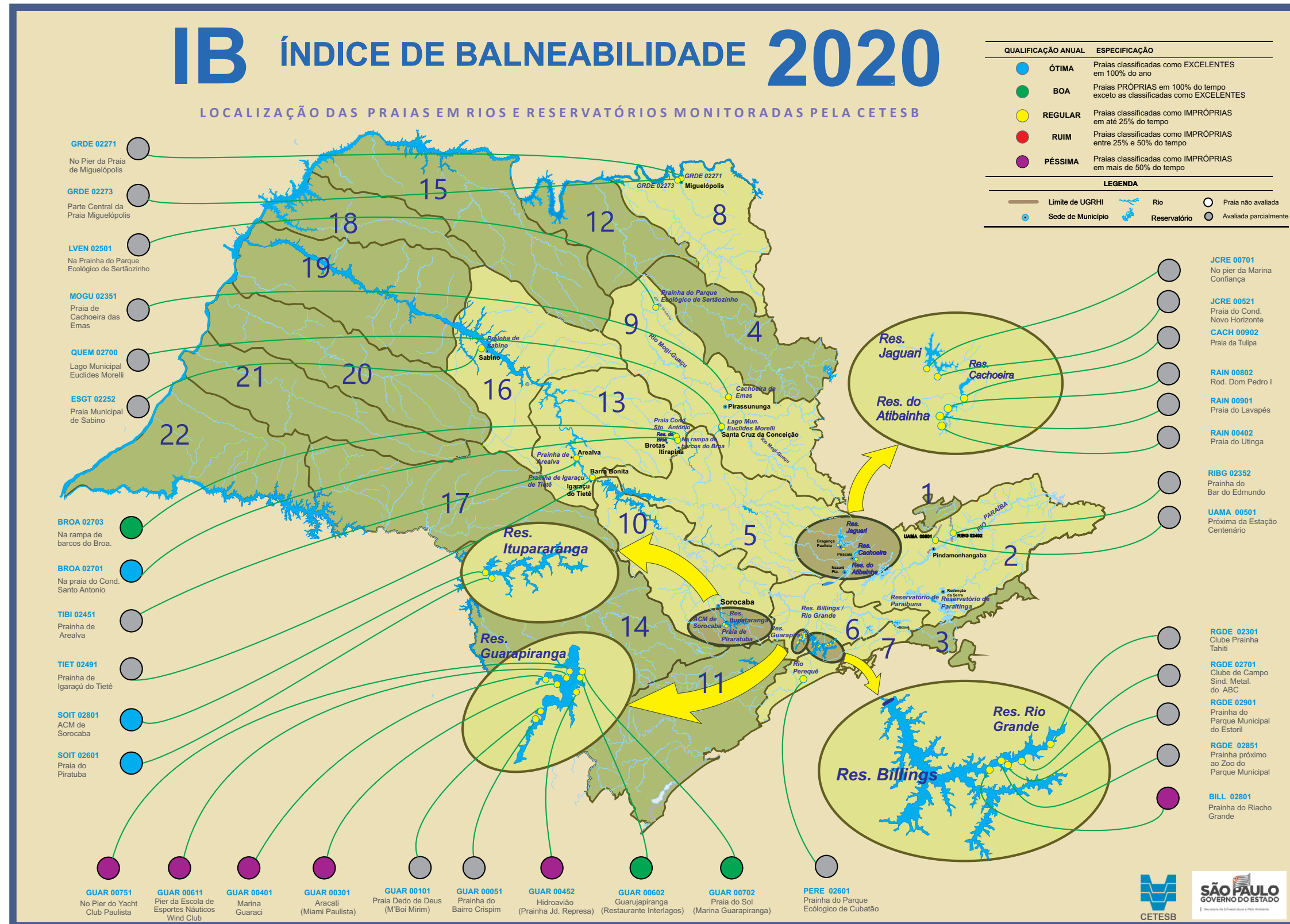
Tabela 5.4 – Índice de Balneabilidade no período de 2012 a 2020

UGRHI	Corpo Hídrico	Código	Praias Interiores - Local de Amostragem	2015	2016	2017	2018	2019	2020*
6	RESERVATÓRIO GUARAPIRANGA	GUAR00401	MARINA GUARACI						
		GUAR00702	PRAIA DO SOL						
		GUAR00602	RESTAURANTE INTERLAGOS - GUARUJAPIRANGA						
		GUAR00452	HIDROAVIÃO						
		GUAR00751	EM FRENTE AO PÍER DO YACHT CLUB PAULISTA						
		GUAR00611	NO PÍER DA ESCOLA DE ESP. NAUTICOS WIND CLUBE						
		GUAR00301	ARACATI						
	RES. BILLINGS/RIO GRANDE DA SERRA	BILL02801	PRAINHA DE RIACHO GRANDE						
10	RESERVATÓRIO ITUPARARANGA	SOIT02801	CLUBE ACM DE SOROCABA						
		SOIT02601	PRAINHA DO PIRATUBA						
13	REPRESA DO BROA	BROA02701	COND. SANTO ANTÔNIO EM FRENTE A LANCHONETE						
		BROA02703	COND. SANTO ANTÔNIO EM FRENTE A RAMP A DOS BARCOS						

<b>Ótima</b>	Praias classificadas como EXCELENTE S em 100% do tempo
<b>Boa</b>	Praias classificadas como PRÓPRIAS em 100% do tempo, exceto as EXCELENTE S
<b>Regular</b>	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em até 25% do tempo
<b>Ruim</b>	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS entre 25% e 50% do tempo
<b>Péssima</b>	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em mais de 50% do tempo

\* O período de amostragem em 2020, em razão da pandemia de COVID-19, correspondeu ao período chuvoso: de janeiro a março e de outubro a dezembro.

Mapa 5.4 – Localização e classificação das praias de rios e reservatórios - 2020



Período de amostragem: de janeiro a março e de outubro a dezembro de 2020

Setor de Águas Interiores



## 6 • Avaliação Biológica

Efluentes industriais, esgotos domésticos, presença de agrotóxicos, lixiviados de áreas urbanas e quaisquer outros contaminantes, carregados para ou lançados no corpo hídrico, alteram o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e podem provocar impactos que impedem, ou prejudicam, os diferentes usos previstos da água. Análises químicas são geralmente capazes de identificar e quantificar as substâncias de origem antropogênica presentes na água, no entanto, o número de contaminantes presentes no ambiente é crescente e nem todos serão determinados em um programa de monitoramento. Mesmo para os compostos analisados, os resultados não permitem determinar os efeitos que esses compostos têm sobre os organismos que a eles estão expostos. Além disso, deve ser considerado que, na avaliação da qualidade ambiental, raramente um efeito observado decorre da ação de um único composto. Dessa forma, encontram-se no ambiente misturas complexas, compostas de inúmeras substâncias que podem ou não interagir entre si, podendo modificar as respostas esperadas para cada uma delas isoladamente. Há também a contaminação biológica, em que os poluentes são organismos que não fazem parte da fauna/flora original do ambiente aquático e que podem ser danosos a outros organismos, podendo alterar a composição de espécies nativas, ou evidenciar a presença de efluentes domésticos/urbanos.

Além das variáveis químicas, o monitoramento da qualidade dos ambientes aquáticos também compreende uma série de testes e ensaios biológicos, bem como a avaliação das comunidades aquáticas, que servem para 1) identificar a presença de microrganismos patogênicos, de indicadores de poluição doméstica e a presença de espécies exóticas ou; 2) avaliar os efeitos nocivos dos contaminantes químicos sobre os organismos e comunidades expostas.

Em 2020, em razão das restrições impostas pela pandemia de COVID-19, algumas avaliações biológicas não foram realizadas, como da comunidade bentônica, e outras tiveram menos campanhas de amostragens do que previsto inicialmente. De um modo geral as campanhas do primeiro trimestre foram completas, enquanto nos outros meses foram priorizados alguns pontos. Por outro lado, em 2020, foi incluído um novo parâmetro, relativo ao monitoramento de SARS-CoV-2, agente causador da COVID-19, ([item 6.5](#)) em rios localizados na Bacia do Alto Tietê, onde existe a maior densidade populacional do Estado de São Paulo, em atendimento às atividades de vigilância ambiental de microrganismos patogênicos realizadas pela CETESB.

### 6.1 MICROBIOLOGIA

As variáveis microbiológicas avaliadas são indicadoras da contaminação do corpo hídrico por material fecal, de origem humana ou animal, que podem estar associadas a uma série de enfermidades veiculadas pela água, destacando-se as gastroenterites. Nestes ensaios, investiga-se a presença e a quantidade de



microrganismos no ambiente aquático, cujos limites estão estabelecidos por lei, a depender do uso da água. Esta análise tratará dos micro-organismos *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.

### 6.1.1 *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.

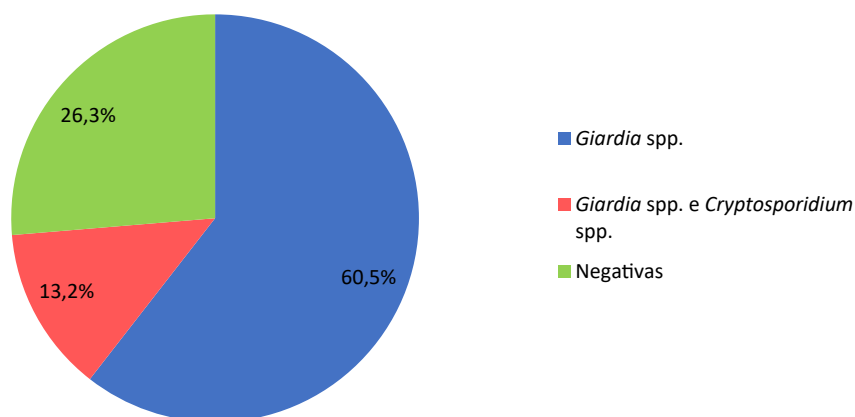
Os ensaios de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. foram inseridos na Rede de Monitoramento em 2014, como parâmetro adicional para avaliar a qualidade de mananciais, considerando-se que a partir de dezembro de 2013, de acordo com a [Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde](#), as análises desses protozoários passaram a ser obrigatórias em mananciais superficiais com médias geométricas anuais de *E. coli* superiores ou iguais a 1.000 UFC 100 mL<sup>-1</sup>. A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde foi substituída em 2017 pelo Anexo XX da [Portaria de Consolidação nº 5/2017/GM/MS](#), vigente em 2020.

Em 2020, o monitoramento de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. foi realizado em 15 pontos de captação, localizados em oito UGRHs do estado de São Paulo. Os locais de coleta foram selecionados em conjunto com o Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado de Saúde do Estado de São Paulo (CVS/SES-SP), priorizando as captações com maiores médias desses parasitas nos monitoramentos dos anos anteriores ou devido à elevada média geométrica de *E. coli* observada em 2019.

Das 38 amostras analisadas, 10 (26,3%) apresentaram-se negativas para *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. A porcentagem de amostras positivas somente para *Giardia* spp. foi de 60,5%, sendo que para ambos os protozoários foi observada positividade de 13,2% (Gráfico 6.1).

**Gráfico 6.1** – Porcentagem de amostras positivas para os protozoários *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. em pontos de captação do estado de São Paulo - 2020

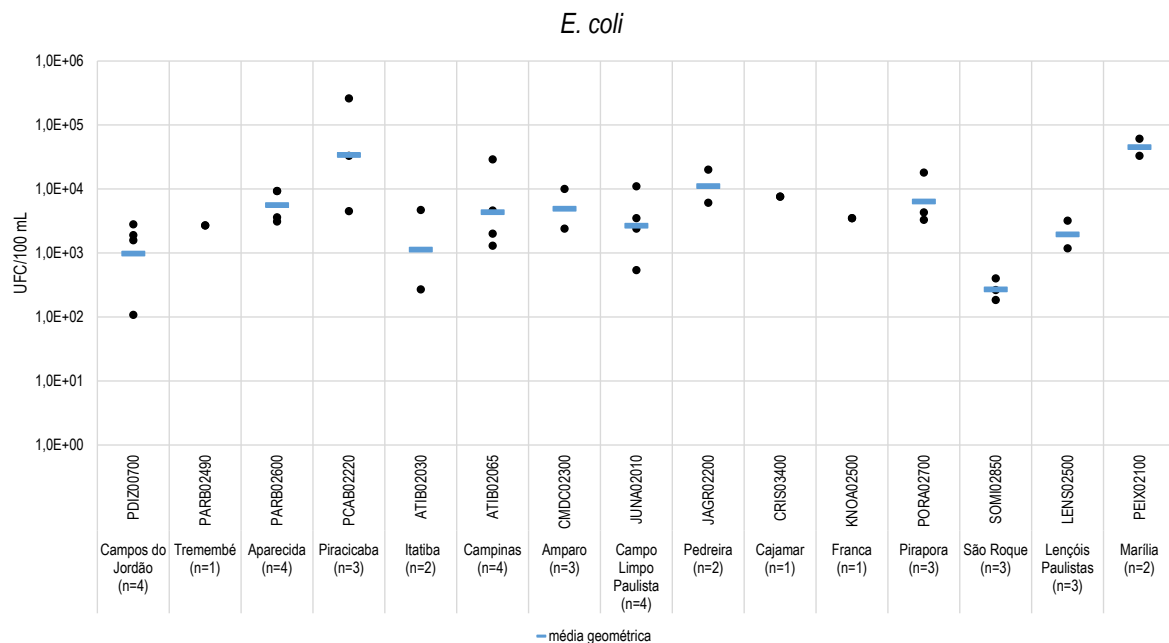
Porcentagem de amostras positivas para *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. em 2020 (N=38)



A maioria dos pontos avaliados além de apresentar média geométrica de *E. coli* acima de 1000 UFC100 mL<sup>-1</sup> não atendeu também à [Resolução CONAMA nº 357/2005](#), quanto aos limites estabelecidos para esse parâmetro para corpos d'água destinados ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional e/ou avançado ([Decisão de Diretoria 112/2013/E](#), de 9.4.2013 que estabelece os valores limites para *E. coli* para avaliação da qualidade dos corpos de águas do território do estado de São Paulo).

A regulamentação estabelece, para pontos de captação, que as concentrações de *E. coli* não devem exceder os limites de 600 UFC 100 mL<sup>-1</sup> para rios Classe 2 e de 2400 UFC 100 mL<sup>-1</sup> para Classe 3, em 80%, ou mais, de pelo menos seis amostras coletadas. Na maioria das captações analisadas, as concentrações de *E. coli* atingiram a ordem de 10<sup>3</sup> a 10<sup>4</sup> UFC 100 mL<sup>-1</sup> (Gráfico 6.2), sendo que apenas a captação de São Roque (SOMI 02850) atendeu aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005.

**Gráfico 6.2** – Concentrações de *E. coli* e médias anuais geométricas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. em 2020

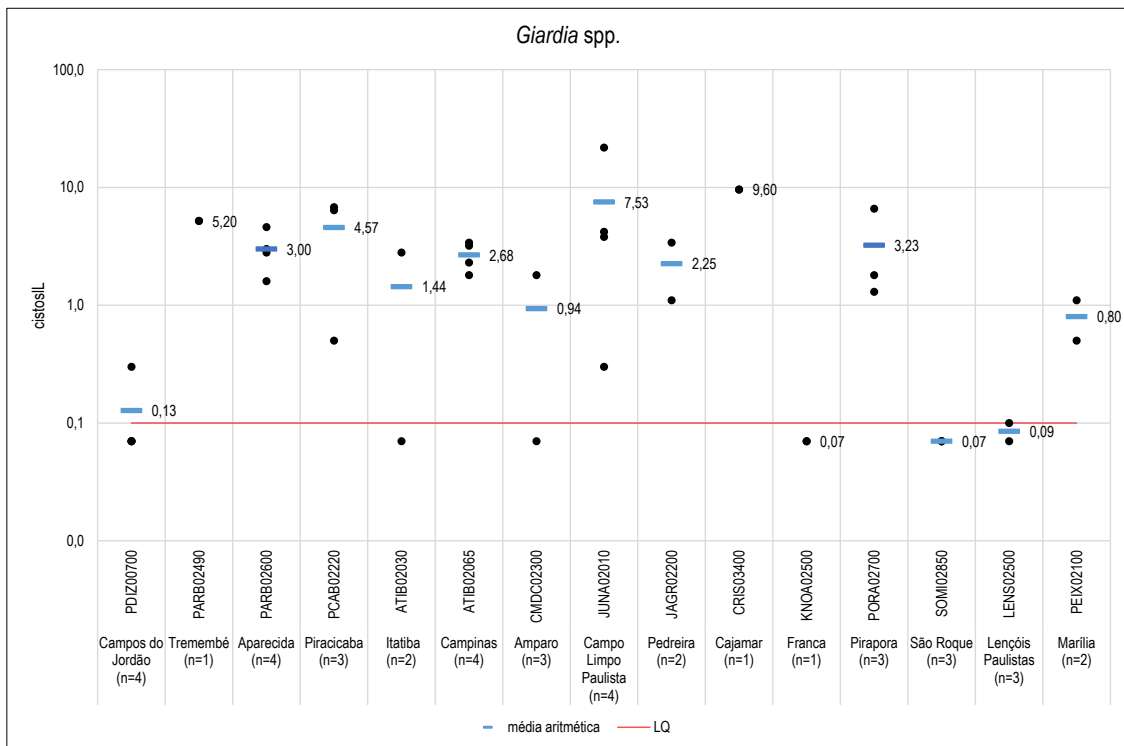


Apesar do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 requerer a análise de *Giardia* spp., ele não fixa nenhum limite para esse protozoário. No entanto, para garantir a qualidade da água de consumo humano, de acordo com os critérios internacionais (USEPA, 2006; Health Canada, 2019; SI, 2018; EU, 2020), embasados em uma abordagem de avaliação de risco, os sistemas produtores de água tratada devem garantir no processo de tratamento uma remoção mínima de 3 logs e/ou inativação dos cistos de *Giardia* spp., sendo que a meta é a ausência desse protozoário na água tratada.

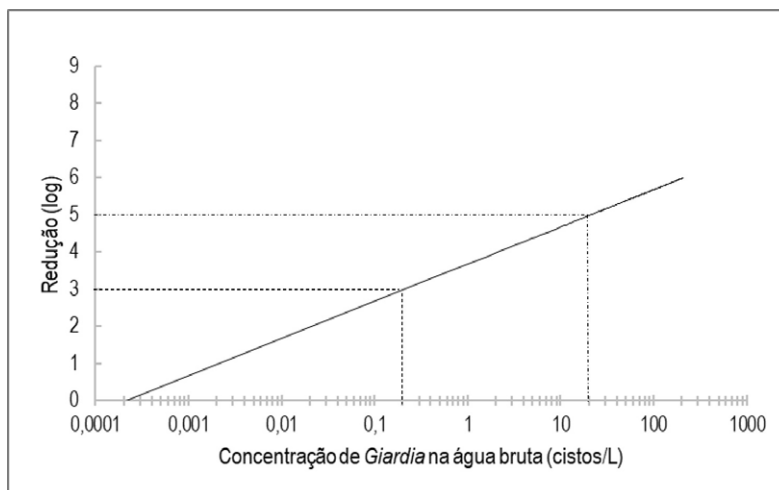
Muitos mananciais, dependendo do seu nível de contaminação, vão requerer uma redução maior do que 3 logs para manter um nível de risco ou carga de doenças tolerável para a população que consome a água procedente desses mananciais. O risco tolerável de infecção anual estabelecido pela USEPA para água de consumo humano e adotado internacionalmente é de 10<sup>-4</sup> (1 caso de infecção para 10.000 pessoas). A Organização Mundial da Saúde (OMS) dentro do Plano de Segurança da Água estabelece como meta de carga dessas doenças diarreicas 10<sup>-6</sup> DALY/pessoa/ano (*Disability Adjusted Life Years* - anos de vida perdidos por morte prematura ou incapacidade ajustados a expectativa de vida ideal), valor equivalente a um risco de infecção anual de 6,7 x 10<sup>-4</sup> (WHO, 2017; Health Canada, 2019). Considerando os critérios recomendados pelo Canadá que usa a abordagem de DALYs, valores acima de 0,21 cistos L<sup>-1</sup> de *Giardia* spp. na água bruta captada, tratada em sistemas que garantam 3 logs de redução, representariam riscos maiores que 10<sup>-6</sup> DALY/pessoa/ano (Health Canada, 2012).

Todos os pontos, analisados, com exceção das captações de Campos do Jordão, Franca, São Roque e Lençóis Paulista, apresentaram concentrações médias de *Giardia* spp. acima de 0,21 cistos L<sup>-1</sup>, e, portanto, com base nos critérios de análises de risco, os sistemas produtores de água devem garantir eficiência de remoção/inativação acima de 3 logs. Nas captações de Tremembé, Aparecida, Piracicaba, Campinas, Campo Limpo Paulista, Pedreira, Cajamar e Pirapora, que apresentaram concentrações acima de 2,1 cistos L<sup>-1</sup>, a meta de tratamento deve ser superior a 4 logs de redução (Figura 6.1).

**Gráfico 6.3** – Concentrações de oocistos de *Giardia* spp. com médias anuais aritméticas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de 2020. Os valores abaixo do limite de quantificação (LQ = 0,1) foram considerados como 0,07 cistos L<sup>-1</sup> (LQ/√2)

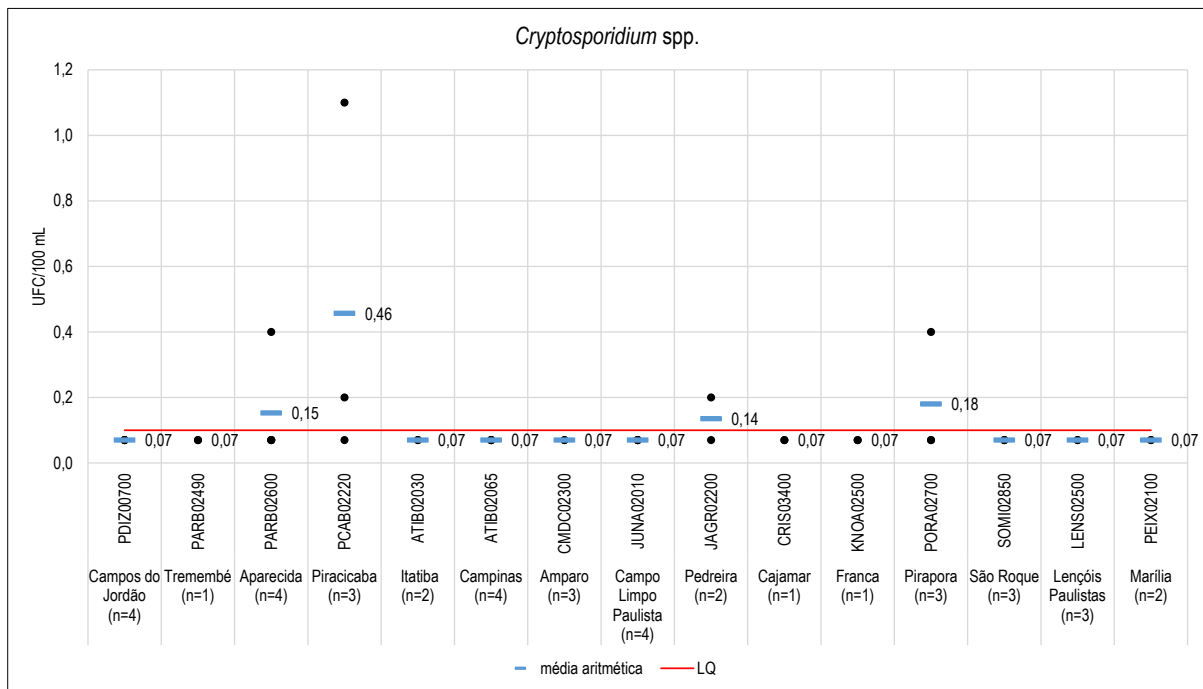


**Figura 6.1** – Meta de tratamento (redução em log) com base na concentração de cistos de *Giardia* spp. na água bruta, para atingir um nível aceitável de risco de 10–6 DALYs / pessoa por ano com base no consumo diário de 1 L de água potável

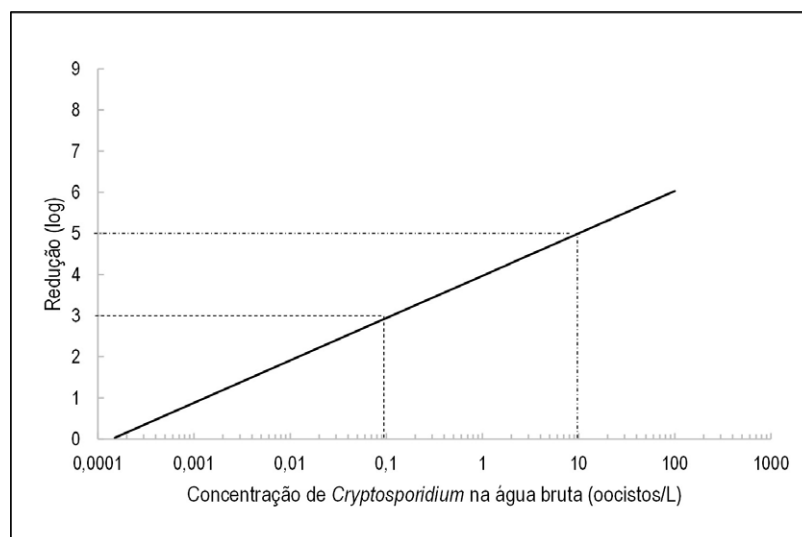


Nenhuma das captações analisadas apresentou média anual de *Cryptosporidium* spp. superior ao limite estabelecido pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 de 3,0 oocistos L<sup>-1</sup> (Gráfico 6.4). No entanto, deve-se ressaltar que esse limite não foi estabelecido com base em critérios de avaliação de risco, como recomendado pelas principais legislações internacionais. Os sistemas produtores de água com captações que apresentaram concentrações de *Cryptosporidium* acima de 0,1 oocisto L<sup>-1</sup> devem garantir eficiência de tratamento superior a 3 logs (Figura 6.2).

**Gráfico 6.4** – Concentrações de cistos de *Cryptosporidium* spp. com médias anuais aritméticas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de 2020. Os valores abaixo do limite de quantificação (LQ = 0,1) foram considerados como 0,07 oocistos L<sup>-1</sup> (LQ/√2)



**Figura 6.2** – Meta de tratamento (redução em log) com base na concentração de oocistos de *Cryptosporidium* spp. na água bruta, para atingir um nível aceitável de risco de 10<sup>-6</sup> DALYs / pessoa por ano com base no consumo diário de 1 L de água potável



A maioria dos mananciais avaliados em 2020 demonstra contaminação por efluente doméstico, evidenciada pelas elevadas concentrações médias de *E. coli*, constantemente superiores a 1000 UFC 100 mL<sup>-1</sup>, além da presença do protozoário *Giardia* spp. em grande parte das amostras analisadas. De acordo com o Plano de Segurança da Água da OMS, o estabelecimento de medidas de proteção do sistema de abastecimento de água é possibilitado pela conjugação de diversos fatores como evidências epidemiológicas, avaliação quantitativa de risco químico e microbiológico, estabelecimento de nível de risco ou carga de doença tolerável e avaliação de desempenho do tratamento e da qualidade da água. Os resultados do monitoramento ambiental de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. configuram-se como evidências importantes, mas que precisam ser complementadas por evidências quantificáveis de incidência ou prevalência das doenças de veiculação hídrica e por dados de eficiência de tratamento, direcionando, assim, o estabelecimento de medidas de controle apropriadas. Nesse sentido, esses resultados evidenciam a necessidade de maior interatividade entre os setores envolvidos, visando intensificar a proteção dos mananciais e garantir as eficiências de remoção apropriadas dos sistemas de tratamento de água e esgoto.

## 6.2 TOXICOLOGIA

Os ensaios toxicológicos permitem avaliar os efeitos adversos causados por contaminantes químicos aos organismos. Os efeitos avaliados dependem de cada teste, podendo ser alterações em processos bioquímicos celulares, alterações no material genético, mudanças de comportamento, ou até mesmo a morte dos organismos. Os efeitos, por sua vez, podem ser verificados em diferentes organismos, sejam eles habitantes naturais do local estudado ou organismos-padrão, representantes de diferentes níveis tróficos do ambiente.

Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos realizados com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* em 365 pontos de monitoramento estão apresentados no [Capítulo 5](#) deste Relatório, uma vez que integram o IVA, referente à proteção das comunidades aquáticas.

### 6.2.1 Testes de Mutagenicidade

Os ensaios de mutagenicidade avaliam a presença de compostos genotóxicos capazes de interagir com o material genético dos organismos e causar mutações. São utilizados como ferramenta auxiliar no diagnóstico ambiental e complementam as análises químicas e toxicológicas, sendo indicadores da presença de grupos químicos específicos potencialmente cancerígenos nas amostras analisadas.

Os resultados dos testes de genotoxicidade não são suficientes para estimar o risco para a saúde dos organismos. Os riscos associados à presença de mutágenos nas diferentes matrizes ambientais dependem da sua identificação e quantificação, da sua potência e biodisponibilidade, dos meios de exposição dos organismos, da susceptibilidade individual e outros fatores. A inclusão desses testes no monitoramento da qualidade das águas em pontos de captação é uma ação de precaução, na medida em que sinalizam um alerta da existência de possíveis fontes de contaminação.





### 6.2.1.2 Ensaio de Micronúcleo *in vitro*

Assim como o teste de Ames, o ensaio de Micronúcleos *in vitro* é uma ferramenta bioanalítica para a detecção da presença de compostos genotóxicos na amostra ambiental. Em complementação ao primeiro, em que são detectadas apenas mutações de ponto na molécula de DNA dos organismos expostos, esse ensaio revela a presença de mutágenos capazes de induzir alterações cromossômicas. Esse teste é realizado em células de mamífero em cultura (células V79).

Em 2020 foram monitorados 19 pontos, totalizando 54 amostras, cujos resultados encontram-se na Figura 6.3.

Considerando os dados obtidos nos últimos cinco anos, verifica-se que dentre as amostras analisadas com teste de Ames e ensaio de micronúcleo na mesma amostra/campanha (n=308), pouco mais de metade apresentou resultados concordantes entre os dois ensaios, sejam positivos ou não. Enquanto 40% das amostras foram negativas em ambas as análises, cerca de 13% foram positivas para os dois ensaios, inferindo-se, nesses casos, que os compostos responsáveis pela atividade mutagênica presente nessas amostras são capazes de induzir tanto mutações de ponto como alterações cromossômicas.

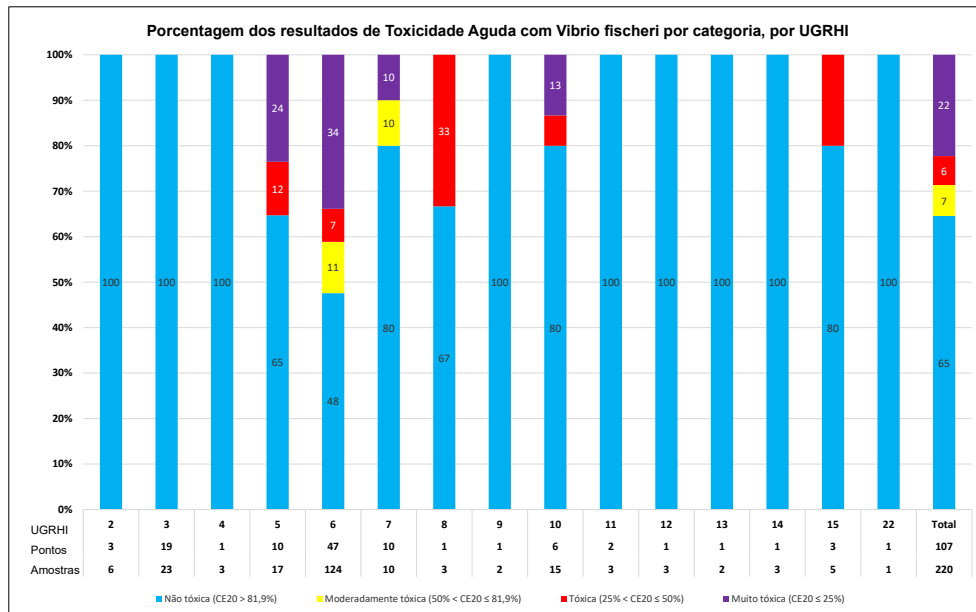
Aproximadamente 13% das amostras foram positivas apenas no ensaio de micronúcleos, indicando que o diagnóstico ambiental é aprimorado com a inclusão dessa análise. Ainda não é possível, no entanto, fazer nenhuma inferência sobre os possíveis compostos mutagênicos presentes nesses locais; a continuação do uso dessa variável para a construção de uma série histórica é necessária para esta compreensão.

### 6.2.2 Toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* (Sistema Microtox®)

A bactéria marinha luminescente *Vibrio fischeri* emite luz naturalmente em ambientes aquáticos. O ensaio de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* (Sistema Microtox®) baseia-se em expor a bactéria a uma amostra durante 15 minutos. Na presença de substâncias tóxicas a luminescência diminui, sendo essa diminuição de intensidade de luz proporcional à toxicidade da amostra. A bactéria apresenta alta tolerância a baixas concentrações de oxigênio dissolvido e nitrogênio amoniacal, sendo esse ensaio empregado principalmente na avaliação de corpos hídricos Classe 4, altamente impactados, e naqueles casos em que há suspeita da presença de compostos xenobióticos. Em corpos hídricos Classes Especial, 2 e 3, o ensaio é empregado com o objetivo de complementar o monitoramento ecotoxicológico em locais que não são monitorados por meio de outros testes.

Nesse ano foram testadas 220 amostras de água, para o ensaio de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri*, coletadas de 107 pontos distribuídos em 16 UGRHIs. Os resultados foram classificados em quatro categorias adotadas para esta avaliação, adaptadas de Coleman & Qureshi (1985). O Gráfico 6.5 exibe a porcentagem de resultados de Toxicidade Aguda, por UGRHI, distribuídos em cada categoria.

**Gráfico 6.5** – Porcentagem dos resultados de Toxicidade Aguda com *Vibrio fischeri* nas amostras de água, por UGRHI, distribuídos em cada categoria



Das amostras analisadas, 98 foram coletadas em 58 pontos localizados em águas doces enquadrados nas Classes Especial, 2 e 3. Nessas classes não deve ocorrer Toxicidade Aguda a organismos aquáticos, porém, em 2020, 20 amostras de 18 pontos (Tabela 6.1) exibiram toxicidade aguda para o *Vibrio fischeri*. A Figura 6.4 apresenta para esses 18 pontos a classificação das amostras que apresentaram toxicidade aguda para o organismo, nos respectivos meses.

**Tabela 6.1** – Descrição dos pontos de Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram Toxicidade Aguda para o *Vibrio fischeri*

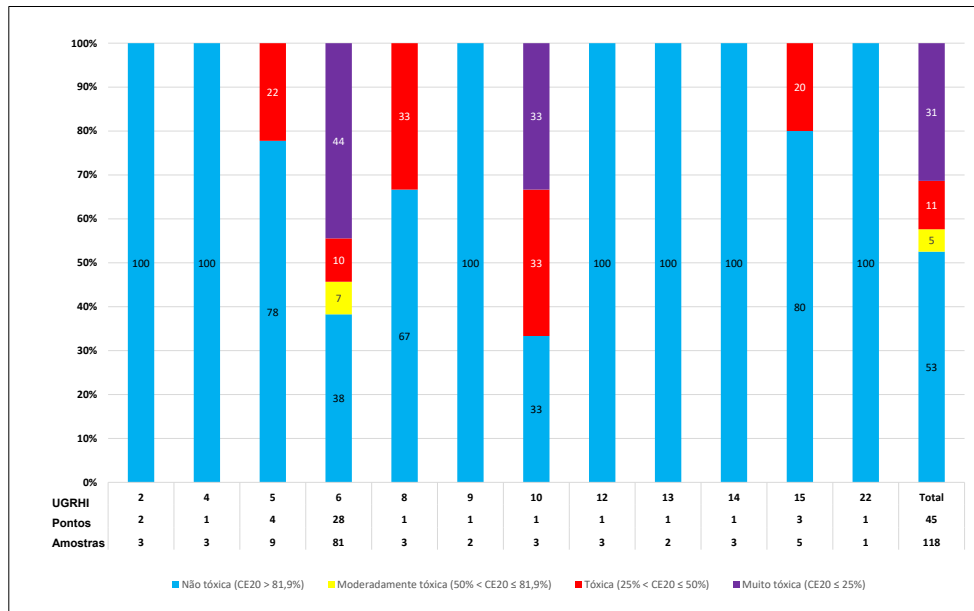
UGRHI	Código	Local
5	QUIL 03200	Ribeirão Quilombo
	TIJU 02900	Ribeirão Tijuco Preto
	TREB 02950	Ribeirão Três Barras
6	BILL 02030	Reservatório Billings
	BILL 02100	Reservatório Billings
	BILL 02500	Reservatório Billings
	BIRP 00500	Reservatório do rio Pequeno
	BITQ 00100	Braço do Ribeirão Taquacetuba
	BQGU 03150	Rio Baquirivu-Guaçu
	BQGU 03850	Rio Baquirivu-Guaçu
	JQRI 03300	Rio Juqueri
	JQRI 03800	Rio Juqueri
	MOVE 03400	Ribeirão Moinho Velho
	PEOV 03900	Ribeirão Perová
	RGDE 02200	Reservatório Rio Grande
	TIET 03120	Rio Tietê
	TIET 03130	Rio Tietê
10	TIRG 02900	Reservatório de Rasgão

**Figura 6.4** – Classificação das amostras dos corpos hídricos Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram toxicidade aguda para o *Vibrio fischeri* em 2020

UGRHI	Ponto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5	QUIL 03200		■										
	TIJU 02900		■										
	TREB 02950		■									■	■
6	BILL 02030			■									
	BILL 02100			■				■		■	■		
	BILL 02500			■									
	BIRP 00500			■									
	BITQ 00100			■				■		■	■		
	BQGU 03150		■										■
	BQGU 03850		■										■
	JQRI 03300			■								■	
	JQRI 03800		■									■	
	MOVE 03400		■								■		■
	PEOV 03900		■								■		■
	RGDE 02200							■		■	■		
	TIET 03120		■								■		
	TIET 03130		■								■		
10	TIRG 02900		■							■		■	

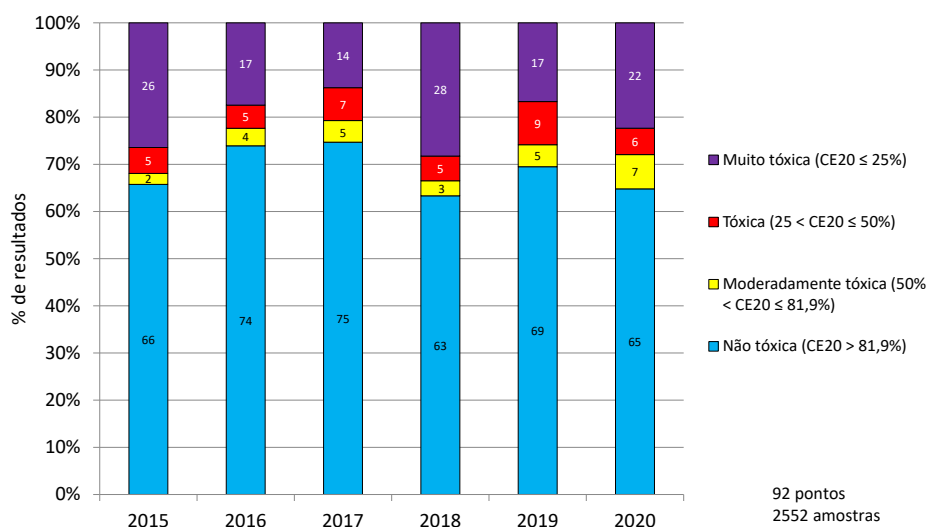
Nos corpos hídricos de Classe 4, representados por 45 pontos, foram testadas 118 amostras. O Gráfico 6.6 exibe a porcentagem de resultados, distribuídos em cada categoria, por UGRHI, para esses pontos.

**Gráfico 6.6** – Porcentagem dos resultados de Toxicidade Aguda com *Vibrio fischeri* nas amostras de água Classe 4, distribuídos em cada categoria, por UGRHI



Para acompanhar a evolução temporal da Toxicidade Aguda para a bactéria *Vibrio fischeri* nos corpos hídricos do estado, compararam-se os resultados dos 92 pontos avaliados sistematicamente entre os anos de 2015 e 2020, localizados nas UGRHIs 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 15 e 22 (Gráfico 6.7).

**Gráfico 6.7** – Porcentagem dos resultados de Toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* nos pontos coincidentes nos anos de 2015 a 2020



Os resultados de 2020 sugerem pequena variação em relação ao ano de 2019, sem indicar grandes alterações na qualidade dos corpos d’água avaliados frente a este parâmetro. Entretanto, lembra-se que a redução no

número de amostras avaliadas em 2020 não permite uma avaliação conclusiva quanto a tendência de melhora ou piora da qualidade dos corpos d'água quanto à toxicidade neste ano em relação ao período de 2015 a 2019.

## 6.3 COMUNIDADES AQUÁTICAS

Alterações estruturais ou funcionais das comunidades aquáticas são utilizadas na avaliação de impactos ambientais. Indicadores como o número total de organismos, presença ou ausência de espécies sensíveis ou tolerantes, grau de dominância de grupos ou espécies, presença de espécies introduzidas, entre outros, podem ser traduzidos em índices numéricos, ou em avaliações qualitativas. Cada um dos indicadores definidos pode ser avaliado individualmente ou de modo integrado em índices multimétricos. Com base nesses preceitos, a CETESB adota diversos índices para as comunidades aquáticas no seu monitoramento da qualidade dos corpos hídricos.

### 6.3.1 Comunidade Fitoplanctônica

A rede de monitoramento da comunidade fitoplanctônica conta atualmente com 69 pontos, distribuídos em dezessete UGRHI (2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21 e 22). Foram incluídos oito pontos em relação a 2019. Os pontos BFAR 02250 (braço do ribeirão da Fartura) e BMAN 02250 (braço do rio Barra Mansa) - UGRHI 16, situados no reservatório Promissão, e BBRA 02700 (ribeirão Santa Bárbara) - UGRHI 19, no reservatório Nova Avanhandava, foram amostrados apenas em outubro e dezembro de 2019 e por isso seus índices não foram calculados naquele ano. Entraram na rede de monitoramento devido a intensas florações de cianobactérias do gênero *Microcystis* registradas em anos anteriores nesses reservatórios, localizados no rio Tietê.

Além desses pontos, também foram incluídos em 2020:

- BARI 02950 - rio Lambari e GRAM 02950 - reservatório de Graminha, situados na UGRHI 4;
- TITR 02100 - reservatório Três Irmãos, situado na UGRHI 19;
- RECA 02900 - ribeirão das Marrecas, situado na UGRHI 20; e
- PARN 02900 - reservatório Porto Primavera, situado na UGRHI 22.

Assim, houve um acréscimo no número de pontos de 2019 para 2020 de 6,5%.

As informações sobre as frequências de amostragens da rede e a porcentagem e quantidade de pontos amostrados por frequências foram sumarizadas no Quadro 6.1.

**Quadro 6.1** – Frequências de amostragens, número de pontos e as respectivas porcentagens em 2020

Frequência de amostragem	Número de pontos	Porcentagem dos pontos (%)
5 vezes ao ano	3	4
4 vezes ao ano	21	30
3 vezes ao ano	4	6
2 vezes ao ano	10	14
1 vez ao ano	29	42
Não foi amostrado em 2020	2	3

Os pontos que não foram amostrados estão situados na UGRHI 7 (reservatório Capivari-Monos – CAMO 00900) e na UGRHI 10 (Ribeirão Pirapitingui - PGUI 02700).

Para que as avaliações das médias anuais fossem consistentes, estas só foram calculadas nos pontos com pelo menos três amostragens no ano, totalizando 28 pontos (21 estão situados em reservatórios e 7 em rios).

Desse modo, as médias anuais do ICF ficaram distribuídas entre classificações Ruins (11%), Regulares (50%) e Boas (39%) ([Apêndice L](#) – Tabela 7). Em 2020, não foram identificadas classificações Ótimas, porém cabe ressaltar que os pontos que vem mantendo uma melhor qualidade ao longo dos anos foram amostrados com uma frequência inferior a três vezes ao ano e sua média não foi considerada.

As classificações anuais Ruins foram obtidas nos pontos: BILL 02100, em frente ao braço do Bororé e BITQ 00100, braço do Taquacetuba, ambos no reservatório Billings, que são discutidos em detalhes no [Capítulo 7](#) e mantiveram a mesma classificação obtida em 2019, e também o ponto TIPR 02990, situado no reservatório de Promissão.

O reservatório Promissão já vinha registrando piora da qualidade da água desde 2017, com aumento das densidades e dominância de Cianobactérias. Sua condição piorou em 2020. Esse corpo d'água foi amostrado em dois locais em 2020, nos pontos TIPR 02400 e TIPR 02900. O ponto TIPR 02400 só foi amostrado em janeiro, quando houve dominância do gênero *Microcystis* e a contagem de Células de Cianobactérias foi elevada, 1.459.958 céls mL<sup>-1</sup>. Sua avaliação anual ficou prejudicada. O ponto TIPR 02900 foi amostrado quatro vezes no ano e suas informações foram sumarizadas no Quadro 6.2.

**Quadro 6.2** – Comparação dos dados de 2019 e 2020 do reservatório Promissão (TIPR 02900) em relação à porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/05, ao Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5/2017 do Ministério da Saúde para água tratada e as densidades máximas de Células de Cianobactérias

ICF anual		Atendimento ao CONAMA 357*		Densidade máxima de células		Atendimento a Portaria nº5/2017**	
2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019**	2020**
Regular	Ruim	25%	0%	2.452.916 céls mL <sup>-1</sup>	25.925.338 céls mL <sup>-1</sup>	SX (100%) MC (-25%)	SX (100%) MC (25%)

Nota: \* Atendimento a Resolução CONAMA nº 357/05 para Classe 2 (50.000 céls mL<sup>-1</sup>);

\*\* Atendimento ao Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5/2017 do Ministério da Saúde, para água tratada (1 µg L<sup>-1</sup> para microcistina - MC e 3 µg L<sup>-1</sup> para saxitoxina - SX)

De forma a obter uma avaliação das medições de cianotoxinas, realizadas na água bruta, foram utilizados, como referência, os padrões de potabilidade estabelecidos para água tratada, uma vez que não existe referência legal para essas substâncias na água bruta.

O maior valor registrado em toda a rede de monitoramento para número de Células de Cianobactérias foi obtido nesse ponto em agosto, com mais de 98% das células pertencentes ao gênero *Microcystis* (potencialmente produtor de microcistina), ocasião em que foi registrada a segunda maior concentração de microcistinas do ano, 404 µg L<sup>-1</sup>.

As classificações anuais Regulares concentraram-se nas UGRHI 2, 5, 6, 7, 10, 13, 16 e 19. Dentre os 14 pontos com essa classificação, 7 mantiveram sua condição (50%), 2 melhoraram (aproximadamente 14%), 2 pioraram (aproximadamente 14%) e 3 não tiveram suas médias anuais calculadas em 2019, o que impossibilitou a comparação.



As informações relacionadas aos pontos que apresentaram melhora do índice foram simplificadas no Quadro 6.3.

**Quadro 6.3** – Pontos com classificação Regular do ICF em 2020 que apresentaram melhora da qualidade em relação ao índice comparados a 2019

Corpo d'água	Ponto	ICF Anual		Atendimento ao CONAMA 357*		Observações
		2019	2020	2019	2020	
Res. Guarapiranga (UGRHI 6)	GUAR 00900	Ruim	Regular	0%	25%	Amostrado 4 vezes em 2020 (como em 2019). Melhora em função da diminuição da densidade de organismos em 2 períodos. Discutido em mais detalhes no <a href="#">Capítulo 7</a> .
Canal de Fuga (exutório do Res. Rio das Pedras/ Complexo Billings) (UGRHI 7)	CFUG 02900	Ruim	Regular	50%	0%	Melhora sutil, provavelmente relacionada ao número de amostragens no ano (uma a menos em relação a 2019). Dominância de Cianobactérias.

Nota: \* Atendimento a Resolução CONAMA nº 357/05 para Classe 1 (20.000 céls mL<sup>-1</sup>) no ponto GUAR 00900 e para Classe 2 (50.000 céls mL<sup>-1</sup>) no ponto CFUG 02900.

As informações relacionadas aos pontos que apresentaram piora do índice foram simplificadas no Quadro 6.4.

**Quadro 6.4** – Pontos com classificação Regular do ICF em 2020 e que apresentaram piora da qualidade em relação ao índice

Corpo d'água	Ponto	ICF anual		Atendimento ao CONAMA 357*		Atendimento a Portaria nº5/2017**		Observações
		2019	2020	2019	2020	2019	2020	
Res. Jundiáí (UGRHI 6)	JNDI 00500	Bom	Regular	50%	25%	MC (100%)	MC (100%)	Amostrado 4 vezes em 2020 (como em 2019). Piora em função do aumento de organismos, do IET e dos períodos com dominância, notadamente de cianobactérias. MC amostrada 1 vez em 2020. Discutido em mais detalhes no <a href="#">Capítulo 7</a>
Represa do Broa (UGRHI 13)	BROA 02800	Bom	Regular	50%	50%	SX (100%) MC (100%)	SX (100%) MC (75%)	Amostrado 6 vezes em 2019 e 4 vezes em 2020. Piora devido ao aumento do período com dominância, notadamente de cianobactérias. Valor desconforme de MC obtido em janeiro (4,35 µg L <sup>-1</sup> )

Nota: \* Atendimento a Resolução CONAMA nº 357/05 para Classe 1 (20.000 céls mL<sup>-1</sup>) no ponto JNDI 00500 e para Classe 2 (50.000 céls mL<sup>-1</sup>) no ponto BROA 02800;

\*\* Atendimento ao Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017, do Ministério da Saúde, para água tratada (1 µg L<sup>-1</sup> para microcistina - MC e 3 µg L<sup>-1</sup> para saxitoxina - SX)

Para os pontos situados em braços do reservatório Promissão (ribeirão da Fartura - BFAR 02250 e ribeirão Barra Mansa - BMAN 02250) e no braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700), situado no reservatório Nova Avanhandava, não houve comparação com 2019 por não terem sido amostrados de forma regular. Esses pontos estão discutidos com mais detalhes no [Capítulo 7](#) e suas informações relevantes quando ao ICF foram sumarizadas no Quadro 6.5.

**Quadro 6.5** – Pontos com classificação Regular do ICF em 2020 e sem média anual de ICF de 2019

Corpo d'água	Pontos	Observações
Braço do Ribeirão da Fartura (UGRHI 16) – Reservatório Promissão	BFAR 02250	Amostrado 2 vezes em 2019 e 5 vezes em 2020, tendo uma piora em relação à dominância de grupos. Em 2019, houve dominância de Diatomáceas em um período e noutra, de Cianobactérias. Em 2020, todos os períodos amostrados apresentaram dominância de Cianobactérias
Braço do Rio Barra Mansa (UGRHI 16) – Reservatório Promissão	BMAN 02250	Amostrado 2 vezes em 2019 e 5 vezes em 2020, tendo uma piora em relação ao número de Células de Cianobactérias. Quando comparados os valores obtidos no segundo semestre de 2019 e de 2020, observa-se aumento nas densidades.
Ribeirão Santa Bárbara (UGRHI 19) – reservatório Nova Avanhandava	BBRA 02700	Amostrado 2 vezes em 2019 e 5 vezes em 2020. Alterações pouco significativas de 2019 para 2020. Elevadas densidades de Células de Cianobactérias e dominância de Cianobactérias em todos os períodos de ambos os anos

Os pontos com classificação Boa se distribuíram nas UGRHI 5, 6, 10 e 20. Dos 11 pontos com esse diagnóstico, dois se destacaram por apresentarem melhoras no índice (Quadro 6.6), sendo os pontos situados nos reservatórios Rio Grande – captação (RGDE 02900) e Cascata (CASC 02050). O ponto situado no rio Sorocamirim (SOMI 02850) apresentou piora da qualidade.

**Quadro 6.6** – Pontos com classificação Boa do ICF que se destacaram em 2020

Corpo d'água	Ponto	ICF anual		Atendimento ao CONAMA 357*		Observações
		2019	2020	2019	2020	
Res. Rio Grande (UGRHI 6)	RGDE 02900	Regular	Bom	80%	70%	<b>Melhorou.</b> Amostrado 6 vezes em 2019 e 3 vezes em 2020. Apesar da melhora no ICF houve um aumento na densidade média anual de organismos e de Número de Células de Cianobactérias. Discutido em mais detalhes no <a href="#">Capítulo 7</a> .
Res. Cascata (UGRHI 20)	CASC 02050	Regular	Bom	70%	75%	<b>Melhorou.</b> Amostrado 3 vezes em 2019 e 4 vezes em 2020. Melhora principalmente em razão de menos períodos com dominância e pelo fato de ter ocorrido dominância de cianobactérias em 2019 e esse grupo não ter dominado em 2020. Utilizando-se o Anexo XX** como critério de comparação para as cianotoxinas na água bruta, verificou-se que a porcentagem de amostras, que atenderam aos padrões, passou de 33 para 50 em relação a MC e atendeu 100% em relação SX. O maior valor de MC entre os dois anos foi obtido em julho de 2020 (15,45 µg L <sup>-1</sup> ).
Rio Sorocamirim (UGRHI 10)	SOMI 02850	Ótimo	Bom	100%	100%	<b>Piorou.</b> Amostrado 4 vezes em 2019 e 3 vezes em 2020. Desde 2007 a classificação anual do ICF nesse ponto variou entre essas duas classificações. Em 2020 houve dominância em praticamente todos os períodos de Fitoflagelados e abundância de Crisofíceas do gênero <i>Synura</i> em março. Esse organismo está associado pela literatura a gosto e odor de peixe na água.

Nota: \* Atendimento a Resolução CONAMA nº 357/05 para Classe 2 (50.000 céls mL<sup>-1</sup>);

\*\* Atendimento ao Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5/2017 do Ministério da Saúde, para água tratada (1 µg L<sup>-1</sup> para microcistina - MC e 3 µg L<sup>-1</sup> para saxitoxina - SX)

Foram selecionados também alguns pontos que não tiveram o ICF médio anual calculado em 2020. Suas informações foram sumarizadas no Quadro 6.7.

Quadro 6.7 – Pontos de destaque em 2020

Corpo d'água	Ponto	ICF anual	Atendimento ao CONAMA 357*		Observações
		2019	2019	2020	
Res. Salto Grande (UGRHI 5)	ATSG 02800	Regular	30%	0%	Amostrado 2 vezes em 2020 e 3 vezes em 2019. Piora da qualidade devido ao aumento de dominância de Cianobactéria. A média anual de Células de Cianobactérias que foi elevada em 2019 (135.247 céls mL <sup>-1</sup> ) manteve-se alta em 2020 (149.607 céls mL <sup>-1</sup> ) com predomínio de <i>Microcystis</i> . MC amostrada 2 vezes em 2020 com valores acima do estabelecido no Anexo XX**, utilizado como critério de comparação para a água bruta (1,29 µg L <sup>-1</sup> em fevereiro e 1,08 µg L <sup>-1</sup> em novembro).
Rio Ribeira (UGRHI 11)	RIBE 02900	Ótimo	100%	100%	Amostrado 2 vezes em 2020 e 4 vezes em 2019. Manteve boa qualidade da água. Baixas densidades da comunidade fitoplanctônica e dos valores de IET, com dominância de Diatomáceas.
Córrego Esgotão, afluente do Res. Promissão (UGRHI 16)	ESGT 02050	Ruim	0%	0%	Amostrado 2 vezes em 2020 e 4 vezes em 2019. Manteve condição Ruim da qualidade da água com elevadas densidades de organismos e de Células de Cianobactérias, além de dominância de Cianobactérias em todas as amostragens de ambos os anos.
Res. Três Irmãos (UGRHI 19)	TITR 02100	Sem dados	Sem dados	100%	Condição Regular. Amostrado 2 vezes em 2020. Dominância nos dois períodos (Fitoflagelados e Cianobactérias). IET Mesotrófico e densidade moderada de Células de Cianobactérias em outubro (9.563 céls mL <sup>-1</sup> )
Ribeirão das Marrecas (UGRHI 20)	RECA 02900	Sem dados	Sem dados	100%	Condição Boa. Amostrado apenas em fevereiro de 2020. Dominância de Clorofíceas. Baixas densidades de organismos e de Células de Cianobactérias. Requer atenção, pois o IET foi Mesotrófico.
Res. Porto Primavera (UGRHI 22)	PARN 02900	Sem dados	Sem dados	100%	Condição Boa com tendência para Regular. Amostrado 2 vezes em 2020. Densidade baixa de organismos e IET oligotrófico nas duas amostragens. Requer atenção, pois apresentou densidade moderada de Células de Cianobactérias em novembro (9.496 céls mL <sup>-1</sup> ).

Nota: \* Atendimento a Resolução CONAMA nº 357/05 para Classe 2 (50.000 céls mL<sup>-1</sup>);

\*\* Atendimento ao Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5/2017 do Ministério da Saúde, para água tratada (1 µg L<sup>-1</sup> para microcistina - MC e 3 µg L<sup>-1</sup> para saxitoxina - SX)

O dinoflagelado do gênero *Ceratium*, considerado invasor em águas doces no Brasil (Silva *et al.*, 2012) foi registrado pela primeira vez no Estado de São Paulo em 2008 no reservatório Billings (CETESB, 2009). A evolução de sua detecção/quantificação no monitoramento da CETESB nos últimos cinco anos foi inserida no Quadro 6.8.

Quadro 6.8 – Número de pontos em que foram registrados e/ou quantificados organismos do gênero *Ceratium* de 2016 a 2020

Ano	2016	2017	2018	2019	2020
Número de pontos com <i>Ceratium</i>	15	16	18	19	13

É importante salientar que esse organismo é capaz de migrar na coluna d'água, considerando que a coleta do monitoramento é realizada na superfície, a ausência de registro na análise não significa que ele não esteja presente no local, apenas que não foi coletado.

Dentre as 158 amostras coletadas em 2020 para análise da comunidade fitoplanctônica, 44% apresentaram densidade de Células de Cianobactérias com valores superiores ao estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para suas respectivas classes em ao menos um período.

A CETESB divulga nota em sua [página](#) informando que quando for constatada floração de microalgas, não se recomenda a prática de recreação com contato primário, consumo de água para dessedentação ou cozimento de alimentos, e deve-se evitar o consumo de peixes provenientes desses locais. Essas microalgas/cianobactérias podem causar reações alérgicas no contato dérmico, além de serem potencialmente produtoras de cianotoxinas que, quando presentes, podem causar intoxicações com intensidade e consequências que variam com a concentração da toxina ingerida, peso corpóreo do indivíduo, estado nutricional, entre outros fatores.

### 6.3.2 Comunidade Zooplanctônica

Para a análise da comunidade zooplanctônica foi aplicado o Índice de Comunidade Zooplanctônica ( $ICZ_{RES}$ ), como também foram estimadas as densidades de organismos dos grupos Rotifera, Cladocera e Copepoda (Calanoida e Cyclopoida). As amostras analisadas foram coletadas em dez pontos em sete reservatórios, localizados em três UGRHs (5, 6 e 10).

Excepcionalmente este ano foi coletada apenas uma amostra para cada ponto, não sendo assim possível calcular a média anual do  $ICZ_{RES}$  como efetuada em anos anteriores. Os resultados mensais do  $ICZ_{RES}$  constam da Tabela 9 do [Apêndice L](#).

Devido à impossibilidade de cálculo das médias anuais do  $ICZ_{RES}$  em 2020, foi realizada uma comparação com os resultados mensais obtidos em anos anteriores para o mesmo período (janeiro-fevereiro-março) (Tabela 6.2). Embora na maioria dos pontos não tenha ocorrido concordância exata em relação aos meses de amostragem, houve correspondência em relação ao período amostrado (quente e chuvoso).

Na UGRHI 5, nos pontos amostrados nos reservatórios do Sistema Cantareira, observou-se que o reservatório Atibainha (RAIN 00880) manteve a condição Regular. O reservatório Jaguari (JARI 00800) também manteve a condição Ruim registrada em anos anteriores. Já no reservatório Jacaré (JCRE 00500) ocorreu piora na condição, passando de Regular em 2018 e 2019 para Ruim, condição observada também em março de 2016 e janeiro de 2017.

Na UGRHI 6, a condição Regular ocorreu no reservatório Juqueri (JQJU 00900) (Sistema Cantareira), mantendo a mesma condição para o período em relação a anos anteriores. Já os demais ambientes analisados apresentaram a condição Ruim: reservatório Billings (BIRP 00500, BILL 02100 e BITQ 00100), sendo que o ponto BILL 02100 apresentou uma melhora em relação aos anos anteriores, e para o reservatório Guarapiranga também houve uma melhora para o ponto GUAR 00100, enquanto o ponto GUAR 00900 manteve-se na mesma condição

Na UGRHI 10, o reservatório Barra Bonita (TIBB 02700) apresentou condição RUIM e, dentre os reservatórios analisados, esse foi o que apresentou maiores alterações na qualidade no período de 2015 a 2020, variando desde a condição BOA em janeiro de 2016 a PÉSSIMA em janeiro de 2015 e 2019.

Assim, como em anos anteriores, a qualidade observada nos diferentes ambientes está relacionada com a condição trófica.

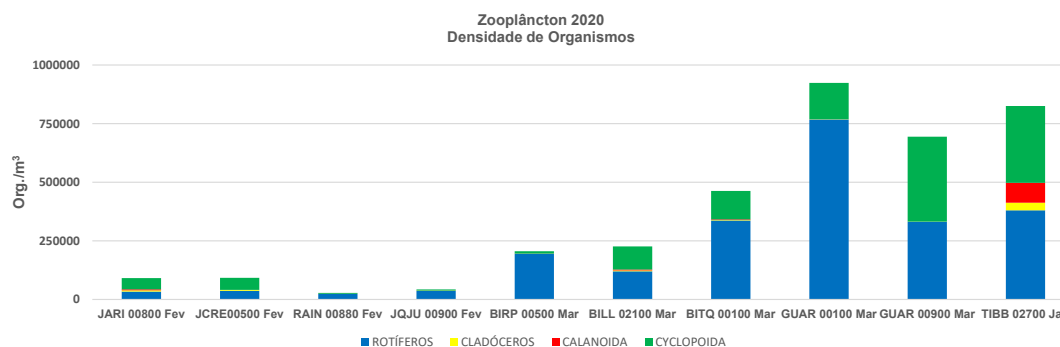
**Tabela 6.2** – Evolução da classificação segundo o ICZ<sub>RES</sub> para o período chuvoso (janeiro-fevereiro-março) entre 2015 e 2020

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	2015	2016	2017	2018	2019	2020
5	Reservatório Jaguari	JARI 00800	N.R.	N.R.	Jan	Jan	Jan	Fev
	Reservatório do Rio Jacareí	JCRE 00500	Jan	Mar	Jan	Jan	Jan	Fev
	Reservatório do Rio Atibainha	RAIN 00880	N.R.	Mar	N.R.	Jan	Jan	Fev
6	Reservatório do Juqueri ou Paiva Castro	JQUJ 00900	Jan	Mar	Jan	Jan	Jan	Fev
	Reservatório Billings	BIRP 00500	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	Mar
		BILL 02100	Jan	N.R.	Jan	Jan	Jan	Mar
		BITQ 00100	Jan	N.R.	Jan	Jan	Jan	Mar
	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00100	Jan	Jan	Jan	Jan	Jan	Mar
		GUAR 00900	Jan	Jan	Jan	Jan	Jan	Mar
10	Reservatório de Barra Bonita	TIBB 02700	Jan	Jan	Jan	Jan	Jan	Jan

Legenda: ■ Boa ■ Regular ■ Ruim ■ Péssima

N.R.: coleta não realizada

Em relação às densidades totais de organismos, foi observada uma faixa de resultados entre 27.919 org./m<sup>3</sup> (reservatório Atibainha - RAIN 00880) a 923.834 org./m<sup>3</sup> (reservatório Guarapiranga - GUAR 00900) (Gráfico 6.8). De um modo geral, observaram-se densidades de zooplâncton mais elevadas nos ambientes com maior grau de eutrofização, sendo que nas avaliações anteriores a 2020, a média anual de organismos também indicou esse padrão. Cabe ressaltar que, embora ambientes com elevadas densidades de organismos tenham apresentado condição Ruim ou Péssima, ambientes com densidades menores nem sempre tem condição Boa ou Regular. Nos reservatórios Jaguari e Jacareí (JARI 00800 e JCRE 00500), por exemplo, onde as densidades de organismos foram mais baixas, a relação Calanoida/Cyclopoida foi abaixo de 0,5, indicando grande predomínio de Cyclopoida, e o IET clorofila indicou um ambiente eutrofizado, condições estas que contribuíram para o resultado Ruim.

**Gráfico 6.8** – Densidade de grupos de organismos da comunidade zooplancônica no período chuvoso (janeiro-fevereiro-março) em 2020

Como observado em anos anteriores, nos ambientes com condição Regular (pontos RAIN 00880 e JQUJ 00990) foi observada a presença de *Bosminopsis deitersi* (Cladocera), como também de *Thermocyclops minutus* (Copepoda – Cyclopoida), relacionados a ambientes meso/oligotróficos. Nos reservatórios com condição Ruim foi registrada a presença de espécies indicadoras de ambientes eutrofizados, como por exemplo os rotíferos

(Rotifera) *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus caudatus*, *Kellicottia bostoniensis*, e o Copepoda (Cyclopoida) *Thermocyclops decipiens*.

## 6.4 ENSAIOS BIOANALÍTICOS

### 6.4.1 Interferentes endócrinos (atividade estrogênica)

Interferentes endócrinos são compostos que possuem a capacidade de interferir na produção ou ação dos hormônios, podendo causar danos ao sistema reprodutor e imunológico de organismos superiores, especialmente organismos aquáticos. Esses compostos podem atingir os corpos d'água pela contaminação por efluentes domésticos, industriais, pesticidas ou outros compostos oriundos de poluição difusa.

O ensaio para determinação de atividade estrogênica avalia a presença de uma classe de interferentes endócrinos, dos compostos capazes de ligarem-se ao receptor de estrógeno. O estrógeno é um hormônio sexual feminino, muito importante no desenvolvimento do sistema reprodutor e na fertilidade dos organismos. Compostos que se ligam ao receptor de estrógeno podem mimetizar a ação do hormônio natural, interferindo nesse sistema hormonal.

A CETESB utiliza o ensaio biológico BLYES (*Bioluminescent yeast screen*) para determinação de atividade estrogênica, avaliando a presença de uma classe de interferentes endócrinos, dos compostos capazes de ligarem-se ao receptor de estrógeno. O BLYES é um teste *in vitro* que utiliza uma linhagem da levedura *Saccharomyces cerevisiae* geneticamente modificada pela inserção de um gene para expressão do receptor de estrogênio humano (hER). Os resultados do ensaio são expressos em atividade equivalente comparada a uma substância referência, no caso o hormônio natural 17-beta-estradiol (EEQ: equivalentes de estradiol, o mesmo que ng eq. estradiol/L).

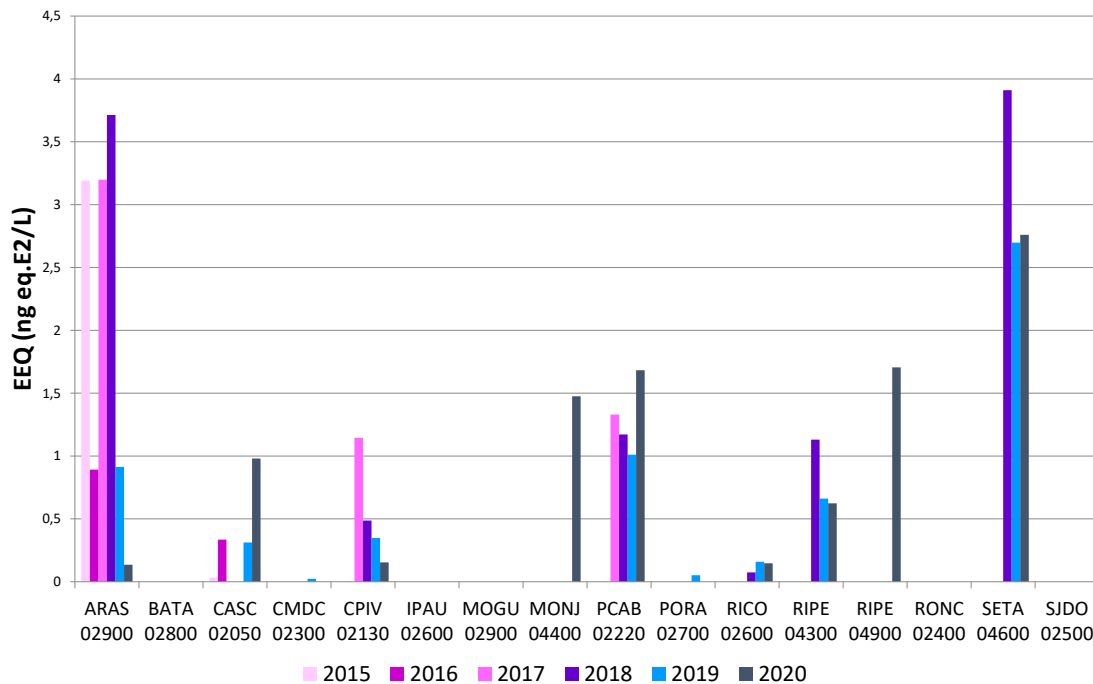
Os resultados da atividade estrogênica para os locais com apenas uma amostragem em 2020 estão na Tabela 6.3.

**Tabela 6.3** – Atividade estrogênica nos locais avaliados com amostragem única em 2020

UGRHI	Ponto	Corpo d'água	Mês Coleta	Resultado
				(ng eq.E2/L)
4	PARD 02600	Rio Pardo	Fev	<0,10
5	JUNA 03190	Rio Jundiá, em Itupeva	Jan	<0,10
6	COGR 00900	Res. das Graças	Fev	<0,10
	NINO 04900	Rib. Meninos	Nov	7,68
	PIRE 02900	Ribeirão Pires	Out	4,49
	TIES 04900	Res. Edgar Souza	Out	20,4
	TIET 03120	Rio Tietê	Out	10,4
13	JCGU 03400	Rio Jacaré-Guaçu	Jan	<0,10
	JPEP 03600	Rio Jacaré-Pepira	Jan	<0,10

O Gráfico 6.9 apresenta a atividade estrogênica média dos 16 pontos avaliados em 2020 com mais de uma campanha de coleta comparado ao seu histórico, quando disponível.



**Gráfico 6.9** – Atividade estrogênica média nos locais avaliados em 2020

Em 2020, dentre os 16 locais avaliados, 12 apresentaram atividade estrogênica média menor que 1 EEQ, atividade que pode ser considerada baixa. O corpo d'água ribeirão do Sertãozinho (SETA 04600) apresentou atividade estrogênica mais elevada, 2,76 EEQ.

O ribeirão do Sertãozinho, localizado no município de mesmo nome na UGRHI 9, apresenta histórico de impacto pela presença de efluentes domésticos, assim como histórico de presença de agrotóxicos como diuron, tiametoxam, fipronil e carbendazim, porém em níveis que não poderiam sozinhos explicar a atividade estrogênica observada. O ponto SETA 04600 está localizado a jusante de uma ETE.

O corpo d'água (ARAS 02900) ribeirão Araras, localizado no município de mesmo nome na UGRHI 9, não teve amostragem realizada durante o inverno, quando a atividade estrogênica aumenta, o que impossibilita a associação da menor atividade estrogênica em 2020 a uma melhora efetiva na qualidade frente a esse parâmetro.

Em estudos anteriores (CETESB, 2018) foi verificado que a atividade estrogênica observada nos locais avaliados no estado de São Paulo está correlacionada à presença de nitrogênio total, sendo um indício de que o ensaio esteja detectando compostos oriundos de esgoto doméstico, como hormônios naturais ou sintéticos, nesses locais.

#### 6.4.2 Determinação da atividade glicocorticoide (ensaio GR-CALUX)

Dentre a classe dos contaminantes emergentes, os fármacos têm sido alvo de grande preocupação ambiental internacional nas últimas décadas. Apesar da crescente quantidade de estudos que demonstram o potencial impacto dessas substâncias na biota aquática nas últimas décadas, seus efeitos adversos ainda estão sendo completamente elucidados.

Os glicocorticoides são uma classe de corticoides, que são hormônios esteroides naturalmente produzidos pelo organismo (como o cortisol) ou seus compostos sintéticos. Por ter potente ação anti-inflamatória, os

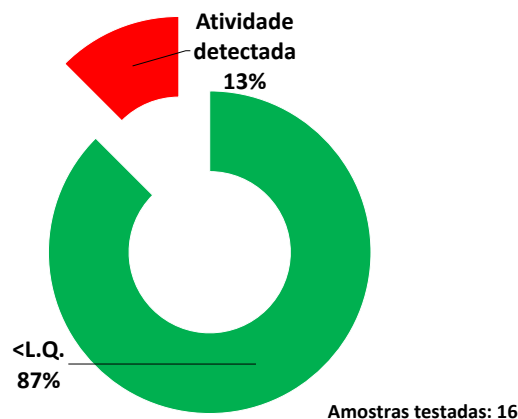
glicocorticoides são amplamente empregados como fármacos (cortisona, dexametasona, prednisolona, entre outros) em diversos quadros clínicos e doenças imunes, como asma, artrite reumatóide, alergias, doenças de pele, além de também possuírem uso veterinário. Após o uso, estes compostos atingem os corpos d'água por meio dos efluentes e podem oferecer risco aos organismos aquáticos, e, eventualmente, a saúde humana.

A CETESB emprega o ensaio GR-CALUX (Glucocorticoid response – Chemical activated luciferase expression) para avaliação da atividade glicocorticoide. O ensaio *in vitro* utiliza células de osso humano, geneticamente modificadas com a inserção do receptor glicocorticoide (GR) para a detecção dessa classe de compostos (agonistas capazes de se ligar ao receptor). Quando existe a presença desses compostos, as células produzem luz. O resultado é expresso em atividade equivalente a dexametasona (ng eq. Dex/L), composto utilizado como referência no ensaio.

O monitoramento da atividade glicocorticoide foi iniciado em 2018, com o objetivo de avaliar captações para abastecimento público. Em 2020, além de captações (CASC 02050, CPIV 02130, PCAB 02220, PORA 02700) foram incluídos locais onde há monitoramento da presença de agrotóxicos (RICO 02600, RIPE 04300, SETA 04600) e locais a jusante de lançamento de esgoto *in natura* ou tratado (NINO 04900, PIRE 02900, TIES 04900, TIET 03120).

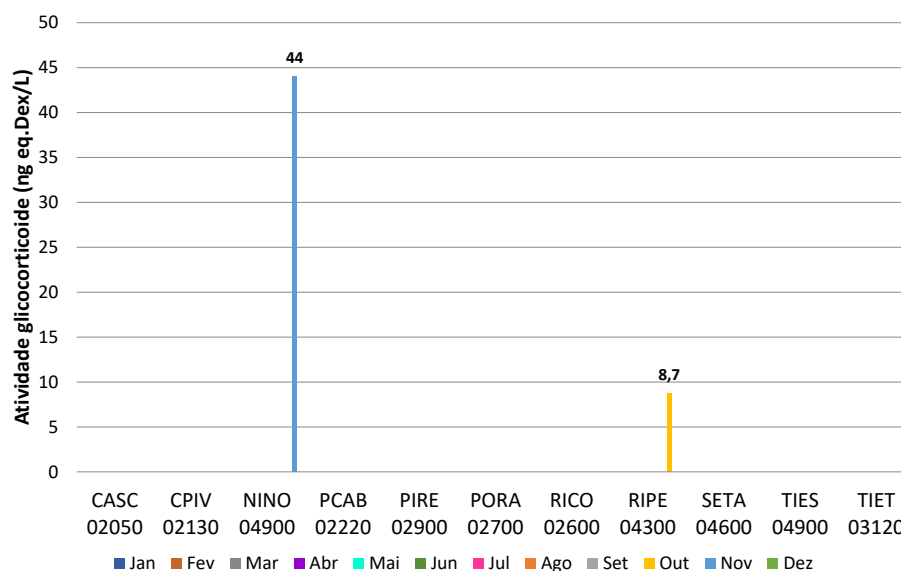
O gráfico 6.10 apresenta o percentual de amostras testadas em 2020 que apresentaram atividade glicocorticoide detectável no ensaio GR-CALUX.

**Gráfico 6.10** – Percentual de amostras com atividade glicocorticoide detectada em 2020



O gráfico 6.11 apresenta os resultados das amostras avaliadas em 2020.

**Gráfico 6.11** – Atividade glicocorticoide das amostras testadas em 2020



Apenas duas amostras testadas apresentaram atividade glicocorticoide detectável. Foi detectada atividade no ribeirão dos Meninos (NINO 04900), localizado na divisa dos municípios de São Paulo e São Caetano do Sul, e no ribeirão Preto (RIPE 04300) localizado no município de mesmo nome na UGRHI 4, com 44 e 8,7 ng eq. Dex/L, respectivamente. Entretanto, essas foram as únicas amostras avaliadas nesses locais, o que dificulta compreender ser um problema pontual ou não.

## 6.5 VIGILÂNCIA AMBIENTAL DE SARS-CoV-2

O monitoramento de SARS-CoV-2, agente causador da COVID-19, teve início em abril de 2020 e passou a integrar as atividades de vigilância ambiental de microrganismos patogênicos realizado pela CETESB em parceria com o Centro de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo (CVE-SES-SP) e a SABESP. O programa, iniciado na década de 1970, envolve principalmente atividades relacionadas à vigilância ambiental de microrganismos patogênicos entéricos transmitidos pela água (p.ex., poliovírus, vírus da Hepatite A, norovírus, *Vibrio cholerae*, salmonela). Vale ressaltar que, até o momento, não existem estudos que comprovem a ocorrência da transmissão hídrica, ou pelas vias fecal-oral e fecal-nasal do vírus SARS-CoV-2.

Entretanto, apesar do SARS-CoV-2 ser um vírus considerado primariamente respiratório, é capaz de se replicar em diversas regiões do corpo humano, incluindo células dos intestinos e rins, sendo eliminado em concentrações de  $10^6$ - $10^{11}$  cópias/L nas fezes (Feng *et al.*, 2021; Kim *et al.*, 2020; Lescure *et al.*, 2020; Xiao *et al.*, 2020) e  $10^5$ - $10^8$  cópias/L na urina (Frithiof *et al.*, 2020; Han *et al.*, 2020; Jeong *et al.*, 2020). Indivíduos infectados, sintomáticos ou assintomáticos, podem eliminar os vírus pelas fezes e urina por semanas. E embora

diversos estudos tenham demonstrado a presença de SARS-CoV-2 viáveis em fezes e urina (Jeong *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020; Xiao *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2020; Zhou *et al.*, 2020), ainda não há comprovação de que estejam viáveis nas amostras ambientais, como esgoto e água bruta. Os vírus envelopados, como os coronavírus, são mais suscetíveis aos fatores ambientais (temperatura, pH, luminosidade, salinidade) e à presença de substâncias antimicrobianas (detergentes, desinfetantes), quando comparados aos vírus entéricos (não-envelopados) que podem permanecer viáveis e infecciosos por diversos meses no meio ambiente.

Na presença de um grande número de casos da doença na população avaliada, como ocorre atualmente na pandemia da COVID-19, a epidemiologia baseada em esgoto (da sigla em inglês WBE – *Wastewater Based Epidemiology*) é utilizada principalmente como uma ferramenta de avaliação da tendência da doença em uma determinada comunidade. Foi demonstrado que as concentrações de SARS-CoV-2 nos esgotos antecipam a tendência de casos novos em alguns dias e mesmo na ausência de casos notificados, a vigilância ambiental foi sensível o suficiente para detectar a presença dos vírus nos esgotos antes mesmo da identificação dos doentes (Lodder e de Roda Husman, 2020; Martin *et al.*, 2000; Medema *et al.*, 2020).

A CETESB iniciou o monitoramento ambiental do vírus SARS-CoV-2, tendo como principais objetivos acompanhar o comportamento de disseminação do vírus ao longo da pandemia e avaliar tendências de sua circulação nas populações de forma a gerar dados complementares a outros indicadores da vigilância epidemiológica da COVID-19 e orientar ações de saúde pública. Além do monitoramento em águas residuárias, na entrada das estações de tratamento de esgoto, que possibilita avaliar a ocorrência do vírus na população ligada a rede coletora de esgoto, também foram monitorados pontos estratégicos em rios da Bacia do Alto Tietê (BAT), que permitiram uma visão mais abrangente da circulação do SARS-CoV-2 na metrópole de São Paulo, incluindo regiões não atendidas por redes de coleta de esgotos. Neste relatório serão apresentados os resultados do monitoramento de SARS-CoV-2 em rios.

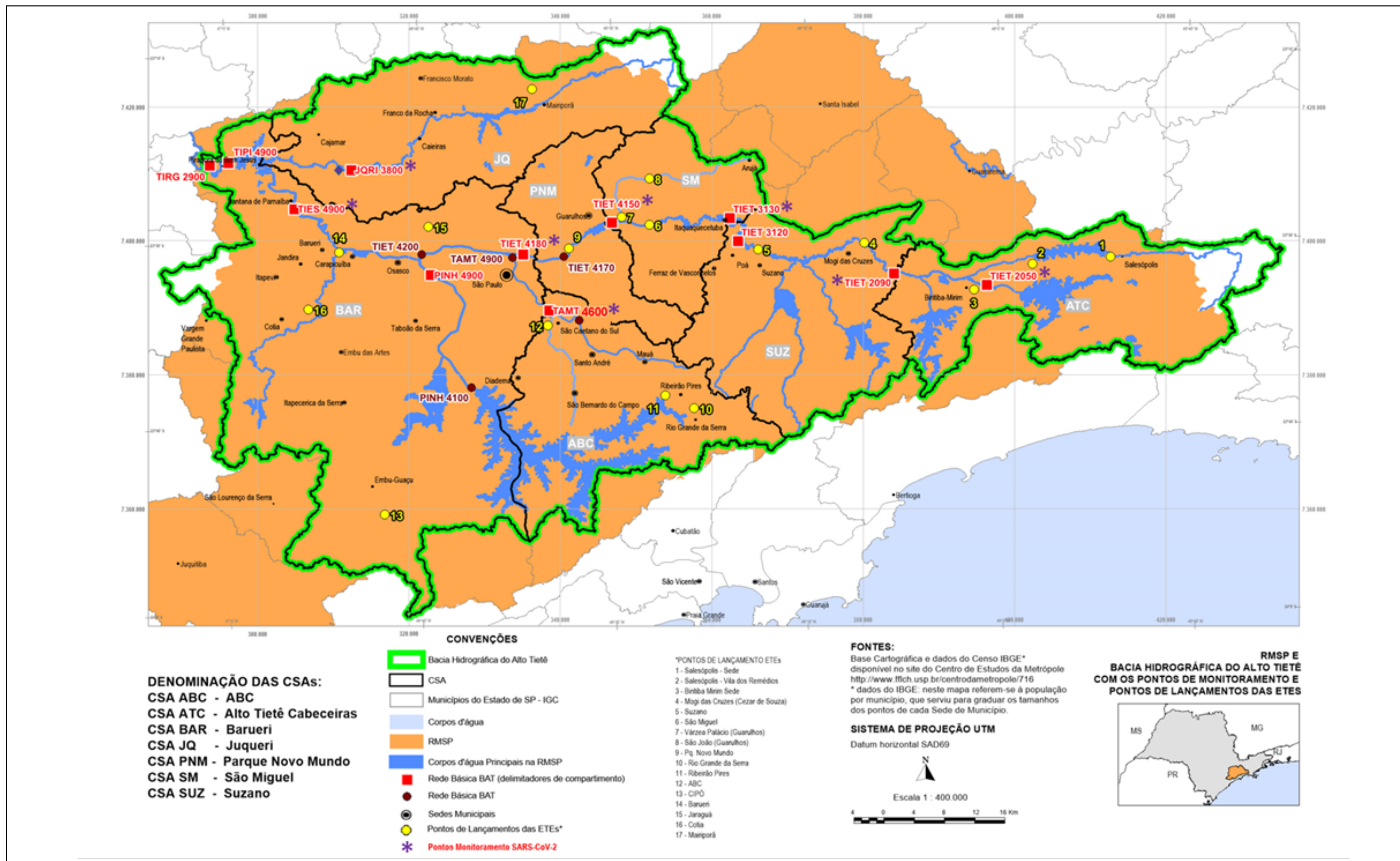
Foram selecionados sete pontos em rios localizados na Bacia do Alto Tietê, representativos da contribuição das principais bacias de esgotamento sanitário da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (Figura 6.5). Esses pontos foram considerados pontos estratégicos de avaliação da qualidade das bacias de drenagem de esgoto da BAT e compõem as unidades territoriais denominadas Compartimentos Sanitários Ambientais (CSA). As CSAs, desenvolvidas no estudo de Oliveira (2015), foram delimitadas com base nas sub-bacias de drenagem de esgoto para as cinco grandes ETEs metropolitanas (Suzano, ABC, São Miguel, Parque Novo Mundo e Barueri) que compõem o Sistema Principal da SABESP; regiões não cobertas pelo Sistema de Tratamento, mas que contribuem para a drenagem de cargas poluidoras dentro da CSA; região do Alto Tietê Cabeceiras e Bacia do Juqueri (Tabela 6.4). Há de ser considerado que, mesmo a jusante das estações de tratamento de esgotos, o RNA do vírus é detectado pois o tratamento a nível secundário remove apenas uma fração da carga viral presente no esgoto bruto.

**Tabela 6.4** – Pontos de monitoramento da vigilância ambiental de SARS-CoV-2 em rios que compõe os Compartimentos Sanitários Ambientais da região metropolitana de São Paulo

Ponto Código	Rio	Descrição	Compartimento Sanitário Ambiental (CSA)	Justificativa	Municípios totalmente ou parcialmente contidos na CSA
TIET 02090	Rio Tietê	Captação principal de Mogi das Cruzes Mogi das Cruzes, SP	Alto Tietê Cabeceiras (CSA-ATC)	Entrada do CSA-SUZ (próximo ao exutório do CSA-ATC), entrada na região drenada pelo Sistema Principal (SP)	Biritiba-Mirim, Mogi das Cruzes, Salesópolis
TIET 03130	Rio Tietê	Ponte na Estrada de Santa Isabel	Suzano (CSA-SUZ)	Próximo ao exutório do CSA-SUZ e a jusante da ETE-SUZ	Ferraz de Vasconcelos, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Ribeirão Pires
TIET 04150	Rio Tietê	Ponte na Rod. Ayrton Senna, a montante do Parque Ecológico Tietê - São Paulo, SP	São Miguel (CSA-SM)	A jusante da ETE PNM	Arujá, Ferraz de Vasconcelos, Guarulhos, Poá, São Paulo
TIET 04180	Rio Tietê	Ponte das Bandeiras, na Av. Santos Dumont São Paulo, SP	Parque Novo Mundo (CSA-PNM)	Entrada do CSA-BAR (próximo ao exutório do CSA-PNM)	Guarulhos, São Paulo
TIES 04900	Rio Tietê	Reservatório Edgard de Souza Santana do Parnaíba, SP	Barueri (CAS-BAR)	A jusante da ETE Barueri (exutório do SP e ponto de referência: impactos da BAT e da ETE Barueri)	Barueri, Carapicuíba, Cotia, Embu das Artes, Embu-Guaçu, Itapeverica da Serra, Itapeví, Jandira, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Santana de Parnaíba, São Paulo, Taboão da Serra
TAMT 04600*	Rio Tamanduateí	Ponte na Av. Francisco Mesquita, 1000 São Paulo, SP	ABC (CSA-ABC)	Bacia do rio Tamanduateí	Diadema, Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Paulo
JQRI 03800	Rio Juqueri	Ponte na rodovia Anhanguera (SP-330) Cajamar, SP	Juqueri (CAS-JQ)	No terço final bacia do Juqueri	Caieiras, Cajamar, Francisco Morato, Franco da Rocha, Mairiporã, São Paulo

Fonte: modificado de Oliveira (2015)

Figura 6.5 – Compartimentos Sanitários Ambientais (CSA) da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê



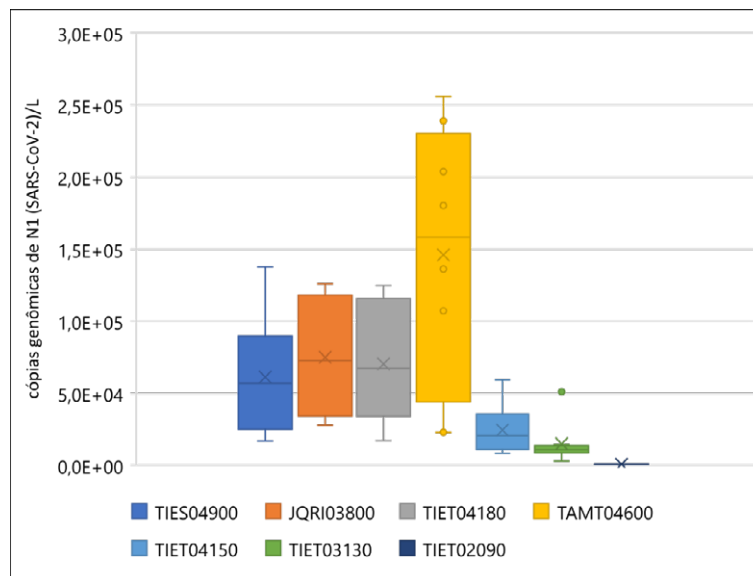
Fonte: modificado Oliveira (2015)



As amostras foram concentradas pela técnica de ultracentrifugação (Pina *et al.*, 1998), o RNA viral foi extraído e as concentrações de SARS-CoV-2 nas amostras foram obtidas pela técnica de RT-qPCR, empregando os genes alvo N1 e N2 do nucleocapsídeo viral (CDC, 2020). Importante ressaltar que essa técnica detecta e quantifica apenas o RNA viral. Para avaliar se o vírus detectado é capaz de causar infecção, foram realizados ensaios de viabilidade empregando as células Vero E6 em parceria da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), os quais foram negativos para todas as amostras testadas.

RNA de SARS-CoV-2 foi detectado em 100% das amostras, em todos pontos monitorados, com exceção do ponto TIET 02090. Na captação de Mogi das Cruzes (TIET 02090), localizado no CSA Alto Tietê Cabeceiras, não foi detectada a presença do vírus, mostrando ser uma área com poucos lançamentos de esgoto doméstico. Considerando o enfoque da vigilância epidemiológica por esgoto, o ponto TIET 02090 é pouco informativo e não possibilita avaliar a circulação de SARS-CoV-2, bem como outros agentes patogênicos eliminados pelas fezes e/ou urina. No percurso do rio Tietê, o próximo ponto avaliado, a jusante da ETE Suzano (TIET 03130), apresentou as menores concentrações de SARS-CoV-2. Ainda no rio Tietê, o ponto a jusante da ETE São Miguel (TIET 04150), apresentou um pequeno aumento em relação ao ponto TIET 03130. A partir desse ponto, observou-se um aumento considerável nas concentrações de SARS-CoV-2 provenientes das maiores e mais populosas bacias de drenagem representadas pelos CSAs ABC (TAMT 04600), Parque Novo Mundo (TIET 04180), Barueri (TIES 04900) e Juqueri (JQRI 03800) (Gráfico 6.12).

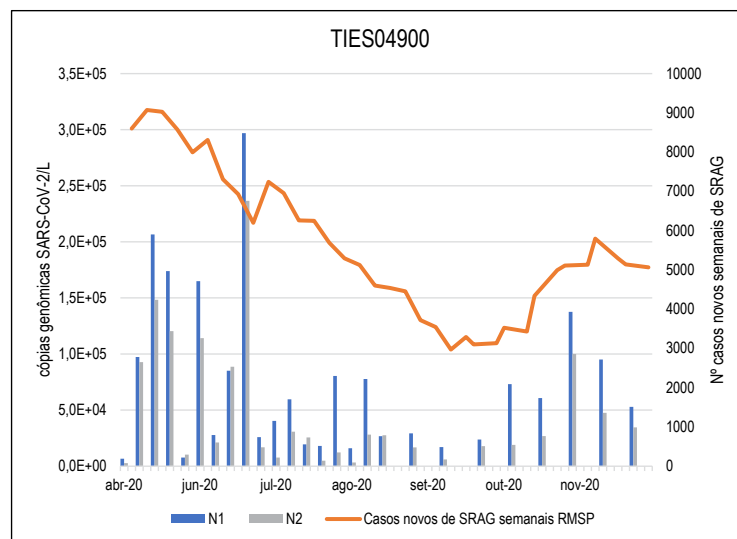
**Gráfico 6.12** – Boxplot das concentrações de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê, que representam as principais bacias de drenagem e esgoto da Região Metropolitana de São Paulo



A presença de SARS-CoV-2 nos rios da Região Metropolitana da Grande São Paulo, é reflexo do elevado número de casos de COVID-19 na região que resulta em concentrações significativas do RNA viral nos esgotos sanitários. Entretanto, a correlação das concentrações de SARS-CoV-2 nos corpos receptores com o número de casos da COVID-19 nas populações das regiões estudadas representa ainda um grande desafio para o órgão ambiental, uma vez que as contribuições de esgoto nos rios são muito heterogêneas, dependentes de diferentes variáveis, a exemplo da vazão, pluviosidade, remoção da carga viral no tratamento de esgoto e população sem serviço de coleta e/ou tratamento de esgoto.

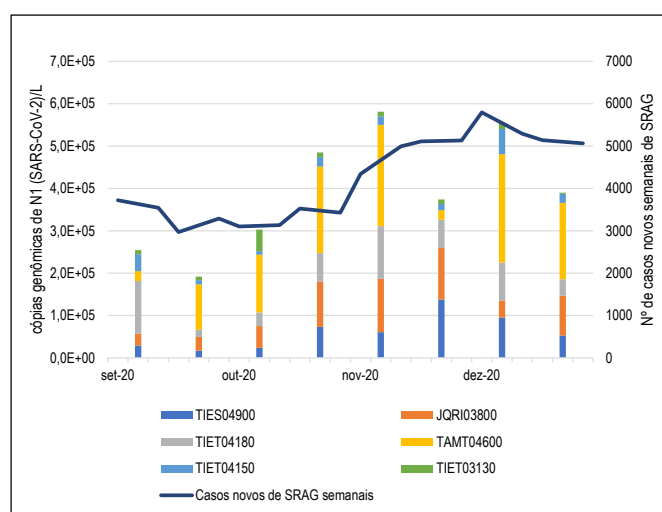
O ponto TIES 04900, próximo à barragem Edgard de Souza, foi monitorado desde o mês de abril, (Gráfico 6.13) e apresentou concentrações mais elevadas nos meses de maio/junho e novembro, com valores superiores a  $10^5$  cópias genômicas/L, correspondendo aos períodos com elevação no número de casos diários da COVID-19, representados nos gráficos como número de casos de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG). Na atual situação de pandemia, o número de casos notificados de SRAG é o indicador que melhor representa o número de casos de COVID-19, pois independe dos testes laboratoriais, que podem resultar em atraso e erro de diagnóstico.

**Gráfico 6.13** – Concentrações das regiões genômicas N1 e N2 de SARS-CoV-2 no ponto TIES 04900 (Barragem Edgard de Souza) e número de casos novos semanais de Síndrome Respiratória Aguda Grave na região metropolitana de São Paulo (Fonte do nº de casos de SRAG: Observatório COVID-19 BR)



Nos demais pontos, o monitoramento iniciou-se em setembro de 2020, e apesar do período reduzido de estudo com a avaliação de apenas nove amostras em cada ponto, foi possível verificar que as concentrações acompanham a tendência de aumento ou redução de casos de SRAG (Gráfico 6.14).

**Gráfico 6.14** – Concentrações das regiões genômicas N1 de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da Bacia do Alto Tietê e número de casos novos semanais de Síndrome Respiratória Aguda Grave na região metropolitana de São Paulo (Fonte do nº de casos de SRAG: Observatório COVID-19 BR)



A vigilância ambiental de SARS-CoV-2 em águas superficiais, em pontos de rios que representam as áreas de drenagem dos esgotos da bacia do Alto Tietê, possibilitou a avaliação abrangente da ocorrência da COVID-19 na população da Região Metropolitana de São Paulo. Pela avaliação temporal das concentrações virais foi possível observar uma tendência que acompanha as flutuações nos números de casos de COVID-19, demonstrando ser uma ferramenta sensível e informativa principalmente em comunidades em que os recursos para o diagnóstico clínico são limitados e os sistemas de notificação são ausentes ou ineficientes. Os resultados do monitoramento ambiental de SARS-CoV-2 também podem auxiliar na adoção e avaliação da eficácia de medidas de contenção da pandemia da COVID-19, e até mesmo ser empregado como um sistema de alerta ao reaparecimento da doença em uma determinada área.

## 7 • Avaliação por corpo d'água

A avaliação dos principais corpos hídricos do estado de São Paulo, em 2020, foi realizada por meio dos perfis longitudinais do IQA, com a localização dos pontos de monitoramento, de montante para jusante. Para cada ponto, também são apresentados os valores médios dos índices calculados com a série de 2015 a 2019. Além disso, são discutidas as informações relativas à avaliação da comunidade fitoplanctônica, incluindo o Número de Células de Cianobactérias e presença de cianotoxinas. Aspectos relacionados à eutrofização também são discutidos nos principais reservatórios do estado.

Os valores de 2020 estão representados em barras coloridas, de acordo com a classificação dada pela média anual do IQA e IAP, enquanto as barras com a indicação das médias históricas foram coloridas em cinza. Destaca-se que a distância entre os pontos não é levada em consideração na representação gráfica.

O IQA indica predominantemente o impacto do lançamento de esgotos domésticos no corpo d'água, sendo possível identificar por meio dos gráficos, os trechos mais críticos desses rios e os municípios que mais contribuem para a piora da qualidade das águas. O IAP avalia a qualidade da água para fins de abastecimento público.

Em razão da pandemia de COVID-19, houve adequações no número de pontos e na frequência de coleta da Rede Básica, sendo priorizados pontos posicionados nos principais rios do estado, nas captações para abastecimento público e em locais mais impactados. Para o cálculo da média anual do IQA, foram considerados os pontos com pelo menos três medições em 2020. Portanto, o perfil desse índice ao longo dos corpos hídricos apresenta apenas a média anual do IQA dos pontos que atenderam a esse critério. Nos demais pontos é apresentada apenas a média histórica do período de 2015 a 2019.

Em relação ao IVA, cabe esclarecer que, devido aos motivos explicitados acima, apenas as amostras coletadas no primeiro trimestre de 2020 contemplaram a análise das variáveis que entram na composição desse índice. Dessa forma, o perfil de IVA de 2020 nos principais corpos hídricos do estado de São Paulo não será apresentado neste relatório. Os resultados relativos ao IVA do primeiro trimestre podem ser consultados no [Capítulo 5](#) e no [Apêndice L](#).

Para cada Estação Automática de Monitoramento da Qualidade das Águas, é apresentado um conjunto de gráficos com as médias horárias das variáveis de qualidade (Condutividade Elétrica, Oxigênio Dissolvido, pH, Temperatura da Água e Turbidez) e de quantidade (Nível de Água, Vazão e/ou Volume), quando disponível, juntamente com uma análise sucinta do comportamento dessas variáveis ao longo do ano de 2020.

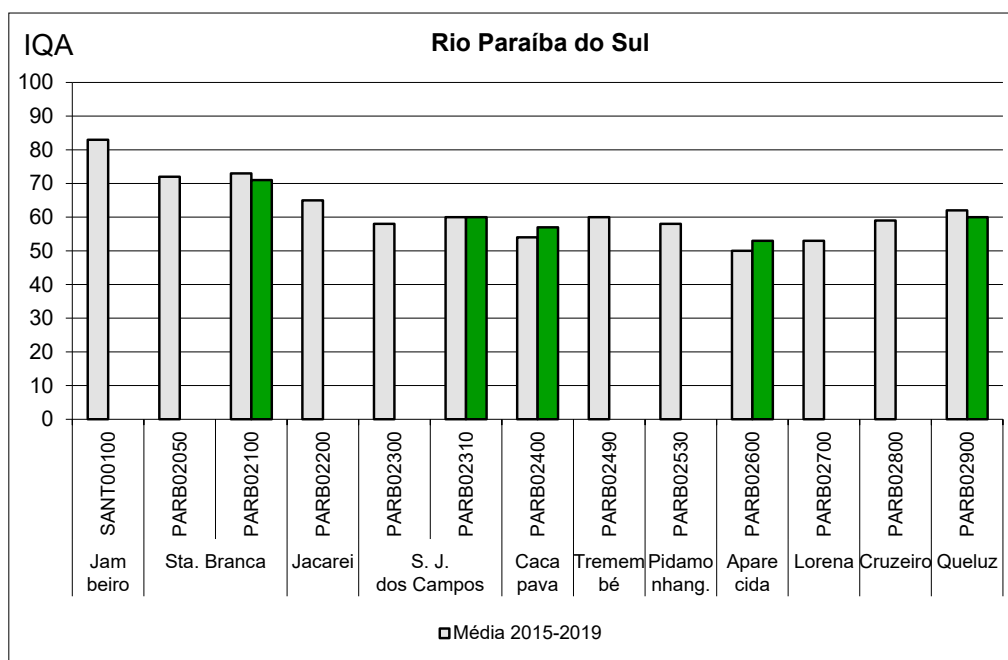
Para os corpos hídricos, onde existem postos fluviométricos próximos ou coincidentes com os pontos de qualidade, foi realizada também uma análise integrada entre os aspectos de qualidade e de quantidade (vazão). Os dados de vazão foram fornecidos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE. São também apresentados gráficos de correlação entre as vazões mensais e as cargas de DBO e Fósforo Total. Essa análise consta no [Apêndice P](#).

## 7.1 UGRHI 2 – RIO PARAÍBA DO SUL

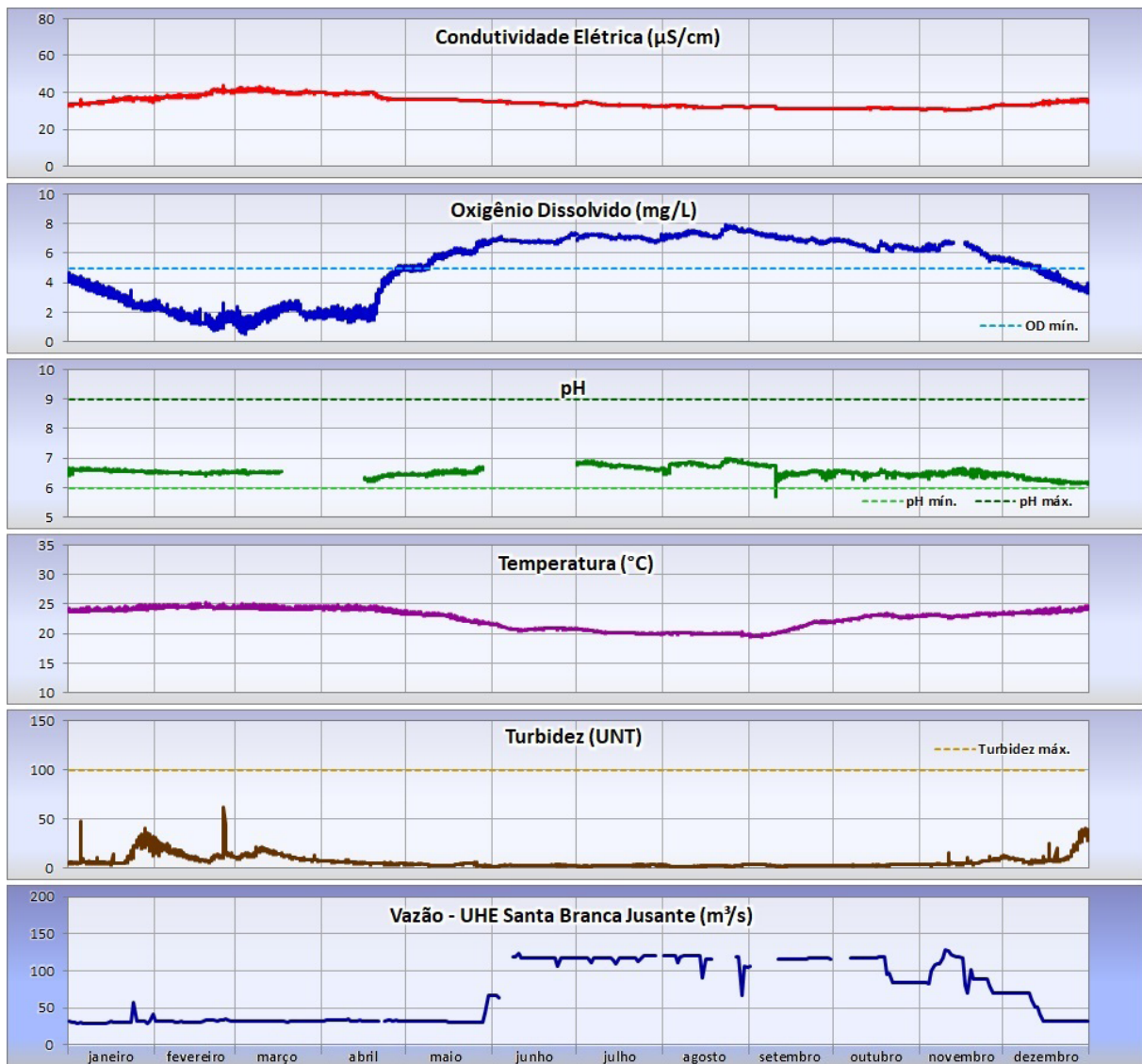
### 7.1.1 Rio Paraíba do Sul

O Gráfico 7.1 apresenta o perfil do IQA para o rio Paraíba do Sul, no seu trecho de montante, que percorre a UGRHI 2, em direção ao estado do Rio de Janeiro. Em 2020, a qualidade deste rio nos cinco trechos avaliados foi similar à média histórica de 2015-2019 com IQA classificado na categoria Boa. Houve melhora no trecho a jusante de Aparecida, que em 2020 passou para a categoria Boa, a qual foi influenciada por menores concentrações de *E. coli* nas campanhas de 2020.

**Gráfico 7.1** – Perfil do IQA ao longo do rio Paraíba do Sul em 2020 e nos últimos cinco anos



A Figura 7.1 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Santa Branca em 2020.

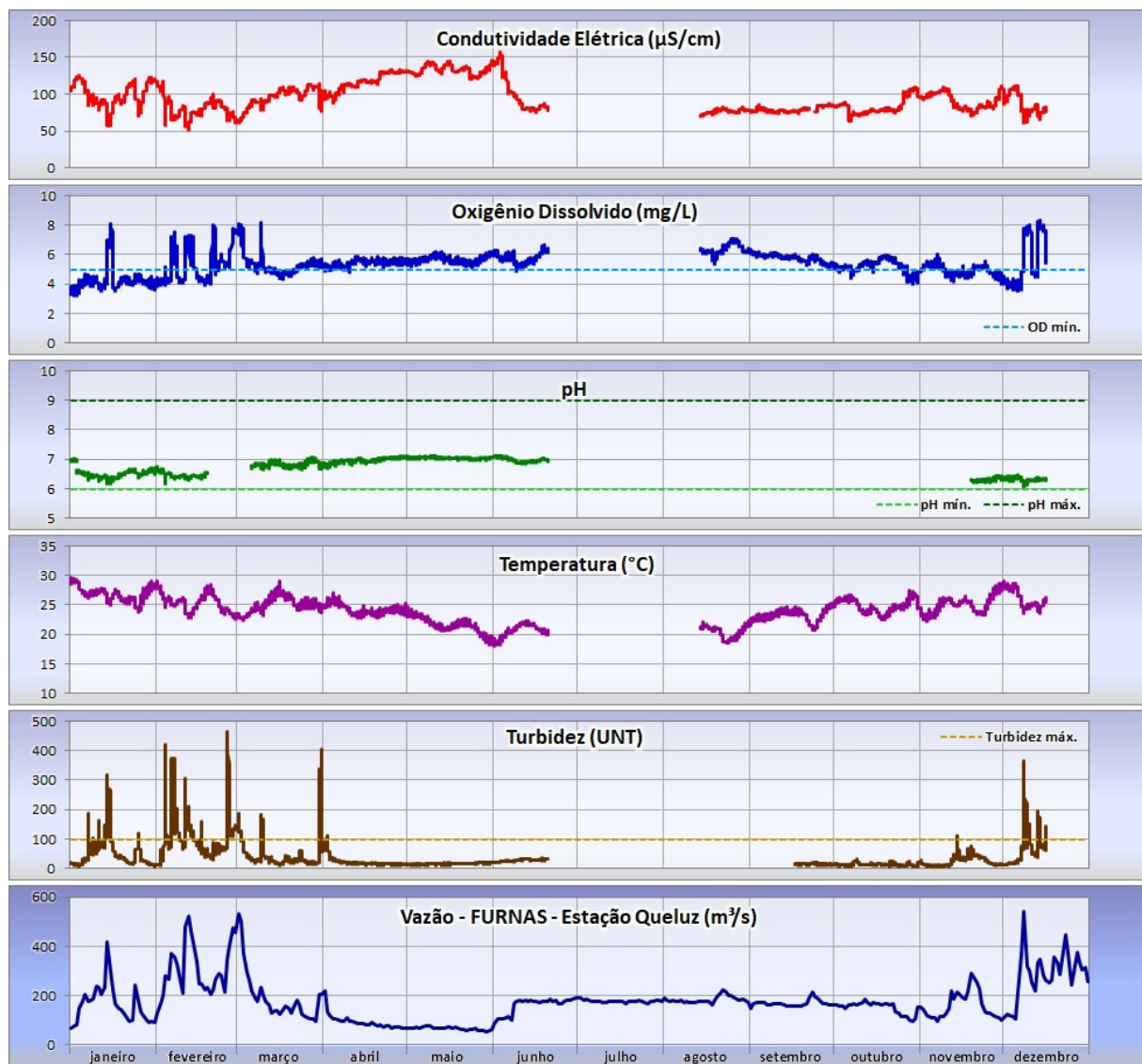
**Figura 7.1** – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Santa Branca de janeiro a dezembro de 2020

A Estação Automática Santa Branca monitora a qualidade das águas do rio Paraíba do Sul no trecho imediatamente a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica de Santa Branca, ou seja, em sua cabeceira. Nesse ponto, onde a vazão é controlada pela Light, os baixos valores de condutividade e Turbidez demonstram que o curso d'água é pouco impactado por cargas poluidoras. Entretanto, em 2020, o Oxigênio Dissolvido atendeu ao padrão de qualidade para rios Classe 2 em apenas 60% do tempo. Os maiores valores de Oxigênio Dissolvido são observados entre os meses de maio e novembro, coincidindo com o aumento das descargas da barragem e, conseqüentemente, da vazão do rio. Os valores de pH e Turbidez atendem ao padrão de qualidade durante praticamente todo o tempo.

A Figura 7.2 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Queluz em 2020.



**Figura 7.2** – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Queluz de janeiro a dezembro de 2020



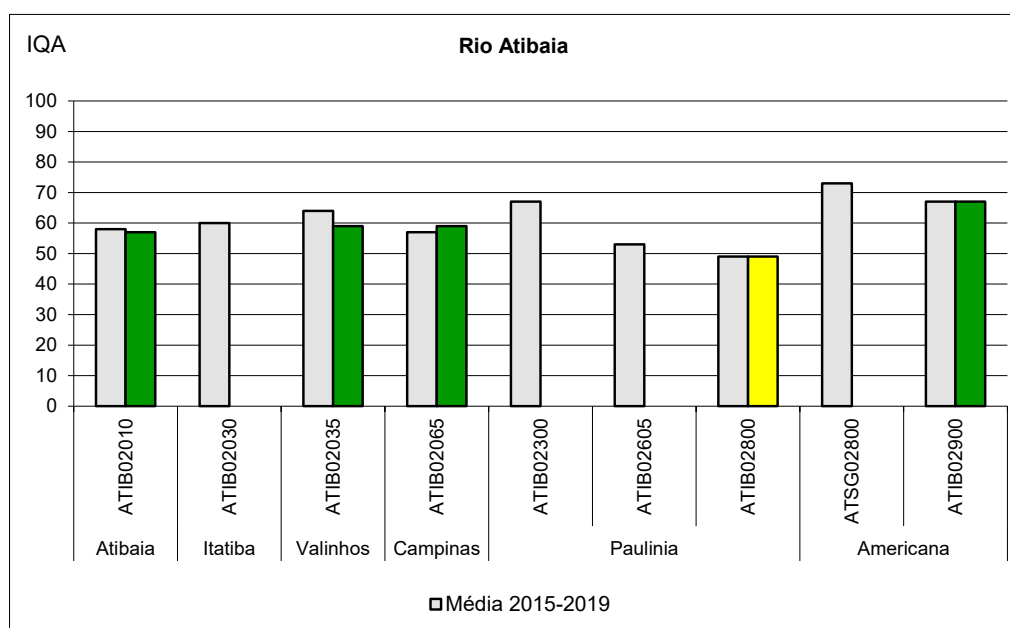
A Estação Automática Queluz monitora a qualidade das águas do rio Paraíba do Sul na saída do estado de São Paulo em direção ao estado do Rio de Janeiro. Os valores de Oxigênio Dissolvido e pH atenderam ao padrão de qualidade para rios Classe 2 em, respectivamente, 70 e 100% do tempo. A Condutividade Elétrica variou entre 50 e 150  $\mu\text{S cm}^{-1}$  durante o ano. É possível verificar que as chuvas promoveram picos de Turbidez e de Oxigênio Dissolvido, coincidindo com os períodos de maior vazão. Embora a Turbidez tenha atingido picos superiores a 400 UNT, houve atendimento do padrão em 91% do tempo. Os picos de Turbidez são indicativos de que a lixiviação do solo da bacia contribui para o aporte de cargas poluidoras difusas ao rio.

## 7.2 UGRHI 5 – PIRACICABA / JUNDIAÍ / CAPIVARI

### 7.2.1 Rio Atibaia

O rio Atibaia apresentou classificação na categoria Boa do IQA nos trechos em Atibaia, Valinhos, Campinas e Americana (Gráfico 7.2) e próximo da média histórica. Considerando o perfil espacial do rio Atibaia, nota-se uma piora da qualidade da água em Paulínia, que passou para a categoria Regular, influenciada, principalmente, por uma concentração elevada de *E. coli* detectada na campanha de fevereiro de 2020.

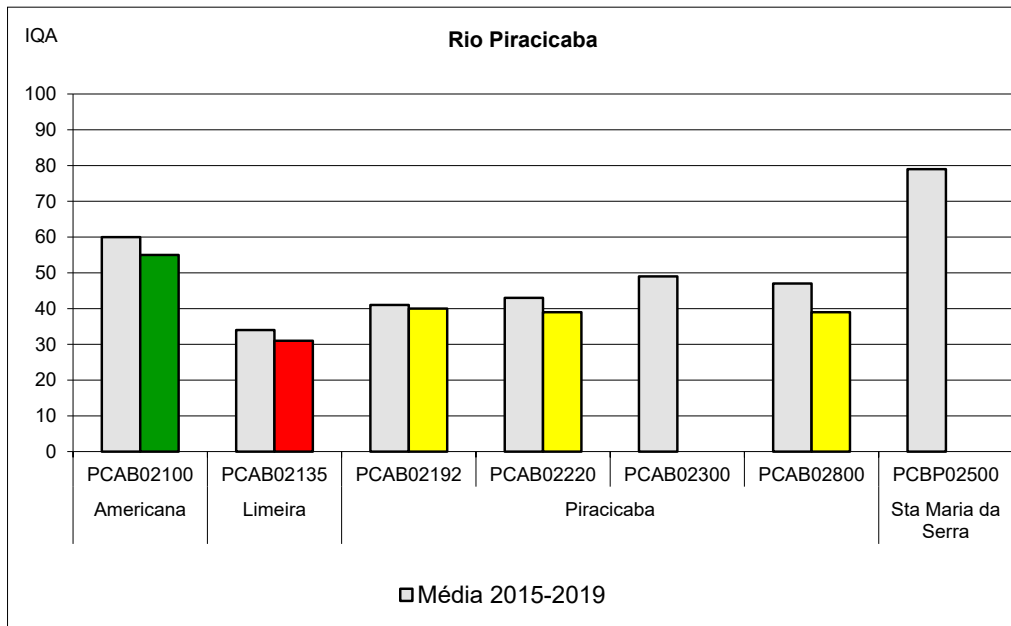
**Gráfico 7.2** – Perfil do IQA ao longo do rio Atibaia em 2020 e nos últimos cinco anos



### 7.2.2 Rio Piracicaba

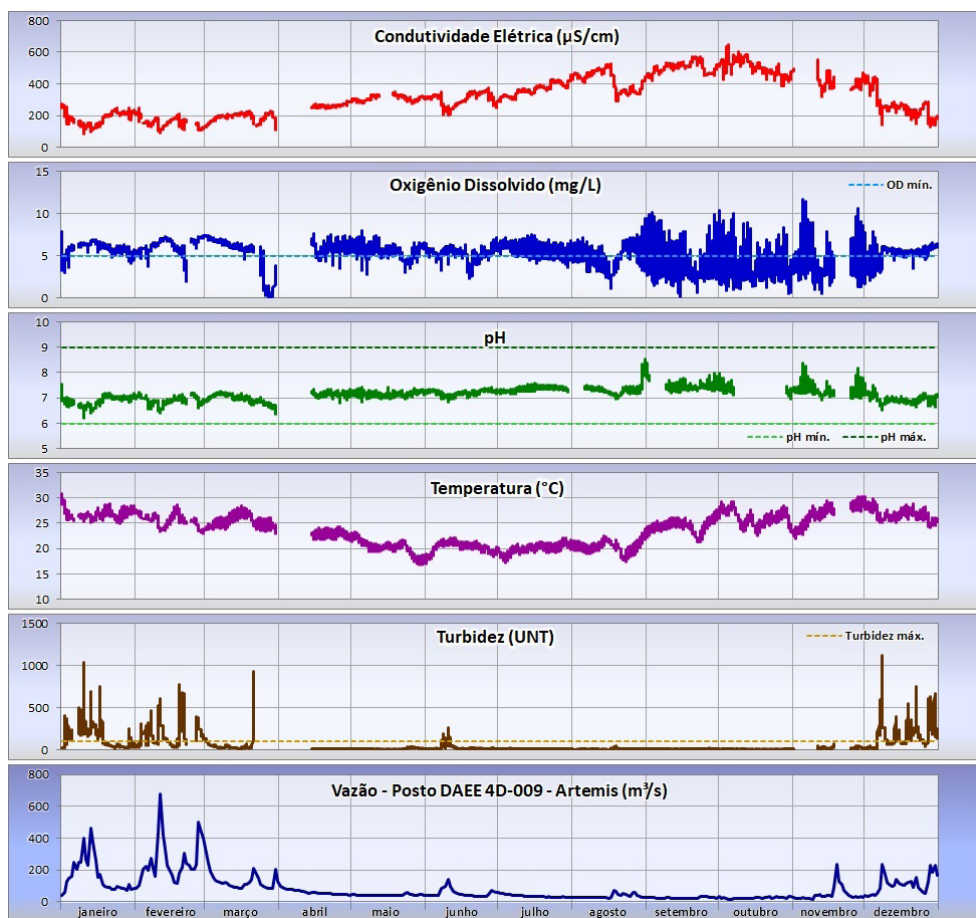
Em 2020, a qualidade do rio Piracicaba manteve a classificação Boa no trecho a jusante do reservatório de Salto Grande e qualidade predominantemente Regular nos demais trechos, não mostrando diferença significativa da média histórica. Apenas o trecho de Limeira, que recebe contribuições dos municípios de Limeira e Sumaré, apresentou qualidade Ruim, influenciada pela redução nos níveis de Oxigênio Dissolvido e pelo aumento da DBO e das concentrações de *E. coli*. Ressalta-se que a qualidade nesse trecho também ficou abaixo da média histórica dos últimos cinco anos (Gráfico 7.3).

**Gráfico 7.3** – Perfil do IQA ao longo do rio Piracicaba em 2020 e nos últimos cinco anos



A Figura 7.3 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Piracicaba em 2020.

**Figura 7.3** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Piracicaba de janeiro a dezembro de 2020

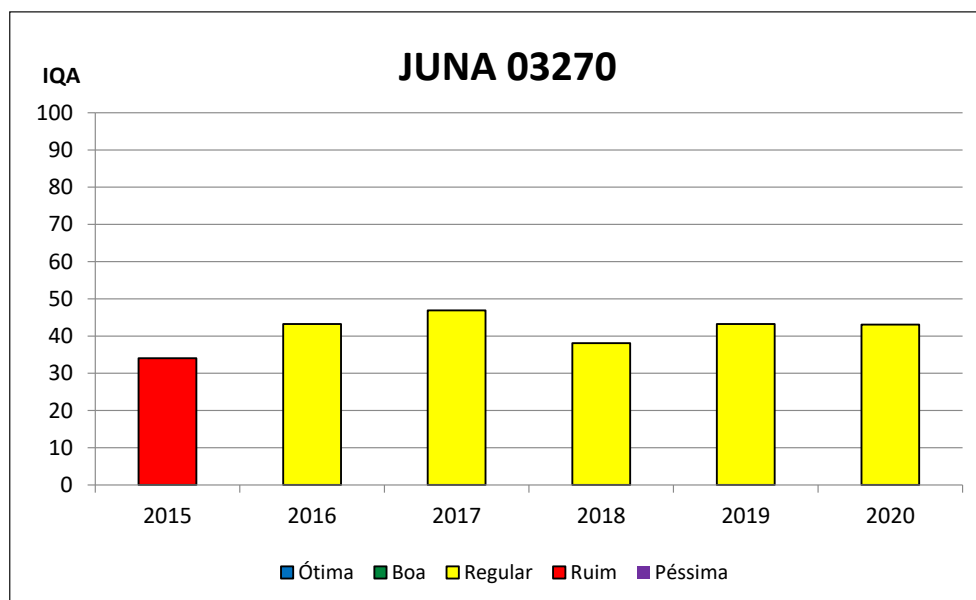


A Estação Automática Piracicaba determina a qualidade das águas de um dos mais importantes afluentes do rio Tietê, o rio Piracicaba, a jusante da cidade de Piracicaba e da foz do rio Corumbataí. O Oxigênio Dissolvido atende ao padrão de qualidade estabelecido pela [Resolução CONAMA nº 357/2005](#) para rios Classe 2 em 69% do tempo. Em 2020, percebe-se que, entre setembro e novembro, quando a estiagem atingiu o seu ápice, o rio Piracicaba sofreu um estresse qualitativo, com registro dos maiores valores de condutividade, atingindo valores próximos a  $600 \mu\text{S cm}^{-1}$ , e com maior amplitude dos valores de oxigênio, sendo observado neste período uma maior frequência de baixas concentrações de Oxigênio Dissolvido. A combinação de concentração de Oxigênio Dissolvido e baixas vazões implica, muitas vezes, na ocorrência de mortandade de peixes. Apesar de atender ao padrão em 92% do tempo, a Turbidez apresentou muitos registros acima de 500 UNT, geralmente coincidentes com aumentos na vazão do rio. Isso indica que a lixiviação do solo da bacia contribui para o aporte de cargas difusas.

### 7.2.3 Rio Jundiáí

A evolução temporal do IQA no rio Jundiáí, no trecho que atravessa o município de Indaiatuba, que foi objeto de reenquadramento para a Classe 3, pode ser visualizada no Gráfico 7.4. Observa-se que desde 2016 a qualidade da água neste trecho vem se mantendo na categoria Regular. Nas quatro campanhas realizadas em 2020 nesse trecho do rio Jundiáí, os níveis de Oxigênio Dissolvido variaram entre 3,3 e 6,7 mg L<sup>-1</sup>, de DBO entre 7 e 17 mg L<sup>-1</sup>, de *E.coli* entre 660 e 7.600 UFC 100 mL<sup>-1</sup>, de Fósforo Total entre 0,3 e 2 mg L<sup>-1</sup> e de Turbidez entre 4 e 66 UNT.

**Gráfico 7.4** – Média Anual do IQA no ponto JUNA 03270 no rio Jundiáí



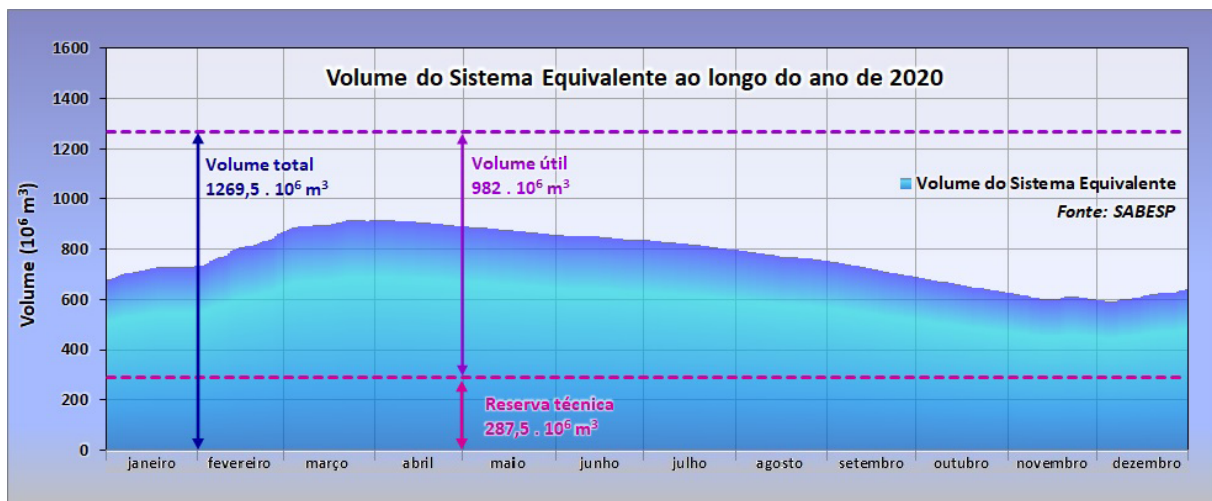
## 7.3 SISTEMA CANTAREIRA – UGRHs 5 e 6

Os reservatórios iniciais do Sistema Cantareira são o Jaguari/Jacareí, Cachoeira e Atibainha. Para facilitar o entendimento do comportamento dinâmico desses três corpos hídricos, a SABESP denomina-os, em conjunto, como “Sistema Equivalente” e realiza o monitoramento sistemático do nível de água deles com vistas a acompanhar a evolução dos volumes armazenados. Nesses reservatórios, o volume é uma variável quantitativa importante para o entendimento dos fenômenos físicos, químicos e biológicos que determinam a qualidade das águas.

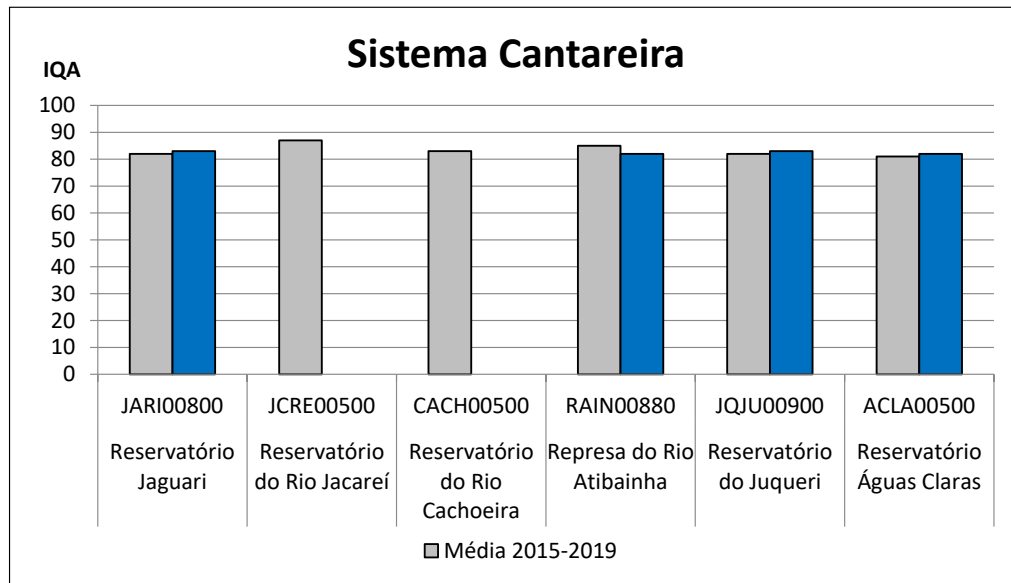
Uma das variáveis que está relacionada ao volume dos reservatórios é a densidade do Número de Células de Cianobactérias. Apesar de os valores terem variado de um reservatório para outro, os gêneros que mais contribuíram para essa variável durante o ano foram: *Cylindrospermopsis*, que atualmente é reconhecido taxonomicamente como *Raphidiopsis*, potencialmente produtor de cilindrospermopsina, saxitoxina (Chorus e Welker, 2021) e microcistina (Paerl e Otten, 2013). Uma cianobactéria filamentosa ainda não identificada, descrita no “Atlas de Cianobactérias da Bacia do Alto Tietê” desenvolvido pela CETESB (Lamparelli *et al.*, 2014) e o gênero *Cyanogranis*, que ainda não possui registro de produção de cianotoxina.

O Gráfico 7.5 apresenta a evolução do volume do Sistema Equivalente ao longo de 2020. De janeiro a março, houve aumento significativo do seu volume útil, que ultrapassou 60% no fim do período chuvoso. De abril a outubro, observou-se gradativa redução no volume do Sistema Equivalente, que chegou próximo de 30% em novembro, para então apresentar uma recuperação a partir de dezembro.

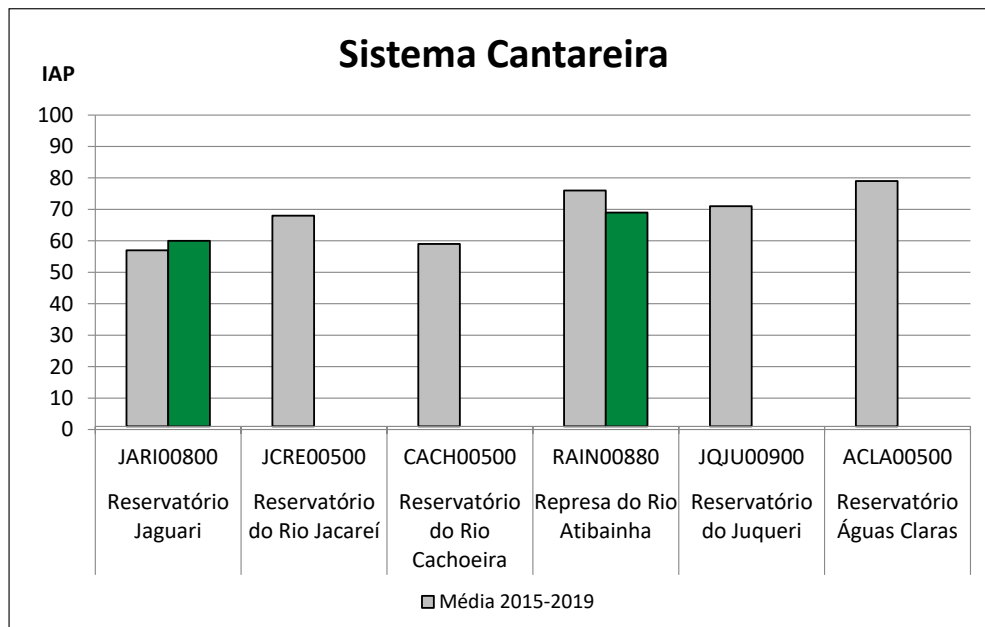
Gráfico 7.5 – Evolução do volume do Sistema Equivalente ao longo de 2020



O Gráfico 7.6 apresenta o perfil do IQA para os reservatórios do Sistema Cantareira, seguindo o caminho das águas desde o reservatório Jaguari até o Águas Claras, onde é feita a adução para a ETA do Guaraú. Em 2020, a qualidade da água dos reservatórios Jaguari, Represa do Atibainha, Juqueri e Águas Claras, de acordo com o IQA, foi classificada na categoria Ótima, se mantendo próxima da média histórica.

**Gráfico 7.6** – Perfil do IQA nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2020 e nos últimos cinco anos

O Gráfico 7.7 apresenta o perfil do IAP para o reservatório Jaguari e Represa do Atibainha do Sistema Cantareira. O IAP anual se manteve na categoria Boa em 2020, se mantendo próximo dos patamares dos últimos cinco anos, embora com uma leve queda na Represa do Atibainha.

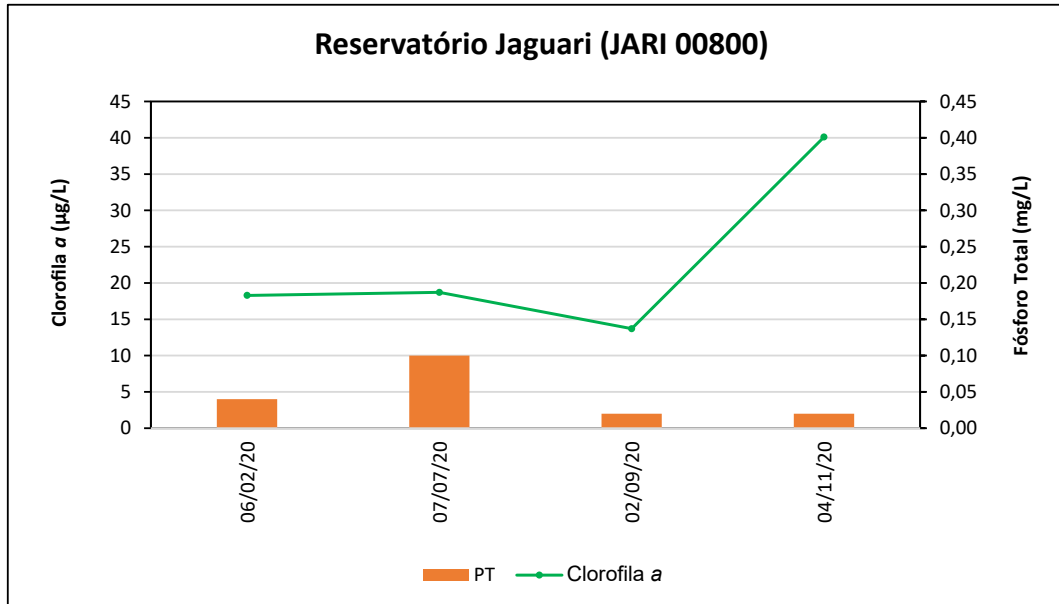
**Gráfico 7.7** – Perfil do IAP nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2020 e nos últimos cinco anos



### 7.3.1 Reservatório Jaguari

O Gráfico 7.8 apresenta as concentrações, em 2020, de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Jaguari.

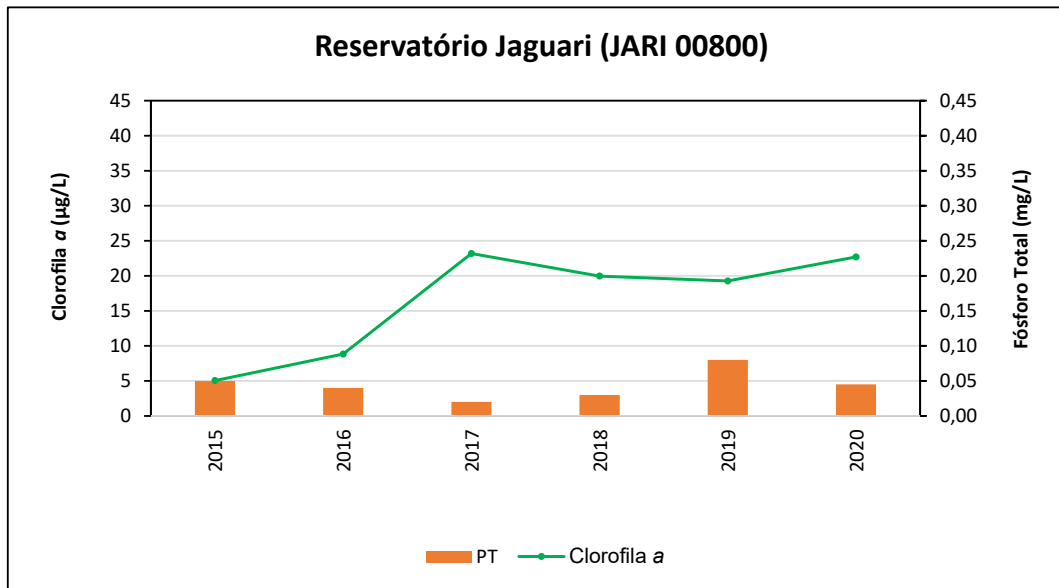
**Gráfico 7.8** – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Jaguari em 2020



Em 2020, pôde-se observar, que a maior concentração de Fósforo Total ocorreu em julho, superando em cinco vezes o limite de  $0,02 \text{ mg L}^{-1}$  estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas enquadradas na Classe Especial, indicando condição Eutrófica. O mês de janeiro com valor um pouco menor, porém também superou o limite dessa legislação. Já as concentrações de Clorofila *a* superaram em todas as campanhas os limites estabelecidos de  $10 \text{ µg L}^{-1}$ , com a maior concentração em novembro, indicando condição Supereutrófica. As flutuações nas concentrações de Clorofila *a* foram similares à densidade total de organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelos grupos das Cianobactérias.

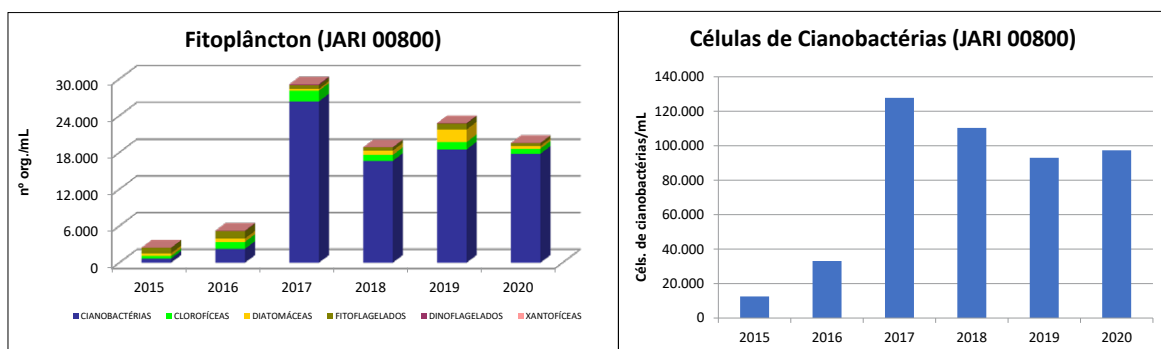
Considerando os dados de Fósforo Total e Clorofila *a* em conjunto, esse reservatório exibiu classificação trófica variando de Mesotrófica a Eutrófica, com média anual de Mesotrófica, mantendo a classificação anual obtida desde 2014, ou seja, ambiente em processo de eutrofização, porém já próximo ao limite máximo dessa classe.

No Gráfico 7.9, pode-se observar a variação das médias anuais de Clorofila *a* e Fósforo Total entre os anos de 2015 e 2020. A maior concentração média anual de Fósforo Total foi em 2019, influenciada pela elevada concentração no mês de julho.

**Gráfico 7.9** – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Jaguari - 2015 a 2020

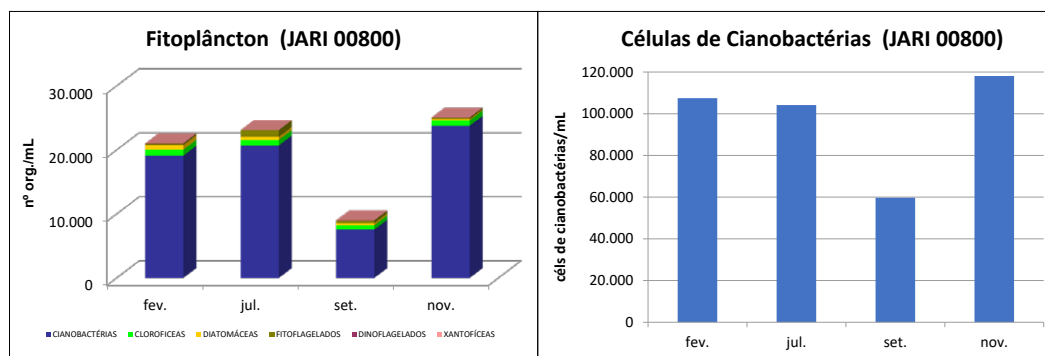
As concentrações médias anuais de Clorofila *a* observadas nos últimos quatro anos estão em patamar mais elevado e estão relacionadas às densidades totais de organismos fitoplanctônicos, principalmente dos grupos das Cianobactérias, Clorófitas e Diatomáceas.

As médias anuais de organismos da comunidade fitoplanctônica continuam evidenciando a condição Ruim do reservatório, já que, apesar de ter ocorrido diminuição dos valores totais da densidade, ainda há dominância de Cianobactérias. Observando os valores médios anuais, verificava-se uma tendência de diminuição na densidade de Células de Cianobactérias de 2017 até 2019, entretanto, essa tendência não se confirmou em 2020 (Figura 7.4).

**Figura 7.4** – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jaguari – 2015 a 2020

Os resultados mensais evidenciaram uma condição Ruim, com dominância de cianobactérias em 100% das amostragens (Figura 7.5).

**Figura 7.5** – Valores mensais da Comunidade Fitoplânctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jaguari - 2020



Os dados relevantes em relação às densidades de células de cianobactérias em 2019 e 2020 são apresentados no Quadro 7.1.

**Quadro 7.1** – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (célis mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Jaguari (ponto JARI 00800)

JARI 00800	Nº de amostragens no ano	Densidade máxima de Células de Cianobactérias (célis mL <sup>-1</sup> )	% de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005
2019	4	227.329 (novembro)	0
2020	4	118.105 (novembro)	0

Observação: Resolução CONAMA no 357/2005 para Classe Especial (20.000 células mL<sup>-1</sup>)

Pode-se verificar que entre 2019 e 2020, não houve melhora na qualidade da água em relação à densidade máxima de Células de Cianobactérias, acima de 100.000 células mL<sup>-1</sup>, e na porcentagem de atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 células mL<sup>-1</sup>).

Em 75% das amostragens de 2020, foi constatada a dominância de células do gênero *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis*, cenário semelhante ao encontrado em 2019. Também foram encontrados organismos de uma cianobactéria filamentosa não identificada.

### 7.3.2 Reservatório Jacaré

O reservatório Jacaré foi monitorado em fevereiro e novembro de 2020. Apesar de ter apresentado dominância de Cianobactérias em todas as amostragens, condição também observada em 2019, foi constatada piora da qualidade da água, com aumento nas densidades médias anuais de organismos fitoplânctônicos e de Células de Cianobactérias (Quadro 7.2).

**Quadro 7.2** – Resultados de densidade de organismos (org mL<sup>-1</sup>), de Células de Cianobactérias (céls mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA n° 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Jacareí (ponto JCRE 00500)

JCRE 00500	N° de amostragens no ano	Densidade média anual de organismos (org mL <sup>-1</sup> )	Densidade média anual de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> )	Densidade máxima de Células de Cianobactérias do ano (céls mL <sup>-1</sup> )	% de amostras mensais que atenderam à Resolução CONAMA n° 357/2005
2019	4	19.647	36.354	58.034 (janeiro)	25
2020	2	24.349	102.385	123.315 (novembro)	0

Observação: Resolução CONAMA n° 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls mL<sup>-1</sup>)

Houve dominância do gênero *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis*. Também foram encontrados organismos de uma cianobactéria filamentosa não identificada.

Os valores de microcistina na água bruta estiveram abaixo do limite de quantificação (0,15 µg.L<sup>-1</sup>) nas duas amostragens realizadas em 2020, condição semelhante à observada em 2019.

### 7.3.3 Reservatório Cachoeira

O reservatório Cachoeira foi monitorado apenas em fevereiro em 2020. Observou-se dominância de Cianobactérias, elevados valores nas densidades de organismos fitoplanctônicos e de Células de Cianobactérias (Quadro 7.3).

**Quadro 7.3** – Resultados de densidade de organismos (org mL<sup>-1</sup>), de Células de Cianobactérias (céls mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA n° 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Cachoeira (ponto CACH 00500)

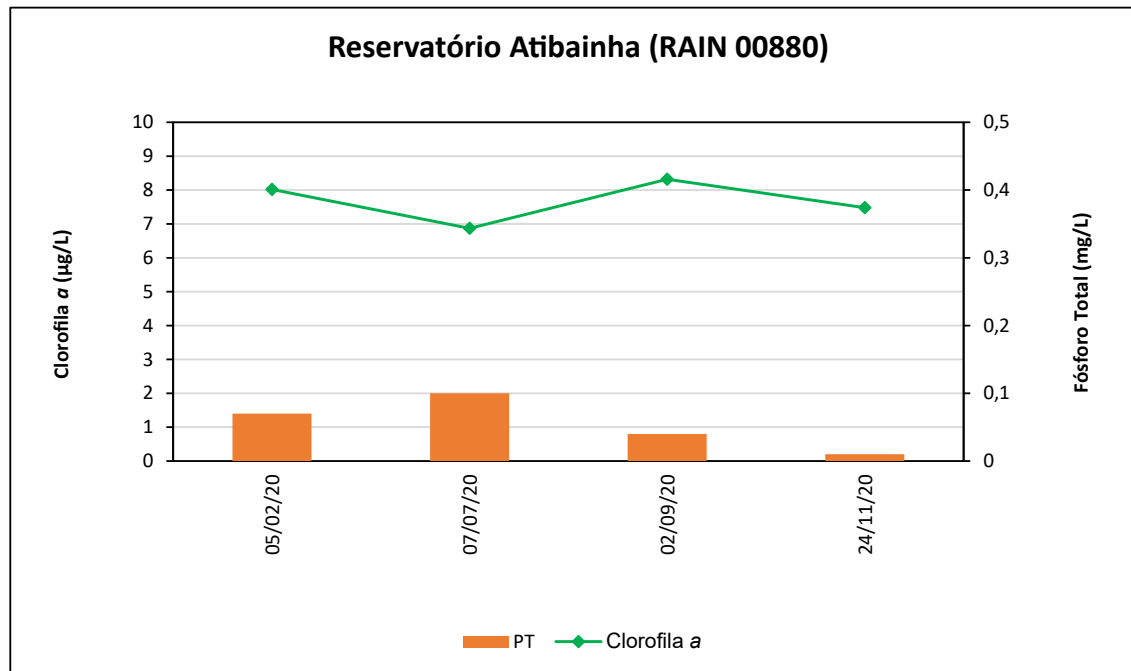
CACH 00500	N° de amostragens no ano	Densidade média anual de organismos (org mL <sup>-1</sup> )	Densidade média anual de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> )	Densidade máxima de Células de Cianobactérias do ano (céls mL <sup>-1</sup> )	% de amostras mensais que atenderam à Resolução CONAMA n° 357/2005
2019	4	17.677	73.470	98.206 (novembro)	50
2020	1	37.580	108.318	108.318	0

Observação: Resolução CONAMA n° 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls mL<sup>-1</sup>)

Houve dominância do gênero *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis*. Também foram encontradas cianobactérias filamentosas não identificadas.

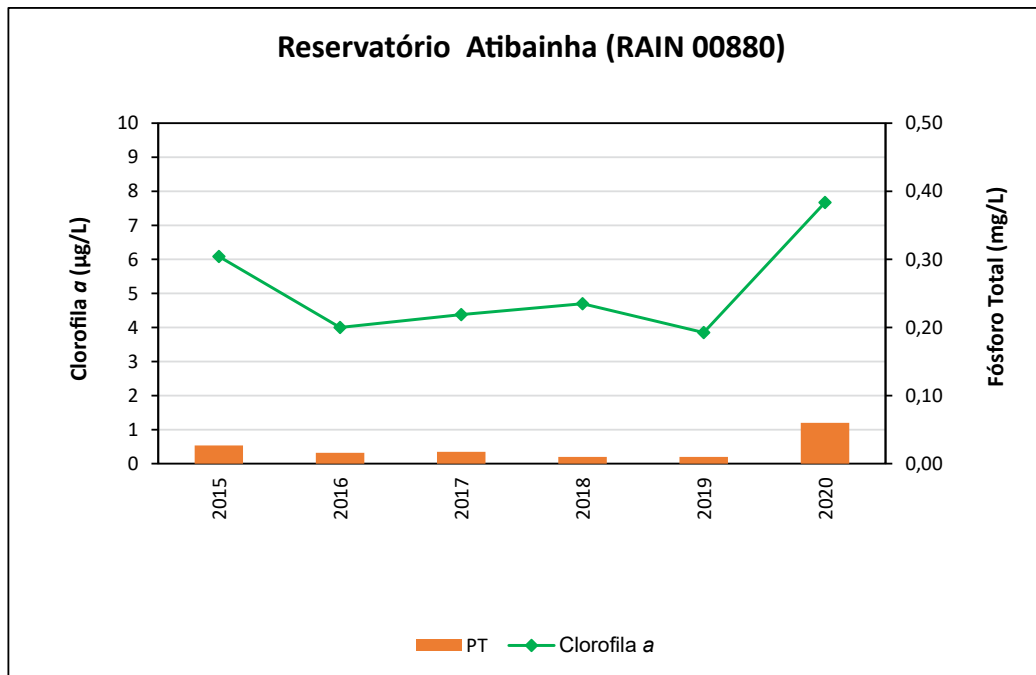
### 7.3.4 Reservatório Atibainha

O Gráfico 7.10 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, no reservatório Atibainha ao longo de 2020. Esse reservatório foi incluído na Rede de Monitoramento a partir de abril de 2014, contando atualmente com quatro campanhas ao longo do ano.

**Gráfico 7.10** – Concentrações mensais de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Atibainha em 2020

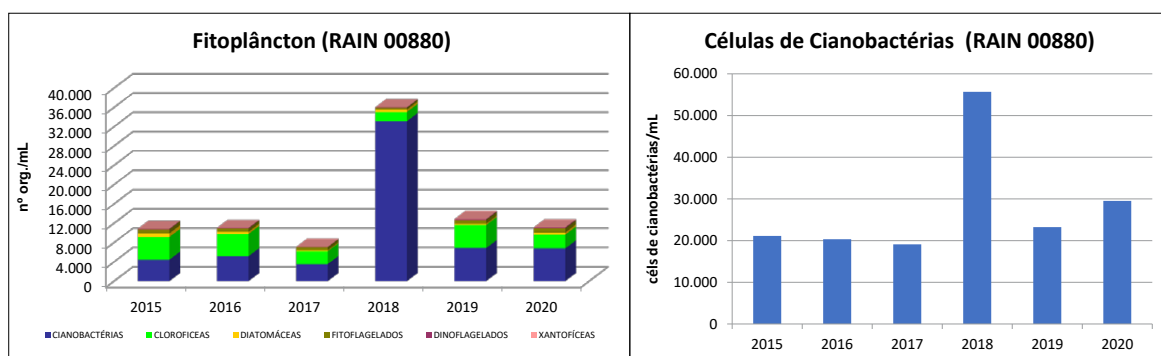
Em 2020, as concentrações de Fósforo Total, em fevereiro, julho e setembro, ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, variando entre a condição Mesotrófica e Eutrófica. Quanto à Clorofila *a*, a maior concentração observada foi em setembro, porém em conformidade, em todas as campanhas, com o limite estabelecido em legislação, indicando condição Mesotrófica. As concentrações de Clorofila *a* observadas ao longo do ano estiveram relacionadas com a densidade total de organismos fitoplanc-  
tônicos, influenciada principalmente pela densidade do grupo das Clorófitas, Diatomáceas e Fitoflagelados. Segundo o IET, esse reservatório manteve ao longo de todo o ano, bem como na média anual, a classificação Mesotrófica, ou em processo de eutrofização, exibindo uma piora em relação ao ano anterior.

Esse reservatório exibiu, no período de 2015 a 2020 (Gráfico 7.11), classificação trófica, segundo o IET, de Oligotrófica a Mesotrófica. As maiores concentrações médias anuais tanto para Fósforo Total, quanto para Clorofila *a*, foram observadas em 2020, indicando condição Mesotrófica.

**Gráfico 7.11** – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Atibainha - 2015 a 2020

Nesse período as concentrações de Clorofila *a* variaram de forma similar às densidades totais dos organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelos grupos das Clorofíceas, Diatomáceas e Fitoflagelados.

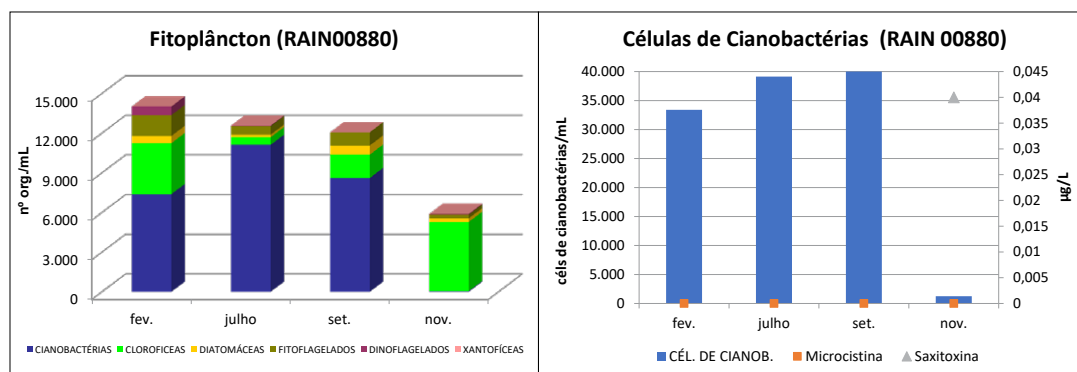
As densidades médias anuais da comunidade fitoplanctônica e sua composição mantiveram-se semelhantes às verificadas em 2019, mas as médias anuais de densidades de Células de Cianobactérias foram superiores às do ano anterior (Figura 7.6).

**Figura 7.6** – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Atibainha – 2015 a 2020

Os resultados mensais evidenciaram uma condição Ruim, com dominância de cianobactérias em 75% das amostragens (Figura 7.7).



**Figura 7.7**– Valores mensais da Comunidade Fitoplânctônica, Contagem de Células de Cianobactérias e concentração de microcistina e saxitoxina no reservatório Atibainha. 2020



Os dados relevantes em relação às densidades de Células de Cianobactérias são apresentados no Quadro 7.4.

**Quadro 7.4** – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (cél<sup>s</sup> mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Atibainha (ponto RAIN 00800)

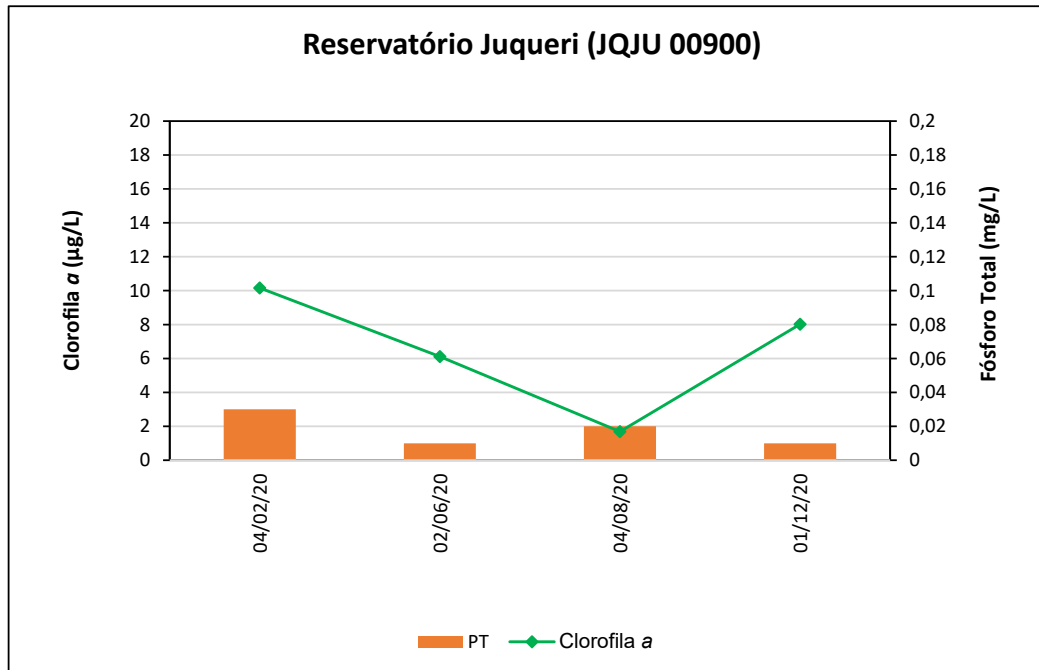
RAIN00880	Nº de amostragens no ano	Densidade máxima de Células de Cianobactérias (cél <sup>s</sup> mL <sup>-1</sup> )	% de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005
2019	4	33.312 (janeiro)	25
2020	4	44.321 (setembro)	25

Observação: limite da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 célula<sup>s</sup> mL<sup>-1</sup>)

Pode-se verificar uma pequena piora na qualidade da água em relação à densidade máxima de Células de Cianobactérias. O pior resultado foi verificado em setembro, quando 79% das células pertenceram ao gênero *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis*. Os valores de cianotoxinas (microcistina e saxitoxina) obtidos na água bruta do manancial, não ultrapassaram os limites estipulados pelo Anexo XX [Portaria de Consolidação nº 05/2017](#) do Ministério da Saúde para água tratada. Os resultados de microcistina foram semelhantes aos de 2019, sendo que a análise de saxitoxina nesse ponto começou a ser realizada em 2020.

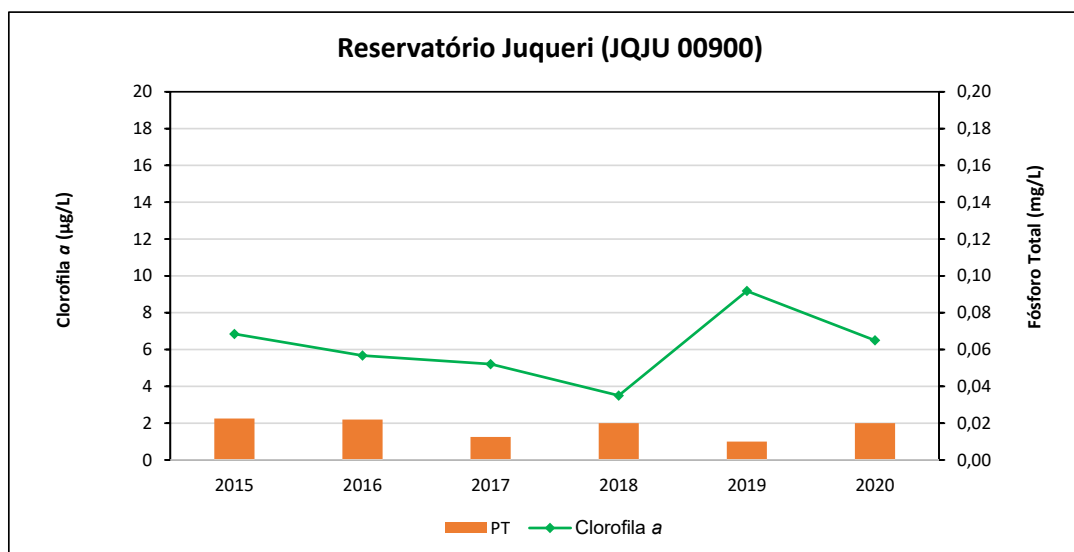
### 7.3.5 Reservatório Juqueri (Paiva Castro)

O Gráfico 7.12 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, no reservatório Juqueri ao longo de 2020.

**Gráfico 7.12** – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Juqueri em 2020

Ao longo de 2020 (Gráfico 7.12) foram realizadas quatro campanhas nesse reservatório. Em fevereiro, tanto as concentrações de Fósforo Total quanto de Clorofila *a* ultrapassaram o limite da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas Classe Especial. Nesse reservatório a classificação trófica, pelo IET em 2020 variou, de Oligotrófica a Mesotrófica e pela média anual classificou-se como Mesotrófica, ou seja, ambiente em processo de eutrofização, mantendo a condição trófica em relação ao ano anterior.

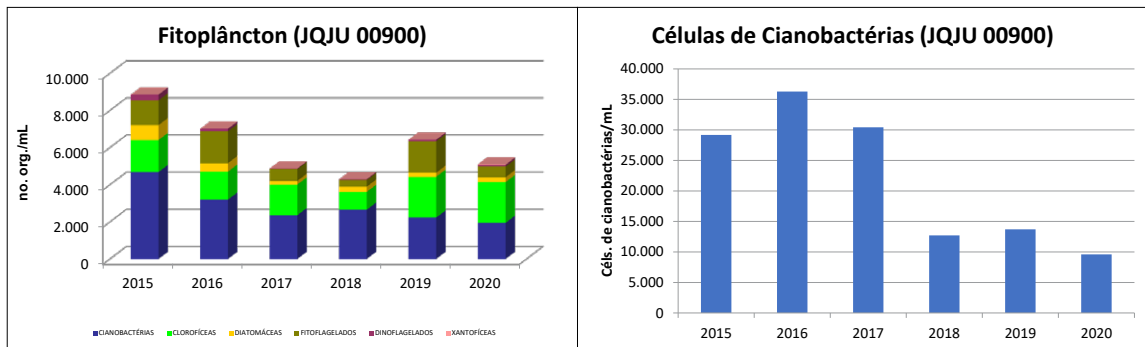
No histórico do reservatório Juqueri (Gráfico 7.13), foi possível observar que as concentrações médias anuais de Fósforo Total, embora ainda baixas, indicaram em 2015, 2016, 2018 e 2020 a classificação Mesotrófica. A maior média anual de Clorofila *a*, ao longo de seis anos, foi registrada em 2019, porém mantendo, também, a condição Mesotrófica.

**Gráfico 7.13** – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Juqueri - 2015 a 2020

As concentrações de Clorofila *a* variaram de forma similar às densidades totais de organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelos grupos das Cianobactérias, Clorofíceas e Fitoflagelados. Segundo a média anual do IET, esse reservatório exibiu, nesse período, condição trófica variando de Oligotrófica (2017 e 2018) a Mesotrófica.

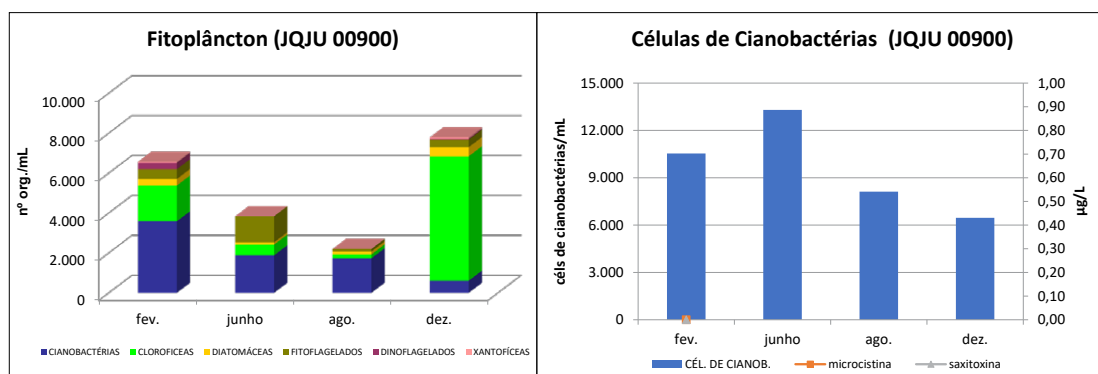
No reservatório Juqueri os valores da densidade média anual de organismos e de Células de Cianobactérias de 2019 para 2020 sofreram uma queda pouco significativa (Figura 7.8).

**Figura 7.8** – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Juqueri - 2015 a 2020



As densidades mensais de organismos estiveram abaixo de 10.000 org mL<sup>-1</sup> ao longo do ano. A maior densidade de organismos foi observada em dezembro, com evidente dominância de Clorofíceas, reflexo da situação observada no reservatório Atibainha. Nos outros meses foi observada dominância de Cianobactérias em fevereiro e agosto, e elevadas densidades de Fitoflagelados e Cianobactérias em junho (Figura 7.9).

**Figura 7.9** – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica, Contagem de Células de Cianobactérias e concentrações de microcistina e saxitoxina no reservatório Juqueri - 2020



Os dados relevantes em relação às densidades de Células de Cianobactérias são apresentados no Quadro 7.5.

**Quadro 7.5** – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (céls mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA n° 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Juqueri (ponto JQJU 00900)

JQJU 00900	N° de amostragens no ano	Densidade máxima de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> )	% de amostras que atenderam à Resolução CONAMA n° 357/2005
2019	4	25.039 (novembro)	75
2020	4	10.538 (fevereiro)	100

Observação: limite da Resolução CONAMA n° 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls mL<sup>-1</sup>)

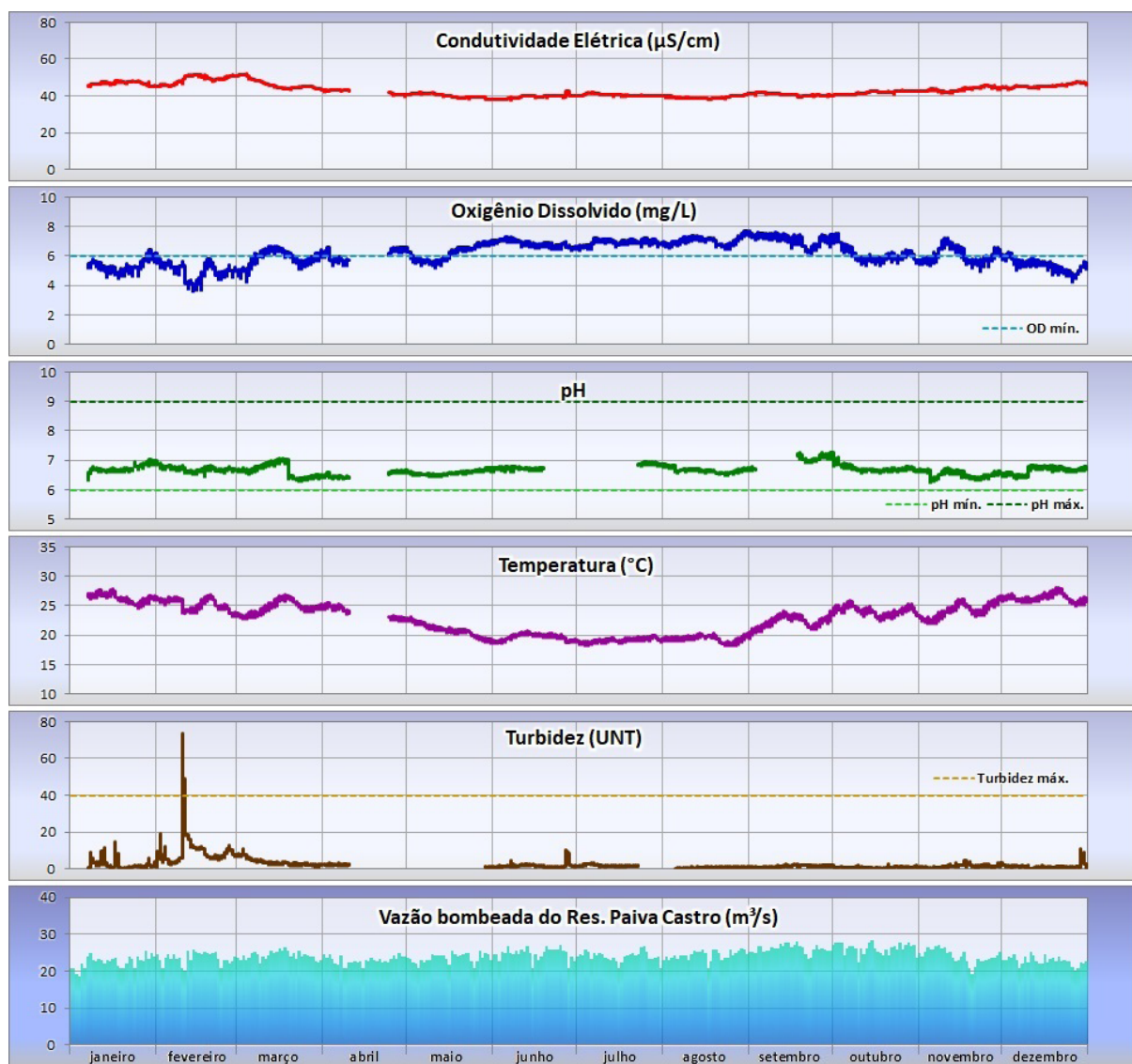
Houve melhora em relação à densidade de Células de Cianobactérias, com maior porcentagem de atendimento à Resolução CONAMA n° 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls mL<sup>-1</sup>) e menor densidade máxima de Células de Cianobactérias.

De modo geral os gêneros que mais influenciaram as contagens de células foram *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis* e *Cyanogranis*, semelhante ao encontrado em 2019. Também foram encontrados organismos de uma cianobactéria filamentosa não identificada.

As análises para quantificação de saxitoxina e microcistina na água bruta do reservatório foram realizadas apenas em fevereiro em razão da pandemia provocada pelo Coronavírus. Tanto em 2019 quanto em 2020 os resultados atenderam aos valores estabelecidos para água tratada no Anexo XX Portaria de Consolidação n° 05/2017 do Ministério da Saúde.

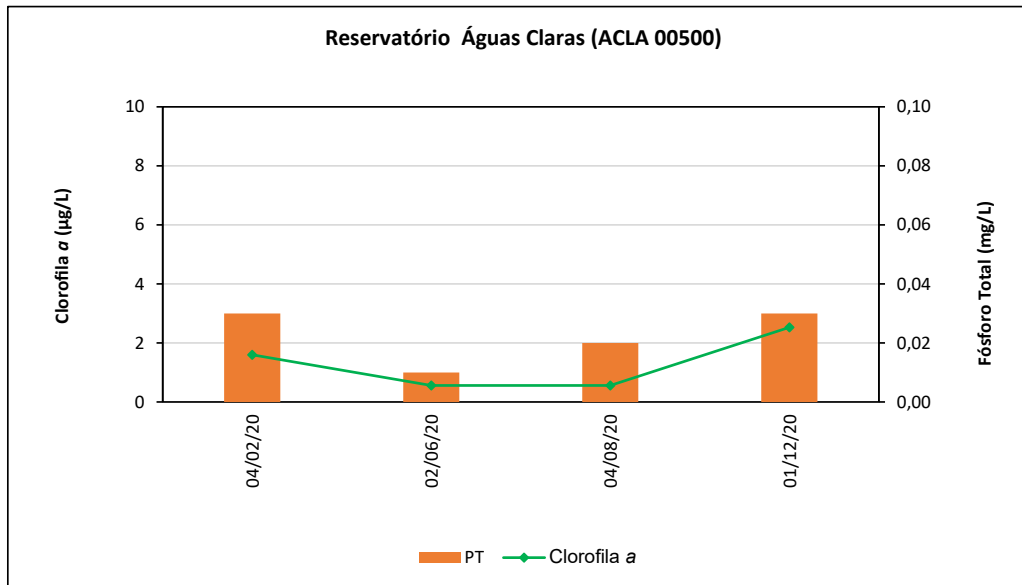
### 7.3.6 Reservatório Águas Claras

A Figura 7.10 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Águas Claras em 2020.

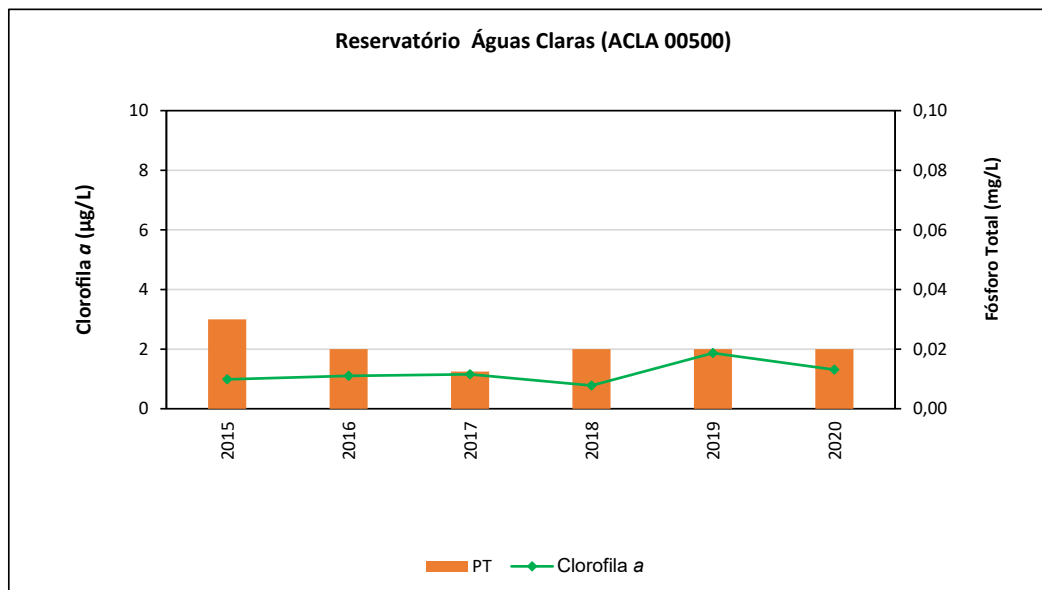
**Figura 7.10** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Águas Claras de janeiro a dezembro de 2020

A Estação Automática Águas Claras determina a qualidade das águas no reservatório Águas Claras, integrante do Sistema Cantareira e última passagem das águas antes de alcançar a ETA Guaraú que tratou a vazão média de  $24,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  neste ano. Esse reservatório recebe as águas bombeadas do reservatório Paiva Castro, que operou, em média, com 38% da sua capacidade durante o ano de 2020. A Condutividade Elétrica, entre  $40$  e  $50 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$ , denota que as águas são pouco contaminadas por poluentes. Entretanto, o Oxigênio Dissolvido atendeu ao padrão de qualidade estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos de água Classe 1 em apenas 56% do tempo. Isso pode ser reflexo de cargas poluidoras difusas afluentes aos mananciais do Sistema Cantareira, principalmente na época chuvosa, que implicam na depleção da concentração de Oxigênio Dissolvido. A Turbidez apresenta picos no início do ano, ultrapassando eventualmente o padrão de qualidade. O pH atende integralmente ao padrão de qualidade.

O Gráfico 7.14 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Águas Claras ao longo de 2020. Esse reservatório foi incluído na Rede de Monitoramento, a partir de maio de 2014 para avaliação da Clorofila *a* e a partir de 2016 para a comunidade fitoplanctônica, por pertencer ao Sistema Cantareira, sendo o último antes do encaminhamento das águas para a Estação de Tratamento de Água do Guaraú.

**Gráfico 7.14** – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Águas Claras (ACLA 00500) em 2020

Em 2020, no reservatório Águas Claras (Gráfico 7.14), pode-se observar que as maiores concentrações de Fósforo Total foram em fevereiro e dezembro, quando superou limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicando condição Mesotrófica. As maiores concentrações de Clorofila *a* ocorreram nos meses de fevereiro e dezembro, porém ainda classificadas como Oligotrófico, e em conformidade nas quatro campanhas com o limite estabelecido em legislação. A variação das concentrações de Clorofila *a* durante o ano esteve relacionada com a baixa densidade total de organismos fitoplanctônicos. Esse reservatório exibiu ao longo do ano, pelo IET, classificação trófica de Ultraoligotrófica a Mesotrófica e pela média anual classificou-se como Oligotrófica, ou seja, ambiente de baixa trofia, classificação essa, que vem se mantendo desde 2014.

**Gráfico 7.15** – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Águas Claras - 2015 a 2020

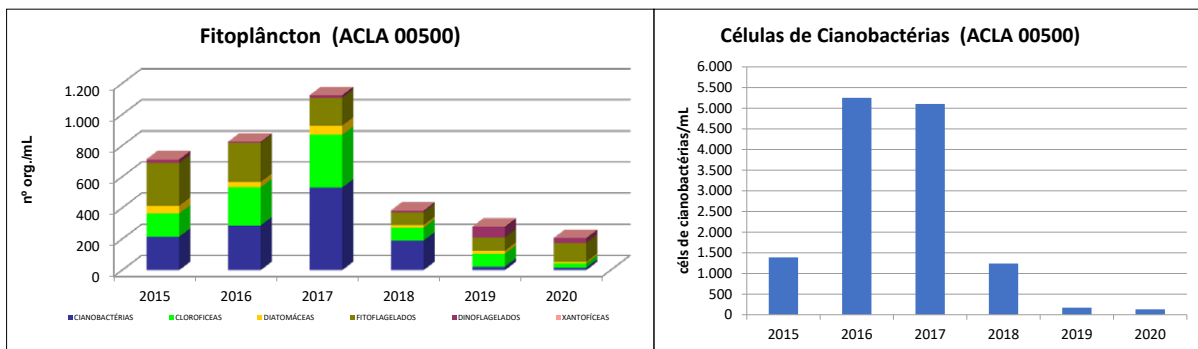


No período de 2015 a 2020, o reservatório Águas Claras exibiu (Gráfico 7.15) a maior concentração média anual de Fósforo Total em 2015, quando atingiu a condição Mesotrófica. A Clorofila *a* exibiu seu maior valor médio anual em 2019, porém com um valor ainda indicativo de condição Oligotrófica. As concentrações de Clorofila *a* variaram de forma similar às densidades totais de organismos fitoplanctônicos. Desde 2014, esse reservatório, vem mantendo uma excelente qualidade das águas em relação à condição trófica.

No Sistema Cantareira os reservatórios que o compõem, nos últimos cinco anos, de um modo geral encontravam-se, segundo o IET, entre Oligotrófico e Mesotrófico. No ano de 2020, pela média anual, apenas o reservatório Águas Claras se manteve como Oligotrófico, ou seja, na qualidade desejável.

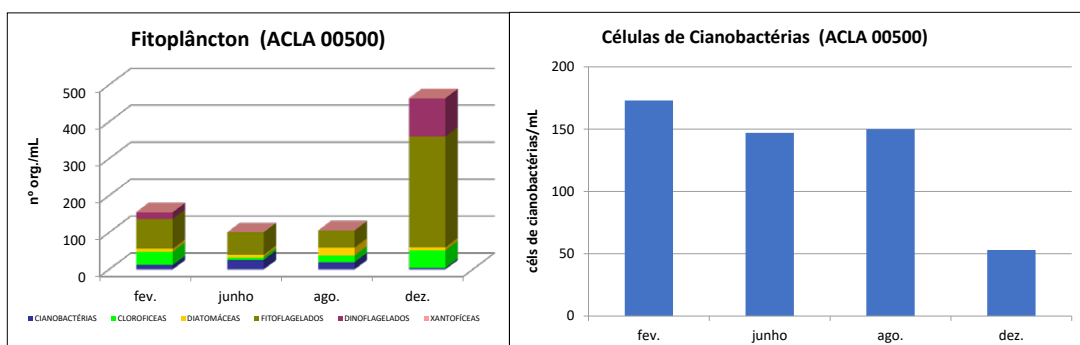
A densidade média anual de organismos fitoplanctônicos em 2020 ( $207 \text{ org mL}^{-1}$ ) foi a menor dos últimos seis anos. O mesmo ocorreu em relação à densidade média anual de Células de Cianobactérias ( $131 \text{ céls mL}^{-1}$ ) que estavam apresentando tendência de queda desde 2018 (Figura 7.11).

**Figura 7.11** – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Águas Claras – 2015 a 2020



A dominância de Fitoflagelados, observada na média anual, foi constatada durante todo o ano, sendo que em dezembro foi obtida a maior densidade dessa comunidade - aproximadamente 63% da densidade total do fitoplâncton foi de organismos da classe Chlamydomphyceae (Figura 7.12).

**Figura 7.12** – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Águas Claras. 2020



Os dados relevantes em relação às densidades de Células de Cianobactérias são apresentados no Quadro 7.6.

**Quadro 7.6** – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (céls mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA n° 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Águas Claras (ponto ACLA 00500)

ACLA 00500	N° de amostragens no ano	Densidade máxima de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> )	% de amostras que atenderam à Resolução CONAMA n° 357/2005
2019	4	342 (janeiro)	100
2020	4	173 (fevereiro)	100

Observação: limite da Resolução CONAMA n° 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls mL<sup>-1</sup>)

Em relação à densidade de Células de Cianobactérias, houve melhora da qualidade da água, com menor densidade máxima de Células de Cianobactérias.

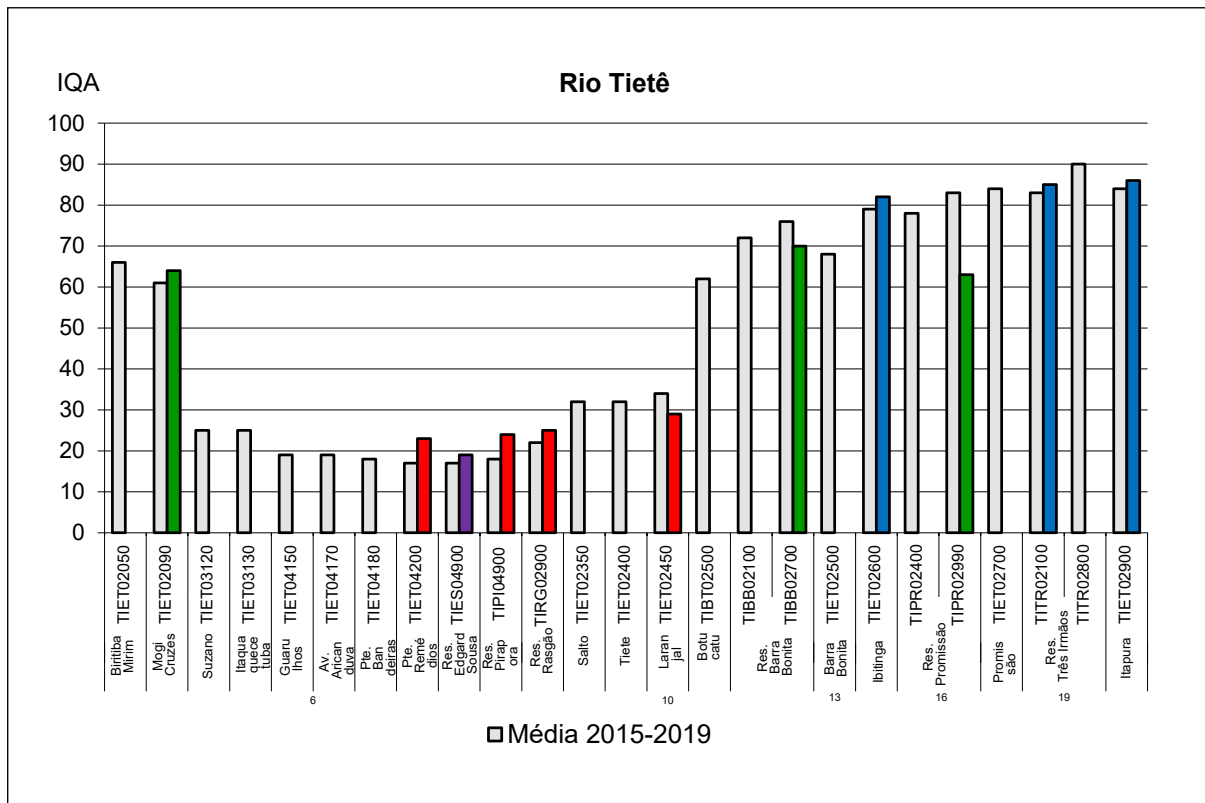
Os gêneros que mais contribuíram para as densidades celulares durante o ano foram *Pseudanabaena*, que possui raros relatos sobre produção de microcistina, mas relatos comuns de sua capacidade de produção de MIB e Geosmina (Chorus e Welker, 2021), e *Cyanogranis*.

O gênero *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis* foi quantificado em baixas densidades.

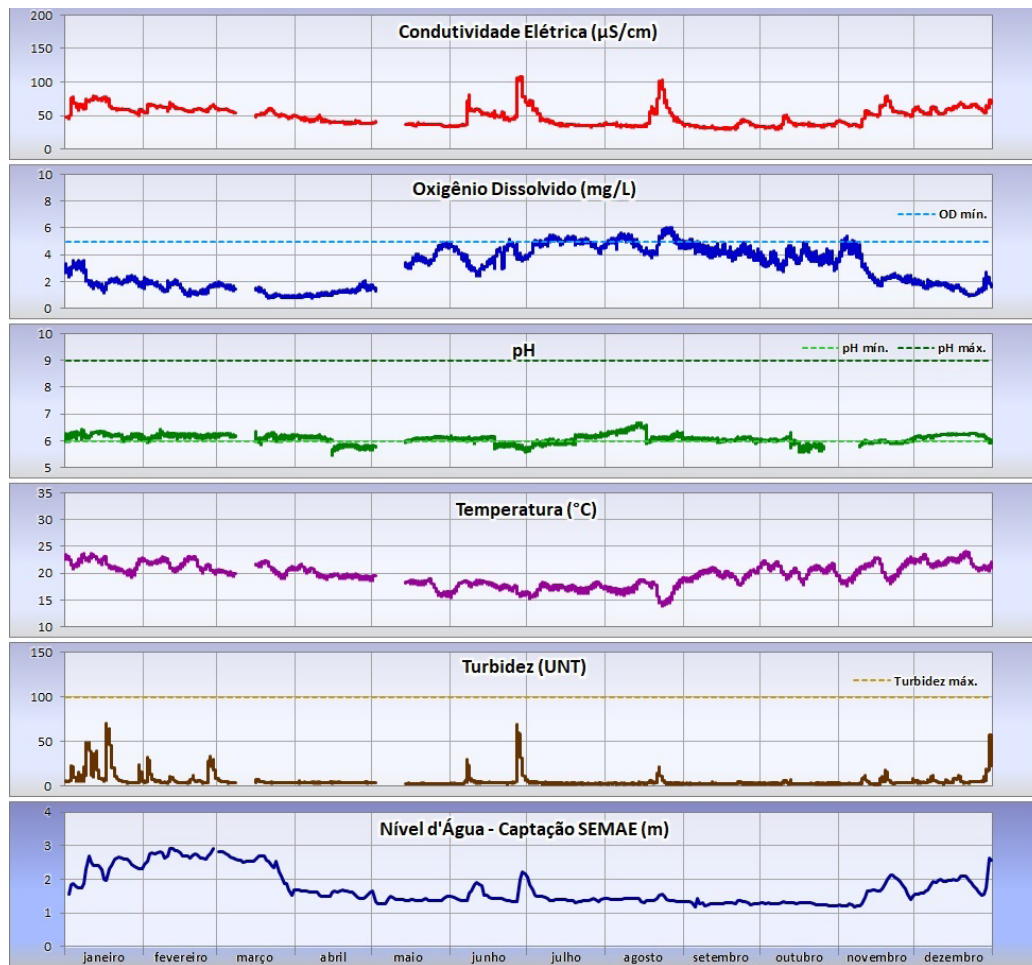
## 7.4 RIO TIETÊ – UGRHs 6, 10, 13, 16 e 19

O Gráfico 7.16 apresenta o perfil do IQA ao longo da calha do rio Tietê, que percorre todo o estado de São Paulo e atravessa as UGRHs 6, 10, 13, 16 e 19. Em 2020, foram avaliados os trechos desse rio que atravessam os municípios de Mogi das Cruzes, São Paulo, Santana do Parnaíba (res. Edgard de Souza), Pirapora do Bom Jesus (res. Rasgão), Laranjal Paulista, São Manoel (res. Barra Bonita), Ibitinga, Promissão (res. Promissão), Araçatuba (res. Três Irmãos) e Itapura. Nas proximidades da nascente, em Mogi das Cruzes, o rio Tietê manteve a qualidade Boa, com média do IQA levemente acima daquela dos últimos cinco anos. No trecho que atravessa a Região Metropolitana de São Paulo até Pirapora do Bom Jesus, apesar da classificação ser Ruim, o IQA manteve a melhora da qualidade da água registrada no ano anterior, com IQA acima da média histórica, com exceção do trecho no reservatório de Edgard de Souza, que se manteve na categoria Péssima. Os níveis de Oxigênio Dissolvido nesse trecho ao longo do ano variaram entre 0,2 e 2,0 mg L<sup>-1</sup> ao passo que a DBO variou entre 3,5 e 32 mg L<sup>-1</sup>. Em Laranjal Paulista, a qualidade da água manteve-se na categoria Ruim do IQA como em 2019, com a média do IQA oscilando negativamente quando comparada aos últimos cinco anos. Os níveis de Oxigênio Dissolvido e de DBO nesse trecho variaram entre 1,2 e 4,0 mg L<sup>-1</sup> e entre 5 e 17 mg L<sup>-1</sup> ao longo de 2020, respectivamente. No trecho que abrange o reservatório de Promissão, a qualidade da água se manteve na categoria Boa, porém expressivamente abaixo da média histórica, influenciado por valores elevados de DBO, Fósforo Total e Turbidez na campanha de agosto de 2020. A qualidade manteve-se na categoria Ótima com IQA próximo da média histórica a partir do reservatório Três Irmãos até a foz no rio Paraná.

**Gráfico 7.16**– Perfil do IQA ao longo do rio Tietê em 2020 e nos últimos cinco anos

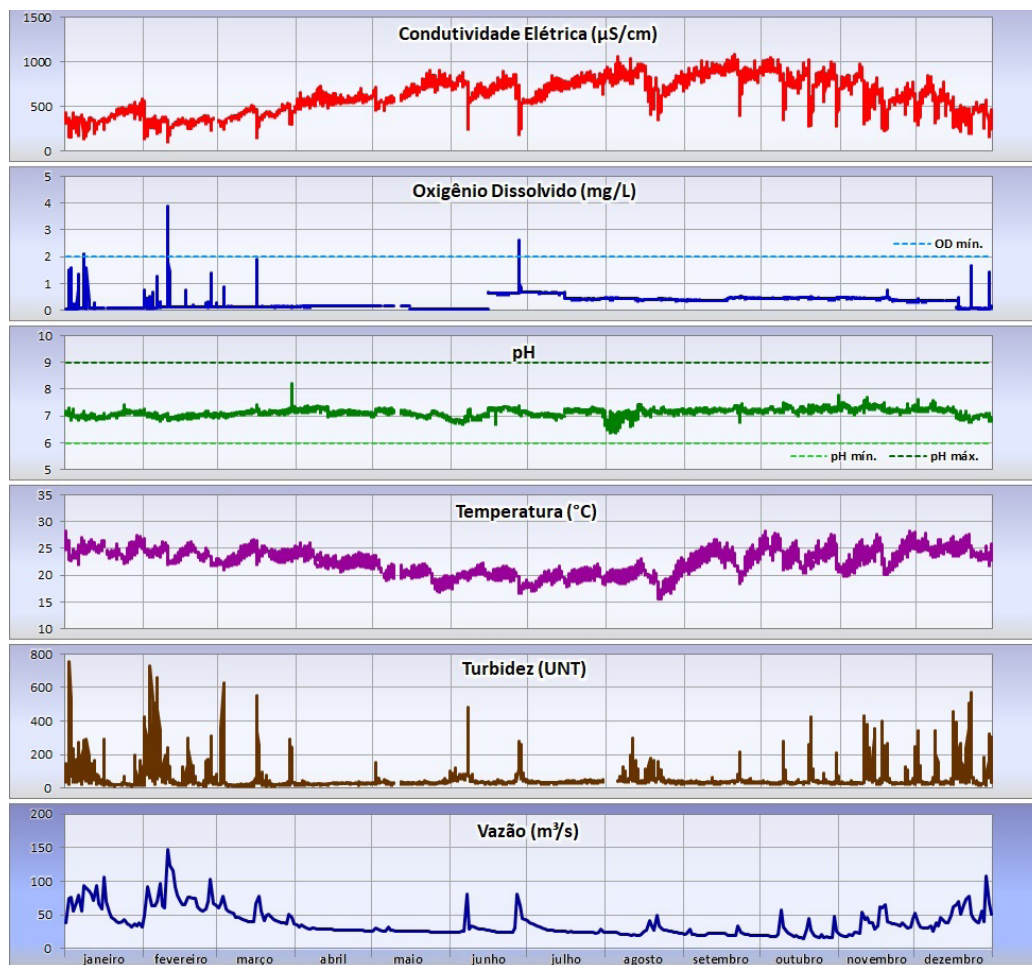


A Figura 7.13 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Mogi das Cruzes em 2020.

**Figura 7.13** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Mogi das Cruzes de janeiro a dezembro de 2020

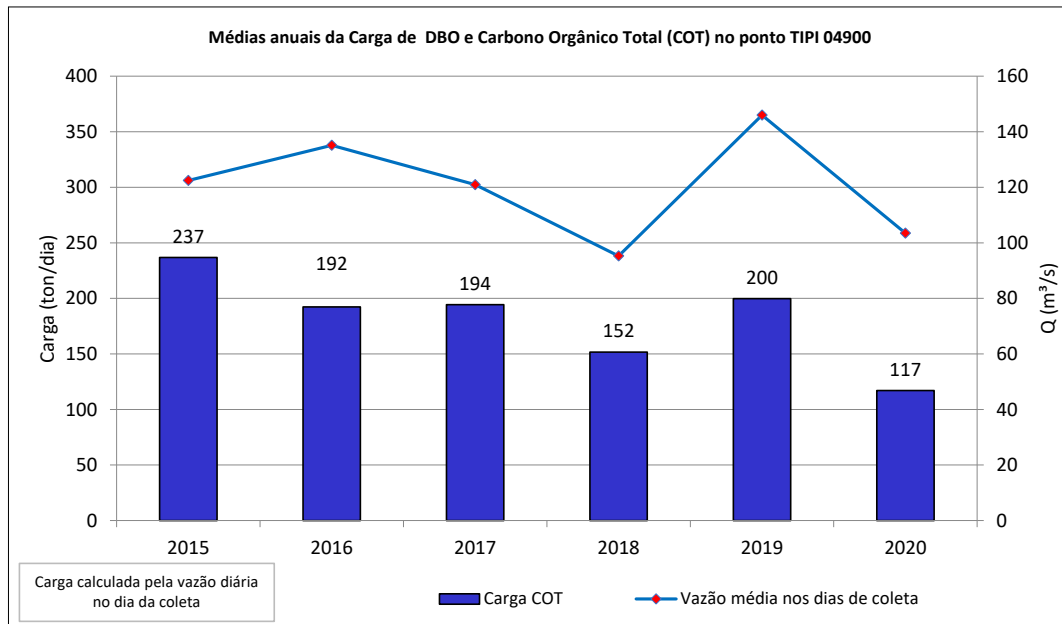
Localizada junto à captação de água do SEMAE Mogi das Cruzes, a Estação Automática Mogi das Cruzes monitora a qualidade das águas do rio Tietê em trecho próximo à cabeceira. Apesar de a região ser pouco impactada por cargas poluidoras pontuais, trata-se de bacia agrícola que contribui com expressiva carga poluidora difusa. Isso é confirmado pela Condutividade Elétrica em patamar mais elevado e pelos picos de Turbidez observados nos períodos de maior vazão do rio. O Oxigênio Dissolvido apresenta-se acima do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 em apenas 9% do tempo, justamente no período seco em que a vazão do rio é menor. O pH, tipicamente baixo, atende ao padrão de qualidade durante 75% do ano.

A Figura 7.14 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Penha em 2020.

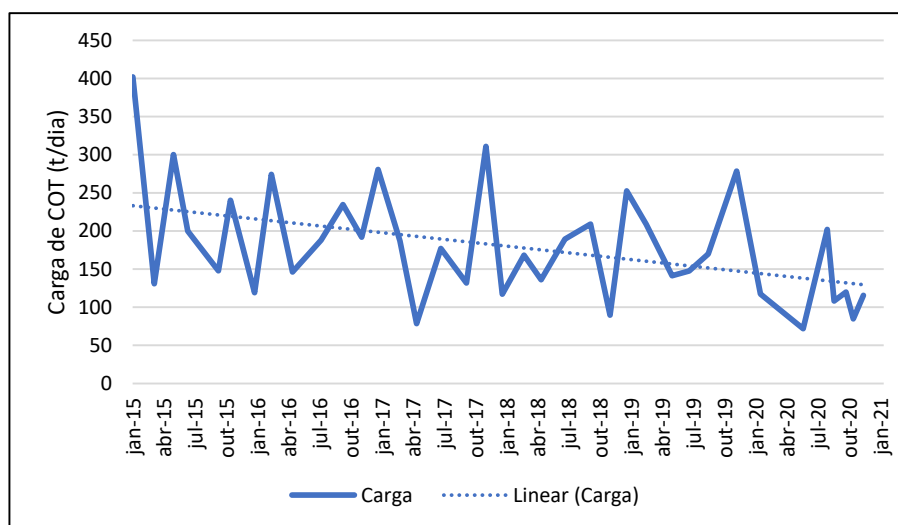
**Figura 7.14** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Penha de janeiro a dezembro de 2020

A Estação Automática Penha localiza-se no trecho de entrada do rio Tietê na capital paulista, onde já se verifica ausência de Oxigênio Dissolvido na água, com valores abaixo do padrão para rios Classe 4 em mais de 99% do tempo. Nos momentos de maior vazão, é possível observar melhora pontual nos níveis de Oxigênio Dissolvido. A Condutividade Elétrica alcança valores da ordem de  $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$  no período de estiagem, indicando alto comprometimento desse trecho do rio por cargas poluidoras. As diminuições dos valores de condutividade coincidem com os aumentos nos valores da vazão, evidenciando a contribuição das chuvas para a diluição da carga poluidora. Os picos de Turbidez coincidentes com as elevações de vazão do rio denotam o aporte de cargas difusas. Não há padrão de Turbidez para rios Classe 4.

Uma vez que os trechos mais críticos do rio Tietê se situam a jusante da RMSP, selecionou-se o ponto da barragem de Pirapora (TIPI 04900) que recebe toda a contribuição da bacia hidrográfica do Alto Tietê, por ser o exutório dessa bacia. A fim de visualizar a evolução da carga de matéria orgânica medida no exutório da bacia do Alto Tietê entre 2015 e 2020, foi construído o Gráfico 7.17.

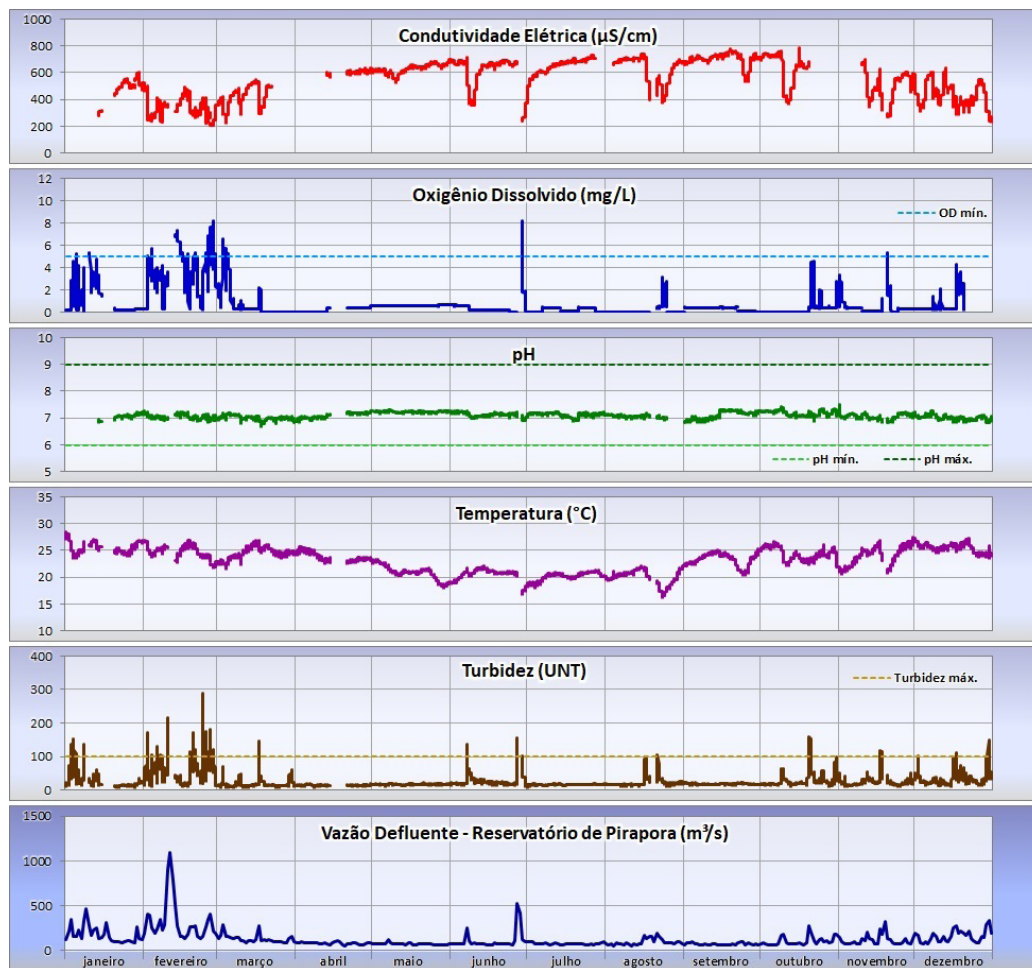
**Gráfico 7.17** – Vazões médias de descarga e cargas de Carbono Orgânico Total, no ponto TIPI 04900

Embora a vazão média tenha se mantido em patamares semelhantes a 2018, verificou-se uma diminuição da carga orgânica média em 2020 no ponto localizado no município de Pirapora em comparação com os anos anteriores. Na comparação com o ano de 2015, a carga média de COT estimada em 2020 foi cerca de 50 % menor. Quando a carga de COT, estimada a partir da vazão efluente do reservatório de Pirapora (medida no dia da coleta), é plotada em função da série histórica do período 2015-2020, observa-se uma redução ainda mais expressiva, ao redor de 70 % (Gráfico 7.18). A carga exportada a partir do exutório da bacia do Alto Tietê, localizado em Pirapora, para a bacia do médio Tietê é a menor dos últimos cinco anos, indicando que melhorias no sistema de saneamento da RMSB, incluindo na bacia de drenagem do rio Pinheiros e dos demais afluentes do rio Tietê, possuem importante papel na redução da carga orgânica que aporta na calha do rio Tietê.

**Gráfico 7.18** – Carga de Carbono Orgânico Total estimada a partir da vazão efluente do reservatório de Pirapora (medida no dia de coleta) no ponto TIPI 04900

A Figura 7.15 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rasgão em 2020.

**Figura 7.15** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rasgão de janeiro a dezembro de 2020

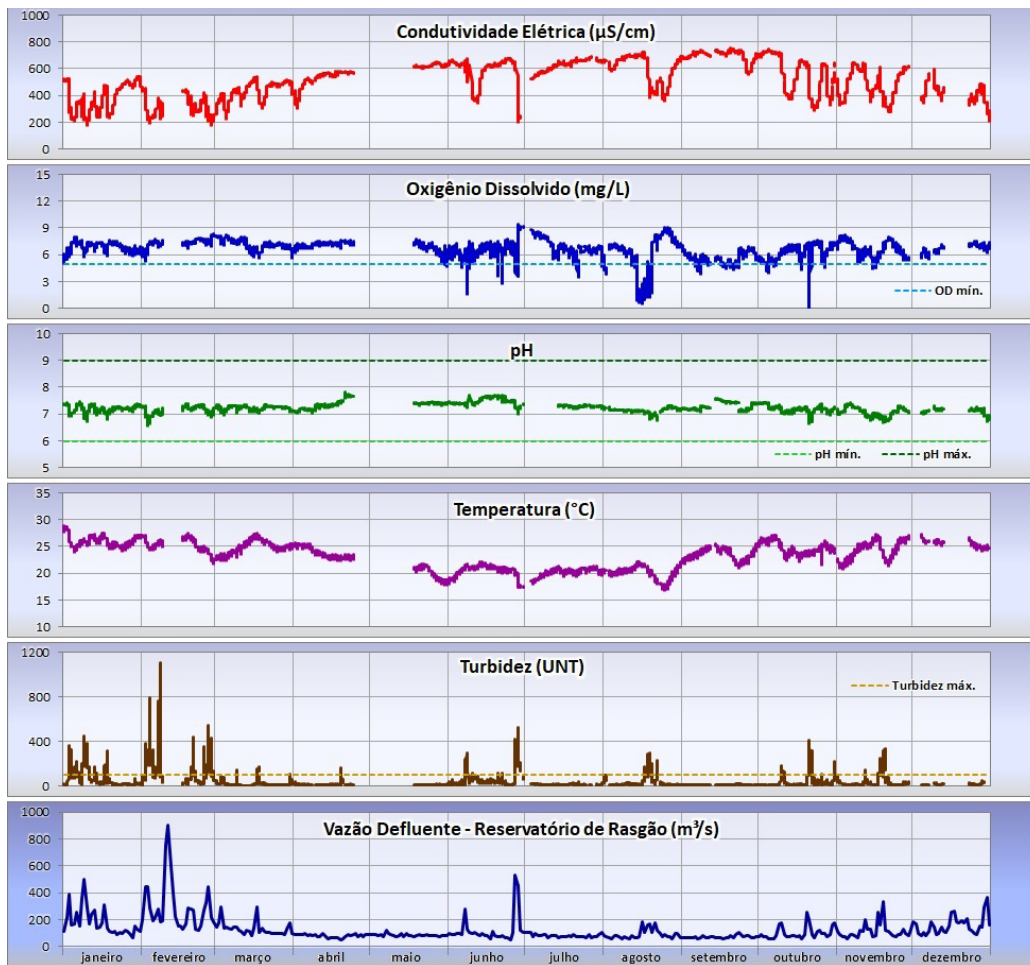


Localizada em Pirapora do Bom Jesus, a Estação Automática Rasgão monitora a qualidade das águas do rio Tietê na saída da Região Metropolitana de São Paulo, na transição da UGRHI 6 - Alto Tietê para a UGRHI 10 - Médio Tietê-Sorocaba. O impacto das expressivas cargas poluidoras recebidas a montante é evidenciado pelos altos valores de Condutividade e pelos valores de Oxigênio Dissolvido, sistematicamente próximos de zero. Nos eventos de maior vazão, que ocorrem predominantemente no período chuvoso, há diluição da carga poluidora. Isso reflete-se na redução dos valores de Condutividade Elétrica e aumento do Oxigênio Dissolvido, ainda que os valores deste último atendam ao padrão de qualidade em menos de 3% do tempo. No período úmido, observou-se também incremento da Turbidez, o que é característico do aporte de cargas difusas. A Turbidez e o pH atenderam ao padrão da Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 durante 98% e 100% do ano, respectivamente.

A Figura 7.16 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Itu em 2020.



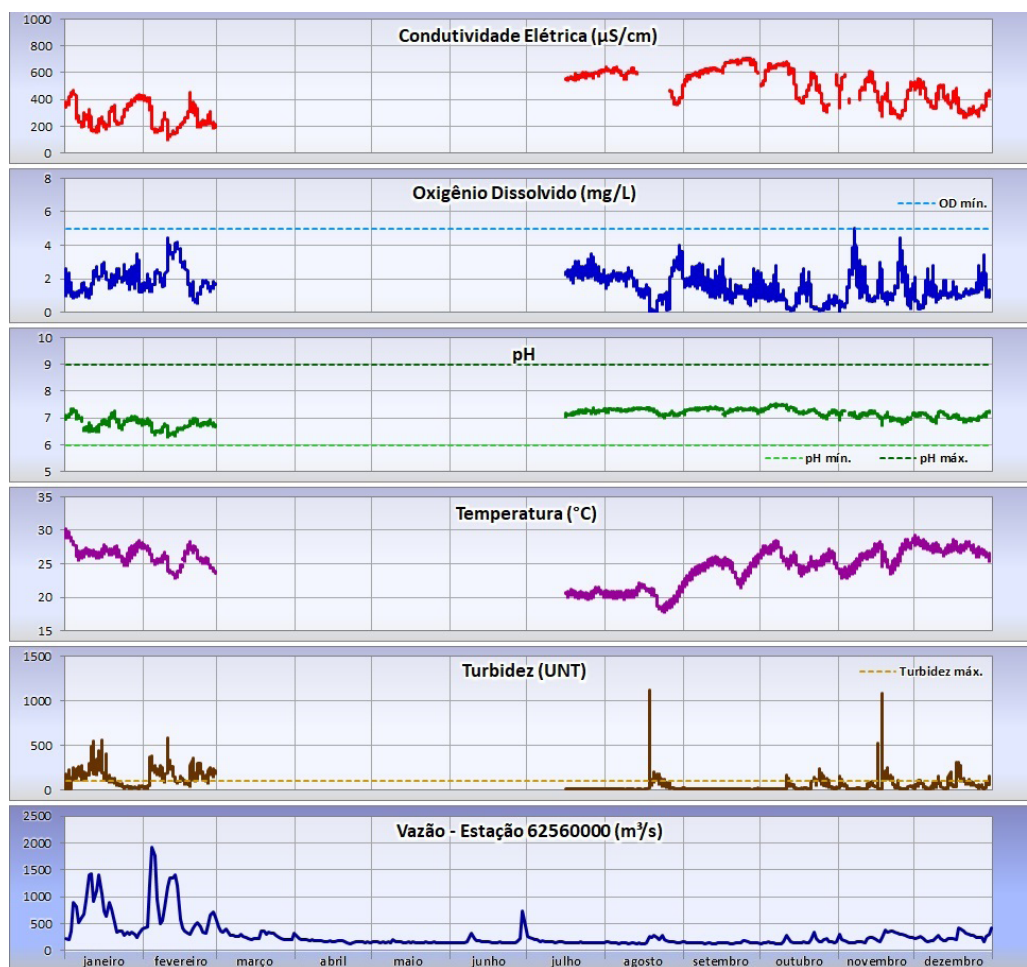
**Figura 7.16** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Itu de janeiro a dezembro de 2020



Localizada junto à Pequena Central Hidrelétrica – PCH São Pedro, a Estação Automática Itu monitora a qualidade das águas do rio Tietê em trecho localizado na APA Rio Tietê, criada em 1991, a jusante de corredeiras, cuja turbulência das águas contribuiu para a recuperação desse corpo hídrico, a exemplo do aumento do Oxigênio Dissolvido, atendendo ao limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 em 94% do tempo. O pH atendeu ao padrão de qualidade em 100% do tempo. A Turbidez, que atendeu ao padrão em 89% do tempo, apresentou picos coincidentes com as elevações de vazão do rio. Da mesma forma, a diminuição na Condutividade Elétrica foi coincidente com os aumentos de vazão, indicando que as chuvas contribuem para a diluição da carga poluidora do rio nesse trecho.

A Figura 7.17 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Laranjal Paulista em 2020.

**Figura 7.17** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Laranjal Paulista de janeiro a dezembro de 2020



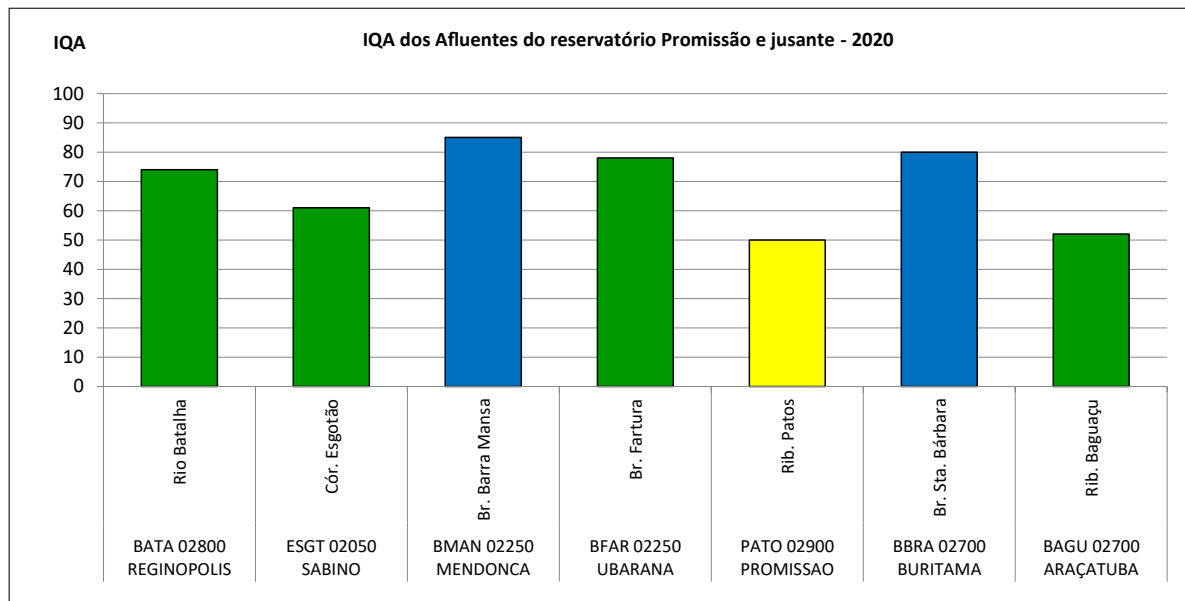
A Estação Automática Laranjal Paulista monitora a qualidade das águas do rio Tietê, no trecho localizado a montante do reservatório de Barra Bonita e a jusante da foz do rio Sorocaba. Foram observados sinais de recuperação desse ponto, como a diminuição dos valores de Condutividade Elétrica em relação aos observados na Estação Automática Itu. Entretanto, a concentração de Oxigênio Dissolvido manteve-se abaixo do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 durante praticamente todo o ano de 2020. Os valores de Turbidez ultrapassaram o limite máximo de 100 UNT em 26% do tempo, tipicamente no período chuvoso, no qual se observaram as maiores vazões e picos que superaram 1000 UNT, indicando significativo aporte de cargas difusas.

#### 7.4.1 Rio Tietê - do reservatório de Promissão até entrada no reservatório Três Irmãos

O Reservatório de Promissão é monitorado em dois pontos: TIPR 02990, localizado próximo à barragem e o ponto TIPR 02400, localizado mais a montante. Os pontos BFAR 02250 (braço do ribeirão da Fartura) e BMAN 02250 (braço do rio Barra Mansa), situados nos afluentes da margem direita desse reservatório, foram amostrados no final de 2019 em virtude de intensas florações de cianobactérias do gênero *Microcystis* registradas na região, sendo incluídos na rede de monitoramento em 2020, assim como o BBRA 02700, no braço do ribeirão Santa Bárbara, afluente da margem direita do reservatório Nova Avanhandava (UGRHI 19).

O Gráfico 7.19 apresenta o IQA dos braços e afluentes do rio Tietê do reservatório de Promissão até a entrada no reservatório Três Irmãos. Esses corpos de água foram classificados nas categorias Ótima e Boa do IQA, exceto no Ribeirão dos Patos, classificado na categoria Regular, a qual foi influenciada por baixos níveis de OD e elevadas concentrações de Fósforo e Nitrogênio, indicando contribuições oriundas de fontes difusas na bacia deste afluente.

**Gráfico 7.19** – IQA nos braços e afluentes do rio Tietê do reservatório de Promissão até a entrada no reservatório Três Irmãos



O reservatório Promissão já havia registrado uma piora a partir de 2017, com aumento das densidades e dominância de cianobactérias, sem, entretanto, apresentar alteração na classificação do ICF ([Cap 6. Item 6.3.1](#)). Em 2020 o ponto localizado próximo à barragem (TIPR 02990) apresentou piora da classificação em razão da dominância de cianobactérias em todos os períodos amostrados. O Número de Células de Cianobactérias ultrapassou o limite recomendado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 ( $50.000 \text{ céls mL}^{-1}$ ) em todos os períodos amostrados, sendo que em agosto foi registrado o maior valor de número de células da rede de monitoramento:  $25.925.338 \text{ céls mL}^{-1}$  para 2020, com mais de 98% delas pertencentes ao gênero *Microcystis*. Na ocasião foram identificadas três espécies de *Microcystis* – *M. aeruginosa*, *M. protocystis* e *M. brasiliensis*. Também nessa amostragem foi registrada a segunda maior concentração de microcistinas do ano:  $404 \mu\text{g L}^{-1}$ . O ponto TIPR 02400 foi amostrado apenas uma vez em 2020, em janeiro, e registrou dominância de cianobactérias do gênero *Microcystis* e uma contagem de células de cianobactérias muito alta,  $1.459.958 \text{ céls mL}^{-1}$ . O gênero foi preponderante ao longo do ano, e segundo Paerl e Otten (2013) e Chorus e Welker (2021) é potencialmente produtor de microcistina.

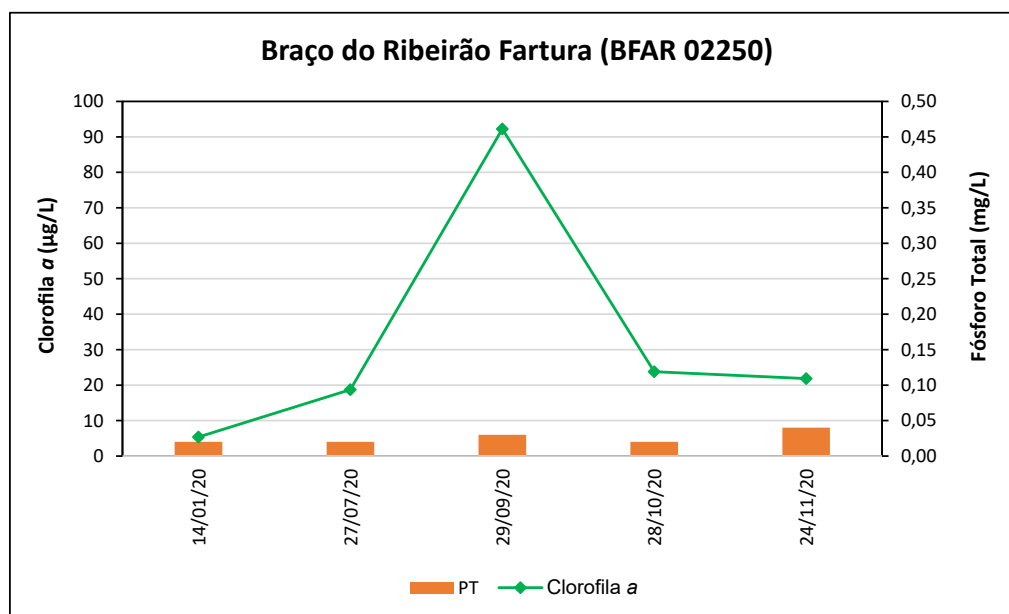
Embora não haja captação de água para abastecimento público no reservatório de Promissão, em ambos os anos (2019 e 2020) os valores máximos de microcistinas obtidos na água bruta ultrapassaram o limite estipulado pelo Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde para água tratada. A saxitoxina também foi quantificada nesse reservatório, entretanto todos os valores foram inferiores a  $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$ .

As altas concentrações de microcistinas podem prejudicar outros usos da água, como dessedentação de animais e irrigação, bem como causar mortalidades de peixes e de outros organismos aquáticos.

### 7.4.1.1 Braço do ribeirão Fartura

O Gráfico 7.20 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, ao longo de 2020 no braço do ribeirão Fartura (BFAR 02250).

**Gráfico 7.20** – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no braço do ribeirão Fartura (BFAR 02250) em 2020



Ao longo de 2020, no braço do ribeirão Fartura (Gráfico 7.20) as concentrações de Fósforo Total estiveram, exceto em novembro, em conformidade com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, todas indicativas de ambiente Mesotrófico. Já as concentrações de Clorofila *a*, em janeiro indicaram condição Mesotrófica e em julho, outubro e novembro Eutrófica, mas todas em conformidade com a legislação. No entanto, em setembro a concentração de Clorofila *a* foi extremamente elevada indicando condição Hipereutrófica e superando o preconizado na legislação. Essas concentrações variaram de forma similar ao Número de Células de Cianobactérias, grupo fitoplanctônico que dominou ao longo de todo o ano. Segundo o IET, esse ponto variou de Mesotrófico a Eutrófico, classificado pela média anual como Mesotrófico.

Já em relação à comunidade fitoplanctônica, o monitoramento desse ponto foi iniciado em outubro de 2019. A comparação dos resultados de 2019 e 2020 está sumarizada no Quadro 7.7 a seguir.

**Quadro 7.7** – Comparação dos resultados de densidade de organismos (org mL<sup>-1</sup>), de Células de Cianobactérias (céls mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 entre 2019 e 2020 (ponto BFAR 02250)

BFAR 02250	Nº de amostragens no ano	Densidade média anual de organismos (org mL <sup>-1</sup> )	Densidade média anual de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> )	Densidade máxima de Células de Cianobactérias do ano (céls mL <sup>-1</sup> )	% de amostras mensais que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005
2019	2	11.526	127.886	173.552 (outubro)	0
2020	5	20.775	238.301	904.229 (setembro)	40

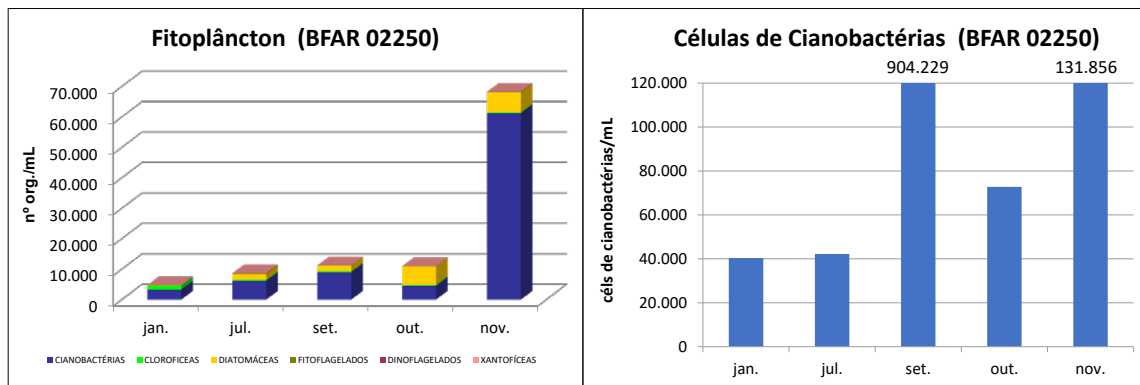
**Observação:** limite da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 céls mL<sup>-1</sup>)

Constatou-se piora da qualidade da água de 2019 para 2020 em relação à densidade média anual de organismos, densidade de Células de Cianobactérias e densidade máxima de Células de Cianobactérias, entretanto,

é importante destacar que, em 2019, foram feitas apenas duas amostragens, e em 2020 foram cinco amostragens. Também houve piora em relação à dominância de grupos, já que em 2019 foi observada dominância de Diatomáceas em outubro, e em 2020 houve dominância de Cianobactérias em todos os períodos amostrados.

A piora em relação à densidade da comunidade fitoplanctônica foi influenciada pelos dados de novembro, e em relação à densidade de Células de Cianobactérias, os resultados que contribuíram para a piora do diagnóstico foram obtidos em setembro e novembro.

**Figura 7.18** – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2020. Braço do ribeirão da Fartura



Em setembro houve uma floração de *Microcystis*, gênero de cianobactéria potencialmente produtor de microcistina (Chorus e Welker, 2021), que não se refletiu na quantidade de organismos, tendo em vista que o referido gênero é formado por colônias densas que geralmente apresentam agregados de muitas células unidas por mucilagem. Considerando que cada agregado de células (denominadas colônias) são contadas individualmente como um organismo e que cada colônia apresenta um grande número de células, os resultados da densidade da comunidade ( $\text{org mL}^{-1}$ ) e de Células de Cianobactérias ( $\text{célis mL}^{-1}$ ), nessas condições, não são correlatas.

Em novembro, os gêneros que mais contribuíram para a contagem de Células de Cianobactérias foram *Geitlerinema/Jaagnema* (identificados assim devido à dificuldade de identificação em amostras preservadas): aproximadamente 39% das células, e a cianobactéria filamentosa não identificada descrita no Atlas de Cianobactérias do Alto Tietê desenvolvido pela CETESB (Lamparelli *et al.*, 2014), que correspondeu a aproximadamente 42% das células.

Os gêneros *Geitlerinema* e *Jaagnema* estão passando por reformulações em suas nomenclaturas em razão dos novos estudos realizados com biologia molecular. Por esse motivo, em 2020, optou-se por manter a nomenclatura tradicional. Não há registro de produção de cianotoxinas para ambos os organismos. As filamentosas não identificadas também não apresentam registro de produção de cianotoxina. Sua identificação e produção de cianotoxina necessitam de mais estudos.

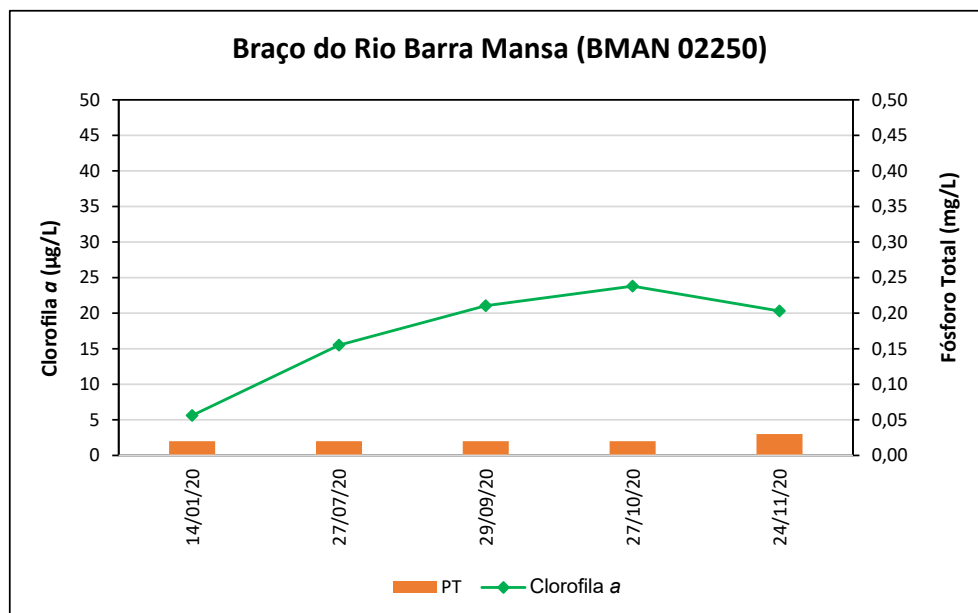
Os eventos de maior densidade de células de cianobactérias possivelmente foram favorecidos pelos maiores valores de temperatura da água e de nitrogênio orgânico. Em setembro, a temperatura da água esteve em 29,2 °C e foram encontrados 1,88 mg L<sup>-1</sup> de nitrogênio kjeldahl (orgânico + amoniacal). Em novembro, a temperatura da água esteve em 29,7 °C e o valor de nitrogênio foi de 1 mg L<sup>-1</sup>. Esses valores elevados de temperatura podem contribuir para uma estratificação da coluna da água, favorecendo a proliferação de cianobactérias.

Os demais gêneros que mais contribuíram com as densidades mensais de Células de Cianobactérias foram *Aphanocapsa* (formado por células picoplanctônicas potencialmente produtoras de microcistina e dominante em janeiro) e *Cylindrospermopsis* (dominante em julho). O gênero *Cylindrospermopsis* é atualmente reconhecido taxonomicamente como *Raphidiopsis*, potencialmente produtor de cilindrospermopsina, saxitoxina (Chorus e Welker, 2021) e microcistina (Paerl e Otten, 2013). Além desses, o gênero *Planktothrix* foi encontrado em baixas densidades em 80% das amostragens, sendo potencialmente produtor de saxitoxina e microcistina (Chorus e Welker, 2021).

#### 7.4.1.2 Braço do rio Barra Mansa

O Gráfico 7.21 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, ao longo de 2020 no braço do rio Barra Mansa (BMAN 02250).

**Gráfico 7.21** – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no braço do rio Barra Mansa (BMAN 02250) em 2020



Ao longo de 2020, no braço do rio Barra Mansa (Gráfico 7.21) as concentrações de Fósforo Total indicativas de ambiente Mesotrófico estiveram em conformidade, em todas as campanhas, com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. As concentrações de Clorofila *a*, em janeiro indicaram condição Mesotrófica e nos demais meses Eutrófica, embora indiquem ambiente já eutrofizado, também estiveram em conformidade com a legislação. Essas concentrações variaram de forma similar às densidades de organismos fitoplanctônicos principalmente dos grupos das Clorofíceas e Diatomáceas. Segundo o IET, esse ponto, ao longo do ano, bem como na média, foi classificado como Mesotrófico.

O monitoramento desse ponto foi iniciado em outubro de 2019. A comparação dos resultados de 2019 e 2020 foi sumarizada no Quadro 7.8.

**Quadro 7.8** – Comparação dos resultados de densidade de organismos ( $\text{org mL}^{-1}$ ), de células de cianobactérias ( $\text{céls mL}^{-1}$ ) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 entre 2019 e 2020

BFAR 02250	Nº de amostragens no ano	Densidade média anual de organismos ( $\text{org mL}^{-1}$ )	Densidade média anual de Células de Cianobactérias ( $\text{céls mL}^{-1}$ )	Densidade máxima de Células de Cianobactérias do ano ( $\text{céls mL}^{-1}$ )	% de amostras mensais que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005
2019	2	6.768	51.982	54.325 (dezembro)	50
2020	5	49.966	142.991	281.746 (novembro)	20

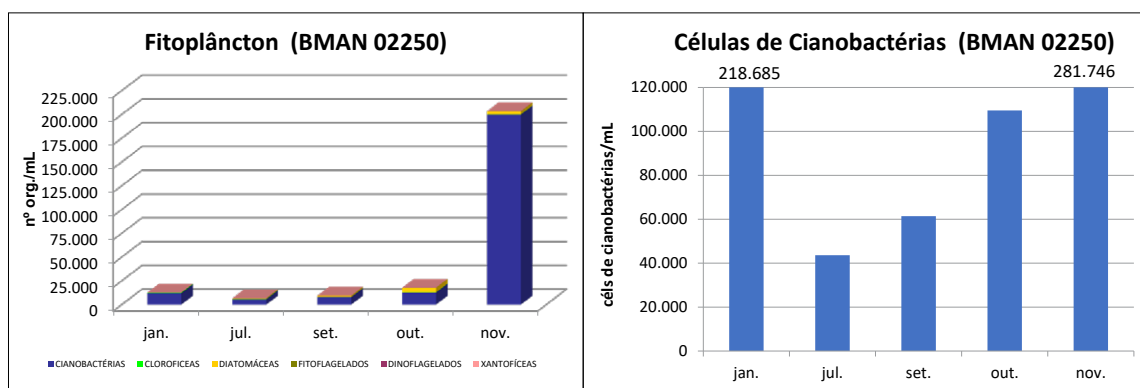
**Observação:** limite da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 ( $50.000 \text{ céls mL}^{-1}$ )

Os dados observados evidenciam um ambiente eutrofizado e degradado, com piora da qualidade da água em relação à densidade média anual de organismos, densidade de Células de Cianobactérias e densidade máxima de Células de Cianobactérias. Ressalta-se que em 2019 houve apenas duas amostragens, e em 2020 foram cinco. Houve dominância de cianobactérias em todas as amostragens, tanto de 2019 quanto de 2020.

Em relação aos resultados mensais (Figura 7.19), observou-se um aumento expressivo da densidade de organismos da comunidade em novembro, principalmente do grupo das cianobactérias, fato também observado para a contagem de Células de Cianobactérias. A dominância de Células de Cianobactérias foi de uma filamentosa ainda não identificada, descrita no "Atlas de Cianobactérias do Alto Tietê" desenvolvido pela CETESB (Lamparelli *et al.*, 2014). Também não apresentam registro de produção de cianotoxina na literatura. Sua identificação e produção de cianotoxina necessitam de mais estudos.

Em janeiro o número de células também foi elevado, com dominância de Células de Cianobactérias pertencentes aos gêneros *Epiglophaera/Lemmernaniella* (gêneros formados por células picoplânctônicas difíceis de diferenciar em microscopia ótica, e por esse motivo classificados desse modo). Não apresentam registro de produção de cianotoxinas na literatura.

**Figura 7.19** – Valores mensais da Comunidade Fitoplânctônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2020. Braço do Rio Barra Mansa



O outro gênero que mais contribuiu com as densidades mensais de Células de Cianobactérias foi *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis*, dominante em julho e outubro e abundante em setembro. Esse gênero é potencialmente produtor de cilindrospermopsina, saxitoxina (Chorus e Welker, 2021) e microcistina (Paerl e Otten, 2013).



### 7.4.1.3 Braço do Ribeirão Sta. Bárbara (BBRA 02700)

O ponto BBRA 02700 está localizado no ribeirão Santa Bárbara, afluente da margem direita do reservatório Nova Avanhandava (UGRHI 19) no baixo rio Tietê. O monitoramento desse ponto foi iniciado em outubro de 2019, devido a intensas florações de cianobactérias do gênero *Microcystis* registradas nos reservatórios localizados no rio Tietê e a comparação dos resultados de 2019 e 2020 foi sumarizada no Quadro 7.9.

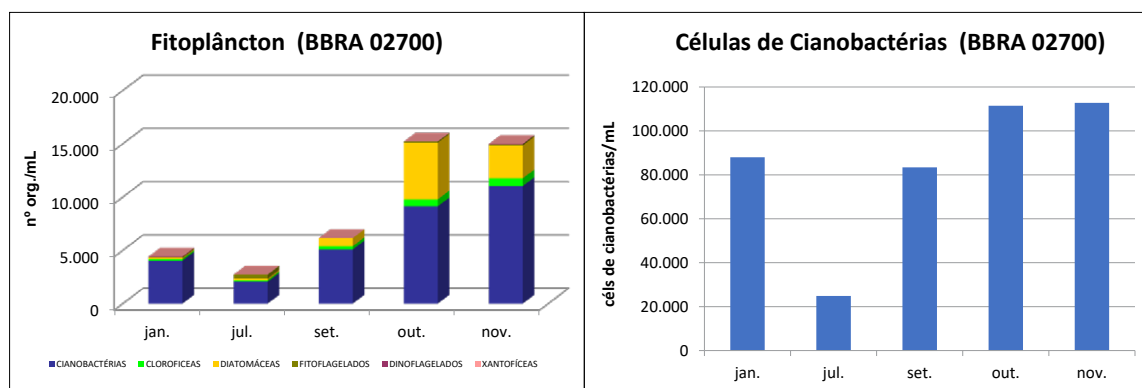
**Quadro 7.9** – Comparação dos resultados de densidade de organismos (org mL<sup>-1</sup>), de Células de Cianobactérias (céls mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA n° 357/2005 entre 2019 e 2020

BFAR 02250	N° de amostragens no ano	Densidade média anual de organismos (org mL <sup>-1</sup> )	Densidade média anual de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> )	Densidade máxima de Células de Cianobactérias do ano (céls mL <sup>-1</sup> )	% de amostras mensais que atenderam à Resolução CONAMA n° 357/2005
2019	2	15.198	264.309	387.780 (dezembro)	0
2020	5	8.698	84.097	112.743 (novembro)	20

Observação: Resolução CONAMA n° 357/2005 para Classe 2 (50.000 céls mL<sup>-1</sup>)

Os dados observados evidenciam um ambiente eutrofizado e degradado. Apesar de ter ocorrido diminuição das densidades médias anuais de organismos, da média anual de Células de Cianobactérias e da densidade máxima de Células de Cianobactérias, houve dominância de cianobactérias em todas as amostragens (Figura 7.20), situação semelhante à de 2019. Importante destacar que, em 2019, foram feitas duas amostragens, e em 2020 foram feitas cinco.

**Figura 7.20** – Valores mensais da Comunidade Fitoplantônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2020. Braço do Ribeirão Sta. Bárbara



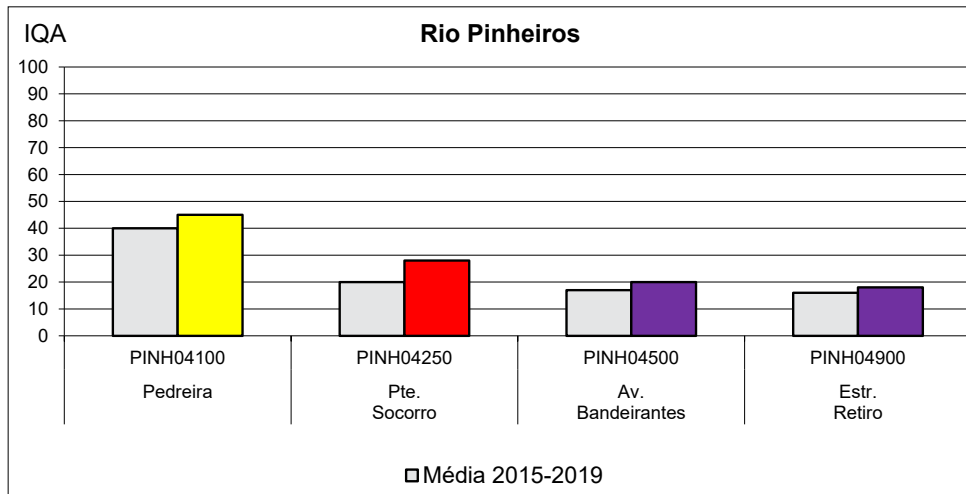
Os gêneros que mais contribuíram com as densidades mensais de Células de Cianobactérias foram *Microcystis* (maior densidade em relação ao valor total verificada em janeiro, julho e setembro) e *Cylindrospermopsis* (maior densidade em relação ao valor total verificada em outubro e novembro).

O gênero *Microcystis* é potencialmente produtor de microcistina e o gênero *Cylindrospermopsis*/*Raphidiopsis* é potencialmente produtor de cilindrospermopsina, saxitoxina (Chorus e Welker, 2021) e microcistina (Paerl e Otten, 2013).

## 7.5 RIO PINHEIROS - UGRHI 6

O Gráfico 7.22 apresenta o perfil do IQA nos quatros pontos de monitoramento na calha no rio Pinheiros.

**Gráfico 7.22** – Perfil do IQA ao longo do rio Pinheiros em 2020 e nos últimos cinco anos



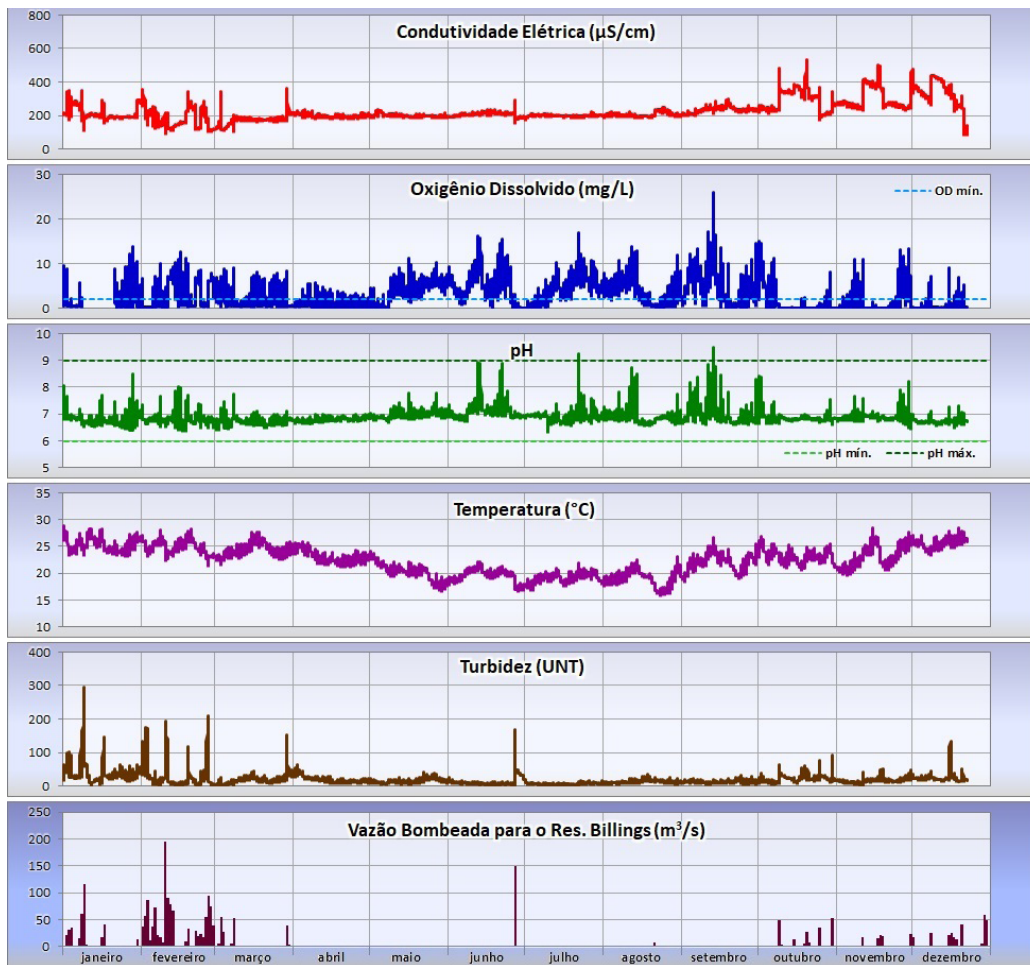
A qualidade, ao longo dos trechos monitorados, se manteve a mesma daquela observada em 2019, com IQA médio acima da média histórica dos últimos cinco anos no trecho superior, em Pedreira e Ponte do Socorro. Nesses dois pontos, o IQA se manteve na categoria Regular e Ruim, respectivamente, porém houve melhora nos níveis médios de Oxigênio Dissolvido em 2020 em relação ao ano anterior (Tabela 7.1). Na Av. Bandeirantes e na Estrutura do Retiro, no trecho inferior, a classificação se manteve na categoria Péssima, embora, na média anual, tenha havido redução na concentração de Carbono Orgânico Total e os níveis de Oxigênio Dissolvido tenham se mantido no mesmo patamar quando comparado a 2019 (Tabela 7.1).

**Tabela 7.1** – Concentrações médias de Oxigênio Dissolvido (OD) e de Carbono Orgânico Total (COT) no rio Pinheiros no período de 2019 e 2020

Ponto	OD (mg/L)		COT (mg/L)	
	2019	2020	2019	2020
PINH 04100	5,6	6,6	10,2	10,9
PINH 04250	4,3	4,7	23,1	21,2
PINH 04500	1,1	0,9	28,5	21,2
PINH 04900	0,7	0,7	37,6	28,1

A Figura 7.21 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Pedreira em 2020.

**Figura 7.21** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Pedreira de janeiro a dezembro de 2020

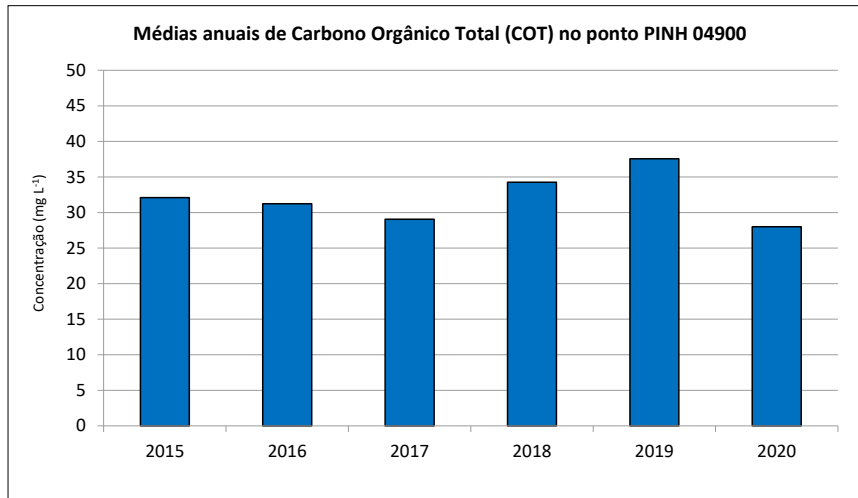


Situada no canal do rio Pinheiros, 500 m a montante da Usina Elevatória de Pedreira, a Estação Automática Pedreira avalia a qualidade das águas bombeadas para o reservatório Billings. Em 2020, foram registrados valores de condutividade entre 200 e 500  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , indicando tratar-se de corpo d'água impactado por cargas poluidoras.

O rio Pinheiros geralmente apresenta comportamento hidrodinâmico misto:

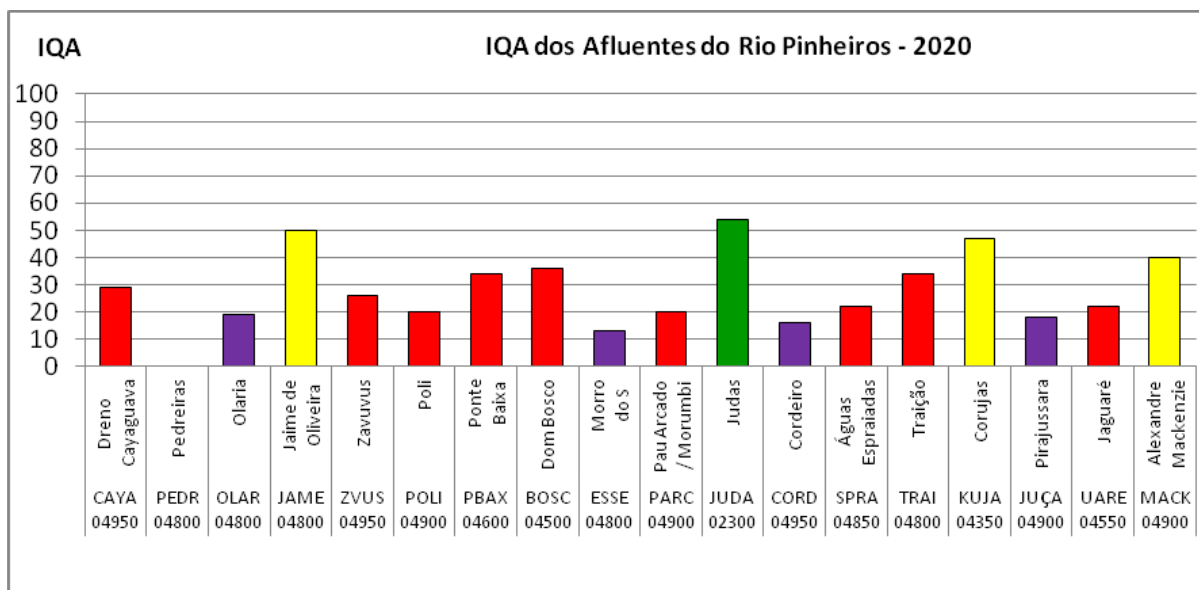
- Lótico, quando da ocorrência de eventos de bombeamento, com maior frequência no período chuvoso, quando há maior variabilidade da Turbidez, com picos superiores a 200 UNT, e da Condutividade Elétrica devido às variações na vazão do rio. O Oxigênio Dissolvido varia tipicamente entre 0 e 10  $\text{mg L}^{-1}$ .
- Lêntico, na ausência de bombeamento, situação mais frequente na estiagem, quando é possível observar períodos em que o Oxigênio Dissolvido registra desde ausência até concentrações acima de 20  $\text{mg L}^{-1}$ , explicadas pela ocorrência de *bloom* de algas, fenômeno indicativo da eutrofização do corpo d'água.

O Oxigênio Dissolvido atendeu ao padrão de qualidade em 49% do tempo e o pH em mais de 99%. Para rios Classe 4, a exemplo do rio Pinheiros, não há padrão de Turbidez estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005.

**Gráfico 7.23** – Médias anuais de Carbono Orgânico Total no ponto PINH 04900

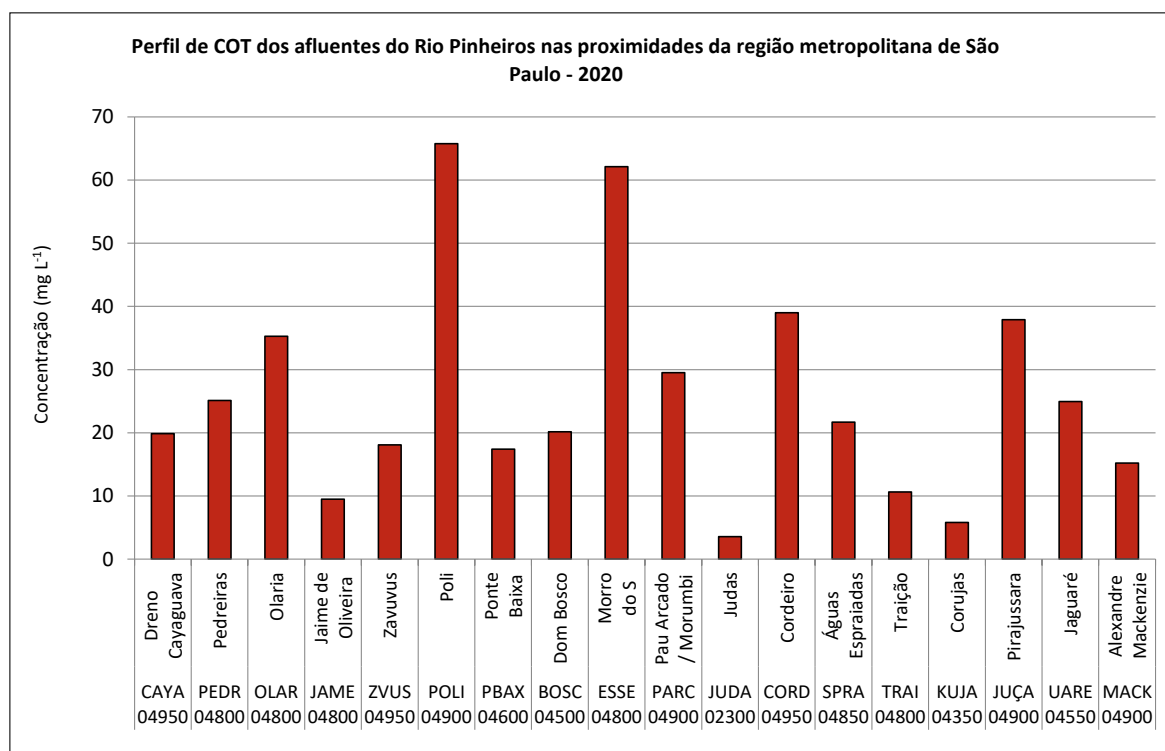
No tocante à qualidade da água na foz do rio Pinheiros (PINH 04900), o Gráfico 7.23 apresenta a evolução das médias anuais de Carbono Orgânico Total no período de 2015 a 2020, quando foi registrado o menor valor na série histórica, ao redor de 28 mg L<sup>-1</sup>.

Para aprimoramento da avaliação da qualidade da água no rio Pinheiros, é apresentado no Gráfico 7.24, o IQA dos afluentes monitorados em 2020. O córrego Judas, localizado no Parque Severo Gomes foi o único afluente classificado na categoria Boa do IQA. Os córregos Corujas, Alexandre Mackenzie e Jaime de Oliveira foram classificados na categoria Regular e os demais nas categorias Ruim e Péssima, com destaque para os córregos Olaria, Poli, Morro do S, Cordeiro e Pirajuçara, cujas concentrações médias de DBO, OD e *E.coli* em 2020 variaram, respectivamente, entre 5 e 120 mg L<sup>-1</sup>, 0,6 e 2,0 mg L<sup>-1</sup> e 3,2 e 7,0 x 10<sup>6</sup> UFC 100 mL<sup>-1</sup>, influenciando negativamente as suas classificações do IQA.

**Gráfico 7.24** – IQA dos afluentes do rio Pinheiros em 2020

O Gráfico 7.25, apresenta as concentrações de Carbono Orgânico Total nos afluentes do rio Pinheiros em 2020. As maiores concentrações, entre 35 e 60 mg L<sup>-1</sup>, foram quantificadas nos afluentes Olaria, Poli, Morro do S, Cordeiro e Pirajuçara, e as menores nos afluentes Jaime de Oliveira, Judas, Traição e Corujas, com valores de, no máximo, 11 mg L<sup>-1</sup>. Nos demais afluentes, as concentrações variaram entre 15 e 25 mg L<sup>-1</sup>.

**Gráfico 7.25** – Perfil de COT nos afluentes do rio Pinheiros em 2020



## 7.6 RESERVATÓRIOS DA UGRHI 6 – ALTO TIETÊ

### 7.6.1 Reservatório Billings

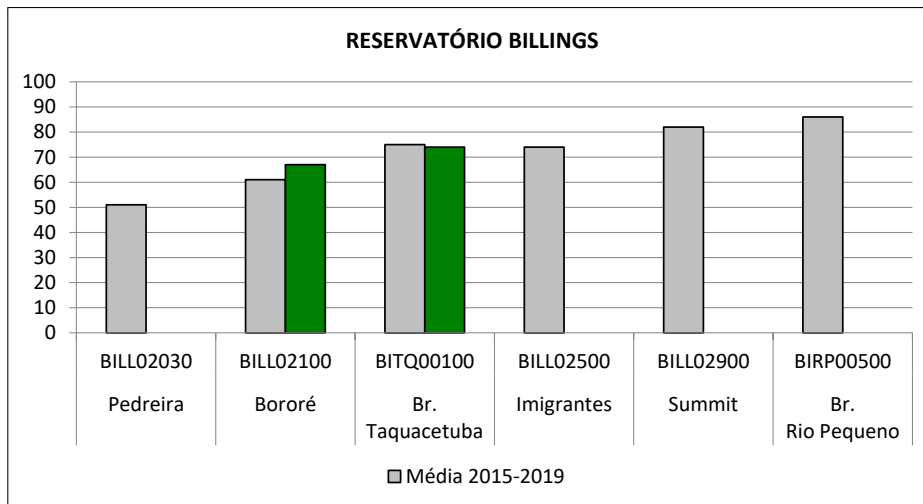
Em 2020, foi priorizado o monitoramento de dois pontos no reservatório Billings: BILL 02100, a aproximadamente 7 km da barragem de Pedreira, que reflete a diluição da água bombeada do rio Pinheiros para o reservatório, além das afluições da própria bacia de drenagem do reservatório nesse trecho inicial e o BITQ 00100, que representa a qualidade da água na reversão do braço do Taquacetuba para o reservatório Guarapiranga. Existem outros quatro pontos de monitoramento nesse reservatório: o BILL 02030 que indica a condição de qualidade da água na entrada do reservatório, o BILL 02500, na altura da Rodovia dos Imigrantes, onde o processo de autodepuração dessas cargas sofre influência do afunilamento existente na altura dessa rodovia, o BIRP00500, localizado no braço do rio Pequeno, inserido no ano de 2015, que representa a qualidade

da água no ponto de transferência da água do reservatório Billings para o reservatório do Rio Grande e o BILL 02900 que representa a qualidade da água na saída do reservatório, no Summit Control.

As principais fontes de poluição do reservatório encontram-se em seu trecho inicial e consistem no bombeamento do rio Pinheiros e na ocupação antrópica das bacias de drenagem do ribeirão Cocaia e ribeirão Bororé.

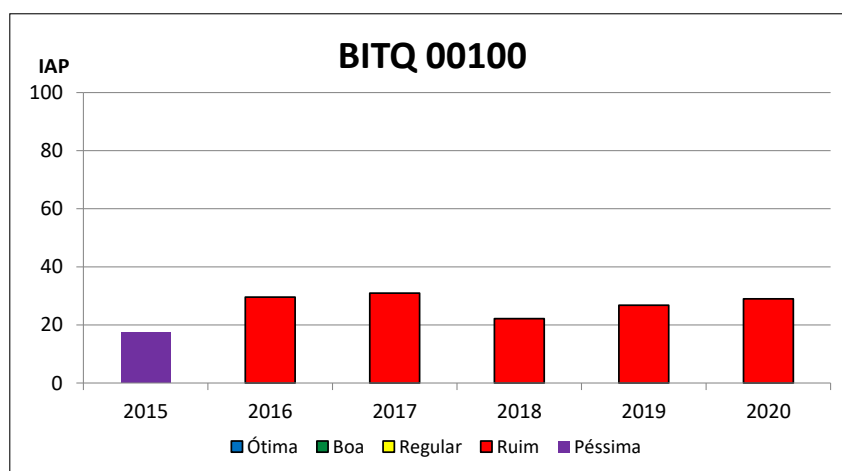
O Gráfico 7.26 apresenta os valores do IQA em 2020, verificando-se manutenção da qualidade em Bororé e no braço do Taquacetuba na comparação com 2019 e com a média dos últimos cinco anos.

**Gráfico 7.26** – Perfil do IQA – reservatório Billings em 2020 e nos últimos cinco anos

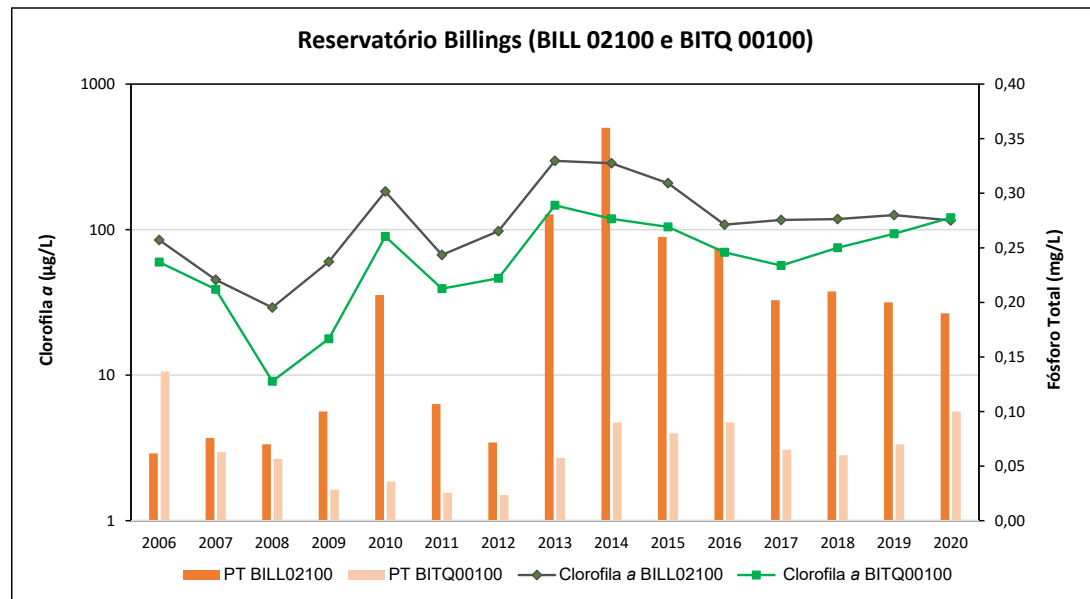


A classificação média do IAP no ponto de transferência da água no braço do Taquacetuba no período de 2015 a 2020 pode ser visualizada no Gráfico 7.27. Observa-se que a qualidade da água para fins de abastecimento público se manteve na categoria Ruim desde 2016, influenciada pelos resultados elevados para a densidade de Cianobactérias e para o Potencial de Formação de Trihalometanos.

**Gráfico 7.27** – IAP anual no ponto BITQ 00100 de 2015 a 2020



A fim de se avaliar a evolução temporal do nível trófico no reservatório, são apresentadas, no Gráfico 7.28, as médias anuais de Fósforo Total e Clorofila *a* para os pontos BILL 02100 (corpo central em frente ao braço do Bororé) e BITQ 00100 (braço do Taquacetuba, na captação da SABESP) para os anos de 2006 a 2020.

**Gráfico 7.28** – Média anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Billings (BILL 02100 e BITQ 00100) - 2006 a 2020

Na análise temporal dos pontos BILL 02100 e BITQ 00100 verifica-se que, no período em que o teste da flotação se manteve em operação (entre agosto de 2007 e dezembro de 2009), houve redução das concentrações de Fósforo Total na região do reservatório abrangida por esses pontos. Esses testes, autorizados pelo Ministério Público do Estado de São Paulo, foram realizados para tratar  $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  de água do rio Pinheiros por meio do sistema de flotação e bombear essas águas para o reservatório Billings. A diminuição das concentrações de Fósforo Total, juntamente com o aumento da circulação no reservatório, implicou numa queda da Clorofila *a* confirmada pela menor presença de florações de algas e cianobactérias. Porém, a partir de 2012 até 2015, observa-se no reservatório Billings no braço do Bororé (BILL 02100) uma tendência de aumento para os valores de Fósforo Total, Clorofila *a*, assim como para as densidades da comunidade fitoplanctônica, em especial do grupo das Cianobactérias. A partir de 2016, observa-se uma tendência de diminuição nas concentrações de Fósforo, porém um discreto aumento nas concentrações de Clorofila *a*, bem como nas densidades totais de organismos fitoplanctônicos.

Em 2020, segundo o IET, o ponto localizado no braço do Bororé (BILL 02100) foi classificado como Supereutrófico e embora no limite máximo dessa classe, apresentando uma ligeira melhora em relação aos anos anteriores. As concentrações de Clorofila *a* ao longo do ano variaram de forma similar à densidade de organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelos grupos da Cianobactérias, Clorófitas e Fitoflagelados.

No braço do Taquacetuba (BITQ 00100), no período de 2006 a 2020 (Gráfico 7.28), observa-se um aumento nas concentrações médias anuais de Fósforo Total e Clorofila *a*, a partir de 2013, e então uma ligeira tendência de queda, com novo aumento em 2019 e 2020. Nesse período, as concentrações de Clorofila *a*, nesse ponto, foram influenciadas pela densidade total de organismos fitoplanctônicos, em especial pelos grupos das Cianobactérias e Clorófitas. Segundo o IET, esse ponto exibiu classificações que variaram de Mesotrófico a Supereutrófico.



Em 2020, observa-se no braço do Taquacetuba (BITQ00100), um aumento tanto nas concentrações mensais de Fósforo Total quanto nas de Clorofila *a*, que superaram, em todas as campanhas, os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (10 µg L<sup>-1</sup> de Clorofila *a* e 0,02 µg L<sup>-1</sup> de Fósforo Total). As concentrações de Clorofila *a* foram influenciadas, principalmente pela densidade de organismos fitoplanctônicos do grupo das Cianobactérias e Diatomáceas, bem como pelo Número de Células de Cianobactérias. Segundo a média anual do IET, o braço do Taquacetuba foi classificado como Supereutrófico, indicando uma piora em relação ao ano anterior.

A comunidade fitoplanctônica foi monitorada em seis pontos do reservatório Billings: Pedreira (BILL 02030), em frente ao braço do Bororé (BILL 02100), braço do Taquacetuba (BITQ 00100), braço do Rio Pequeno (BIRP 00500), sob a rodovia dos Imigrantes (BILL 02500) e Summit Control (BILL 02900). Os resultados de 2020 foram sumarizados no Quadro 7.10.

**Quadro 7.10** – Resultados de densidade de organismos (org mL<sup>-1</sup>), de Células de Cianobactérias (céls mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 por ponto em 2020

	Nº de amostragens no ano	Densidade média anual de organismos (org mL <sup>-1</sup> )	Densidade média anual de Células de Cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> )	Densidade máxima de Células de Cianobactérias do ano (céls mL <sup>-1</sup> )	% de amostras mensais que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005
BILL 02030	1	13.336	98.226	98.226 (março)	0**
BILL 02100	4	8.290	224.948	365.714 (outubro)	0**
BITQ 00100	4	9.499	287.096	706.569 (julho)	0*
BIRP 00500	1	45.595	141.842	141.842 (março)	0*
BILL 02500	1	14.743	123.635	123.635 (março)	0**
BILL 02900	1	16.457	85.989	85.989 (março)	0**

**Observação:** \*Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls mL<sup>-1</sup>) e para \*\*Classe 2 (50.000 céls mL<sup>-1</sup>)

De modo geral, a condição do reservatório manteve-se semelhante ao observado nos últimos anos em relação às elevadas densidades de organismos e de Células de Cianobactérias. Os detalhes de cada ponto foram inseridos no Quadro 7.11.

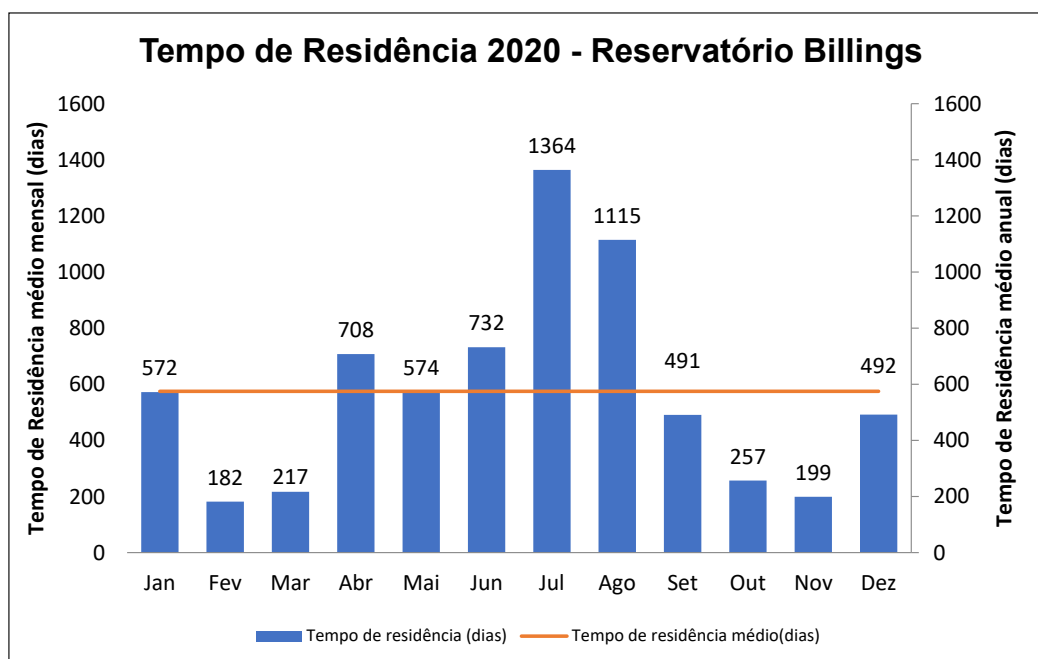
**Quadro 7.11** – Observações relevantes por pontos amostrados

	Observações
BILL 02030	Apesar de não ter ocorrido dominância de grupos, o gênero que mais contribuiu em termos de densidades celulares de Cianobactérias (célis mL <sup>-1</sup> ) foi <i>Microcystis</i> . Também houve quantificação do dinoflagelado exótico e invasor <i>Ceratium</i> .
BILL 02100	Dominância de Cianobactérias em todas as amostragens. O gênero que mais contribuiu em termos de densidades celulares de Cianobactérias (célis mL <sup>-1</sup> ) durante o ano foi <i>Microcystis</i> . Também houve quantificação do dinoflagelado exótico e invasor <i>Ceratium</i> em março.
BITQ 00100	Dominância de Cianobactérias em todas as amostragens. Os gêneros que mais contribuíram em termos de densidades celulares (célis mL <sup>-1</sup> ) durante o ano foram <i>Microcystis</i> e <i>Woronichinia</i> .
BIRP 00500	A amostragem realizada em março evidenciou uma situação pior que a encontrada em 2019. Apesar de continuar ocorrendo dominância de Cianobactérias, foi registrado em março de 2020 (único resultado do ano) um aumento considerável na densidade de organismos e na densidade de Células de Cianobactérias, quando comparados com todas as amostragens de 2019. Elevadas densidades de <i>Cylindrospermopsis/Raphidiopsis</i> e <i>Planktolyngbya limnetica</i> .
BILL 02500	Dominância de Cianobactérias na única amostragem do ano. Condições de qualidade de água semelhantes às observadas em 2019. Presença de gêneros potencialmente tóxicos: <i>Cuspidothrix</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Dolichospermum</i> , <i>Planktothrix</i> e <i>Woronichinia</i> .
BILL 02900	Dominância de Cianobactérias na única amostragem do ano. Situação semelhante à de 2019. Presença de gêneros potencialmente tóxicos <i>Cylindrospermopsis/Raphidiopsis</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Planktothrix</i> e <i>Dolichospermum</i> .

O gênero *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis* é potencialmente produtor de cilindrospermopsina, saxitoxina (Chorus e Welker, 2021) e microcistina (Paerl e Otten, 2013). Os gêneros potencialmente produtores de microcistina que foram encontrados no reservatório são: *Microcystis*, *Dolichospermum*, *Planktothrix* (Chorus e Welker, 2021) e *Woronichinia*. Os gêneros produtores de saxitoxina foram *Planktothrix* e *Dolichospermum*. Já o gênero *Aphanizomenon* é produtor de saxitoxina e microcistina (Paerl e Otten, 2013).

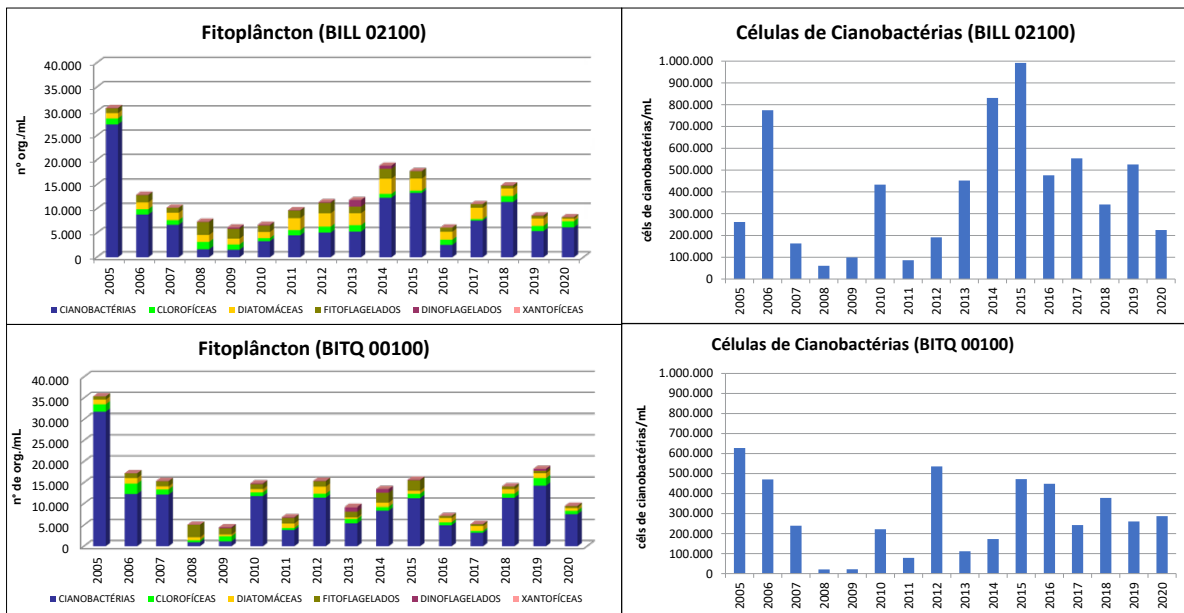
Também foram encontrados organismos de uma cianobactéria filamentosa ainda não identificada, descrita no "Atlas de Cianobactérias da Bacia do Alto Tietê" desenvolvido pela CETESB (Lamparelli et al., 2014).

O tempo de residência médio, que havia diminuído de 703 dias em 2018 para 531 dias em 2019, teve pouca alteração em 2020 (Gráfico 7.29), ficando com 575 dias. Durante o ano, o mês de julho, com o maior tempo de residência, também foi o que registrou uma intensa floração no braço do Taquacetuba.

**Gráfico 7.29** – Tempo de residência (dias) do reservatório Billings em 2020

A Figura 7.22 apresenta o histórico das densidades médias anuais dos últimos 16 anos nos pontos dos braços do Taquacetuba (BITQ 00100) e Bororé (BILL 02100), da comunidade fitoplanctônica e do Número de Células de Cianobactérias. Em ambos os pontos as médias anuais das concentrações de Células de Cianobactérias superaram o preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls mL<sup>-1</sup>) e para Classe 2 (50.000 céls mL<sup>-1</sup>), respectivamente.

**Figura 7.22** – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – reservatório Billings – 2005 a 2020



Análises de cianotoxinas foram realizadas na água bruta do reservatório Billings, nos pontos BILL02030, BITQ00100 e BIRP00500. O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.12.

**Quadro 7.12** – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Reservatório Billings - 2020

Pontos	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC) (µg L <sup>-1</sup> )	Concentração máxima de Saxitoxina (STX) (µg L <sup>-1</sup> )	% de amostras mensais que atenderam ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada (MC / STX)
BILL 02030	1	6,92	Não realizado	(0 / não realizado)
BITQ 00100	4	408 (julho)	0,1	(0 / 100)
BIRP 00500	1	Abaixo do limite de quantificação.	0,04	(25 / 100)

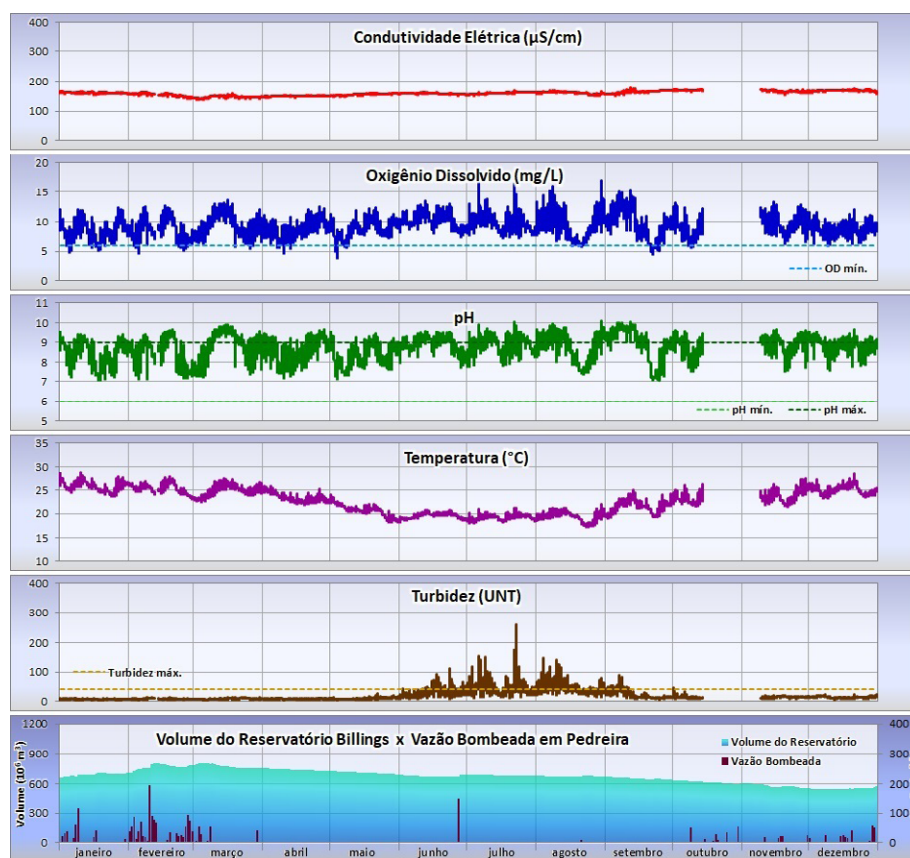
Observação: limite para água tratada: Microcistina - 1,0 µg.L<sup>-1</sup> e Saxitoxina 3,0 µg.L<sup>-1</sup>

No braço do Taquacetuba a microcistina foi quantificada em todos os meses amostrados, sendo que o maior valor, obtido em julho, foi referente a uma floração de *Microcystis* que resultou na maior densidade de células de cianobactérias registrada no reservatório Billings em 2020 (706.569 céls mL<sup>-1</sup>). Essa concentração de microcistinas (408 µg.L<sup>-1</sup>) foi muito maior que as constatadas nos anos anteriores: 2016 (2,21 µg.L<sup>-1</sup>), 2017 (1,75 µg.L<sup>-1</sup>), 2018 (6,60 µg.L<sup>-1</sup>) e 2019 (15,9 µg.L<sup>-1</sup>), resultando na suspensão da transferência de água para o reservatório Guarapiranga no mês de julho até final de agosto.

As condições tróficas observadas (Supereutrófico), em frente ao braço do Bororé e no braço do Taquacetuba, estão provavelmente relacionadas à presença de nutrientes e às condições propícias para o estabelecimento da comunidade fitoplanctônica. É importante ressaltar que, a condição da qualidade das águas desse reservatório é monitorada sistematicamente, considerando seu uso sazonal como reservatório de transferência de água para outros corpos hídricos utilizados como fonte de água bruta para tratamento e distribuição para o abastecimento público.

A qualidade da água no braço do Taquacetuba pode ser acompanhada por meio dos dados horários da Estação Automática Taquacetuba apresentados na Figura 7.23.

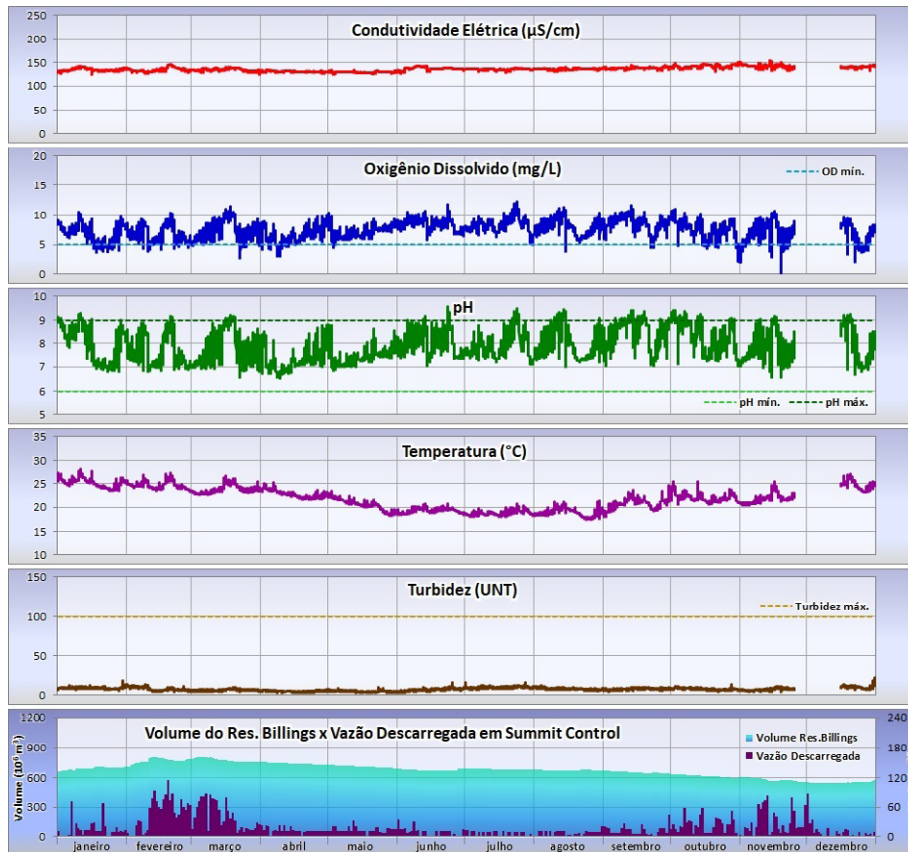
**Figura 7.23** – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Taquacetuba de janeiro a dezembro de 2020



A Estação Automática Taquacetuba determina a qualidade das águas revertidas do reservatório Billings para o reservatório Guarapiranga pela SABESP. O Oxigênio Dissolvido atende ao padrão de qualidade em 97% do tempo, apresentando grande variabilidade, com valores entre 5 e 15 mg L<sup>-1</sup>. Contudo, é importante salientar que altas concentrações de oxigênio são devidas a eventos de *bloom* de algas e indicam estado de eutrofização do corpo d'água. Esse quadro é favorecido pelas cargas poluidoras afluentes ao reservatório Billings por meio do bombeamento das águas do rio Pinheiros para controle de cheias, assim como daquelas oriundas da bacia de contribuição desse reservatório. O pH acompanha o comportamento observado para o Oxigênio Dissolvido, com valores que excedem o padrão de qualidade em 39% do tempo. A Turbidez atendeu ao padrão de qualidade para corpos d'água Classe 1 em mais de 88% do tempo, mesmo apresentando picos sucessivos entre os meses de junho e setembro.

A Figura 7.24 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Summit Control em 2020.

**Figura 7.24** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Summit Control de janeiro a dezembro de 2020

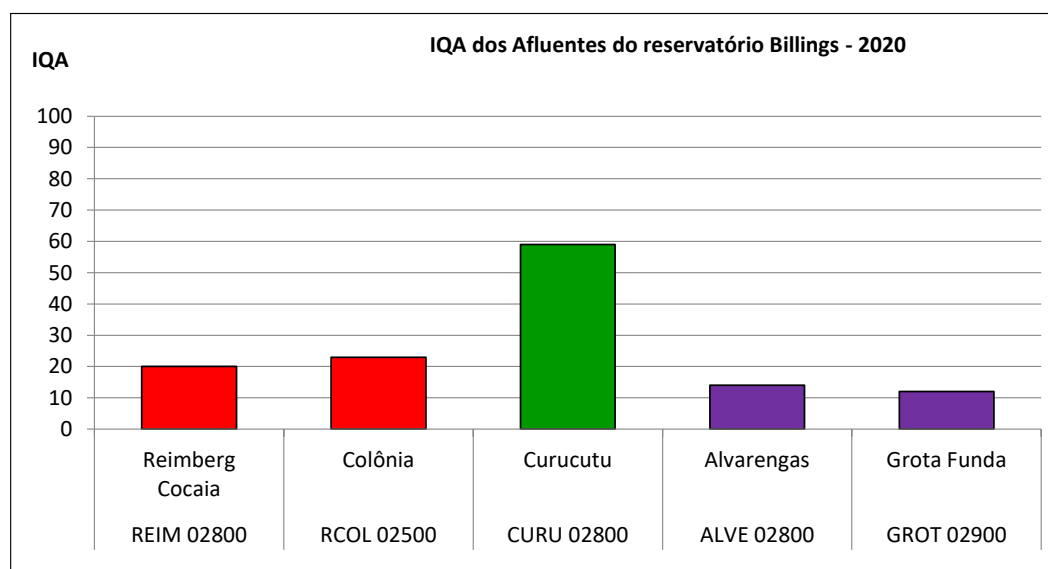


A Estação Automática Summit Control localiza-se junto à saída das águas do reservatório Billings, as quais fluem para a Usina Hidrelétrica Henry Borden para fins de geração de energia. Dessa forma, essa Estação permite acompanhar a qualidade das águas que vão da UGRHI 6 - Alto Tietê para a UGRHI 7 - Baixada Santista. A Condutividade Elétrica permaneceu entre 100 e 150  $\mu\text{S cm}^{-1}$  durante todo o ano. O Oxigênio Dissolvido apresentou grande variabilidade, atingindo valores tanto acima de 10  $\text{mg L}^{-1}$ , quanto abaixo do padrão para corpos d'água Classe 2, porém em apenas 6% do tempo. Os valores de Oxigênio Dissolvido que extrapolam a saturação podem ser atribuídos a eventos de *bloom* de algas decorrentes da eutrofização. Acompanhando o comportamento do Oxigênio Dissolvido, o pH também apresentou grande variabilidade, excedendo o limite superior em 8% do tempo. Os valores baixos de Turbidez, que atendem ao padrão em 100% do tempo, são devidos ao fato das águas apresentarem um tempo de residência bastante significativo no reservatório, favorecendo a sedimentação da maior parte dos sólidos no percurso em direção à barragem.

Para aprimoramento do diagnóstico da qualidade da água da represa Billings, em 2020, foram monitorados alguns afluentes desse reservatório em conjunto com o Projeto FEHIDRO - Mananciais. A média anual do IQA desses afluentes é apresentada no Gráfico 7.30. Dos cinco afluentes monitorados, apenas o córrego Curucutu foi classificado na categoria Boa do IQA. A classificação nas categorias Ruim e Péssima dos demais afluentes da Billings foi influenciada por parâmetros associados a presença de matéria orgânica, a exemplo de concentrações elevadas

de DBO, *E.coli*, Fósforo Total e Turbidez e baixos níveis de Oxigênio Dissolvido, indicando a necessidade de implementação de melhorias no saneamento e em outras ações de controle de fatores intervenientes da qualidade das águas nas respectivas sub-bacias desse reservatório que possibilitem o atingimento das metas estabelecidas no Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica da Billings – PDPA Billings.

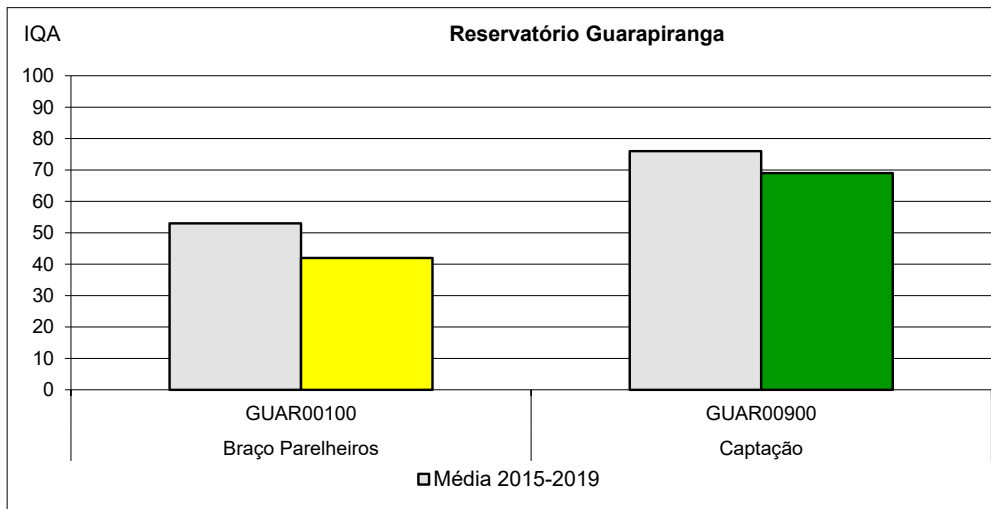
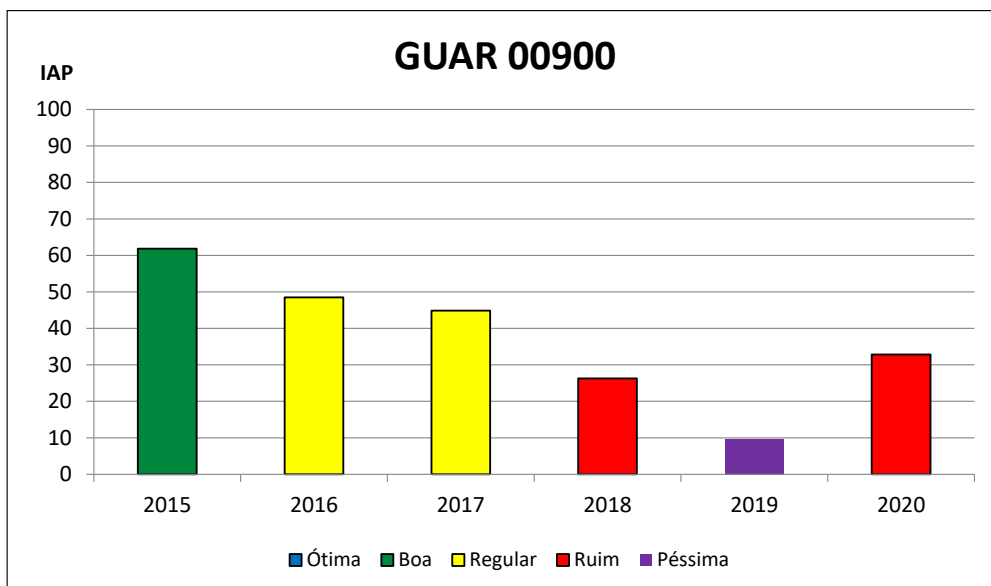
**Gráfico 7.30** – IQA dos afluentes do reservatório Billings – 2020



### 7.6.2 Reservatório Guarapiranga

Existem dois pontos de amostragem no reservatório Guarapiranga: o ponto GUAR 00900 indica a condição de qualidade da água próxima à barragem, local de captação; o outro ponto, GUAR 00100, reflete qualidade da água próxima à foz do rio Parelheiros, assim como a diluição da água bombeada do reservatório Billings (braço do Taquacetuba) para este reservatório.

Em 2020, a qualidade das águas no braço de Parelheiros (GUAR 00100) piorou passando da categoria Boa para Regular, e ficando abaixo da média histórica. É importante ressaltar que a qualidade das águas nesse ponto, que se localiza a jusante da várzea do rio Parelheiros, é influenciada pela carga orgânica advinda das bacias de drenagem do ribeirão Itaim e do rio Parelheiros, as quais possuem deficiência nos sistemas de coleta e tratamento de esgotos. Portanto, a piora no IQA em 2020 foi influenciada pelo aumento nas concentrações de DBO, *E. coli* e Fósforo Total e redução nos níveis de Oxigênio Dissolvido em relação a 2019. Já no ponto GUAR 00900, junto ao ponto de captação da SABESP, o IQA manteve-se na categoria Boa (Gráfico 7.31) e próximo à média histórica dos últimos cinco anos.

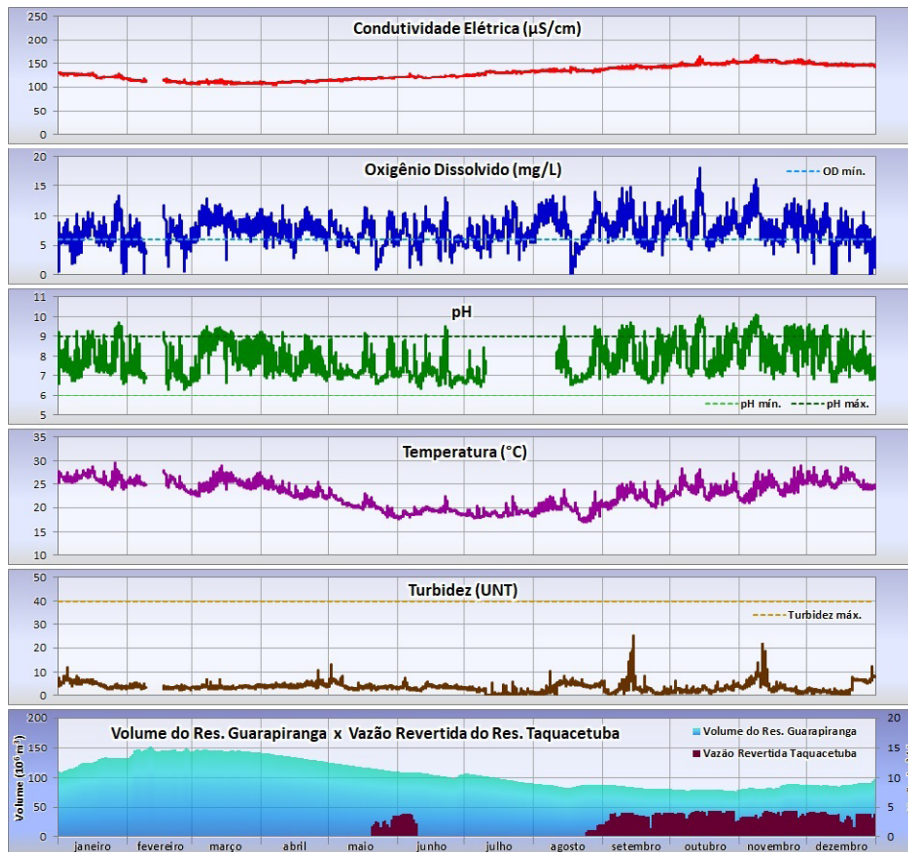
**Gráfico 7.31**– Perfil do IQA no reservatório Guarapiranga em 2020 e nos últimos cinco anos**Gráfico 7.32** – Média Anual do IAP no ponto GUAR 00900 – reservatório Guarapiranga

A qualidade da água utilizada para fins de abastecimento público (IAP) no ponto GUAR 00900 no período de 2015 a 2020 está mostrada no Gráfico 7.32. Observa-se uma piora gradual na qualidade da água avaliada pelo IAP que passou da categoria Boa à Péssima entre 2015 e 2019. Em 2020, no entanto, houve uma leve melhora do IAP, que retornou à categoria Ruim. A qualidade da água para fins de abastecimento público nesse ponto é influenciada principalmente pelo Potencial de Formação de Trihalometanos e pelas densidades de cianobactérias, que vem se mantendo em patamares elevados desde 2016.

A Figura 7.25 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Guarapiranga em 2020.



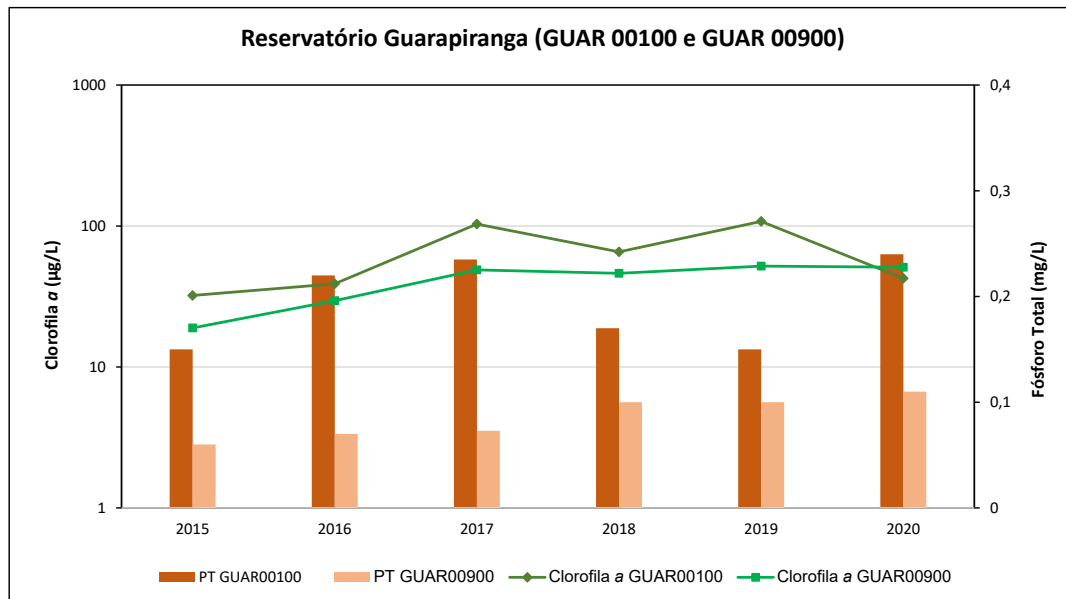
**Figura 7.25** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Guarapiranga de janeiro a dezembro de 2020



A Estação Automática Guarapiranga localiza-se junto à captação da SABESP para a ETA Alto da Boa Vista, que tratou a vazão média de  $12,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  em 2020. O Oxigênio Dissolvido atendeu ao padrão de qualidade para corpos d'água Classe 1 em 76% do tempo e apresentou grande variabilidade, com eventos tanto de valores próximos de zero quanto de  $15 \text{ mg L}^{-1}$ . Os valores próximos de zero são associados a quebras da estratificação térmica do corpo d'água que causa inversão das camadas de água de fundo e de superfície. Os valores que extrapolaram a saturação podem ser atribuídos ao *bloom* de algas decorrente da eutrofização. O pH acompanhou as variações observadas para o Oxigênio Dissolvido, encontrando-se acima do limite máximo estabelecido pela legislação em 24% do tempo. A reversão das águas do reservatório Taquacetuba para o Guarapiranga ocorreu com maior intensidade de setembro a dezembro, período no qual o volume do reservatório estava mais baixo e a Condutividade Elétrica mais alta.

O Gráfico 7.33 apresenta o histórico, do período de 2015 a 2020, das médias anuais das concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total nos dois pontos de monitoramento no reservatório Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900).

**Gráfico 7.33** – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900) - 2015 a 2020



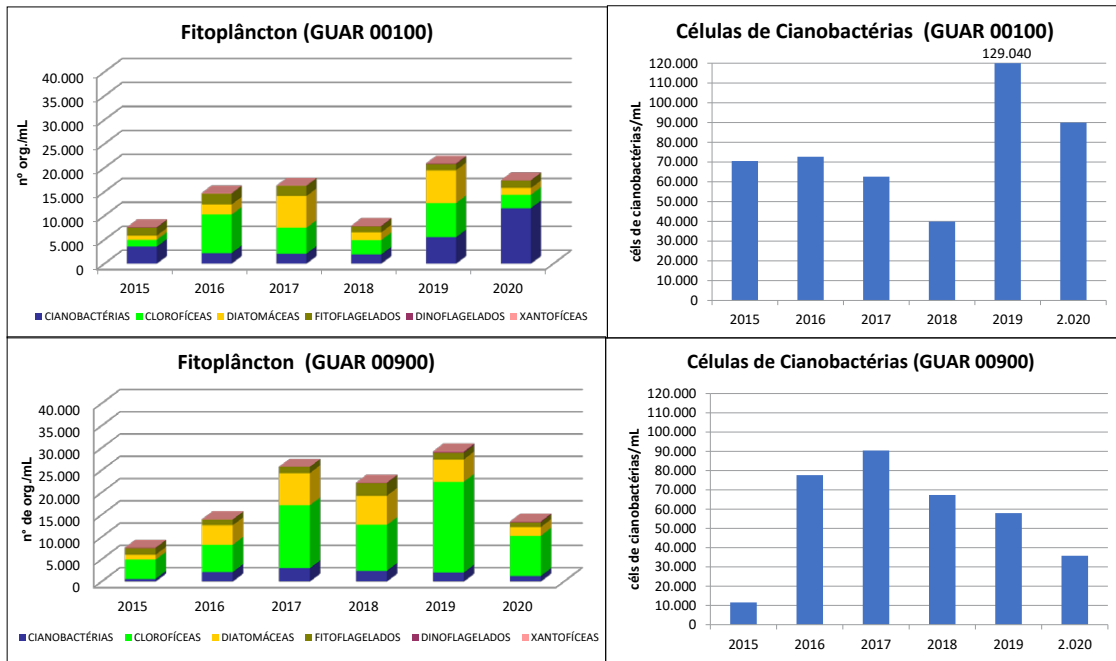
As concentrações médias anuais de Fósforo Total e Clorofila *a* no braço do Parelheiros (GUAR 00100) foram consistentemente mais elevadas que as do ponto da captação (GUAR 00900). As concentrações de Clorofila *a* nesse ponto variaram de forma similar às densidades totais de organismos fitoplanctônicos, sendo bastante influenciadas pelos grupos das Clorofíceas, Diatomáceas e Fitoflagelados. Esse local encontra-se extremamente eutrofizado desde 2013, exibindo condição trófica, segundo o IET, Supereutrófica e a Hipereutrófica. Em 2020, nesse ponto, tanto a Clorofila *a* quanto o Fósforo Total superaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 nas três campanhas realizadas, com indicativos de impactos relacionados ao lançamento de efluentes domésticos, visto que, foi observada presença de *E. coli* em não conformidade com a legislação para o mesmo período.

Os dados históricos mostraram que as médias anuais de Clorofila *a* e Fósforo Total entre 2015 e 2020 (Gráfico 7.33) vêm exibindo uma elevação gradual, no ponto da captação (GUAR 0900), indicando ambiente já eutrofizado. As concentrações de Clorofila *a* variaram com estreita relação com as densidades totais de organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelos grupos mais abundantes, como Clorofíceas e Diatomáceas. No período de 2015 a 2020, esse ponto variou segundo o IET, de Eutrófico a Supereutrófico.

As condições tróficas observadas, em ambos os pontos, estão provavelmente relacionadas à presença de nutrientes e às condições propícias para o estabelecimento da comunidade fitoplanctônica. Tendo, tanto as concentrações de Clorofila *a*, quanto às de Fósforo Total, ultrapassado, em todas as campanhas, os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Cabe ressaltar que, no ponto GUAR 00900 foram observadas concentrações elevadas de Feofitina *a*, produto da degradação da Clorofila *a*, fato esse que pode estar relacionado com os valores de Cobre Dissolvido, acima do limite estabelecido para água bruta em todos os meses amostrados, caracterizando indicativo de uso de algicida.

Em ambos os pontos do reservatório Guarapiranga, as densidades médias anuais da comunidade fitoplanctônica foram inferiores às médias de 2019 (Figura 7.26).

**Figura 7.26** – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Densidade de Células de Cianobactérias no reservatório Guarapiranga - 2015 a 2020



Apesar de as densidades médias anuais terem diminuído, verificou-se piora da qualidade da água em ambos os pontos, com destaque para o ponto próximo do braço do rio Parelheiros (GUAR 00100). Esse ponto foi amostrado três vezes em 2020 e houve dominância de Cianobactérias em dezembro de 2020, com valores muito elevados de Cianobactérias, acarretando mudanças importantes na distribuição dos principais grupos nas médias anuais. No ponto situado próximo da captação (GUAR 00900) houve dominância de Clorofíceas em todas as quatro amostragens realizadas em 2020, indicando uma piora sutil, se comparado a 2019 quando a dominância foi constatada em três das quatro amostragens.

Os dados relevantes em relação às densidades de Células de Cianobactérias foram apontados no Quadro 7.13.

**Quadro 7.13** – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (célis mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Reservatório Guarapiranga (pontos GUAR 00100 e GUAR 00900) 2020

Pontos	Nº de amostragens no ano	Densidade máxima de Células de Cianobactérias do ano (célis mL <sup>-1</sup> )	% de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005
GUAR 00100	3	149.248 (dezembro)	0
GUAR 00900	4	74.062 (dezembro)	25

**Observação:** Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 células mL<sup>-1</sup>)

No ponto do braço do rio Parelheiros (GUAR 00100), apesar de a densidade média anual ter diminuído, verificou-se piora na composição dos gêneros preponderantes de Cianobactérias. Em 2019, os gêneros mais importantes em termos de densidade foram *Aphanocapsa* (picoplanctônico) e *Pseudanabaena*. Em 2020, verificou-se que em março o gênero que se destacou em densidade de células foi *Pseudanabaena* (aproximadamente 55% da densidade total). Em outubro e dezembro, houve maior contribuição dos seguintes gêneros:

*Cylindrospermopsis*, *Microcystis*, *Planktothrix* e *Woronichinia*, situação que pode ter sido influenciada pela transposição de água do reservatório Billings e pelo baixo volume do reservatório Guarapiranga (<50%). No ponto próximo da captação (GUAR 00900) foi constatada a presença de gêneros potencialmente produtores de cianotoxinas durante todo o ano: *Aphanocapsa*, *Microcystis*, *Woronichinia* e *Cuspidothrix*, com exceção de julho, quando foram registradas as menores densidades de Células de Cianobactérias (3.959 céls mL<sup>-1</sup>) e quando foram quantificados os gêneros *Pseudanabena* e *Cyanogranis*.

O gênero de cianobactéria *Cylindrospermopsis*/ (*Raphidiopsis*) é potencialmente produtor de cilindrospermopsina, saxitoxina (Chorus e Welker, 2021) e microcistina (Paerl e Otten, 2013). Outros gêneros potencialmente produtores de microcistina e que foram encontrados no reservatório são *Aphanocapsa*, *Microcystis*, *Planktothrix* (Chorus e Welker, 2021) e *Woronichinia*. Os gêneros potencialmente produtores de saxitoxina foram *Planktothrix* e *Cuspidothrix* (Chorus e Welker, 2021). O gênero *Pseudanabaena* apresenta poucos relatos sobre produção de microcistina, mas relatos de sua potencial capacidade de produção de MIB e Geosmina são mais comuns (Chorus, Welker, 2021). Esse gênero foi registrado ao longo de todo o ano de 2020 e pode estar associado aos episódios de reclamação de gosto de terra na água tratada registrados no final de novembro e início de dezembro de 2020 pela população abastecida por esse manancial.

Também foram encontrados organismos de uma cianobactéria filamentosa ainda não identificada, descrita no "Atlas de Cianobactérias da Bacia do Alto Tietê" desenvolvido pela CETESB (Lamparelli *et al.*, 2014) em ambos os pontos.

Análises de cianotoxinas foram realizadas na água bruta do reservatório Guarapiranga, no ponto GUAR 00900. O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.14.

**Quadro 7.14** – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Guarapiranga no ponto situado próximo da captação (GUAR 00900)

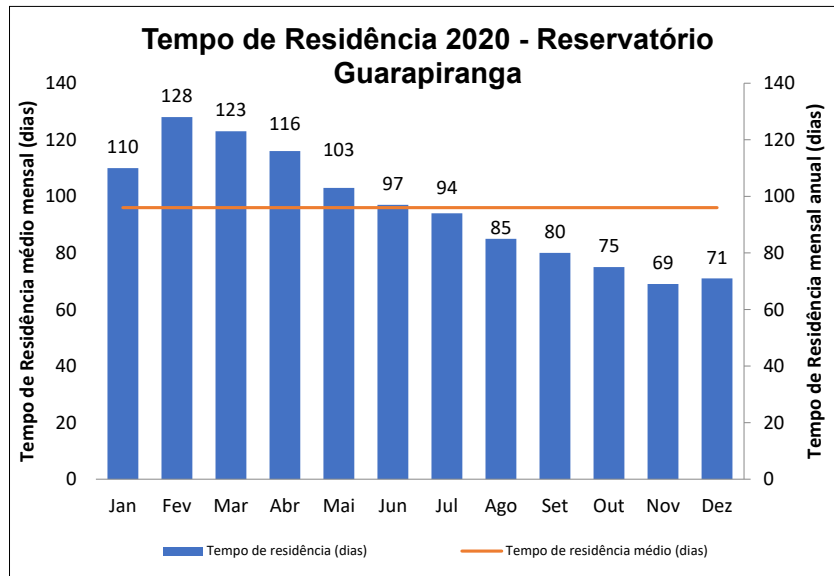
	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC) (µg L <sup>-1</sup> )	Concentração máxima de Saxitoxina (STX) (µg L <sup>-1</sup> )	% de amostras mensais que atenderam ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada (MC / STX)
2019	4	Todos abaixo do limite de quantificação	0,14	(100 / 100)
2020	6 (MC)/ 5 (STX)	0,21 (março)	0,19 (dezembro)	(100 / 100)

**Observação:** limite para água tratada: Microcistina - 1,0 µg L<sup>-1</sup> e Saxitoxina 3,0 µg L<sup>-1</sup>

Os valores de cianotoxinas (microcistina e saxitoxina) obtidos na água bruta do manancial não ultrapassaram os limites estipulados pelo Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde para água tratada.

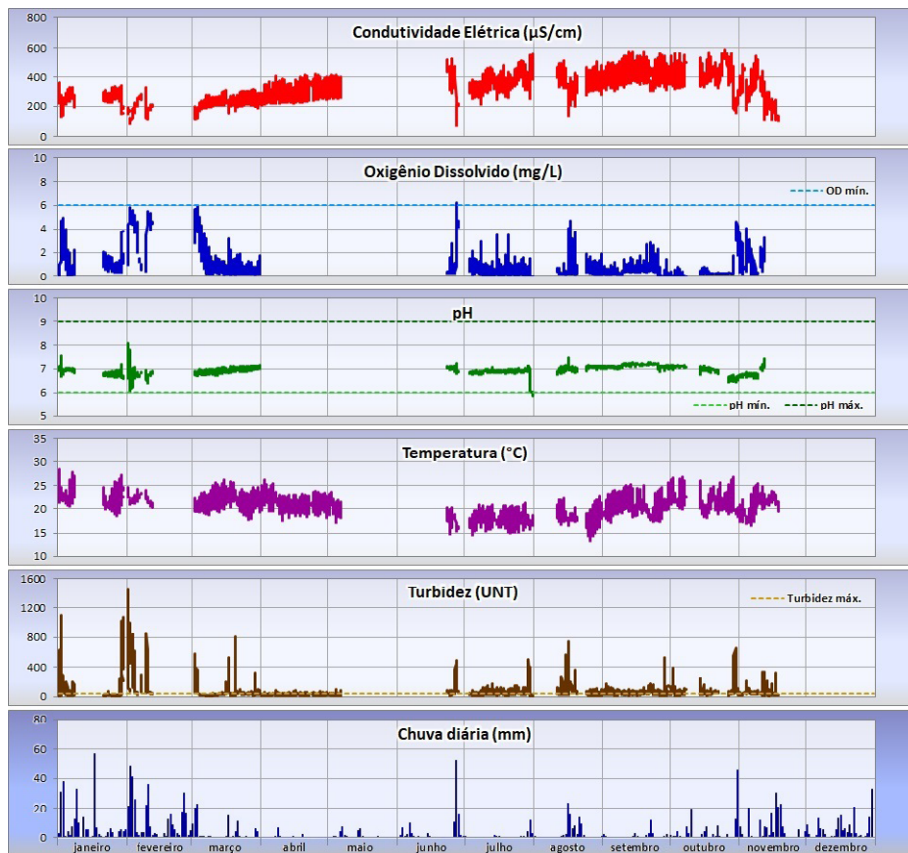
O tempo de residência médio anual em 2020 (Gráfico 7.34) foi de 96 dias, inferior ao de 2019, que foi de 126 dias. Tal fato pode ter contribuído para a diminuição da média anual da densidade de organismos. Ao mesmo tempo, a redução do tempo de residência ao longo do ano de 2020 esteve associada à redução do volume do reservatório Guarapiranga a partir de agosto, com valores inferiores a 50%, e piora na qualidade da água registrada em dezembro.

**Gráfico 7.34** – Tempo de residência médio mensal e anual em dias do reservatório Guarapiranga - 2020



A Figura 7.27 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Caulim em 2020.

**Figura 7.27** – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Caulim de janeiro a dezembro de 2020

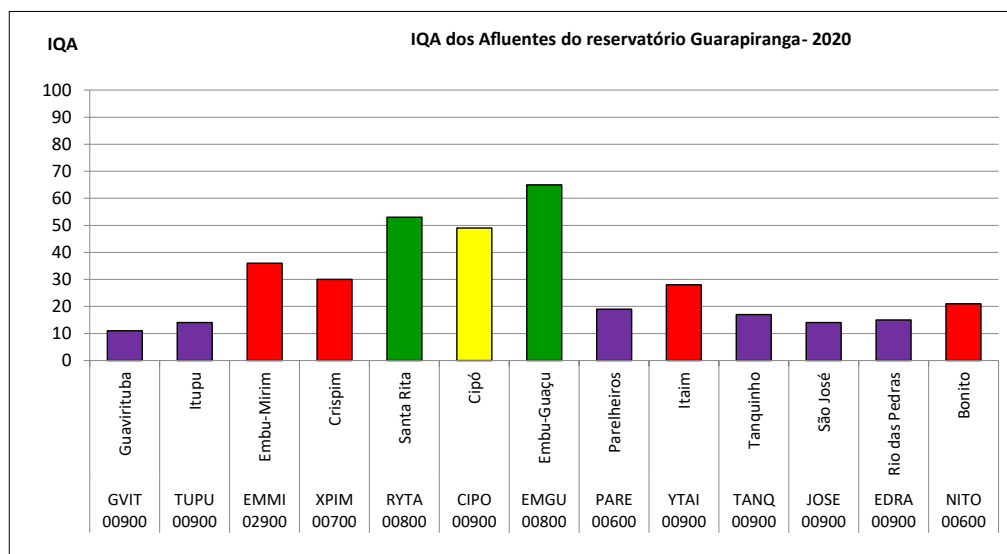


A Estação Automática Caulim monitora a qualidade das águas do rio Caulim, importante contribuinte do reservatório Guarapiranga. A estação está localizada a montante do ponto de descarga das águas bombeadas

do reservatório Billings, braço do Taquacetuba. Os altos valores de Condutividade Elétrica demonstram tratar-se de um curso d'água impactado por cargas poluidoras. O Oxigênio Dissolvido não atendeu ao padrão de qualidade para rios Classe 1 durante praticamente todo o ano. A Turbidez atendeu ao padrão de qualidade em 48% do tempo, havendo o registro de picos superiores a 800 UNT, geralmente coincidentes com eventos de chuva, indicando que a lixiviação do solo da bacia contribui para o aporte de cargas difusas.

Para aprimoramento do diagnóstico da qualidade da represa Guarapiranga, no Gráfico 7.35 são apresentados os resultados do IQA dos afluentes desse reservatório. O monitoramento desses afluentes foi realizado em conjunto com o Projeto FEHIDRO-Mananciais.

**Gráfico 7.35** – IQA dos afluentes do reservatório Guarapiranga - 2020



O rio Embu-Guaçu e seus afluentes (Cipó e Santa Rita) foram classificados nas categorias Boa e Regular do IQA, indicando preservação da qualidade da água na área de influência dessa bacia. Os demais afluentes da represa Guarapiranga foram classificados nas categorias Ruim e Péssima do IQA, as quais foram influenciadas por parâmetros associados a presença de matéria orgânica nesses corpos d'água, a exemplo de concentrações elevadas de DBO, *E.coli*, Fósforo Total e Turbidez e baixos níveis de OD, indicando a necessidade de implementação de melhorias no saneamento nas respectivas sub-bacias deste reservatório que possibilitem o atingimento das metas estabelecidas no Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga – PDPA Guarapiranga.

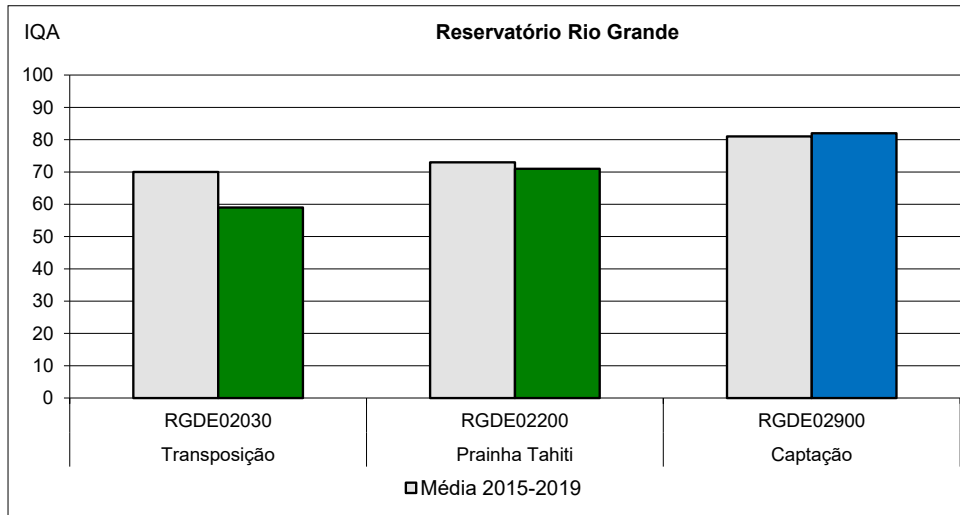
### 7.6.3 Reservatório Rio Grande

O reservatório Rio Grande foi monitorado em três pontos: RGDE02030 (Foz do rio Grande), RGDE02200 (Prainha Tahiti) e RGDE02900 (Captação). Salienta-se que o ponto RGDE 02030 foi incluído em 2015, em função da transferência da água para o Sistema Produtor do Alto Tietê.

Em 2020, a qualidade da água nesse reservatório, avaliada pelo IQA, manteve-se na categoria Boa na Transposição e na Prainha Tahiti, sendo que no primeiro a média anual do IQA ficou sensivelmente abaixo da média histórica, influenciada negativamente por aumentos nas concentrações de *E.coli*, DBO e

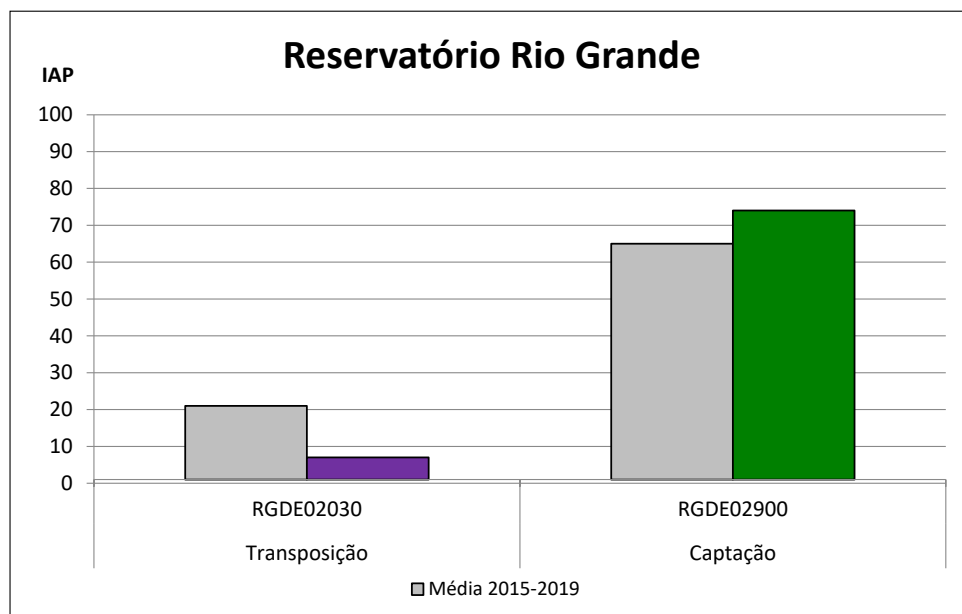
Fósforo Total. No ponto de captação houve melhora da qualidade da água, que passou da categoria Boa para Ótima. (Gráfico 7.36).

**Gráfico 7.36** – Perfil do IQA no reservatório rio Grande em 2020 e nos últimos cinco anos



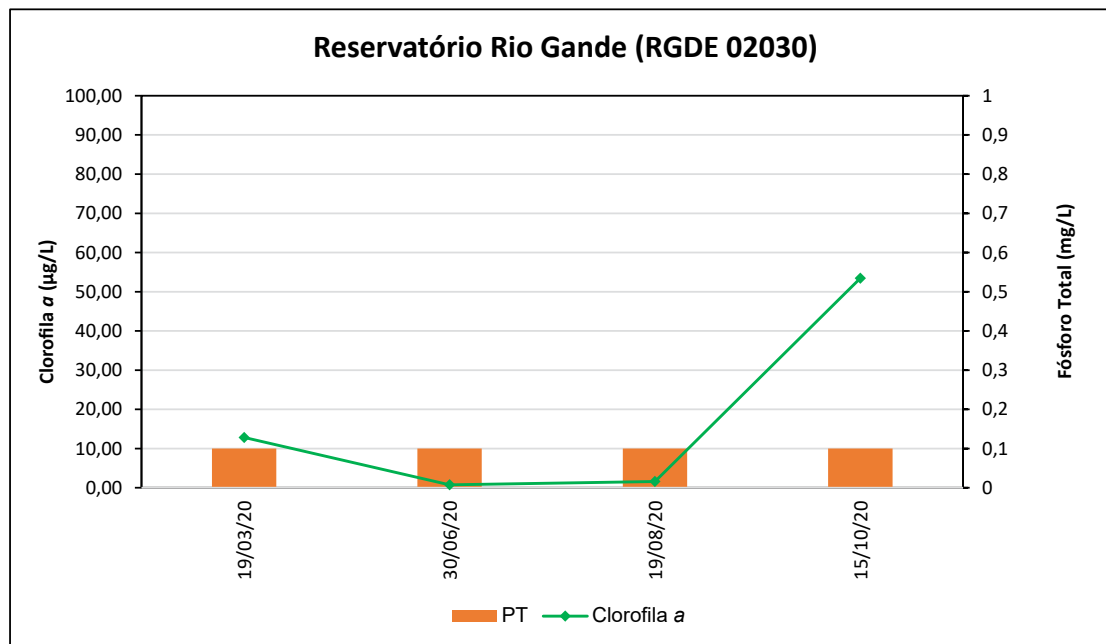
A classificação do índice que avalia a qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público (IAP) manteve em 2020 a qualidade Péssima, posicionada bem abaixo da média dos últimos cinco anos e influenciada pelos valores elevados de PFTHM registrados em todas as campanhas realizadas neste ano. Já na captação da SABESP, o IAP manteve-se na classificação Boa (Gráfico 7.37) e acima da média histórica.

**Gráfico 7.37** – Perfil do IAP no reservatório rio Grande em 2020 e nos últimos cinco anos



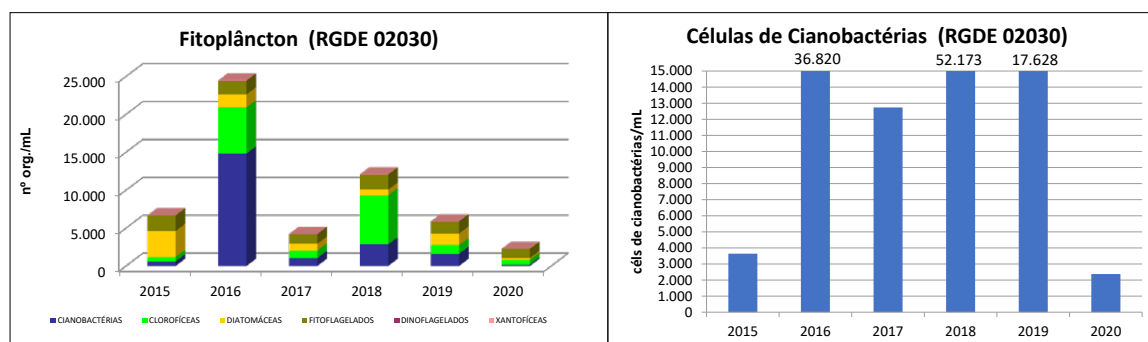
O Gráfico 7.38 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total em 2020 no reservatório rio Grande, no ponto (RGDE 02030) localizado próximo a região de transposição das águas para o reservatório Taiacupeba, a cerca de 1 km depois da desembocadura do rio Grande, no município de Rio Grande da Serra.



**Gráfico 7.38** – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório rio Grande (RGDE 02030) em 2020

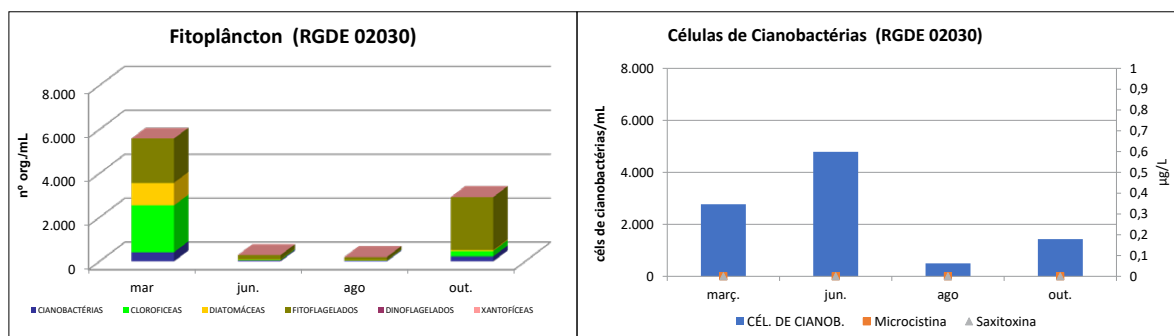
No ponto RGDE 02030 (Gráfico 7.38), as concentrações de Fósforo Total ultrapassaram o limite de 0,03 mg L<sup>-1</sup> estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em todas as amostragens, indicando um ambiente Eutrófico, com indicativos de impactos relacionados ao lançamento de efluentes domésticos, visto que, foi observada presença de *E. coli* em não conformidade com a legislação na maioria das campanhas. Já as concentrações de Clorofila *a* se mantiveram em conformidade em março, junho e agosto, com classificações tróficas de Ultraoligotrófica a Mesotrófica, com exceção do mês de outubro, quando ultrapassou o limite de 30 µg L<sup>-1</sup>, indicando condição Supereutrófica. As concentrações de Clorofila *a* foram influenciadas, principalmente, pelas densidades dos grupos das Clorófitas, Diatomáceas e Fitoflagelados. Em 2020, a condição trófica variou de Mesotrófica a Supereutrófica sendo classificado pela média anual como Mesotrófica mantendo a classificação em relação ao ano anterior. No período de 2015 a 2020, esse ponto foi classificado como Eutrófico apenas em 2015 e 2018, nos demais manteve a classificação Mesotrófica.

Em relação à comunidade fitoplanctônica, houve queda das médias anuais de densidade de organismos e de Células de Cianobactérias (Figura 7.28).

**Figura 7.28** – Médias anuais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório rio Grande, corpo central (RGDE 02030) - 2020

Os resultados mensais evidenciaram valores variáveis de densidade e composição da comunidade, com os resultados mais expressivos obtidos em março e outubro. Os resultados de junho e agosto foram os que mais interferiram na diminuição da média anual (Figura 7.29).

**Figura 7.29** – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Densidade de Células de Cianobactérias no reservatório Rio Grande (RGDE 02030) - 2020



A comparação dos dados relativos à densidade de Células de Cianobactérias foi sumarizada no Quadro 7.15.

**Quadro 7.15** – Densidade máxima de Células de Cianobactérias (células mL<sup>-1</sup>) e porcentagem amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação entre 2019 e 2020. Reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02030)

RGDE 02030	Nº de amostragens no ano	Densidade máxima de Células de Cianobactérias (células mL <sup>-1</sup> )	% de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005
2019	6	78.984 (janeiro)	80
2020	4	4.792 (junho)	100

**Observação:** Limite da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 células mL<sup>-1</sup>)

A melhora observada em relação a densidade máxima de Células de Cianobactérias e porcentagem de atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005 pode ter sido influenciada pelo fato de não ter ocorrido amostragem em janeiro de 2020, mês que geralmente apresenta temperaturas elevadas e alta pluviosidade, fatores que influem na dinâmica da comunidade e geralmente quando são obtidos os maiores valores de Células de Cianobactérias.

De modo geral, os gêneros mais importantes em termos de densidade celulares de Cianobactérias em 2020 foram: *Pseudanabaena* (relatos raros de produção de microcistina e relatos comuns de produção de MIB e Geosmina), *Aphanocapsa* (potencialmente produtor de Microcistina) (Chorus e Welker, 2021) e *Cyanogranis* (sem registro de produção de cianotoxinas), semelhante aos anos anteriores.

Análises de cianotoxinas foram realizadas na água bruta do reservatório. O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.16.

**Quadro 7.16** – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Reservatório Rio Grande (RGDE 02030). Comparação entre 2019 e 2020

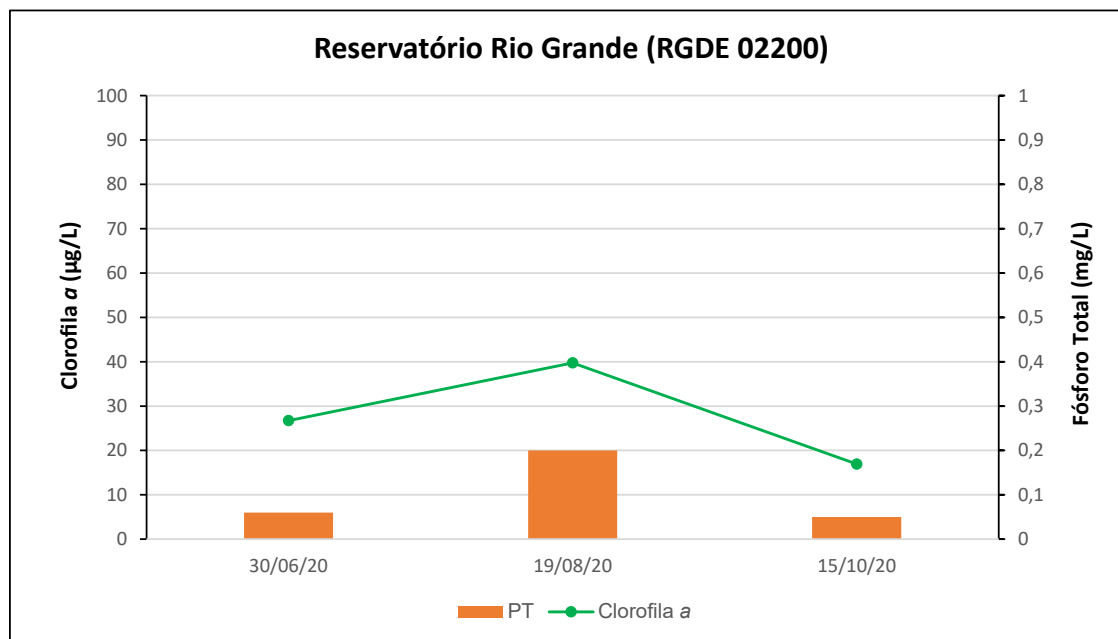
RGDE 02030	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC) ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Concentração máxima de Saxitoxina (STX) ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	% de amostras mensais que atenderam ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada (MC / STX)
2019	6	0,15 (janeiro)	0,23 (janeiro)	(100 / 100)
2020	4	0,17 (agosto)	Todos abaixo do limite de quantificação	(100 / 100)

**Observação:** limite para água tratada: Microcistina -  $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$  e Saxitoxina  $3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$

Os valores de cianotoxinas (microcistina e saxitoxina) obtidos na água bruta do manancial não ultrapassaram os limites estipulados pelo Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde para água tratada.

O Gráfico 7.39 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, ao longo de 2020, no reservatório rio Grande (RGDE 02200), localizado no corpo central.

**Gráfico 7.39** – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório rio Grande (RGDE 02200) em 2020



No ponto RGDE 02200 (Gráfico 7.39), as concentrações de Fósforo Total ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, em todas as campanhas, indicando um ambiente com condições tróficas variando de Mesotrófica a Supereutrófica. Pelas concentrações de Clorofila *a*, a classificação para esse ponto em junho e outubro foi Eutrófica ainda dentro do limite estabelecido em legislação. Já em agosto como Supereutrófica, tendo superado o limite da legislação. Ao longo do ano, pelo IET, nesse local, a condição trófica variou de Mesotrófica a Supereutrófica, sendo classificada pela média anual como Eutrófica. Desde 2011, esse ponto, vem mantendo a classificação Eutrófica, com exceção de 2013 quando foi classificado como Supereutrófico, sendo o mais eutrofizado desse reservatório.

Os dados relativos a densidades médias anuais de organismos e de Células de Cianobactérias, maior valor de Células de Cianobactérias obtidas por ano e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2) foram sumarizados no Quadro 7.17.

**Quadro 7.17** – Resultados de densidade de organismos ( $\text{org mL}^{-1}$ ), de Células de Cianobactérias ( $\text{céls mL}^{-1}$ ) e de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 no reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02200). Comparação entre 2019 e 2020

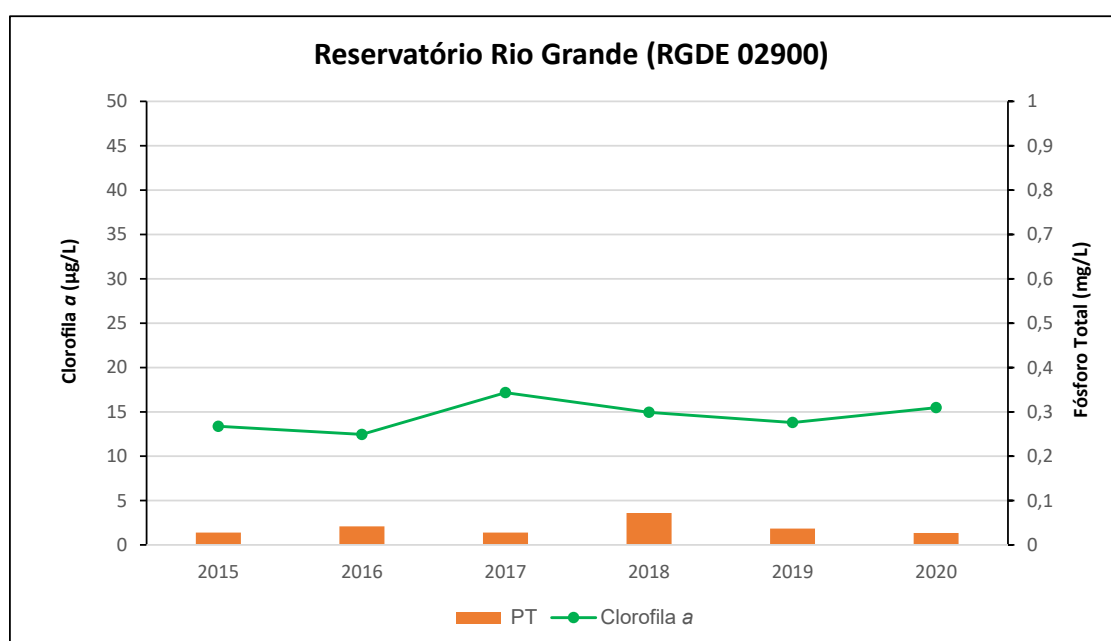
RGDE 02200	Nº de amostragens no ano	Densidade média anual de organismos ( $\text{org mL}^{-1}$ )	Densidade média anual de Células de Cianobactérias ( $\text{céls mL}^{-1}$ )	Maior valor de Células de Cianobactérias do ano ( $\text{céls mL}^{-1}$ )	% de amostras mensais que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005
2019	4	12.900	84.185	201.014 (janeiro)	50
2020	1	16.144	129.193	129.193 (outubro)	0

Observação: Limite da Resolução CONAMA nº 357/2005 para água de Classe 2 ( $50.000 \text{ céls mL}^{-1}$ )

Os gêneros mais importantes em termos de densidade celulares de Cianobactérias em 2020 foram *Pseudanabaena* (relatos raros de produção de microcistina e relatos comuns de produção de MIB e Geosmina), e *Aphanocapsa* (potencialmente produtor de Microcistina) (Chorus e Welker, 2021), situação melhor que a encontrada em 2019, quando foi quantificado o gênero *Microcystis* (potencialmente produtor de microcistina). Também houve quantificação do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium*.

No ponto RGDE 02900 (Gráfico 7.40), localizado na captação, considerando o período de 2015 a 2020, a média anual da concentração de Fósforo Total foi maior em 2018 e a de Clorofila *a* em 2017. As concentrações de Clorofila *a* variaram de forma similar aos valores da densidade de organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelos grupos das Cianobactérias, Clorofíceas e Diatomáceas. Esse ponto, segundo a média anual do IET, vem mantendo a condição Mesotrófica, observada desde 2011.

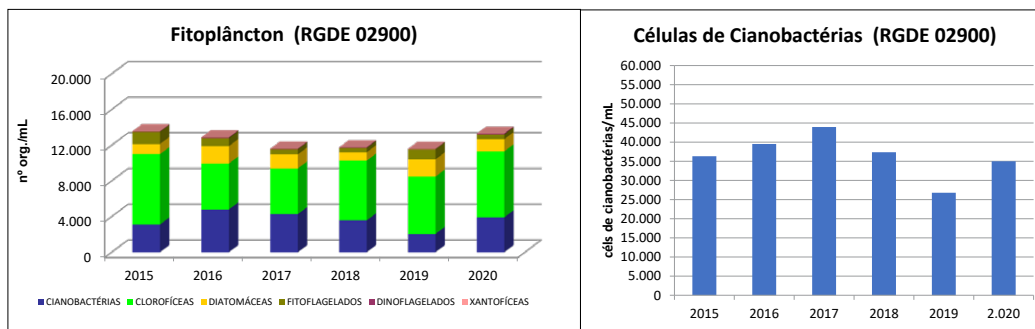
**Gráfico 7.40** – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório rio Grande (RGDE 02900) - 2015 a 2020



Em 2020, apenas em agosto a concentração de Fósforo Total superou o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 ( $0,03 \text{ mg L}^{-1}$ ), porém mantendo ao longo do ano a condição Mesotrófica. As concentrações mensais de Clorofila *a*, embora em conformidade com o limite estabelecido, indicaram condição Eutrófica.

Com relação a comunidade fitoplanctônica houve uma piora sutil na qualidade da água de 2019 para 2020, com aumento da densidade média anual de organismos fitoplanctônicos e de Células de Cianobactérias Figura 7.30.

**Figura 7.30** – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório rio Grande próximo da Captação da SABESP (RGDE 02900) - 2015 a 2020



Os dados relativos a densidades médias anuais de organismos e de Células de Cianobactérias, maior valor de Células de Cianobactérias obtidos em 2019 e 2020 e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2) foram sumarizados no Quadro 7.18.

**Quadro 7.18** – Resultados de densidade de organismos ( $\text{org mL}^{-1}$ ), de Células de Cianobactérias ( $\text{células mL}^{-1}$ ) e porcentagens de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02900). Comparação entre 2019 e 2020

RGDE 02900	Nº de amostragens no ano	Densidade média anual de organismos ( $\text{org mL}^{-1}$ )	Densidade média anual de Células de Cianobactérias ( $\text{células mL}^{-1}$ )	Maior valor de Células de Cianobactérias do ano ( $\text{células mL}^{-1}$ )	% de amostras mensais que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005
2019	6	11.590	26.779	92.584 (janeiro)	100
2020	3	13.305	35.003	81.943 (agosto)	70

**Observação:** Limite da Resolução CONAMA nº 357/2005 para água de Classe 2 ( $50.000 \text{ células mL}^{-1}$ )

Foi observado um aumento das médias anuais de organismos e de Células de Cianobactérias em 2020 e diminuição das amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005.

Como em 2019, os gêneros mais importantes em termos de densidade celulares de Cianobactérias em 2020 foram *Cyanogranis*, *Aphanocapsa* e *Epigloeosphaera/Lemmermanniella*. O gênero *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis* foi quantificado em baixa densidade.

Em relação à produção de cianotoxinas, a literatura científica informa que o gênero de Cianobactéria *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis* é potencialmente produtor de cilindrospermopsina, saxitoxina (Chorus e Welker, 2021) e microcistina (Paerl e Otten, 2013). *Aphanocapsa* é potencialmente produtor de microcistina e *Pseudanabaena* apresenta poucos registros de produção de microcistina (Chorus e Welker, 2021). Os gêneros

picoplantônicos *Cyanogranis* e *Epigloeosphaera/Lemmermanniella* (identificados desse modo devido à dificuldade de distinção desses organismos) não têm registro na literatura de produção de cianotoxinas.

Análises de cianotoxinas foram realizadas na água bruta do reservatório. O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.19.

**Quadro 7.19** – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Reservatório Rio Grande (RGDE 02900). Comparação entre 2019 e 2020

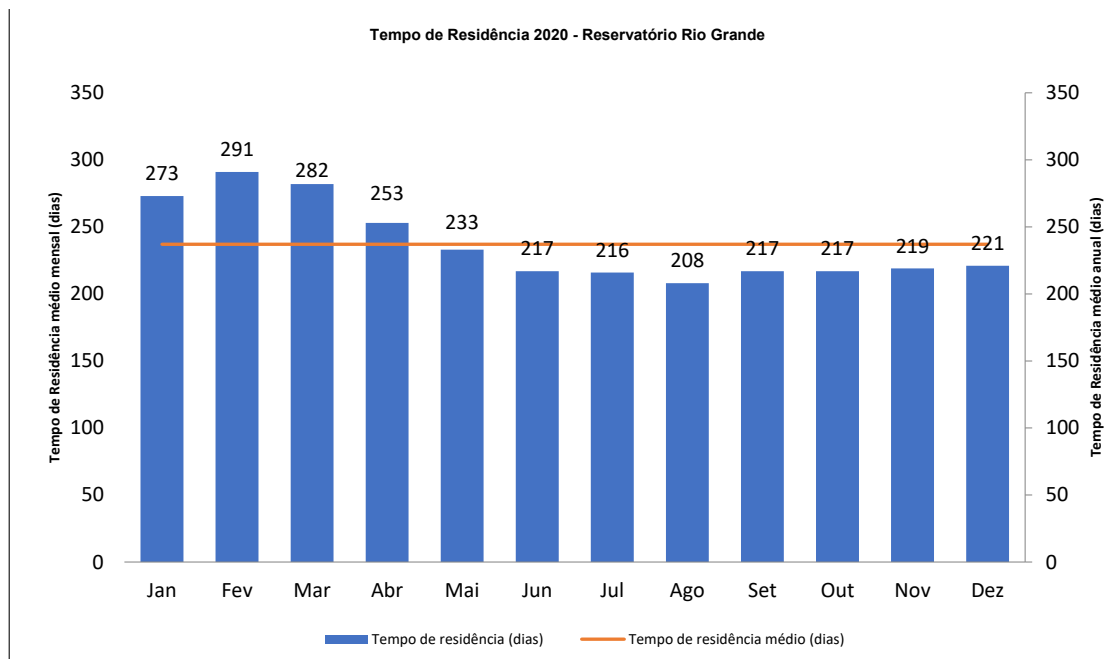
RGDE 02030	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC) ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Concentração máxima de Saxitoxina (STX) ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	% de amostras mensais que atenderam ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada (MC / STX)
2019	6	0,29 (janeiro)	0,16 (janeiro)	(100 / 100)
2020	3	0,18 (agosto)	Todos abaixo do limite de quantificação	(100 / 100)

**Observação:** limite para água tratada: Microcistina -  $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$  e Saxitoxina  $3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$

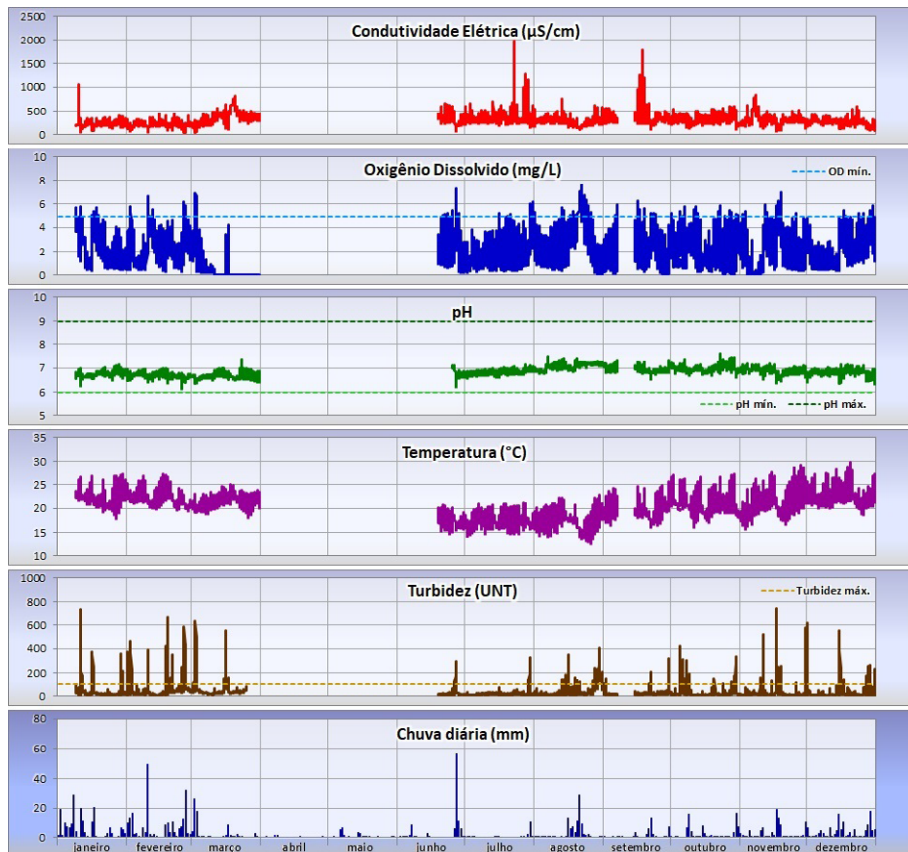
Os valores de cianotoxinas (microcistina e saxitoxina) obtidos na água bruta do manancial não ultrapassaram os limites estipulados pelo Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde para água tratada.

O tempo de residência diminuiu de 277 dias em 2019 para 237 dias em 2020 (Gráfico 7.41).

**Gráfico 7.41** – Tempo de residência (dias) do reservatório Rio Grande - 2020



A Figura 7.31 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Ribeirão Pires em 2020.

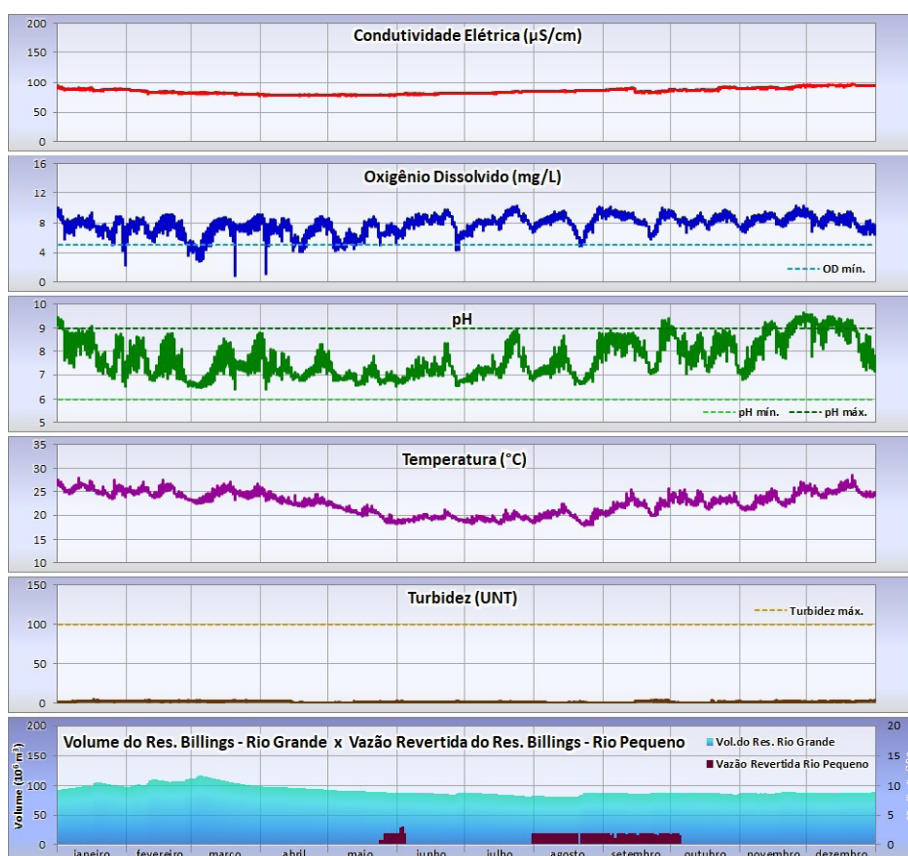
**Figura 7.31** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Ribeirão Pires de janeiro a dezembro de 2020

A Estação Automática Ribeirão Pires monitora a qualidade das águas do Ribeirão Pires praticamente em sua foz junto ao reservatório Billings – Rio Grande. Os altos valores de Condutividade Elétrica, com picos de mais de  $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$ , demonstram tratar-se de um curso d'água bastante impactado por cargas poluidoras. As chuvas promovem a diluição dessas cargas, pois implicam aumento dos níveis de Oxigênio Dissolvido, ainda que esse importante parâmetro de qualidade não atenda ao padrão de qualidade para corpos d'água Classe 2 em 95% do tempo. A Turbidez atende ao padrão de qualidade durante 94% do ano, apesar dos picos acima de 600 UNT que coincidem com a ocorrência de chuvas, quando há maior aporte de cargas difusas.

A Figura 7.32 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rio Grande em 2020.



**Figura 7.32** – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rio Grande de janeiro a dezembro de 2020

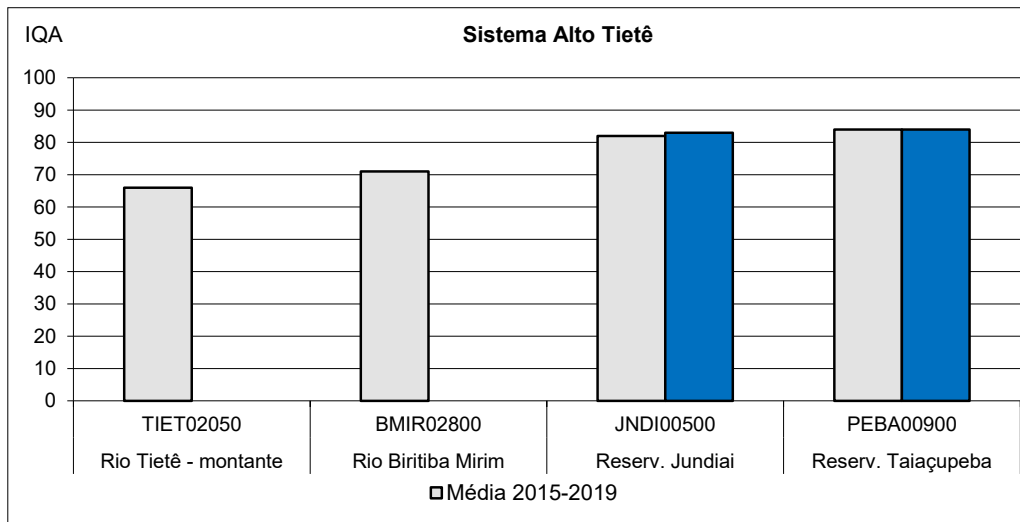
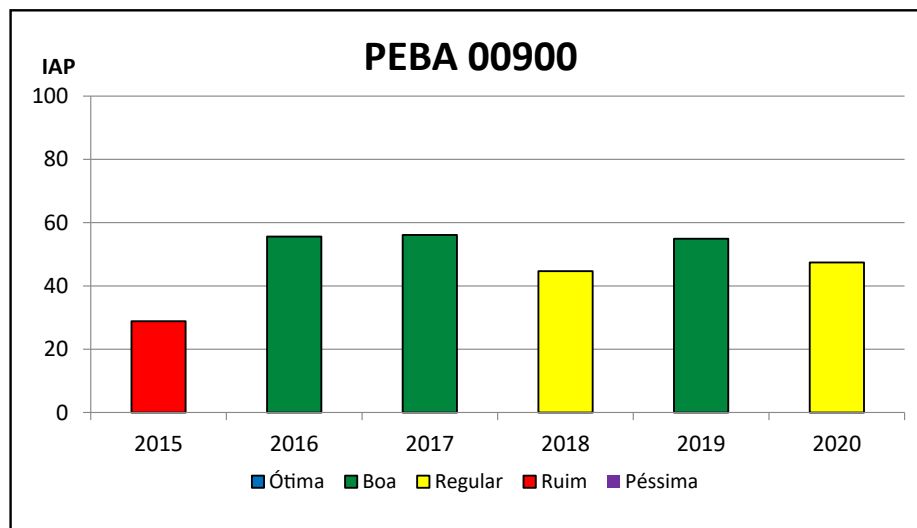


A Estação Automática Rio Grande localiza-se no compartimento Rio Grande do reservatório Billings e determina a qualidade das águas captadas pela SABESP para a ETA Rio Grande. O Oxigênio Dissolvido e o pH atenderam o padrão de qualidade estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água Classe 2 em 97% e 91% do tempo, respectivamente. Valores muito altos de Oxigênio Dissolvido, que extrapolam a saturação, são indicativos do fenômeno de eutrofização do corpo d'água, que causa crescimento desordenado (*bloom*) de algas. O pH acompanha a tendência de aumento do Oxigênio Dissolvido, ultrapassando, em alguns momentos, o limite máximo previsto na legislação. A reversão das águas do reservatório rio Pequeno para o reservatório rio Grande ocorreu com maior intensidade nos meses de agosto e setembro. A Condutividade Elétrica manteve-se inferior a  $100 \mu\text{S cm}^{-1}$  ao longo de todo o ano.

#### 7.6.4 Sistema Alto Tietê

Na cabeceira do rio Tietê, existem os reservatórios de Ponte Nova, Biritiba-Mirim, Jundiá e Taiacupeba, que são utilizados no suprimento do Sistema Produtor do Alto Tietê.

O Gráfico 7.42 apresenta o perfil do IQA em 2020 para os pontos nos reservatórios Jundiá e Taiacupeba, onde é feita a adução para a ETA do SPAT. Em 2020, a qualidade nesses dois reservatórios manteve-se na categoria Ótima do IQA e próximo da média dos últimos cinco anos.

**Gráfico 7.42** – Perfil do IQA no Sistema Alto Tietê e rios afluentes em 2020 e nos últimos cinco anos**Gráfico 7.43** – Média Anual do IAP no Reserv. Taiaçupeba no período de 2015 a 2020

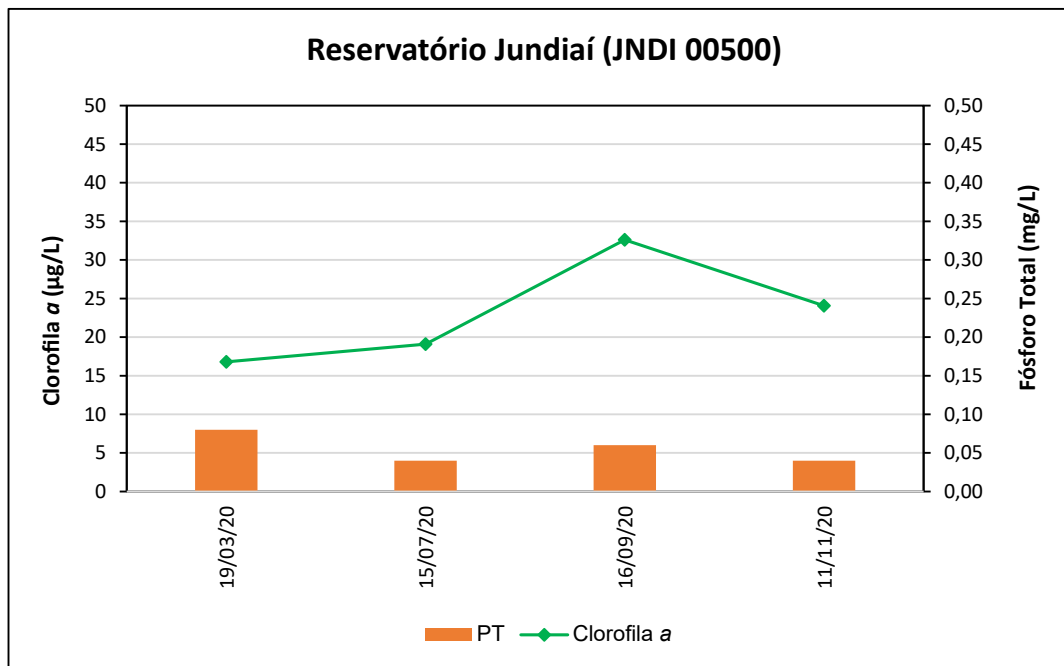
A média histórica do IAP do reservatório Taiaçupeba indicou uma melhora substancial da qualidade da água destinada ao abastecimento público entre 2015 e 2016, quando passou da categoria Ruim para a Boa, influenciada por reduções nos valores de PFTHM e das densidades de cianobactérias. A qualidade medida pelo IAP se manteve variando entre Regular e Boa entre 2016 e 2020, influenciada por essas duas variáveis de qualidade (Gráfico 7.43).

#### 7.6.4.1 Reservatório Jundiá

O Gráfico 7.44 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Jundiá ao longo de 2020.

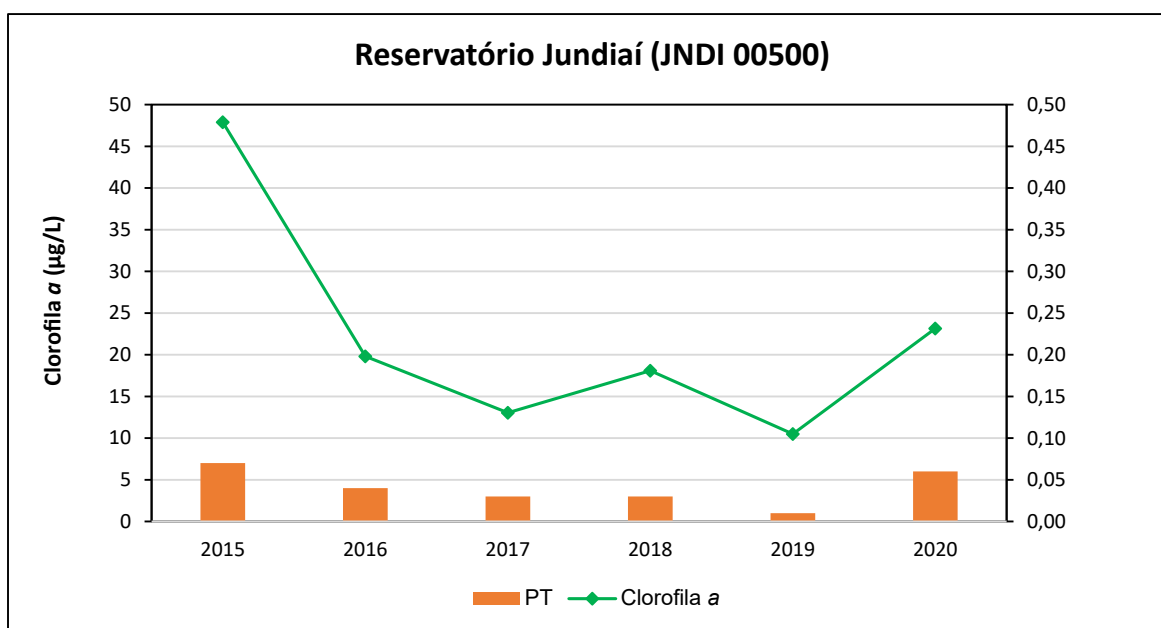
Em 2020, esse reservatório exibiu, em todas as campanhas, concentrações mensais de Fósforo Total e Clorofila *a* que superaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 de 0,02 mg L<sup>-1</sup> e 10µg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Gráfico 7.44** – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Jundiá em 2020



As concentrações de Clorofila *a* variaram, ao longo do ano, de forma similar às densidades totais de organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelos grupos das Clorófitas e Diatomáceas. O valor elevado nas concentrações de Feofitina *a* em setembro e novembro pode estar relacionado ao uso de algicida nesse reservatório. Pelo IET, esse reservatório foi classificado apenas em julho como Mesotrófico e nos outros meses como Eutrófico, bem como na média, exibindo uma piora em relação aos anos anteriores, exceto para 2015 (Gráfico 7.45).

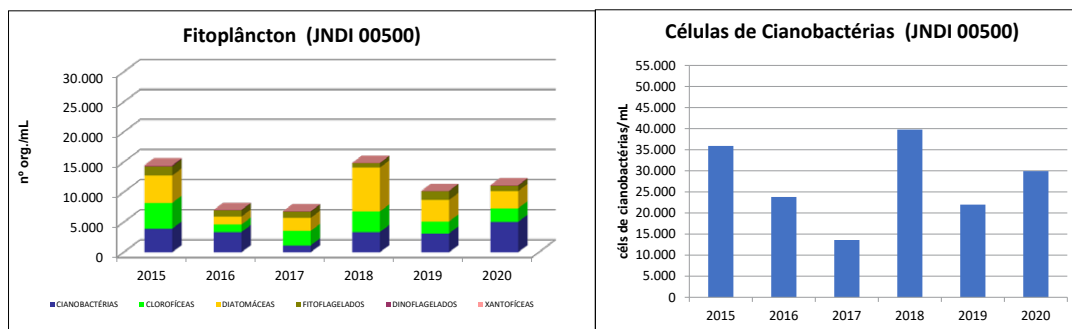
**Gráfico 7.45** – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Jundiá - 2015 a 2020



A classificação Eutrófica, segundo o IET, observada em 2015 esteve relacionada aos anos de menor volume no reservatório que, a partir de 2016, retornou à classificação Mesotrófica observada desde 2007, mas voltou a classificação Eutrófica em 2020. Na avaliação dos dados históricos do reservatório Jundiá, pode-se observar que, as concentrações de Fósforo Total e Clorofila *a* variaram de forma similar, ambas, exibindo as maiores concentrações em 2015, com melhora entre os anos de 2016 e 2019 e aumento nesse último ano. As concentrações médias anuais de Clorofila *a* variaram nesse período, com estreita relação com as densidades dos grupos das Cianobactérias, Clorófitas e Diatomáceas, e podem ser consideradas elevadas para um reservatório enquadrado na Classe Especial.

Em relação a comunidade fitoplanctônica, em 2020 houve dominância de Cianobactérias em 50% das amostragens, indicando uma pequena piora da qualidade da água. Essa situação se refletiu na média anual, com aumento de Cianobactérias (Figura 7.33). Em 2019, houve dominância apenas de Diatomáceas em 25% das amostragens, situação melhor, uma vez que esse grupo não apresenta organismos potencialmente produtores de toxinas.

**Figura 7.33** – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jundiá - 2015 a 2020



Os dados relevantes em relação às densidades de Células de Cianobactérias foram colocados no Quadro 7.20.

**Quadro 7.20** – Densidade máxima de células de cianobactérias (células mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Jundiá (ponto JNDI 00500)

JNDI 00500	Nº de amostragens no ano	Densidade máxima de Células de Cianobactérias (células mL <sup>-1</sup> )	% de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005
2019	4	47.314 (novembro)	50
2020	4	42.770 (novembro)	25

**Observação:** Limite da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 células mL<sup>-1</sup>)

A densidade máxima de células não sofreu alteração significativa, mas a porcentagem das amostragens que atendeu à Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 células mL<sup>-1</sup>) foi inferior em 2020.

O gênero que mais contribuiu para a densidade celular de Cianobactérias foi o gênero picoplânctônico *Cyanogranis* (sem registro na literatura de produção de cianotoxinas). Porém, durante o ano foram quantificados em baixas densidades gêneros potencialmente produtores de cianotoxinas: *Cylindrospermopsis/Raphidiopsis*, potencialmente produtor de cilindrospermopsina, saxitoxina e microcistina); *Aphanizomenon* (potencialmente produtor de microcistina e saxitoxina), *Dolichospermum* (potencialmente produtor de

microcistina e saxitoxina) e *Microcystis* (potencialmente produtor de microcistina (Chorus e Welker, 2021). A composição desse grupo foi semelhante em 2019.

O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.21.

**Quadro 7.21** – Concentrações máximas de microcistina e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Jundiá (Ponto JNDI 00500).

JNDI 00500	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC) ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	% de amostras mensais que atenderam ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada
2019	4	Todos abaixo do limite de quantificação	100
2020	1	0,23	100

Observação: limite para água tratada: Microcistina  $1,0 \mu\text{g L}^{-1}$  e Saxitoxina  $3,0 \mu\text{g L}^{-1}$

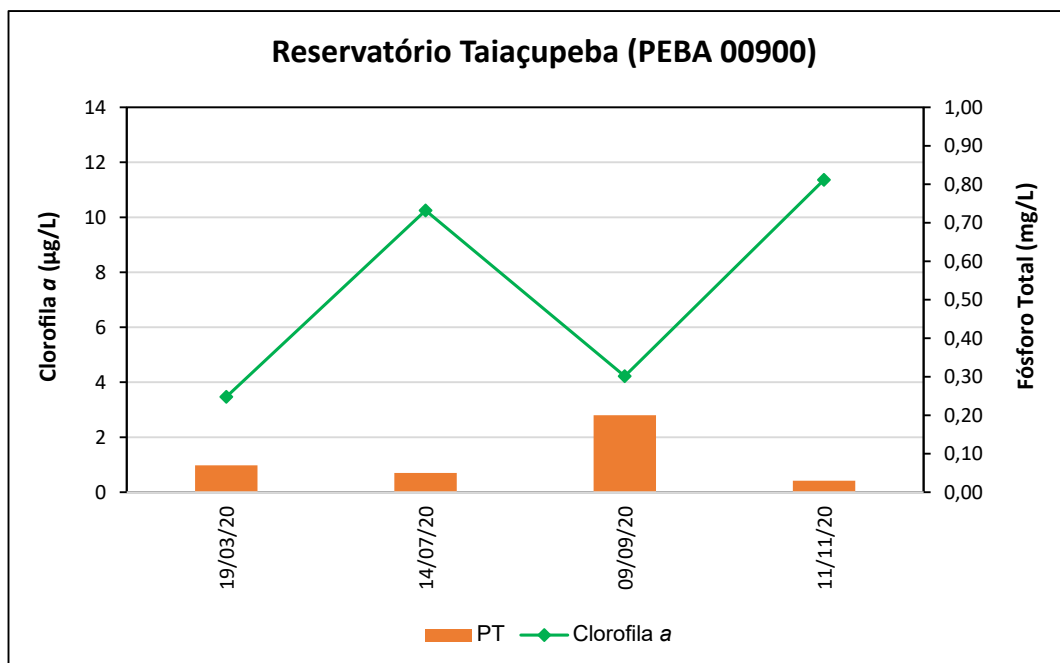
Não houve registro de valores de microcistina que superaram a legislação para água tratada.

#### 7.6.4.2 Reservatório Taiáupeba

O Gráfico 7.46 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Taiáupeba ao longo de 2020.

Em 2020, as concentrações de Fósforo Total, ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em todas as campanhas. Quanto às concentrações de Clorofila *a*, estiveram acima do limite estabelecido em julho e novembro.

**Gráfico 7.46** – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Taiáupeba em 2020

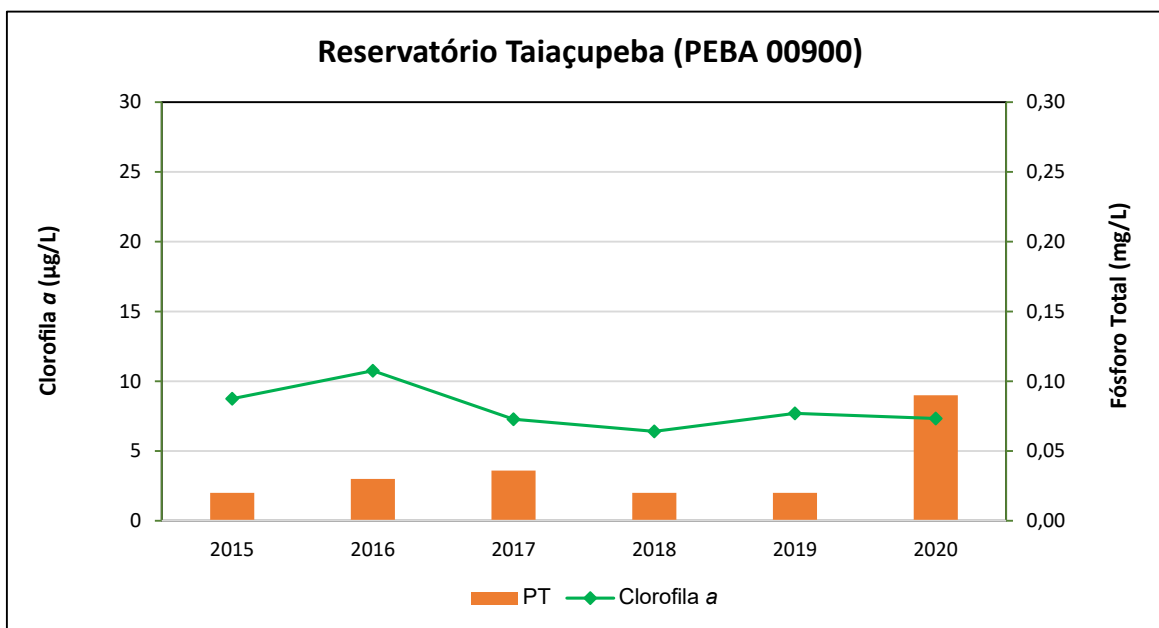


As concentrações de Clorofila *a* variaram de acordo com a densidade de organismos da comunidade fitoplanctônica, principalmente Clorófitas e Número de Células de Cianobactérias. Foram observadas

concentrações elevadas de Feofitina *a*, produto da degradação da Clorofila *a*, em março e julho, provavelmente relacionadas ao uso de algicidas nesse reservatório.

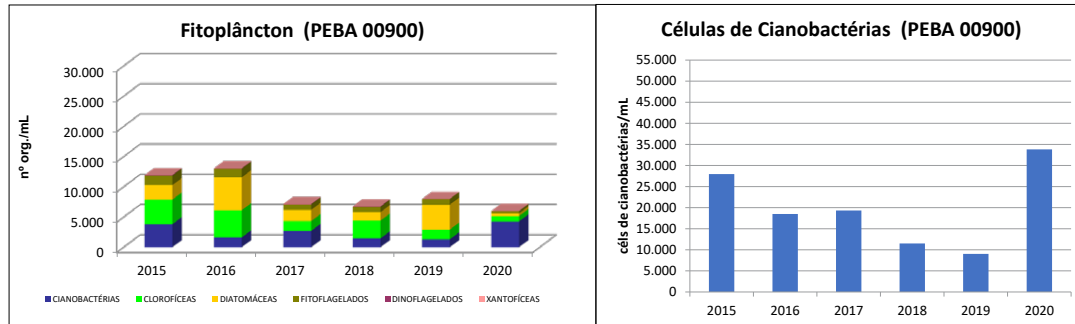
No reservatório Taiapuêba, observa-se pelos dados históricos (Gráfico 7.47) que as concentrações médias anuais de Fósforo Total se mantinham relativamente baixas, classificadas como Mesotróficas, no entanto, em 2020 foi observado um aumento expressivo atingindo a classificação Eutrófica. Já as concentrações médias de Clorofila *a*, exibem uma leve tendência de diminuição, com valores ainda considerados elevados para um manancial enquadrado na Classe Especial. As concentrações de Clorofila *a* foram influenciadas, principalmente, pelas densidades dos grupos das Clorófitas, Diatomáceas e Fitoflagelados. Pelo IET esse reservatório vem mantendo desde 2013 a condição Mesotrófica, ou seja, em processo de eutrofização.

**Gráfico 7.47** – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Taiapuêba - 2015 a 2020



Houve piora da qualidade da água em relação a comunidade fitoplanctônica. Apesar da diminuição sutil das densidades médias anuais de organismos fitoplanctônicos, houve dominância de Cianobactérias (Figura 7.34). A média anual de número de Células de Cianobactérias aumentou consideravelmente. Esse cenário foi reflexo dos dados obtidos em novembro de 2020, quando foram registrados os maiores valores de organismos pertencentes ao grupo das Cianobactérias e de Células de Cianobactérias.

**Figura 7.34** – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Taiacupeba - 2015 a 2020



Os dados relevantes em relação às densidades de células de cianobactérias foram colocados no Quadro 7.22.

**Quadro 7.22** – Densidade máxima de células de cianobactérias (células mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Taiacupeba (ponto PEBA 00900)

	Nº de amostragens no ano	Densidade máxima de Células de Cianobactérias (células mL <sup>-1</sup> )	% de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005
2019	6	14.353 (maio)	100
2020	4	118.358 (novembro)	75

**Observação:** Limite da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 células mL<sup>-1</sup>)

Houve piora considerável em relação à densidade máxima de Células de Cianobactérias em 2020, comparado a 2019. Em março e julho o gênero que mais contribuiu em termos de densidades celulares foi *Microcystis*, potencialmente produtor de microcistina (Paerl e Otten, 2013; Chorus e Welker, 2021). Em setembro e novembro, houve maior contribuição dos organismos picoplanctônicos pertencentes aos gêneros: *Epigloeosphaera/Lemmermanniella* (identificados dessa forma devido à dificuldade de separação dos gêneros na identificação com microscopia óptica) sem registro de produção de cianotoxinas e *Aphanocapsa*, também potencial produtor de microcistina (Paerl e Otten, 2013; Chorus, Welker, 2021) e à espécie *Cyanogranis ferruginea*, sem registro de produção de cianotoxinas. Em novembro, aproximadamente 71% das células totais de cianobactérias pertenceram à espécie *Cyanogranis ferruginea*. Esse elevado valor de células de *Cyanogranis* pode estar relacionado à quantidade de nitrogênio encontrada no mesmo mês, 0,84 mg L<sup>-1</sup> de Nitrogênio Kjeldahl, a maior do ano, e a possível habilidade competitiva de adquirir nutrientes das células picoplanctônicas (Edwards, 2011).

O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.23.

**Quadro 7.23** – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Taiacupeba

	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC) (µg L <sup>-1</sup> )	Concentração máxima de Saxitoxina (STX) (µg L <sup>-1</sup> )	% de amostras mensais que atenderam ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada (MC / STX)
2019	6	0,18 (maio)	0,03 (janeiro)	(100 / 100)
2020	4	0,31 (julho)	Todos abaixo do limite de quantificação	(100 / 100)

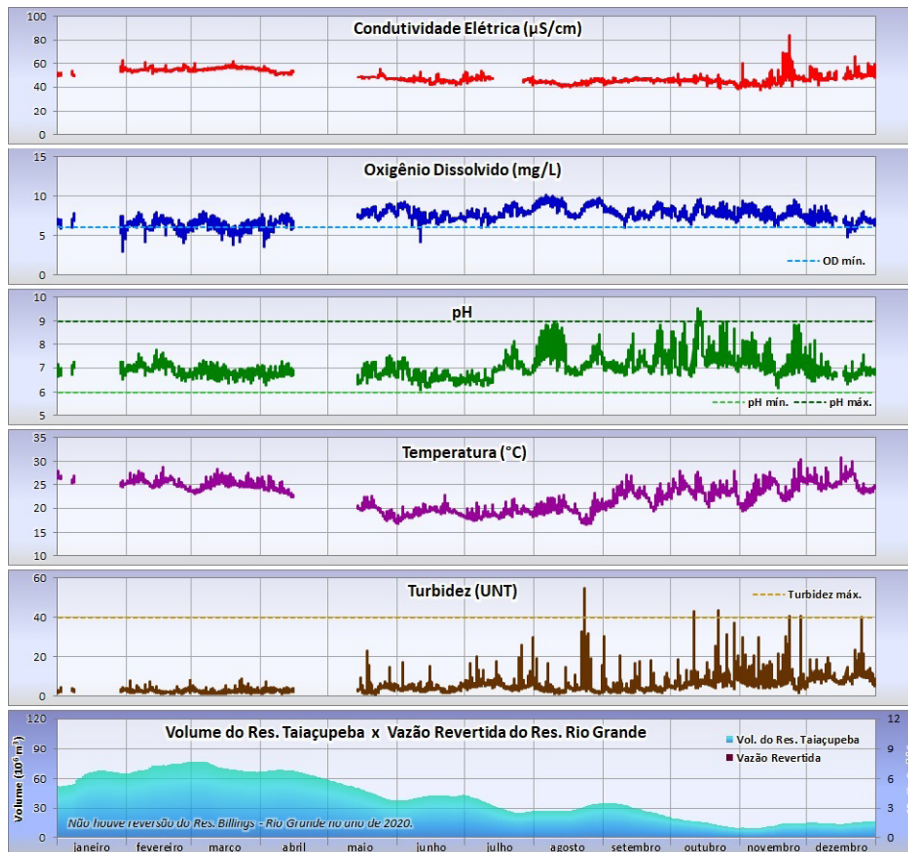
**Observação:** limite para água tratada: Microcistina 1,0 µg L<sup>-1</sup> e Saxitoxina 3,0 µg L<sup>-1</sup>



Os valores de cianotoxinas (microcistina e saxitoxina) obtidos na água bruta do manancial não ultrapassaram os limites estipulados pelo Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde para água tratada.

A Figura 7.35 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Taiapuêba em 2020.

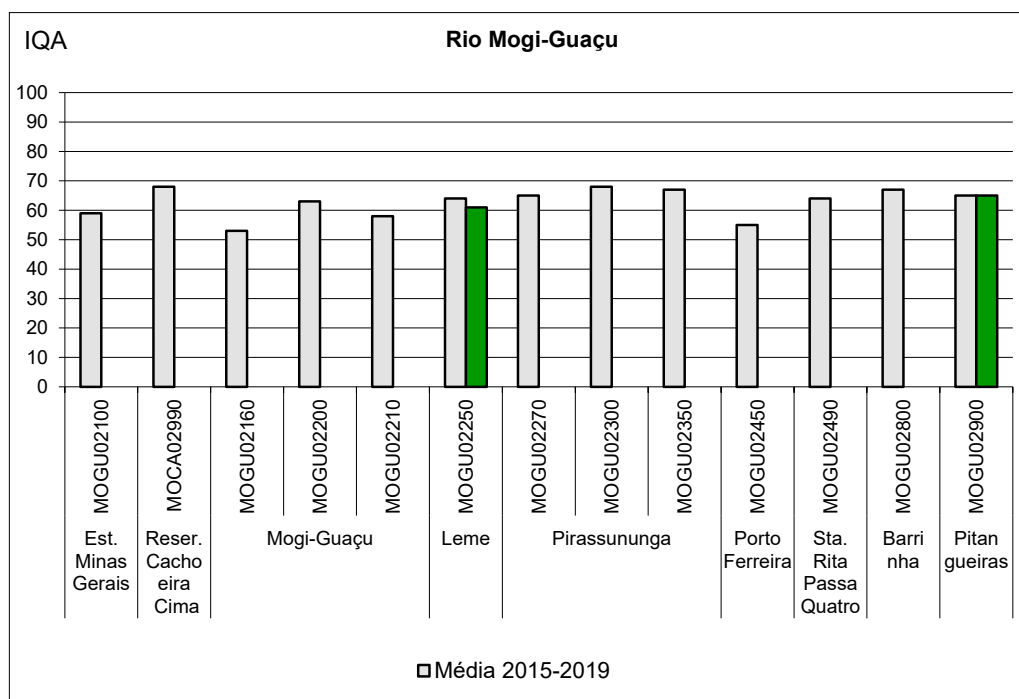
**Figura 7.35** – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Taiapuêba de janeiro a dezembro de 2020



A Estação Automática Taiapuêba monitora a qualidade das águas do reservatório Taiapuêba, integrante do Sistema Produtor Alto Tietê – SPAT, onde a SABESP captou uma vazão média de 13,6 m<sup>3</sup>/s em 2020. As águas do reservatório apresentam valores baixos de Condutividade, indicativo de águas pouco impactadas por cargas poluidoras, com Oxigênio Dissolvido atendendo ao padrão de qualidade para corpos d'água Classe 1 em 92% do tempo. Além das águas provenientes do SPAT, o reservatório Taiapuêba pode receber águas revertidas do reservatório Billings – Rio Grande, o que não ocorreu no ano de 2020, mesmo com expressiva redução no volume do reservatório ao longo do ano. A Turbidez apresentou maior variabilidade a partir de maio, mas registrou valores em desacordo com o padrão de qualidade em apenas 1% do tempo.

## 7.7 UGRHI 9 – MOGI-GUAÇU

Gráfico 7.48 – Perfil do IQA no rio Mogi-Guaçu em 2020 e nos últimos cinco anos

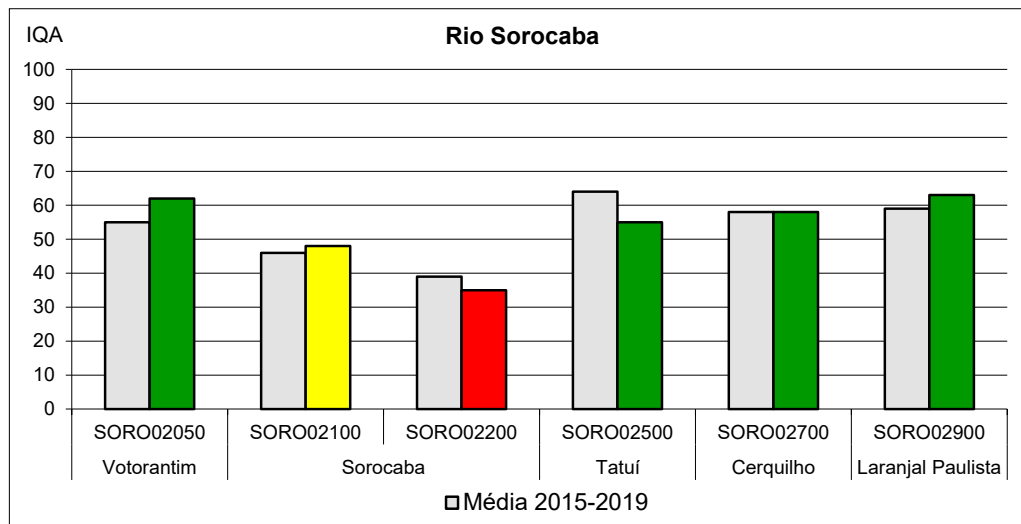


A qualidade no rio Mogi-Guaçu, avaliada pelo IQA nos trechos de Leme e Pitangueiras manteve-se na categoria Boa e próxima da média dos últimos cinco anos.

## 7.8 UGRHI 10 – SOROCABA / MÉDIO TIETÊ

### 7.8.1 Rio Sorocaba

Gráfico 7.49 – Perfil do IQA no rio Sorocaba em 2020 e nos últimos cinco anos

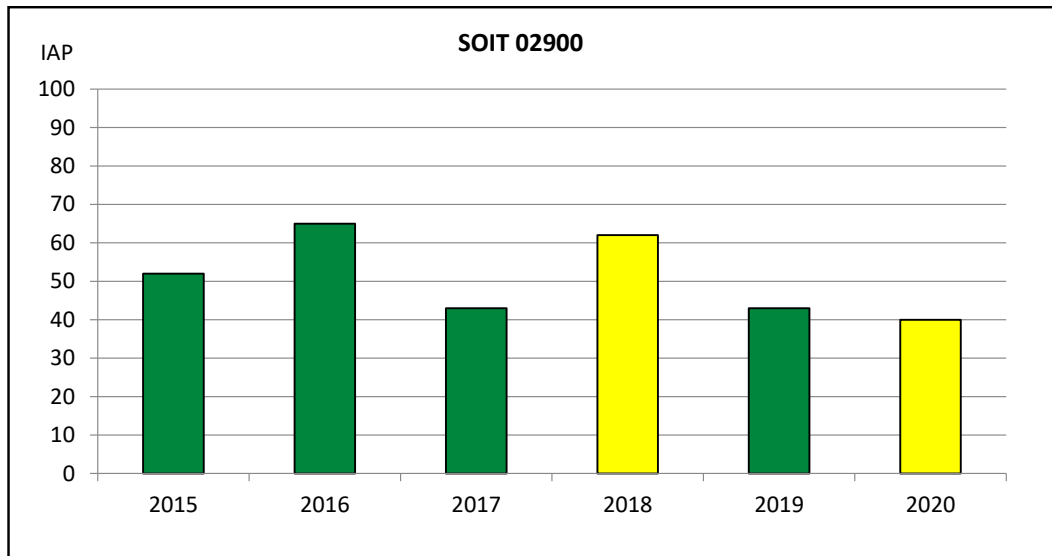


O perfil do IQA do rio Sorocaba em 2020 pode ser visualizado nos Gráfico 7.49. A classificação do IQA manteve-se predominantemente na categoria Boa, igualmente ao observado em 2019 e nos últimos cinco anos. No trecho em Sorocaba, contudo, a qualidade piorou, passando para a categoria Ruim, devido a aumentos nas concentrações de DBO, *E. coli*, Fósforo Total e Turbidez e queda nos níveis de Oxigênio Dissolvido.

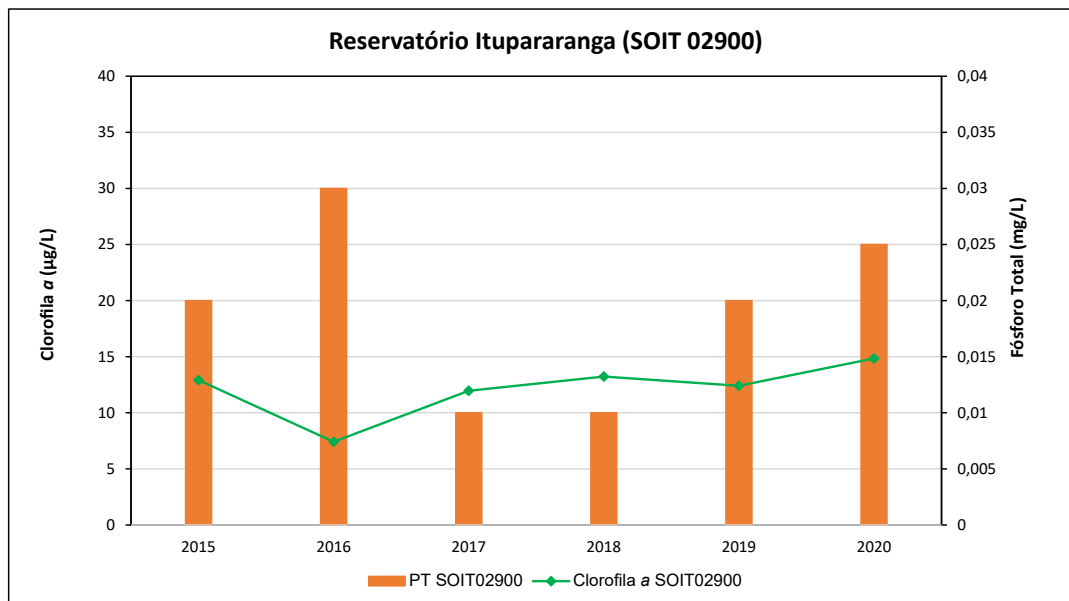
### 7.8.2 Reservatório Itupararanga

Em 2020, o reservatório Itupararanga foi amostrado quatro vezes no ponto próximo à barragem (SOIT 02900) e apenas uma vez no ponto do corpo central (SOIT 02100).

O Gráfico 7.50 apresenta o histórico, do período de 2015 a 2020, das médias anuais do IAP no reservatório Itupararanga, localizado na UGRHI 10, no ponto SOIT 02900, próximo à barragem. O IAP médio anual de Itupararanga neste período vem oscilando entre as categorias Regular e Boa, sendo a categoria Regular influenciada, sobretudo por resultados elevados do PFTHM nos anos de 2017, 2019 e 2020. Destaca-se que este reservatório vem registrando densidades elevadas de cianobactérias com valores médios anuais variando entre 65.000 e 165.000 céls mL<sup>-1</sup> no período entre 2015 e 2020.

**Gráfico 7.50** – Classificação do IAP no reservatório de Itupararanga entre 2015 e 2020

O Gráfico 7.51 apresenta o histórico, do período de 2015 a 2020 das médias anuais das concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total no ponto SOIT 02900, no reservatório Itupararanga, localizado na UGRHI 10.

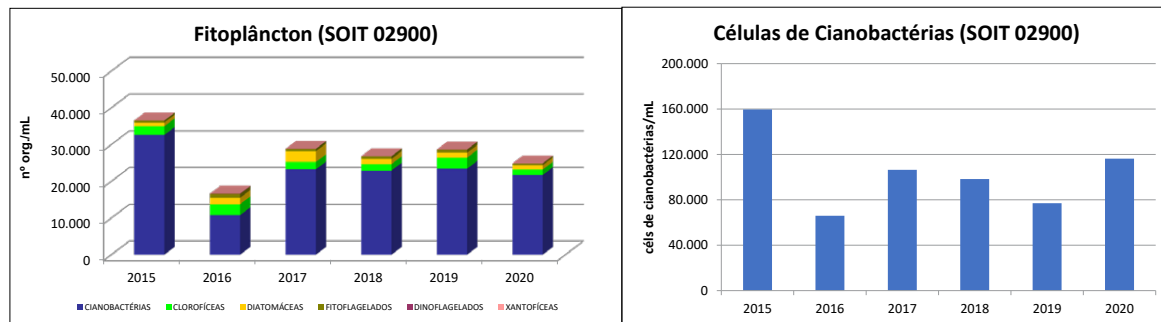
**Gráfico 7.51** – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Itupararanga (SOIT 02900) - 2015 a 2020

No histórico do ponto SOIT 02900, no reservatório Itupararanga (Gráfico 7.51), as concentrações médias anuais de Fósforo Total variaram, indicando condições tróficas entre Oligotrófica e Mesotrófica. Já as concentrações de Clorofila *a*, variaram ao longo dos anos, em concentrações indicativas de condição Mesotrófica a Eutrófica. Nesse ponto as variações nas concentrações de Clorofila *a* foram similares às densidades totais de organismos fitoplanctônicos, sendo influenciadas principalmente pelo grupo das Cianobactérias. Pelo IET, esse ponto vem mantendo a condição Mesotrófica desde 2007.

Ao longo de 2020, no ponto SOIT 02900, as concentrações de Fósforo Total, com exceção de junho, estiveram em conformidade com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicando condições tróficas entre Oligotrófica e Mesotrófica. As concentrações de Clorofila *a*, embora em conformidade com a legislação em todas as campanhas, indicaram condições tróficas Eutrófica na maioria das campanhas. Apenas em novembro foi indicativa de condição Mesotrófica quando também exibiu a menor concentração de Fósforo Total. As concentrações de Clorofila *a*, variaram de forma similar às densidades totais de organismos fitoplanctônicos sendo influenciadas principalmente pelos grupos das Cianobactérias e Diatomáceas. Segundo o IET, esse ponto manteve ao longo do ano e na sua média anual, a classificação Mesotrófica.

Assim como no ano anterior, houve dominância de cianobactérias em todas as amostragens (Figura 7.36). Apesar de as médias anuais da comunidade fitoplanctônica não apresentarem diferenças significativas em relação a 2019, as médias anuais de células de cianobactérias apresentaram um aumento de mais de 30%, passando de 77.005 céls mL<sup>-1</sup> para 116.245 céls mL<sup>-1</sup> no ponto mais próximo à barragem (SOIT 02900).

**Figura 7.36** – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Itupararanga – próximo à barragem (SOIT 02900), 2015 a 2020



Os dados relevantes em relação às densidades de Células de Cianobactérias foram colocados no Quadro 7.24.

**Quadro 7.24** – Densidade máxima de células de cianobactérias (céls mL<sup>-1</sup>) e porcentagem de atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Itupararanga (pontos SOIT 02900 e SOIT 02100)

	Nº de amostragens no ano	Densidade máxima de células de cianobactérias (céls mL <sup>-1</sup> )	% de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005*
SOIT02900			
2019	4	144.567 (janeiro)	50
2020	4	130.295 (agosto)	0
SOIT02100			
2019	4	174.530 (novembro)	0
2020	1	97.025 (janeiro)	0

\* Limite da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 céls mL<sup>-1</sup>)

O gênero mais abundante em todas as amostragens foi *Cylindrospermopsis/ Raphidiopsis* (potencialmente produtor de saxitoxina e cilindrospermopsina (Chorus e Welker, 2021) e microcistina (Paerl e Otten, 2013)). A filamentosa não identificada registrada no "Atlas de Cianobactérias da Bacia do Alto Tietê" desenvolvido pela CETESB (Lamparelli *et al.*, 2014) também foi abundante em ambos os pontos. Em menor quantidade foram registrados organismos do gênero *Aphanizomenon*, potencialmente produtor de microcistina e saxitoxina.

Os resultados de microcistina e saxitoxina ficaram abaixo dos valores estabelecidos pelo Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde para água tratada em todas as amostragens, em ambos os pontos, e o resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.25.

**Quadro 7.25** – Concentrações máximas de microcistina e saxitoxina e porcentagens de atendimento ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Itupararanga

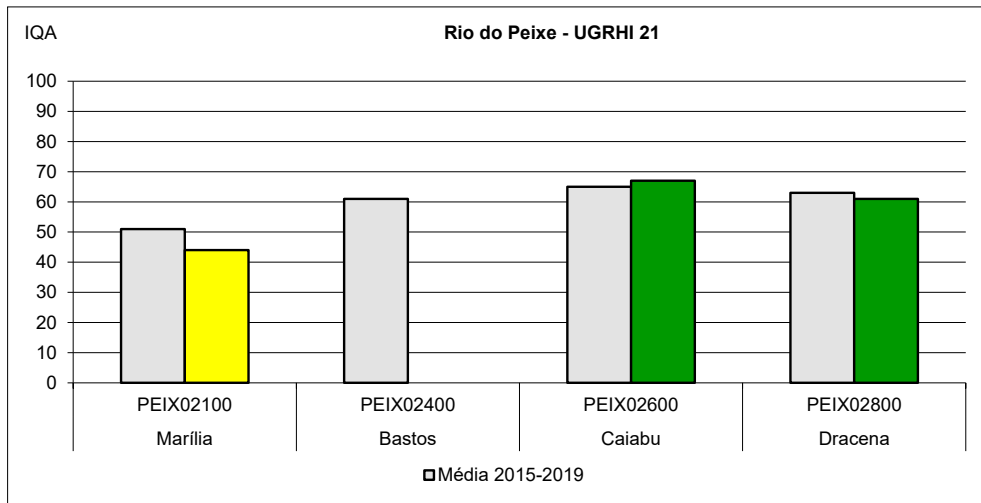
	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC) ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Concentração máxima de Saxitoxina (STX) ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	% de amostras mensais que atenderam ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº 05/2017, para água tratada*
SOIT 02900				
2019	4	Todos abaixo do limite de quantificação	0,33 (janeiro)	100
2020	4	0,26 (agosto)	0,31 (novembro)	100
SOIT 02100				
2019	4	< 0,15	-	100
2020	1	< 0,15	-	100

\* limite para água tratada: Microcistina  $1,0 \mu\text{g L}^{-1}$  e Saxitoxina  $3,0 \mu\text{g L}^{-1}$

## 7.9 UGRHI 21 - PEIXE

### 7.9.1 Rio do Peixe – UGRHI 21

O perfil do IQA no rio do Peixe em 2020 pode ser visualizado nos Gráfico 7.52. A qualidade da água nos trechos que atravessam os municípios de Caiabu e Dracena manteve a categoria Boa, e próxima da média dos últimos cinco anos. Já no trecho em Marília, a qualidade manteve a categoria Regular e abaixo da média histórica devido aos valores elevados de *E. coli*, Fósforo Total e Turbidez registrados nas campanhas realizadas em 2020. Cabe ressaltar que o município de Marília não possui uma estação para o tratamento dos esgotos gerados, os quais são lançados, sem tratamento, nos córregos Cascatinha, do Pombo e do Barbosa, que pertencem à bacia do rio do Peixe, e no córrego Palmital e nos ribeirões Cincinatina e dos Índios, que pertencem à bacia do rio Aguapeí.

**Gráfico 7.52** – Perfil do IQA no rio do Peixe em 2019 e nos últimos cinco anos

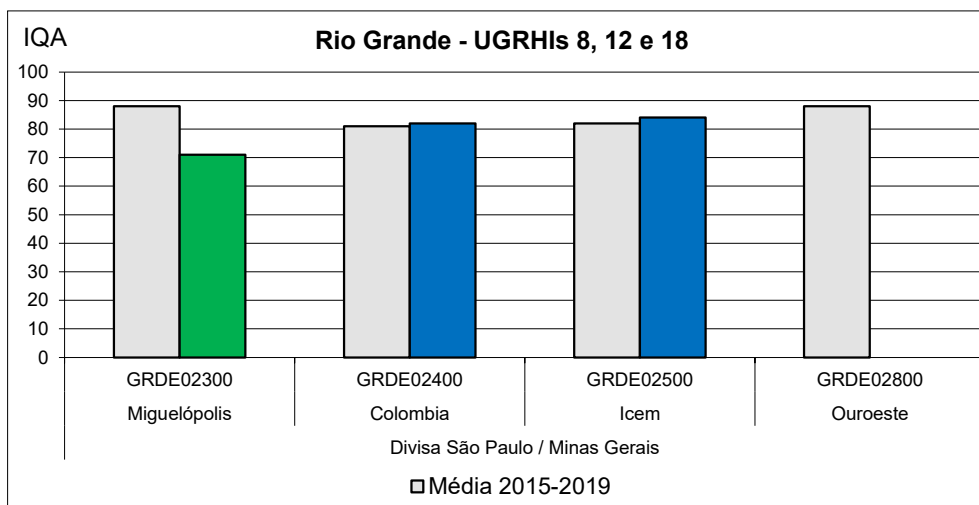
## 7.10 DIVISAS DO ESTADO

### 7.10.1 Rio Grande – UGRHs 08, 12 e 15

O perfil do IQA em 2020 no rio Grande, na divisa com o estado de Minas Gerais, pode ser visualizado nos Gráfico 7.53.

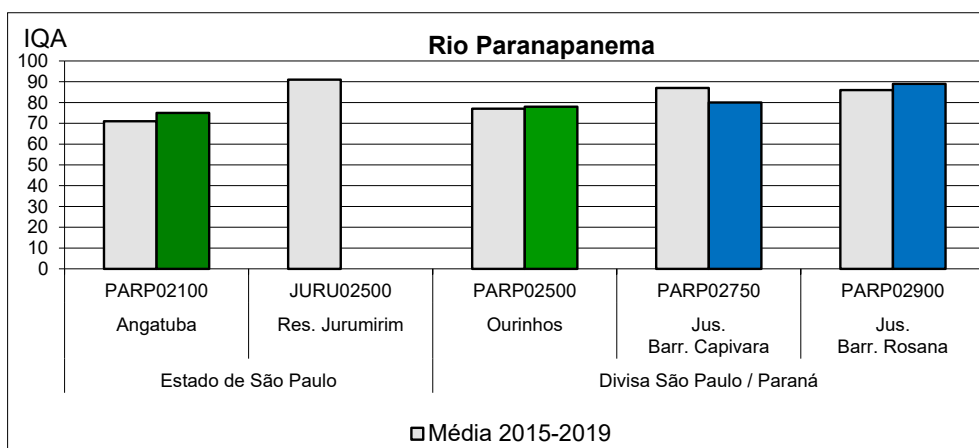
A qualidade da água desse rio, de acordo com o IQA, foi classificada na categoria Boa no trecho em Miguelópolis e na categoria Ótima no trecho que atravessa os municípios de Colômbia e Icém, com valores próximos da média histórica, com exceção de Miguelópolis, onde o IQA ficou abaixo da média histórica devido ao valor elevado de *E. coli* registrado na campanha de fevereiro de 2020.



**Gráfico 7.53** – Perfil do IQA no rio Grande em 2020 e nos últimos cinco anos

### 7.10.2 Rio Paranapanema – UGRHIs 14, 17 e 22

O perfil do IQA em 2020, no rio Paranapanema, na divisa com o estado do Paraná, pode ser visualizado nos Gráfico 7.54. Cabe ressaltar que desde 2018 a UGRHI 14 - Alto Paranapanema vem registrando índices pluviométricos abaixo da média histórica. Em 2020, a intensidade das chuvas nessa UGRHI foi 22% inferior à média dos 26 anos anteriores (período de 1993 a 2019), com decréscimos expressivos nas vazões dos principais rios e prejuízos nos usos múltiplos das águas. Contudo, a qualidade da água no rio Paranapanema avaliada pelo IQA, que indica a capacidade de autodepuração dos corpos d'água, foi classificada nas categorias Boa e Ótima, se mantendo próxima da média dos últimos cinco anos.

**Gráfico 7.54** – Perfil do IQA no rio Paranapanema em 2020 e nos últimos cinco anos

## 8 • Qualidade dos sedimentos

Em 2020, as atividades de amostragem do sedimento para avaliação da sua qualidade foram reestruturadas em razão da pandemia de COVID-19. Dessa forma, a avaliação dos sedimentos foi realizada em um ponto no reservatório Paraitinga e em seis pontos no rio Pinheiros, localizados na UGRHI 6, sendo as coletas realizadas nos meses de janeiro (rio Pinheiros) e setembro (reservatório Paraitinga) de 2020.

A análise dos resultados do monitoramento do sedimento é normalmente realizada com base em três linhas de evidência: química (concentração), ecológica (comunidade bentônica) e ecotoxicológica (*Hyalella azteca* e *Chironomus sancticarloi*), além de ensaios de mutagenicidade (Teste de Ames) e de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* (Microtox®). Para avaliar a carga interna de nutrientes e a condição de eutrofização dos corpos d'água é realizada a análise de Fósforo Total. Variáveis microbiológicas (*Clostridium perfringens* e *Escherichia coli*) são medidas para identificar fontes de esgoto nas bacias.

Ressalta-se que em 2020, a avaliação com base em três linhas de evidência foi realizada apenas para os sedimentos do reservatório Paraitinga, no ponto PATI 00700, que está enquadrado na Classe Especial. No rio Pinheiros, enquadrado na Classe 4, os sedimentos coletados dos pontos PINH 04100 e PINH 04900 foram avaliados para as substâncias químicas (Metais e Substâncias Orgânicas), Fósforo Total, Toxicidade Aguda com *Vibrio fischeri* (Microtox®) e variáveis microbiológicas. Os demais quatro pontos amostrados neste corpo d'água (PINH 04360, PINH 04500, PINH 04750 e PINH 04790) foram avaliados apenas para a carga interna de nutrientes (Fósforo Total).

A granulometria está intimamente relacionada à avaliação das características mineralógicas que compõe essa matriz limnológica em relação à presença das frações de areia, silte e argila. Uma maior quantidade de sedimentos finos, representados por maiores frações de silte e argila e menores de areia, indica uma maior probabilidade de adsorção de contaminantes, principalmente os elementos metálicos e, portanto, um maior potencial de alteração da qualidade química do sedimento, dependendo do uso e ocupação do solo de uma determinada bacia. A granulometria na rede de 2020 foi avaliada no sedimento dos pontos PATI 00700, PINH 04100, PINH 04500, PINH 04750, PINH 04790 e PINH 04900.

A tabela com os dados brutos das análises do sedimento e os diagnósticos pelas variáveis de sedimento, podem ser consultados nos [apêndices N e L](#), respectivamente.

A Tabela 8.1 apresenta os diagnósticos da qualidade dos sedimentos por ponto e a sua classificação.

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos - 2020

UGRHI	Corpo Hídrico	PONTOS	Substâncias Químicas				ICB	Ecotoxicidade <i>H. azteca</i>	"Toxicidade <i>V. fischeri</i> "	<i>Escherichia coli</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	Fósforo Total
			Classificação	Núm.*	Entre TEL e PEL	Acima de PEL						
6	Resev. Paraitinga	PATI 00700		1	D&F			-		-	-	
	Rio Pinheiros	PINH 04100		32	HPAs (7), Cd, Cu e Zn		-	-				
		PINH 04360	-	0			-	-	-			
		PINH 04500	-	0			-	-	-			
		PINH 04750	-	0			-	-	-			
		PINH 04790	-	0			-	-	-			
		PINH 04900		31	PCBs, HPAs (6), DDE, As, Cd, Cu, Pb, Hg	HPAs(5), Cr, Ni, Zn	-	-				

Núm. - Número de contaminantes analisados que possuem valores de referência para TEL e PEL

D&F - Dioxinas e Furanos; HPAs - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos; PCBs - Bifenilas Policloradas; Cd - Cádmio; Cu - Cobre; As - Arsênio; Pb - Chumbo; Hg - Mercúrio; Cr - Crômio; Ni - Níquel ; Zn - Zinco

QUALIDADE	ÓTIMA	BOA	REGULAR	RUIM	PÉSSIMA
SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS					
ICB					
ECOTOXICIDADE <i>H. azteca</i>		N.A.			
TOXICIDADE <i>V. fischeri</i>	Não Tóxica	N.A.	Moderada	Tóxica	Muito tóxica
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100g)	até 10 <sup>3</sup>	> 10 <sup>3</sup> até 10 <sup>4</sup>	> 10 <sup>4</sup> até 10 <sup>5</sup>	> 10 <sup>5</sup> até 10 <sup>6</sup>	> 10 <sup>6</sup>
<i>Clostridium perfringens</i> (NMP/100g)	até 10 <sup>4</sup>	> 10 <sup>4</sup> até 10 <sup>5</sup>	> 10 <sup>5</sup> até 10 <sup>6</sup>	> 10 <sup>6</sup> até 10 <sup>7</sup>	> 10 <sup>7</sup>
Fósforo Total (mg/kg)	N.A.	até 750	N.A.	> 750 até 1.500	> 1.500

N.A – não aplicável

As concentrações dos contaminantes orgânicos e inorgânicos foram comparadas com os limites em que há baixa (TEL) e alta (PEL) probabilidade de ocorrência de efeitos adversos à biota aquática, o que permite a classificação dos sedimentos em cinco categorias ([Apêndice E](#)).

Alguns elementos em concentrações iguais ou acima de TEL ou PEL podem ser de origem natural, podendo mesmo assim causar efeito em ensaios de laboratório e na biota local. Os elementos metálicos, por exemplo, são constituintes naturais dos solos e sedimentos, sendo necessário distinguir as concentrações consideradas naturais, ou litológicas, das concentrações indicativas de interferência antrópica, que contribuem para o incremento não natural de um determinado metal no ambiente. As concentrações naturais, ou litológicas, dos elementos, estão relacionadas às características geológicas da bacia de drenagem enquanto que as concentrações antrópicas

podem estar relacionadas ao uso e ocupação do solo da bacia, tais como atividades industriais, agrícolas, de mineração e de intensificação da erosão do solo, provocada pela má conservação das matas ciliares.

A Tabela 8.2 apresenta o quantitativo de elementos metálicos em concentrações iguais ou acima dos critérios de TEL e PEL e em quantos pontos tais elementos foram quantificados.

**Tabela 8.2** – Quantidade de pontos com elementos em concentrações iguais ou acima dos critérios de TEL e PEL

Variável	≥ TEL e < PEL	≥ PEL	Origem antrópica
Arsênio	1	0	1 (PINH04900)
Cádmio	2	0	2 (PINH04100 e PINH04900)
Chumbo	1	0	1 (PINH 04100)
Cobre	2	0	2 (PINH04100 e PINH04900)
Crômio	0	1	1 (PINH 04900)
Merúrio	1	0	1 (PINH 04900)
Níquel	0	1	1 (PINH 04900)
Zinco	1	1	2 (PINH04100 e PINHO 4900)

Com relação a esses elementos, cabe destacar que no reservatório Paraitinga, apenas o mercúrio (Hg) foi analisado no sedimento, sendo encontrado em concentração abaixo de TEL, portanto, com baixa probabilidade de ocasionar efeitos adversos na biota aquática. Já no rio Pinheiros, os elementos Cádmio (Cd), Cobre(Cu) e Zinco (Zn) foram os mais frequentemente detectados no sedimento, seguido pelo Mercúrio (Hg), Níquel (Ni) e Arsênio (As). Dentre os elementos detectados em maiores concentrações, acima de PEL, destacaram-se o Crômio (Cr), Níquel (Ni) e o Zinco (Zn), nas amostras coletadas no ponto PINH 04900, localizado próximo à sua foz no Rio Tietê, na Estrutura de Retiro, aonde tende a se concentrar a carga poluidora lançada na bacia. Devido ao histórico do uso e ocupação do solo na bacia do rio Pinheiros, é provável que a presença destes elementos nos sedimentos seja predominantemente de origem industrial.

Os resultados para análise das frações granulométricas mostraram a predominância das frações de silte e argila nos sedimentos da região profunda do reservatório do Paraitinga e no ponto PINH 04900, localizado próximo à foz do rio Pinheiros. Destaca-se que as maiores frequências e concentrações de metais foram quantificadas no sedimento desse ponto. A fração arenosa predominou no sedimento dos demais pontos no rio Pinheiros e na região sublitoral do reservatório do Paraitinga.

Os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) foram quantificados no sedimento do rio Pinheiros. Dentre os HPAs, foram detectados em concentrações entre os níveis TEL e PEL nos dois pontos analisados (PINH 04100 e PINH 04900): 2-Metil-Naftaleno, Acenafteno, Acenaftileno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Criseno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Pireno. Já os seguintes HPAs quantificados acima de PEL, foram detectados apenas no ponto PINH 04900: Acenafteno, Antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno e Naftaleno. Esses HPAs normalmente atingem os corpos d'água por escoamento superficial, lançamento de efluentes líquidos ou a partir da deposição atmosférica.

Dentre os pesticidas, apenas o DDE foi quantificado em concentração entre TEL e PEL, no sedimento coletado do ponto PINH 04900. O DDE é produto de degradação do DDT, cujo uso está proibido no Brasil.

Os congêneres das Bifenilas Policloradas (PCBs) foram monitorados no sedimento do rio Pinheiros e do reservatório Paraitinga. Para efeito de comparação com níveis que podem ocasionar efeitos deletérios na biota aquática, adota-se os PCBs totais que é o resultado do somatório dos congêneres 101, 118, 138, 153, 180, 28 e 52. O valor de TEL para PCBs Totais no sedimento foi ultrapassado apenas no ponto PINH 04900, no rio Pinheiros. No reservatório Paraitinga, o somatório dos PCBs totais ficou abaixo de TEL.

Já as Dioxinas e Furanos foram monitoradas apenas nos sedimentos do reservatório Paraitinga, sendo que o somatório dos TEQ (*Toxic Equivalent Factor* = Fator de Equivalência Toxicológica) de seus congêneres quantificados superaram o limite de TEL.

No rio Pinheiros foi constatado enriquecimento orgânico associado à elevada concentração de Fósforo Total nas amostras de sedimentos coletadas de todos os pontos, cujas concentrações variaram entre 443 a 2.864 mg kg<sup>-1</sup>, sendo as maiores concentrações quantificadas no ponto PINH 04500, sob a ponte Ari Torres (1990 mg kg<sup>-1</sup>), e no ponto PINH 04900, próximo a confluência com o rio Tietê (2.864 mg kg<sup>-1</sup>). A origem desse elemento está associada à carga orgânica remanescente tanto de fontes difusas (e.g. ocupações irregulares) quanto pontuais (lançamento de efluentes domésticos e industriais).

## RESERVATÓRIO PARAITINGA

O reservatório Paraitinga (UGRHI 6) foi classificado como Eutrófico pelo IET e a carga orgânica mostrou ser seu principal problema ambiental, já que nenhum contaminante medido na água superficial foi observado em concentrações que superassem os limites estabelecidos para a Classe 1 da Resolução CONAMA nº357/2005 além do que não foi observada toxicidade no ensaio com o organismo planctônico *Ceriodaphnia dubia*. Suas comunidades aquáticas, fito e zooplancônicas e bentônica sublitoral mostraram-se alteradas e indicaram qualidade ecológica Regular.

Seus sedimentos retrataram o acúmulo dessa carga orgânica pelos valores elevados de resíduos voláteis, sempre acima de 20%. Nesse compartimento, apenas Dioxinas e Furanos ocorreram em concentrações ligeiramente superiores a TEL, em que existe baixa probabilidade de ocorrer toxicidade à biota, conferindo-lhe Boa qualidade química. A ausência de toxicidade nos ensaios com os organismos bentônicos *Hyalella azteca* e *Chironomus sancti-caroli* e a Boa qualidade indicada pela comunidade bentônica da região profunda sugerem que esses compostos não estão biodisponíveis.

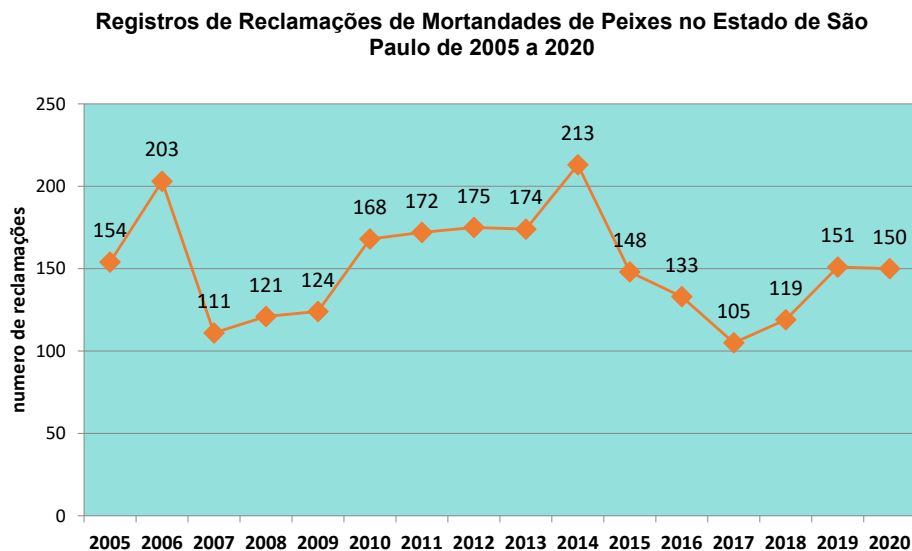
# 9 • Mortandades de Peixes

## 9.1 Registros de Mortandades de Peixes

Um evento de mortandade de peixes indica um ponto extremo de pressão no ambiente aquático, podendo incluir a morte de diversas espécies desse grupo, além de outros organismos. As mortandades estão normalmente associadas às alterações da qualidade da água, embora nem sempre seja possível identificar suas causas, e o seu registro consiste em um bom indicador da suscetibilidade do corpo hídrico em relação a fontes de poluição ou outros agentes estressores, nas respectivas UGRHs. A CETESB realiza atendimento a ocorrências de mortandades de peixes por meio da ação das Agências Ambientais distribuídas em diferentes municípios do estado e do Setor de Comunidades Aquáticas (ELHC) pertencente à Divisão de Análises Hidrobiológicas (ELH), lotado em São Paulo, na Sede.

O levantamento dos dados aqui apresentados foi baseado em registros de reclamações no Sistema de Informações sobre Fontes de Poluição (SIPOL), pelas Agências Ambientais da Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental da CETESB, no acionamento do Setor de Atendimento a Emergências da CETESB, nos atendimentos realizados pelo ELHC, além de pesquisas, para identificação de reportagens, seja na mídia eletrônica ou tradicional.

Dentre os acidentes ambientais relacionados à qualidade dos corpos d'água, foram registradas 150 ocorrências de mortandade de peixes e/ou outros organismos aquáticos em 2020 no estado de São Paulo, atendidas pela CETESB, Sede e Agências Ambientais. Houve um aumento de cerca de 43% em relação ao número de ocorrências a partir de 2017, mas se manteve praticamente estável em relação a 2019. Em relação ao ano de 2014, quando ocorreu um pico no número de ocorrências associado à crise hídrica, foi 29,5% menor. A evolução no número de atendimentos às reclamações de ocorrências de mortandades de peixes no período de 2005 a 2020 pode ser vista no Gráfico 9.1.

**Gráfico 9.1** – Evolução dos registros de Mortandades de Peixes de 2005 a 2020 no Estado de São Paulo

Levando-se em conta esse histórico, desde 2005, verifica-se que, após o pico de casos em 2014, auge da crise hídrica no estado, houve queda no número de registros de mortandades de peixes de modo semelhante ao registrado após 2006, ano que foi mais seco que a média dos dez anos anteriores.

A Tabela 9.1 apresenta o número de casos de mortandade de peixes atendidos pela CETESB em 2020 por UGRHI, segundo dados próprios. Como algumas ocorrências geram mais de um registro, as reclamações foram revistas sendo excluídos, na medida do possível, os registros relativos ao mesmo evento.

**Tabela 9.1** – Número de registros de reclamações de mortandade de peixes por UGRHI, no estado de São Paulo em 2020

UGRHI	Registros
UGRHI 01 – Mantiqueira	0
UGRHI 02 – Paraíba do Sul	2
UGRHI 03 – Litoral Norte	2
UGRHI 04 – Pardo	4
UGRHI 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiá	45
UGRHI 06 – Alto Tietê	7
UGRHI 07 – Baixada Santista	2
UGRHI 08 – Sapucaí/Grande	0
UGRHI 09 – Mogi-Guaçu	16
UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê	14
UGRHI 11 – Ribeira do Iguape/Litoral Sul	3
UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande	2
UGRHI 13 – Tietê/Jacaré	3
UGRHI 14 – Alto Paranapanema	15
UGRHI 15 – Turvo/Grande	5
UGRHI 16 – Tietê/Batalha	14
UGRHI 17 – Médio Paranapanema	4
UGRHI 18 – São José dos Dourados	0



UGRHI	Registros
UGRHI 19 – Baixo Tietê	6
UGRHI 20 – Aguapeí	2
UGRHI 21 – Peixe	2
UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema	2

O número de ocorrências por UGRHI ao longo do ano de 2020 está discriminado no [Apêndice R](#), assim como o registro dos atendimentos feitos pelas Agências Ambientais e/ou Setor de Comunidades Aquáticas.

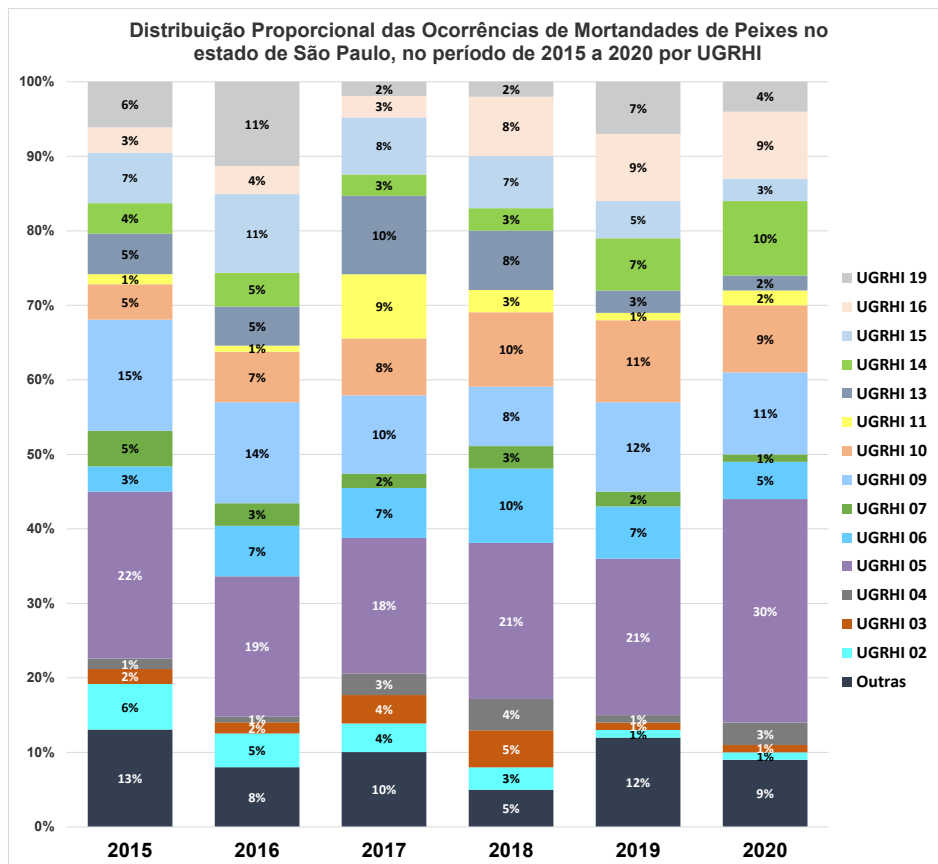
## 9.2 Ocorrências nas UGRHIs

Entre os atendimentos realizados pela CETESB em 2020, seis UGRHIs concentraram 75% dos registros, enquanto as outras treze UGRHIs foram responsáveis pelos demais 25% das ocorrências reportadas. As UGRHIs 1 - Mantiqueira, 08 - Sapucaí/Grande e 18 - São José dos Dourados não apresentaram registro de mortandade de peixes no ano de 2020.

Em 2020, assim como em anos anteriores, a UGRHI 5 - Piracicaba/Capivari/Jundiaí, teve a maior proporção de casos registrados (30%) no Estado, seguida pelas UGRHIs 09 - Mogi-Guaçu e 14 - Alto Paranapanema, que responderam respectivamente por 11% e 10% dos registros de mortandades em São Paulo. As UGRHIs 10 - Sorocaba/ Médio Tietê e 16 - Tietê/Batalha, cada uma com 9% das ocorrências registradas no Estado, foram a terceira maior taxa de registros em São Paulo.

Em sexto lugar, em número de ocorrências no estado de São Paulo ficou a UGRHI 6 - Alto Tietê, respondendo por 5% dos registros de ocorrências no estado.

O Gráfico 9.2 apresenta a distribuição proporcional das ocorrências no estado de São Paulo, no período de 2015 a 2020 por UGRHI. As UGRHIs destacadas apresentaram, em pelo menos uma ocasião, 5% ou mais dos eventos anuais registrados para o período selecionado.

**Gráfico 9.2** – Distribuição proporcional das ocorrências de mortandades de peixes no estado de São Paulo, por UGRHI de 2015 a 2020

## 9.2 Tendência nas UGRHIs

Considerando o número de ocorrências por UGRHI, em relação ao número total de mortandades de peixes no estado, foi feita uma avaliação do comportamento de cada UGRHI entre 2015 e 2020 a fim de verificar a existência de tendência histórica de piora ou melhora ao longo desse período.

Algumas UGRHIs apresentaram cenários de tendência de melhora após a análise dos registros de ocorrências. A UGRHI 2 – Paraíba do Sul tem apresentado queda no número de registros de mortandades de peixes há alguns anos, diminuindo também a participação relativa dessa UGRHI no total de casos do estado, tendo sido registrados apenas 2 casos em 2020.

As UGRHIs 7 – Baixada Santista e 15 – Turvo Grande também apresentaram tendência de queda no número de registros de ocorrências de mortandades de peixes e na participação relativa dessas UGRHIs em relação ao total verificado no estado.




Três UGRHIs apresentaram aumento tanto no número total de ocorrências como nas suas representações em relação ao número total de ocorrências do estado: UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê,

UGRHI 14 – Alto Paranapanema e UGRHI 16 – Tietê/Batalha, indicando cenário de tendência de piora no período de 2015 a 2020.

O Quadro 9.1 a seguir apresenta esquematicamente a tendência de melhora, piora ou estabilidade por UGRHI.

**Quadro 9.1** – Tendência estatística de melhora ou piora em relação ao número de registros de mortandades de peixes apresentada pelas UGRHIs no período de 2014 a 2019

UGRHI	Tendência
	2015 a 2020
UGRHI 01 – Mantiqueira	→
UGRHI 02 – Paraíba do Sul	↑
UGRHI 03 – Litoral norte	→
UGRHI 04 – Pardo	→
UGRHI 05 - Piracicaba, Capivari e Jundiá	→
UGRHI 06 – Alto Tietê	→
UGRHI 07 – Baixada Santista	↑
UGRHI 08 – Sapucaí/Grande	→
UGRHI 09 – Mogi-Guaçu	→
UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê	↓
UGRHI 11 – Ribeira do Iguape/Litoral Sul	→
UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande	→
UGRHI 13 – Tietê/Jacaré	→
UGRHI 14 – Alto Paranapanema	↓
UGRHI 15 – Turvo/Grande	↑
UGRHI 16 – Tietê/Batalha	↓
UGRHI 17 – Médio Paranapanema	→
UGRHI 18 – São José dos Dourados	→
UGRHI 19 – Baixo Tietê	→
UGRHI 20 – Aguapeí	→
UGRHI 21 – Peixe	→
UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema	→

-  - piora – tendência de aumento no número de ocorrências  
 - melhora – tendência de diminuição no número de ocorrências  
 - estável – não há alteração sensível

## 9.4 Atendimentos pelo Setor de Comunidades Aquáticas e Agências Ambientais

O Setor de Comunidades Aquáticas da CETESB tem a atribuição de dar suporte às Agências Ambientais no atendimento aos episódios de mortandade de peixes. Alguns eventos foram atendidos por consulta telefônica e encaminhados à Agência Ambiental competente, enquanto outros tiveram acompanhamento remoto,

ou presença de uma equipe do Setor diretamente no local, quando foi possível pela localização e rapidez na comunicação do evento. O Quadro 9.2 destaca alguns dos eventos de mortandade de peixes atendidos pelas Agências Ambientais da CETESB e pelo Setor de Comunidades Aquáticas durante o ano de 2020. No [Apêndice R](#) podem ser consultados todos os eventos de 2020.

**Quadro 9.2**– Atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes, realizados em 2020 pela CETESB

Dia	UGRHI	LOCAL	ORGANISMO	MOTIVO	Município. Atendimento	
9/1	10	Ribeirão do Colégio	Não especificado	Contaminação por vazamento de produto químico	Araçariguama. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Itu (CJI)	Janeiro
9/1	17	Açude da Fazenda Paineiras	Não especificado	Contaminação por esgoto devido a rompimento em um ponto da rede da SABESP	Lupércio. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Avaré (CMA)	
28/1	14	Ribeirão Vermelho do Sul	Não especificado	Contaminação em decorrência de lavagem de pulverizador diretamente no rio	Riversul. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Capão Bonito (CMC)	
29/1	14	Lagoa Paulina de Moraes	Carás, lambaris, tilápias	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na e assoreamento do lago	Taquarivaí. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Capão Bonito (CMC)	
14/2	14	Rio Taquari	Não especificado	Contaminação do rio devido a vazamento de soda cáustica da International Paper do Brasil Ltda	Nova Campina. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Capão Bonito (CMC)	Fevereiro
27/2	16	Represa Promissão, Prainha de Sabino	Carás, tilápias, lambaris	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água associada a floração de cianobactérias e eutrofização da represa	Sabino. Atendimento realizado pela Prefeitura Municipal de Sabino	
27/2	5	Córrego do Pombal	Não especificado	Contaminação por águas residuárias de suninocultura	Monte Mor. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Campinas (CJC)	
12/3	4	Lago do Parque Ecológico de Cravinhos	Tilápias	Rebaixamento no nível do lago devido à falha de equipamento	Cravinhos. Atendimento realizado pela Prefeitura Municipal de Cravinhos	Março
27/3	5	Rio Piracicaba	Cascudos, tilápias, mandis	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água	Piracicaba. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Piracicaba (CJP)	
13/4	5	Lagoa do Sítio Boa Esperança	Não especificado	Queda na concentração de oxigênio dissolvido devido à contaminação por esgoto <i>in natura</i>	Paulínia. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Paulínia (CJU)	Abril
4/5	17	Afluente do Córrego Água Limpa	Não especificado	Contaminação por efluente de empresa de fabricação de farinha de mandioca	Lupércio. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Marília (CFM)	Maio
12/5	19	Córrego do Baixote	Não especificado	Contaminação por esgoto devido a vazamento da ETE de Birigui	Birigui. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Araçatuba (CFU)	
9/6	5	Barramento do rio Camanducaia Mirim no Condomínio Lago da Barra	Tucunarés, tilápias	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água devido a floração de algas/cianobactérias e eutrofização do barramento	Jaguariúna. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Paulínia (CJU) com suporte técnico do ELH	Junho
30/6	14	Açude e córrego entre os bairros Fundão e Soares	Não especificado	Contaminação devido a vazamento de parte das águas de resfriamento, pertencentes ao sistema de tratamento de efluentes, para o sistema de drenagem de águas pluviais da empresa Pinus Brasil	Buri. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Capão Bonito (CMC) que aplicou AIIPM de 200 UFESP à empresa	

**Quadro 9.2**– Atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes, realizados em 2020 pela CETESB (continua)

Dia	UGRHI	LOCAL	ORGANISMO	MOTIVO	Município. Atendimento	
3/7	5	Lagoas formadas pelo barramento do Córrego Santa Angélica	Não especificado	Contaminação por efluentes líquidos industriais da Brand Têxtil	Americana. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Americana (CJA) que aplicou AIIPA	Julho
28/7	16	Ribeirão Campestre	Tilápias, lambaris	Provável queda de oxigênio dissolvido na água do ribeirão	Lins. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Marília (CFM)	
2/8	6	Reservatório Guarapiranga	Sardinhas (manjubas) de água doce	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água associada a floração de cianobactérias e eutrofização do reservatório com possível ação de algicidas	São Paulo. Atendimento realizado pelo Setor de Comunidades Aquáticas (ELHC) e Divisão de Amostragem (ELC)	Agosto
19/8	9	Rio Mogi Guaçu	Mandis	Queda na concentração de oxigênio dissolvido após chuvas e ressuspensão do sedimento do ribeirão Arari, carreados para o rio Mogi Guaçu	Mogi Guaçu. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Mogi Guaçu (CGG)	
8/9	16	Ribeirão dos Porcos	Não especificado	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água em decorrência de problemas na ETE de Taquaritinga	Taquaritinga. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Jaboticabal (CGJ)	Setembro
28/9	5	Rio Jundiá	Não especificado	Contaminação em decorrência de vazamento quatro mil litros de aerossol	Campo Limpo Paulista. Atendimento pela Agência Ambiental de Jundiá (CJJ)	
1/10	5	Rio Jundiá	Tilápias, bagres	Contaminação por esgoto em decorrência de vazamento na elevatória próxima ao córrego Caxambu	Jundiá. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Jundiá (CJJ)	Outubro
12/10	10	Rio Sarapuí	Tilápias, corimbas	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água do rio em decorrência de lançamento de esgoto sanitário pela ETE da Penitenciária de Iperó	Iperó. Atendimento realizado pelas Agências Ambientais de Itu (CJI) e Sorocaba (CJD). Aplicação de AIIPM à Secretaria de Administração Penitenciária do Estado de São Paulo no valor de R\$ 300.000,00	
25/10	5	Rio Corumbataí, confluência com o córrego Tamandupá	Lambaris, corimbas, dourados, bagres	Contaminação em decorrência de extravasamento de vinhaça, a partir de válvula à margem esquerda do Rio Corumbataí, com escoamento da mesma em solo atingindo o Córrego Tamandupá	Piracicaba. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Americana (CJA)	
26/10	11	Ribeirão da Barra	Cascudos., traíras, carás	Contaminação por hipoclorito de sódio em decorrência de vazamento no tanque e problemas estruturais da bacia de contenção existente sob o tanque	Barra do Chapéu. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Capão Bonito (CMC). Aplicação de AIIPM à SABESP de 2.000 UFESP	
29/11	19	Lagoas à beira da Rodovia Marechal Rondon	Cascudos, tilápias	Esvaziamento das lagoas em decorrência da falta de chuva	Guaraçai. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Dracena (CFD)	

**Quadro 9.2**– Atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes, realizados em 2020 pela CETESB (conclusão)

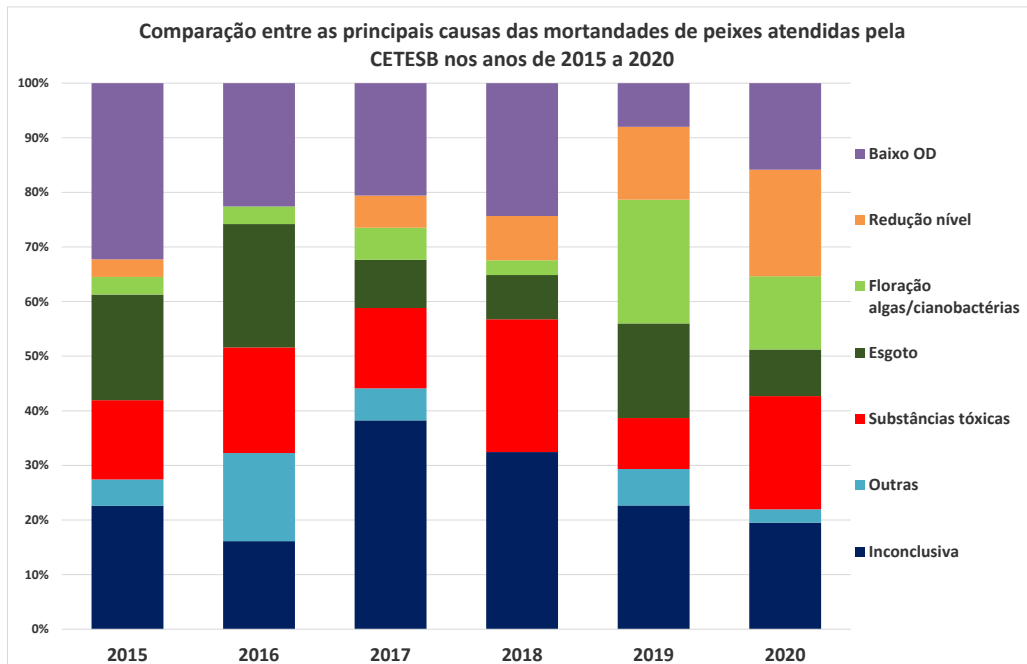
Dia	UGRHI	LOCAL	ORGANISMO	MOTIVO	Município. Atendimento	
1/12	21	Rio do Peixe	Bagres, cascudos, lambaris	Contaminação em decorrência de vazamento da válvula danificada da Bomba de recalque com águas de lavagem da Usina e também com vinhaça	Borá. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Marília (CFM) com aplicação de AIIPM no valor de 9.000 UFESPs	Dezembro
8/12	6	Reservatório Guarapiranga	Sardinhas (manjubas) de água doce	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água associada a floração de cianobactérias e eutrofização do reservatório com possível ação de algicidas	São Paulo. Atendimento realizado pelo Setor de Comunidades Aquáticas (ELHC) e Divisão de Amostragem (ELC)	
9/12	14	Lago Parque Municipal de Ipaussu	Tilápias	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água em decorrência do assoreamento e eutrofização do lago	Ipaussu. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Assis (CFS)	

## 9.5 Causas das Mortandades de peixes

Aproximadamente 80% das ocorrências atendidas pela CETESB em 2020 puderam ser esclarecidas, porcentagem próxima à registrada em 2019. A proporção entre as principais causas de mortandades no período de 2015 a 2020 pode ser observada no Gráfico 9.3.

Os registros decorrentes de baixa concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água, incluindo os de baixas vazões de rios, representaram a maior parcela dos atendimentos em 2020 (36%), mas considerando o baixo OD e outras causas concomitantes, como contaminação por substâncias tóxicas e esgoto, além da eutrofização, esse valor sobe para 63% (Gráfico 9.4). As ocorrências decorrentes de contaminação por substâncias tóxicas apresentaram uma frequência bastante alta em 2020, sendo a causa de 20% dos registros de atendimento a mortandades de peixes no estado de São Paulo. As mortandades resultantes da contaminação por esgotos domésticos representaram aproximadamente 9% dos atendimentos, enquanto as ocorrências resultantes de florações de algas ou cianobactérias potencialmente tóxicas responderam por 14% dos atendimentos. Foram chamadas de “outras”, causas de ocorrências de mortandade de peixes diferentes das que constam no gráfico, sendo que essas representaram 2% dos atendimentos realizados.

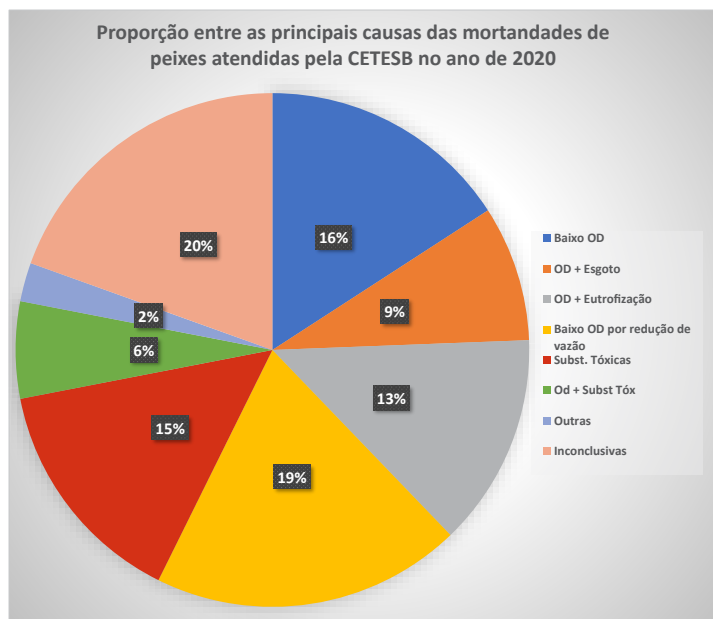
**Gráfico 9.3** – Proporção entre as principais causas das ocorrências de mortandade de peixes atendidas pela CETESB no período de 2015 a 2020



Conforme já discutido, alguns eventos de mortandade de peixes podem ser decorrentes de uma combinação de fatores, como baixo OD devido à contaminação por esgoto, de eutrofização do corpo d'água com a ocorrência de floração de cianobactérias, ou de queda no nível da água por redução na vazão, fatos que aconteceram em 2020 em várias ocasiões.

Um detalhamento das causas das mortandades de peixes em 2020 pode ser visto no Gráfico 9.4.



**Gráfico 9.4** – Detalhamento das causas das mortandades de peixes no estado de São Paulo em 2020

A morte de peixes devido à baixa concentração de oxigênio dissolvido na água foi a principal razão de morte de peixes em 2020, sendo que a queda na concentração de oxigênio dissolvido (OD) devido à diminuição de vazão ou eventualmente esvaziamento de corpos d'água foi uma das causas mais frequentes de morte de peixes entre os atendimentos registrados. Nesses casos, além da queda de OD, a redução no nível do corpo d'água pode causar também a concentração de compostos eventualmente presentes no local e facilita a ressuspensão de sedimentos. Em outros casos a causa foi a eutrofização, no entanto, em parte dos atendimentos (16%) não foi possível identificar o gatilho causador da queda concentração de oxigênio dissolvido na água.

A eutrofização dos corpos d'água, com floração de cianobactérias, tóxicas ou não, também foi uma causa frequente de morte de peixes em 2020. A morte dos organismos ocorre tendo em vista que, em um ambiente onde se constata grande quantidade de microalgas, geralmente, no período diurno são registrados valores muito elevados de oxigênio dissolvido e no período noturno o inverso, ou seja, queda abrupta na concentração de oxigênio dissolvido. Essas florações podem prejudicar a qualidade da água tanto para o abastecimento, requerendo ajustes nos processos de tratamento de água, como também para a preservação da vida aquática, pois podem contribuir para a morte de organismos no local.

A queda de OD e a contaminação por efluentes com alta carga orgânica, como contribuições pontuais de esgotos (doméstico ou industrial) e algumas cargas difusas, também são indissociáveis, já que esse tipo de poluente leva ao consumo do oxigênio disponível no local, mas também pode ter ação tóxica.

A contaminação por substâncias tóxicas foi causada por vazamentos de diversos tipos de contaminantes e por falhas em equipamentos. Não foi verificada em 2020 a predominância de acidentes rodoviários, como em anos anteriores, embora tenha havido descarte ilegal em estrada.

Vale destacar que muitos dos atendimentos feitos pelas Agências Ambientais da CETESB se estenderam por vários dias, envolvendo diversos agentes devido à dimensão do problema e das áreas atingidas. Um exemplo são as ocorrências de mortandade de peixes no rio Tietê e afluentes em outubro, que abrangeram

municípios das UGRHIs 5 e 10 e estiveram ligadas ao baixo nível do rio Tietê, do córrego Guaraú (UGRHI 5) e dos rios Sorocaba e Sarapuí (UGRHI10). Nessas UGRHIs as chuvas anuais foram entre 10 e 20% menores que a média histórica, mas em setembro e outubro foram menos da metade do esperado para o período.

Os atendimentos realizados pela CETESB – Sede e Agências Ambientais ocorreram ao longo de todo o ano de 2020, com 44% dos atendimentos no período seco (de abril a setembro) e 56% no período chuvoso (de janeiro a março e de outubro a dezembro), com destaque para os meses de setembro e outubro que foram meses com baixo índice de precipitação.

A investigação de uma mortandade de peixes pode começar durante atividades rotineiras desenvolvidas pela CETESB, ou por denúncia da população, sendo crucial a comunicação imediata de eventos de mortandade de peixes, para que seja possível a determinação das causas. Os atendimentos registrados em 2020 refletiram muitos dos chamados de emergências recebidos em casos de acidentes com substâncias tóxicas, cuja investigação conta com o apoio e parceria da população no empenho em comunicar ocorrências.



## 10 • Conclusões

Em 2020, a partir do primeiro trimestre, o monitoramento da qualidade da água pela Rede Básica da CETESB foi afetado pela pandemia de COVID-19, o que impôs adequações no número de pontos e na frequência de coleta, sendo priorizados pontos localizados nos principais corpos hídricos do estado, nas principais captações e nos trechos mais impactados pelo lançamento de fontes poluidoras. Com base nesses critérios, foi estabelecida uma Rede Mínima, a qual foi iniciada em junho com 104 pontos e, ao longo do ano, foram acrescentados gradualmente outros pontos da Rede Básica. Para fins de contabilização dos pontos monitorados, foram considerados os pontos que tiveram pelo menos três campanhas de amostragem nas quais todas as variáveis que compõem o IQA foram analisadas, totalizando 230 pontos dos 514 previstos.

A qualidade das águas, avaliada pelo IQA, considerando um universo menor de pontos em 2020, teve uma pequena piora em relação aos quatro últimos anos, se assemelhando ao ano de 2015, somando 79% dos pontos classificados nas condições Ótima, Boa e Regular.

Do ponto de vista hidrológico, as chuvas no estado, em 2020, atingiram um acumulado de 1.246 mm, ou seja, cerca de 12% inferior à média geral dos 24 anos anteriores, assim como em 2019. Das 22 UGRHIs, 18 apresentaram volumes anuais de chuva inferiores às respectivas médias históricas, destacando-se os déficits de 22% na bacia do rio Paranapanema (UGRHI 14), de 33% na bacia do rio São José dos Dourados (UGRHI 18) e de 24% na bacia do Baixo Tietê (UGRHI 19). O período seco registrou 35% menos precipitação que a média histórica. Os meses de outubro e novembro, que correspondem ao início da estação chuvosa, foram mais secos que a média histórica, registrando 31% menos precipitação, resultando em um cenário de baixa disponibilidade hídrica em muitas bacias do estado.

O índice de tratamento de esgotos domésticos no Estado de São Paulo, em 2020, atingiu 65%, o maior patamar dos últimos 5 anos. Ainda em 2020, entraram em operação sistemas de tratamento de esgotos nos municípios de Serrana (UGRHI 4), Rafard (UGRHI 5), Ibitinga e Itapuí (UGRHI 13). Destacam-se ainda os municípios de Lavrinhas (UGRHI 2), Capivari, Rio Claro, Mombuca e Piracicaba (UGRHI 5), São Paulo (UGRHI 6), Guairá (UGRHI 8), Águas da Prata e Santa Rita do Passa Quatro (UGRHI 9), Cesário Lange (UGRHI 10), Tapiraí (UGRHI 11), Ibirá (UGRHI 16) e São Pedro do Turvo (UGRHI 17) com ampliações nos sistemas de tratamento ou melhorias na eficiência das ETEs que permitiram um aumento dos esgotos tratados nesses municípios.

Nas UGRHIs 5 (Piracicaba/Capivari/Jundiaí) e 6 (Alto Tietê), que são as mais urbanizadas do estado, os esgotos domésticos não tratados ainda representam uma contribuição significativa para a degradação dos corpos hídricos. A UGRHI 6, onde se encontra a Região Metropolitana de São Paulo, é responsável por mais da metade de toda a carga orgânica remanescente do estado. Em 2020, catorze UGRHIs, que concentram uma população de quase 17 milhões de pessoas, mantiveram uma nota de ICTEM superior a 7, com destaque para as UGRHIs 15 – Turvo Grande, 18 – São José dos Dourados e 22 – Pontal do Paranapanema, que quase atingiram a nota máxima, com índices de coleta e tratamento de esgotos superiores a 90%. A UGRHI 21 – Peixe, apresentou o menor ICTEM do estado.

Embora a maioria dos rios no estado tenha apresentado qualidade Boa, existem rios com qualidade Ruim e Péssima, de acordo com o IQA. Tal classificação foi influenciada pela baixa capacidade de diluição desses corpos hídricos e pela elevada carga orgânica remanescente decorrente principalmente da presença de esgotos domésticos, podendo incluir como fontes os lançamentos indevidos de esgotos no sistema de drenagem urbana, além dos sistemas de coleta e disposição de resíduos sólidos, os quais se constituem em fontes de poluição difusa de difícil quantificação. Nessas categorias foram classificados 26% dos pontos. Apesar da maior parte desses estarem enquadrados na Classe 4, destacam-se alguns formadores das represas Billings e Guarapiranga, enquadrados nas Classes Especial ou 2, cujas águas são diluídas em reservatórios destinados ao abastecimento público.

Em relação ao rio Tietê, apesar da classificação predominantemente Ruim, a qualidade da água em 2020 manteve a melhora observada a partir do ano anterior, com IQA acima da média histórica no trecho que atravessa a Região Metropolitana de São Paulo até Pirapora do Bom Jesus, onde se localiza o exutório da bacia do Alto Tietê. Cabe ressaltar que, ainda nesse ano, verificou-se uma diminuição da carga média de Carbono Orgânico Total no trecho em Pirapora, que chegou a ser cerca de 50% menor quando comparada ao ano de 2015. Conseqüentemente, a carga orgânica exportada para a bacia do médio Tietê é a menor dos últimos cinco anos, o que é um reflexo de melhorias na infraestrutura de saneamento da RMSP, a exemplo do Programa Novo Rio Pinheiros e do Projeto Rio Tietê, os quais contribuem de forma significativa para reduzir a carga orgânica que aporta na bacia de drenagem desse rio.

No rio Pinheiros, um os principais afluentes do rio Tietê e alvo do Programa Novo Rio Pinheiros do governo do Estado, a qualidade da água em 2020 manteve a classificação do IQA semelhante a 2019, porém destaca-se o aumento nos níveis de Oxigênio Dissolvido no trecho superior e queda nas concentrações de matéria orgânica em todos os pontos monitorados na calha desse rio, indicando uma ligeira recuperação da qualidade das suas águas, possivelmente associada com a ampliação da infraestrutura de saneamento em algumas das suas sub-bacias. Os resultados para avaliação dos sedimentos, no trecho específico próximo à sua foz no rio Tietê, indicaram a presença de fósforo total, além dos metais crômio (Cr), níquel (Ni) e o zinco (Zn) e de alguns hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). A presença desses contaminantes está associada ao uso pretérito do solo na bacia de drenagem desse rio, aonde predominava a atividade industrial.

O monitoramento de metais na água constatou, em 2020, semelhante aos anos anteriores, uma baixa porcentagem de resultados desconformes para os metais Níquel, Zinco, Cádmiio, Chumbo, Cromo, Cobre Dissolvido e Mercúrio, associados intrinsecamente aos lançamentos de efluentes industriais (abaixo de 2% do total de amostras analisadas), refletindo o controle das fontes industriais no estado. Ressaltam-se as desconformidades registradas para o Cobre Dissolvido no reservatório Guarapiranga, associadas, possivelmente, à aplicação do algicida Sulfato de Cobre para controle das florações de cianobactérias.

De um modo geral, as maiores porcentagens de não atendimento aos padrões da Classe 2, que representam mais de 60% dos pontos monitorados, referem-se às variáveis sanitárias (*E. coli*, DBO, Fósforo Total e Oxigênio Dissolvido), aos metais (Ferro Dissolvido, Alumínio Dissolvido e Manganês Total) e ao Número de Células de Cianobactérias. Dos corpos de água enquadrados na Classe Especial, que representam 12% dos pontos monitorados, destacam-se indicadores da presença de esgoto nos formadores da represa Guarapiranga e o Número de Células de Cianobactérias em reservatórios da RMSP. Já os pontos localizados em trechos de rios enquadrados na Classe 3, que representam 6% dos pontos monitorados, apresentaram baixas porcentagens

de atendimentos para as variáveis *E. coli* e Fósforo Total. Finalmente, dos pontos enquadrados na Classe 4, que representam cerca de 20% dos pontos monitorados, cerca de 60% das amostras atenderam ao padrão para Oxigênio Dissolvido, que é de 2 mg L<sup>-1</sup>. Esses resultados indicam que a universalização do tratamento dos esgotos domésticos e medidas de controle de fontes de fósforo devem ter continuidade para a melhoria da condição de qualidade da água dos corpos hídricos do estado.

A vigilância ambiental de SARS-CoV-2 em águas superficiais, em pontos de rios que representam as áreas de drenagem dos esgotos da bacia do Alto Tietê, possibilitou a avaliação abrangente da ocorrência da COVID-19 na população da Região Metropolitana de São Paulo, sendo possível observar uma tendência que acompanha as flutuações nos números de casos dessa doença. Essa é uma ferramenta sensível e informativa que pode auxiliar na adoção e avaliação da eficácia de medidas de contenção da pandemia da COVID-19, e até mesmo ser empregado como um sistema de alerta quanto ao reaparecimento da doença em uma região.

O Índice de qualidade da água bruta com vistas ao abastecimento público (IAP), que avalia a qualidade da água bruta de mananciais, teve 66% dos pontos avaliados classificados nas categorias Ótima, Boa e Regular, semelhante a 2019, que é um patamar abaixo daquele verificado entre 2015 e 2018, na faixa de 75%. Assim como em 2019, foram realizadas mais amostragens no período chuvoso que no seco. Esses resultados confirmam o papel negativo da carga difusa na qualidade da água para o abastecimento público, com aumento da quantidade de matéria orgânica na estação chuvosa. O Número de Células de Cianobactérias também influenciou negativamente os resultados do IAP, principalmente em reservatórios.

Ainda em relação à qualidade dos mananciais superficiais, avaliou-se a presença dos protozoários *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp., em 15 pontos de captação, onde as médias geométricas anuais de *Escherichia coli* foram superiores ou iguais a 1.000 UFC 100 mL<sup>-1</sup>, nos dois anos anteriores. Das 38 amostras analisadas, 60,5% foram positivas somente para *Giardia* spp, sendo que para ambos os protozoários foi observada positividade de 13,2%. Para o *Cryptosporidium* spp., todos os pontos, na média, atenderam ao critério estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5 MS-GM/2017 do Ministério da Saúde vigente em 2020 para mananciais de captação de água (< 3 oocistos L<sup>-1</sup>). No entanto, os resultados encontrados na maioria das captações requerem que os sistemas produtores garantam a eficiência na remoção desses patógenos. Esses resultados evidenciam a necessidade de maior interatividade entre os setores envolvidos, visando intensificar a proteção dos mananciais.

No caso do Índice de Proteção da Vida Aquática – IVA, o cálculo só pôde ser realizado nas campanhas do primeiro trimestre de 2020. Mesmo assim, constatou-se que o grau de trofia continua sendo o maior fator de comprometimento da qualidade dos corpos hídricos, seguido pelo Oxigênio Dissolvido e Toxicidade, que juntos representam 89% dos fatores que resultaram em classificações Ruim e Péssima.

Embora enquadrados na Classe 4, os seguintes pontos não apresentaram efeito adverso à vida aquática: Ribeirão Vermelho (VEME 04250), Córrego Piedade (IADE 04500), Ribeirão Vai e Vem (VVEM 04700), Rio Santo Anastácio (STAN 04300 e STAN 04400), Córrego da Boa Esperança (BESP 04900), Ribeirão dos Bagres (BAGR 04020 e BAGR 04500), Ribeirão do Marinheirinho (MARI 04250) e Ribeirão São Domingos (SDOM 04300).

Na avaliação das condições tróficas, segundo o IET, a maioria dos corpos de água se encontra com baixa e média trofia (63%). Daqueles considerados eutrofizados, 21% se encontram nas categorias Super e Hipereutróficas, sendo a maior porcentagem registrada desde 2015. Dentre as UGRHIs do estado, os corpos de água da UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê exibiram as piores condições tróficas, incluindo trechos dos

rios Tietê e Sorocaba e os afluentes ribeirão Aveçuia e rios das Conchas e Pirajibu, que se encontram extremamente eutrofizados. Embora haja esforço em relação a ampliação do sistema de coleta e tratamento de esgotos domésticos no estado, um dos principais impactos para os corpos de água ainda está associado as emissões de fósforo oriundas dos lançamentos de efluentes domésticos. Cabe ressaltar que a expansão agrícola também tem contribuído para a eutrofização em algumas regiões do estado.

De modo geral, a comunidade fitoplanctônica tem correspondido ao processo de eutrofização. No Sistema Cantareira, os reservatórios vêm apresentando dominância de cianobactérias e elevadas densidades de organismos, com exceção do reservatório Águas Claras. Na Bacia do Alto Tietê, os reservatórios Billings e Guarapiranga continuam apresentando elevada densidade de organismos, sendo observada dominância de cianobactérias na Billings e no braço do rio Parelheiros (GUAR 00100), formador do reservatório Guarapiranga. Destaca-se uma piora na qualidade desse ponto em 2020, em relação aos últimos anos, quando vinha apresentando dominância de Clorófitas. No Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT), o destaque é para o reservatório Taiaçupeba, que apresentou dominância de cianobactérias na média anual. A Bacia do rio Tietê/Batalha (UGRHI 16) requer atenção, devido à dominância e elevadas densidades de cianobactérias registradas em todos os pontos.

Com relação ao ICF – Índice da Comunidade Fitoplanctônica, 50% dos pontos foram classificados nas categorias Regular, 39% foram classificados na categoria Boa e 11% na categoria Ruim, representando uma pequena piora em relação a 2019. Aproximadamente 45% dos pontos apresentaram, em ao menos uma amostragem, concentração de células de cianobactérias superior ao estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Alguns pontos localizados no Complexo Billings e reservatório de Promissão, também eutrofizados, apresentaram classificação anual Ruim para o ICF, principalmente, em razão da elevada densidade de organismos e dominância de cianobactérias. A microalga fitoplanctônica *Ceratium*, considerado um organismo exótico invasor, continua sendo observada em corpos d'água do estado.

Em relação a avaliação da qualidade dos sedimentos no reservatório Paraitinga, foram detectados Mercúrio e Dioxinas e Furanos em concentração que indicam baixa probabilidade de ocasionar efeitos adversos na biota aquática, ausência de toxicidade e Boa qualidade indicada pela comunidade bentônica, sendo o acúmulo de carga orgânica a principal alteração ambiental dos sedimentos neste reservatório.

Em 2020, verificaram-se 150 registros de mortandades de peixes no estado de São Paulo. As bacias dos rios Piracicaba-Jundiá-Capivari (UGRHI 5), Mogi-Guaçu (UGRHI 9), Alto Paranapanema (UGRHI 14), Tietê/Batalha (UGRHI 16) e Sorocaba/Médio Tietê (UGRHI 10) concentraram cerca de 70% das ocorrências registradas. Considerando os últimos seis anos, verificou-se tendência de melhora nas UGRHIs 2 (Paraíba do Sul), 7 (Baixada Santista) e 15 (Turvo Grande) e de piora nas UGRHIs 10 (Sorocaba/Médio Tietê), 14 (Alto Paranapanema) e 16 (Tietê/Batalha). As mortandades resultantes de baixa concentração de Oxigênio Dissolvido na água em decorrência da redução no nível do corpo d'água representaram 20% dos registros de atendimento no estado, com destaque para esse tipo de ocorrência nas UGRHIs 5 e 10 no mês de outubro.

A avaliação da qualidade das águas dos corpos hídricos paulistas e das fontes poluidoras, em 2020, indicou que o estado e os municípios devem dar continuidade nos investimentos de ampliação de redes de coleta e tratamento de esgotos, bem como em unidades de tratamento de esgotos com maior eficiência na remoção de nutrientes. Além disso, ações integradas de prevenção e controle da poluição são fundamentais para evitar a degradação de corpos hídricos que ainda atendem aos usos previstos pela legislação.



Os Comitês de Bacias Hidrográficas podem promover discussões no sentido de ampliar os níveis de tratamento em suas respectivas bacias hidrográficas e de aperfeiçoar a gestão da qualidade das águas em períodos de escassez hídrica, considerando que 2020 foi o terceiro ano consecutivo em que foram registradas chuvas anuais abaixo da média histórica. Reforça-se a necessidade de estabelecer ações para o cumprimento de metas de qualidade, a exemplo da recomposição das matas ciliares, entre outros. Sugere-se debates sobre o reenquadramento de corpos hídricos, atualmente Classe 4, que vem apresentando melhora da qualidade da água, de modo a permitir usos destinados a proteção das comunidades aquáticas e ao abastecimento público.



# Referências

- AB'SABER, A.N. et al. **Glossário de ecologia**. São Paulo: ACIESP: CNPq: FAPESP, 1987. 271 p. (ACIESP, 57)
- ABNT. **NBR 10664**: águas - determinação de resíduos (sólidos) - método gravimétrico – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT. NBR 9896: glossário de poluição das águas - terminologia. Rio de Janeiro, 1993.
- ABNT **NBR 15638**: qualidade da água - determinação da toxicidade aguda de sedimentos marinhos ou estuarino com anfípodos. Rio de Janeiro, 2008. 19 p.
- AGOSTINHO, A. A.; VITORINO JUNIOR, O.B; PELICICE, F. Nota Técnica: Riscos ambientais do cultivo de tilápia em tanques redes. **Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia**, nº 124. 2017.
- Almeida, F. V. **Bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimentos referentes a compostos orgânicos persistentes**. 2003. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, Washington, DCc2006. A Approved by SM Committee 2011.
- \_\_\_\_\_. Method 9221: multiple tube fermentation technique for members of the coliform group. In:\_\_\_\_\_ **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**: online. Washington, DC, c2006. Approved by SM Committee 2011.
- \_\_\_\_\_. Section 9213.3b. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Standard Methods on line, 2007. Washington. APHA, AWWA, WEF.
- ARTY, H. W. (Ed.). **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. São Paulo: Melhoramentos, 2001. 584 p.
- AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. (Ed.). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.
- BATALHA, B. L. **Glossário de engenharia ambiental**. Brasília: DNPM, 1988. 119 p.
- BATISTA, B. D. Fitoplâncton da região central do lago Paranoá, DF; uma abordagem ecológica e sanitária. Dissertação de mestrado. Universidade Católica de Brasília. Brasília. 2011
- BIESINGER, K. E.; CHRISTENSEN, G. M. Effects of various metals on survival, growth, reproduction, and metabolism of *Daphnia magna*. **J. Fish. Res. Board of Canada**, Ottawa, v. 29, n. 12, p. 1691-1700, 1972.
- BOTTA-PASCOAL, C. M. R.; ROCHA, O.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Avaliação e identificação da toxicidade do sedimento no Reservatório de Salto Grande, SP. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; LEITE, M. A.; DORNFELD, C. B. (Org.).

**Reservatório de Salto Grande (Americana, SP):** caracterização, impactos e propostas de manejo. São Carlos: RiMa, 2004. Cap. 18, p. 339-357.

BRAILE, P. M.; Cavalcanti, J. E. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais.** São Paulo: CETESB, 1993.

BRAND W., DE JONGH C. M., VAN DER LINDEN S. C., MENNES W., PUIJKER L. M., VAN LEEUWEN C. J., VAN WEZEL A. P., SCHRIKS M., HERINGA M. B., Trigger values for investigation of hormonal activity in drinking water and its sources using CALUX bioassays, **Environment International**, 55, p. 109-118, 2013.

BRANDÃO, C.J., COELHO-BOTELHO, M.J., SATO, M.I.Z., LAMPARELLI, M.C. (Org.). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** ISBN: 978-85-89629-83-6. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, p. 325, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Portaria nº 329, de 02 de setembro de 1985.** Proíbe, em todo território nacional, a comercialização, o uso e a distribuição dos produtos agrotóxicos organoclorados, destinados à agropecuária, dentre outros

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. DNAEE. **Inventário das estações fluviométricas.** Brasília, 1995

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, p. 360, Suplemento n. 190, Primeira Parte. p. 360. 03 out. 2017.

BRASIL. CONAMA. 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:** República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, ano 142, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a lei 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 11.936 de 14 de maio de 2009. Proíbe a fabricação, a importação, a exportação, a manutenção em estoque, a comercialização e o uso de diclorodifeniltricloroetano (DDT) e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 146, n. 91, 15 maio 2009. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para

a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 135, 16 julho 2020. Seção 1, p. 1.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 454, de 1º de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 216, p. 66, 8 nov. 2012.

BRIGAGÃO, C. **Dicionário de ecologia**. Rio de Janeiro: TopBooks, 1992. 340 p.

BRUNI, A.C. **Estudo estatístico da relação funcional entre os parâmetros DBO5 e COT em corpos d'água do Estado de São Paulo**. 2019. Disponível em < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Estudo-estatistico-da-relacao-funcional-entre-os-parametros-DBO-e-COT-em-corpos-d%C2%B4agua-do-Estado-de-Sao-Paulo.pdf>>. Acesso em: abr.2021.

BURGESS, R. M.; SCOTT, K. J. The significance of in-place contaminated marine sediments on the water column: processes and effects. In: BURTON JR., G.A. (Ed.). **Sediment toxicity assessment**. Boca Raton: Lewis, 1992. p. 129-163.

CARR, R. S.; NIPPER, M. (Ed.). **Summary of a SETAC technical workshop porewater toxicity testing: biological, chemical and ecological considerations with a review of methods and applications, and recommendations for future areas of research**. Pesacola, FL: SETAC, 2001. 38 p.

CARVALHO, B. A. **Glossário de saneamento e ecologia**. Rio de Janeiro: ABES, 1981.

CAVENAGHI, A. L.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CARVALHO, F. T.; GALO, M. L. B. T.; TRINDADE, M. L. B.; CORRÊA, M. R.; SANTOS, S. C. A. Monitoramento de problemas com plantas aquáticas e caracterização da qualidade de água e sedimento na UHE Mogi-guaçu. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 225-231, 2005..

CCME. Canadian Council of Ministers of the Environment. **Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans (PCDD/Fs)**. Ottawa: CCME, 2001.

CCME. **Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: summary tables**. Winnipeg, 2001. 5 p.

\_\_\_\_\_. **Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0: technical report**. Winnipeg, 2001. 13 p.

CENSO DEMOGRÁFICO. Acesso em dez. 2010. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas\\_pdf/total\\_populacao\\_sao\\_paulo.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_sao_paulo.pdf).

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION DIVISION OF VIRAL DISEASES (CDC). (2019). **CDC-2019-Novel Coronavirus (2019-nCoV) Real-Time RT-PCR Diagnostic Panel**.

CETESB (São Paulo). **Alguns aspectos da recuperação da qualidade das águas do Reservatório Billings na vigência do Artigo 46.** São Paulo, 1995.

\_\_\_\_\_. **Avaliação do complexo Billings:** comunidades aquáticas, água e sedimento (out/92 a out/93). São Paulo, 1996. 146 p.

\_\_\_\_\_. **Avaliação ecotoxicológica do Reservatório do Guarapiranga, com ênfase ao problema de algas tóxicas e algicidas.** São Paulo, 1995. 115 p.

\_\_\_\_\_. **Comunidade planctônica e Clorofila - A do complexo Billings:** (out/92 a out/93). São Paulo, 1996. 2 v. 61 p.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico ecológico da bacia do Ribeirão dos Cristais.** São Paulo, 2005. 42 p.

\_\_\_\_\_. **Dicionário de termos técnicos de saneamento ambiental:** português-ínglês. São Paulo, 1985. 389 p.

\_\_\_\_\_. **Eutrofização e contaminação por metais no Reservatório do Guarapiranga:** dados preliminares. São Paulo, 1992. 131 p.

\_\_\_\_\_. **L5.201:** contagem de bactérias heterotróficas: método de ensaio. São Paulo, 2006. 14 p.

\_\_\_\_\_. **L5.213:** Determinação do número mais provável de clostrídios sulfito redutores (*Clostridium perfringens*): Método de ensaio. Norma CETESB. 1993. 28p.

\_\_\_\_\_. **L5.221:** coliformes termotolerantes - determinação pela técnica de membrana filtrante: método de ensaio. 2.ed. São Paulo, 2012. 18 p.

\_\_\_\_\_. **L5.241:** teste de Kado: ensaio de microssuspensão com *Salmonella* Typhimurium – método de ensaio. São Paulo, 1991. 43 p.

\_\_\_\_\_. **L5.303:** fitoplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo. 4.ed. São Paulo, 2012. \_\_\_\_\_.  
**L5.304:** zooplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo. 2.ed. São Paulo, 2012.

\_\_\_\_\_. **L5.306:** determinação de pigmentos fotossintetizantes, clorofila - A, B e C e feofitina-A – método de ensaio. São Paulo, 1990. 22 p.

\_\_\_\_\_. **L5.620:** mutação gênica reversa em *Salmonella* Typhimurium - teste de Ames - método de ensaio. São Paulo, 1993. 40 p.

\_\_\_\_\_. **L6.160:** sedimentos: determinação da distribuição granulométrica - método de ensaio. São Paulo, 1995. 15 p.

\_\_\_\_\_. **Levantamento da contaminação ambiental do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente.** São Paulo, 2001.

\_\_\_\_\_. **Monitoramento de *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes em pontos da rede de avaliação da qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo.** São Paulo, 2008.

\_\_\_\_\_. **Operação Bertioga.** São Paulo, 1984.

\_\_\_\_\_. **Qualidade ambiental do rio Ribeira de Iguape com relação à presença de metais pesados e arsênio.** São Paulo, 2000. 70 p.

\_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas: consolidação dos dados do sistema produtor Billings / Taquacetuba e Guarapiranga – agosto/2000 a março/2002.** São Paulo, 2002. Contrato SABESP 3000/02.

\_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014.** São Paulo, 2015. (Série Relatórios).

\_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2015.** São Paulo, 2016. (Série Relatórios).

\_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2016.** São Paulo, 2017. (Série Relatórios).

\_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017.** São Paulo, 2018. (Série Relatórios).

\_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2018.** São Paulo, 2019. (Série Relatórios).

\_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2019.** São Paulo, 2020. (Série Relatórios).

\_\_\_\_\_. **Serviços de coleta de amostras, análises e estudos de avaliação das características biológicas, físico-químicas e microbiológicas das águas e sedimentos do rio Juquiá: 7.º relatório parcial.** São Paulo, 1998. 36 p. Contrato de prestação de serviços 010/97 – SABESP/CETESB.

\_\_\_\_\_. **SQ PR/LB 018: teste de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* - Microtox®.** Versão 14. São Paulo, 2013. 13 p.

\_\_\_\_\_. **SQ PR/LB 085: ensaio ecotoxicológico com *Hyalella azteca* - sedimento.** Versão 8. São Paulo, 2019a. 7 p.

\_\_\_\_\_. **SQ PR/LB 088: ensaio ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia* - águas superficiais.** Versão 19. São Paulo, 2020. 8 p.

\_\_\_\_\_. **SQ PR/LB 153: ensaio ecotoxicológico com *Chironomus sancti-caroli* – sedimento.** Versão 13. São Paulo, 2019b. 7 p.

\_\_\_\_\_. **Valores da condição de qualidade dos solos da bacia hidrográfica do Alto Tietê – UGRHI 6 e da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP.** São Paulo, 2008. 70 p.

\_\_\_\_\_. **Otimização da frequência da Rede Básica de monitoramento da qualidade das águas superficiais doces no Estado de São Paulo.** Relatório Executivo. São Paulo, 2020.

CETESB (São Paulo); DAEE (São Paulo). **Vazões mínimas de referência para a bacia do rio Piracicaba.** São Paulo, 1992.



CETESB (São Paulo); SABESP (São Paulo). **Monitoramento integrado das bacias do Alto e Médio Tietê: avaliação da qualidade da água, sedimento e peixes - relatório final.** São Paulo, 1999. 312 p. Contrato de prestação de serviços 020/97 SABESP/CETESB.

CETESB (São Paulo). **Monitoramento integrado das Bacias do Alto e Médio Tietê: avaliação da qualidade da água, sedimento e peixes.** São Paulo, 1999. 138 p. Aditamento ao contrato de prestação de serviços 020/97 SABESP/CETESB.

\_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas: consolidação dos dados do Sistema Produtor Billings/ Taquacetuba e Guarapiranga (ago/2000 a mar/2003).** São Paulo, 2002. Contrato SABESP/CETESB 3000/02.

\_\_\_\_\_. Caracterização das águas do Alto Tietê em relação à presença de cianobactérias e toxicidade nos organismos aquáticos. Estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade. FEHIDRO- Contrato 193/2010. São Paulo, 2014. 52p.

CHAPMAN, P. M.; FEYIUE WANG. Appropriate applications of sediment quality values for metals and metalloids. **Environmental Science and Technology**, v. 33, n. 22, p. 3937-3941, 1999.

CHORUS, I.; WELKER, M.. (Ed.). **Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management.** Second Edition. CCR Press, Boca Raton (FL): WHO, Geneva, CH 2021. 839 p.

CHRISTOFOLETTI, A.; TEIXEIRA, A. L. A. **Sistema de informação geográfica: dicionário ilustrado.** São Paulo: Hucitec, 1997. 244 p. (Geografia: teoria e realidade, 38)

CIAGRO (São Paulo). **Informações agrometeorológicas.** Disponível em: <<http://www.ciagro.sp.gov.br>>. Acesso em: fev. 2008.

CNEC; JNS Engenharia, Consultoria e Gerenciamento. **Plano de desenvolvimento e proteção ambiental da bacia do Guarapiranga: projeto Guarapiranga.** São Paulo, 1997.

Coelho-BOTELHO, M.J.C. et al. **Desenvolvimento de índices biológicos para o biomonitoramento em reservatórios do Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2006. 146 p. + anexos.

Coleman, R. N.; Qureshi, A. A. Microtox® and *Spirillum volutans* tests for assessing toxicity of environmental samples. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 35, n. 1, p. 443-451, july-dec. 1985.

COUNCIL DIRECTIVE (EU) 2020/2184 on the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities. L 435/1. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>

CONCURSO DAS ÁGUAS 2: concurso público nacional de idéias para melhor aproveitamento das águas da região metropolitana de São Paulo. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo: Consórcio Intermunicipal das Bacias do Alto Tamanduateí e Billings: SBPC, 1992. 144 p.

CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA. **SNUC: Sistema Nacional de Unidades de Conservação: texto da Lei Federal 9985, de 18/07/2000 e vetos...** 2.ed. ampl. São Paulo, 2000. (Cadernos da Reserva da Biosfera. Série Conservação e Áreas Protegidas, 18).

CONSÓRCIO DOS MUNICÍPIOS DO ABC. **Plano emergencial de recuperação dos mananciais da região do ABC**. São Paulo, 1998.

CÔRREA, A. C. G. Modelos qualitativos de simulação sobre a dinâmica do plâncton em diferentes estados de trofia no lagoa Paranoá, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. Brasília. 2011.

DAEE (São Paulo). **Levantamento, análise e processamento de dados fluviométricos da Bacia do Rio Piracicaba**. São Paulo, 1978.

\_\_\_\_\_. **Vazões médias, mínimas, volumes de regularização e curvas de permanência no Estado de São Paulo**. São Paulo, 1988.

Davies, C. M. LONG, J. K. H.; DONALD, M; ASHBOLT, N. J. Survival of fecal microorganisms in marine and fresh water sediments. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 61, n. 5, p.1888-1896, may 1995.

DeGRAEVE, G. M. ; GEIGER, D. L.; MEYER, J. S.; BERGMAN, H. L. Acute and embryo-larval toxicity of phenolic compounds to aquatic biota. **Arch. Environm. Contam. Toxicol.**, v. 9, n. 5, p. 557-568, 1980.

EDWARDS, K. F.; KLAUSMEIER, C. A.; LITCHMAN, E. Evidence for a three-way trade-off between nitrogen and phosphorus competitive abilities and cell size in phytoplankton. **Ecology**, v. 92 n. 11, p. 2085-2095. 2011.

ELJARRAT, E.; BARCELÓ, D. Chlorinated and Brominated Organic Pollutants in Contaminated River Sediments **Hdb. Env. Chem.** v.5, Part T, p.21-56, 2009.

EMPLASA (São Paulo). **Por dentro das regiões metropolitanas do Brasil: metrópoles em dados**. São Paulo, [2014?].

Envirologix. **QuantiPlate™ kit for microcystins**. Rev. 07/01/10. Portland, ME, 2010. 7 p. (Catalog Number EP 022).

ESPÍNDOLA, E. L. G.; LEITE, M. A.; DORNFELD, C. B. (Org.). **Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): caracterização, impactos e propostas de manejo**. São Carlos: RiMa, 2004. 484 p.

FEAM (Minas Gerais). **Monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais – 2000**. Belo Horizonte, 2000.

FENG, B., XU, K., GU, S., ZHENG, S., ZOU, Q., XU, Y., YU, L., LOU, F., YU, F., JIN, T., LI, Y., SHENG, J., YEN, H.-L., ZHONG, Z., WEI, J., CHEN, Y., 2021. Multi-route transmission potential of SARS-CoV-2 in healthcare facilities. **J. Hazard. Mater.** 402, 123771. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123771>.

FENG, P. WEAGANT, S.D., GRANT, M.A. BURKHARDT, W. Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. In: UNITED STATES. Food and Drug Administration. **BAM - Bacteriological Analytical Manual on line**. Spring, MD, 2013. Chap. 4.

FERNICOLA, N. A. G. G.; OLIVEIRA, S. S. (Coord.). **Poluentes Orgânicos Persistentes: POPs**. Salvador: CREA, 2002.

FRANKLIN, R. L. **Determinação de Mercúrio total e orgânico e avaliação dos processos de metilação e desmetilação em sedimentos do reservatório Rio Grande, Estado de São Paulo.** Dissertação (mestrado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 2010. 158p.

FRITHIOF, R., BERGQVIST, A., JÄRHULT, J.D., LIPCSEY, M., HULTSTRÖM, M., 2020. Presence of SARSCoV-2 in urine is rare and not associated with acute kidney injury in critically ill COVID-19 patients. *Crit. Care* 24, 587. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03302-w>

GIDDINGS, E.M.; HORNBERGER, M.I.; HADLEY, H.K. **Trace-metal concentrations in sediment and water and health of aquatic macroinvertebrate communities of streams near Park city, Summit county, Utah.** USGS - National Water-quality Assessment Program, Water-Resources Investigations Report 01-4213. 22p.

GREEN, J. Geographical variation in rotifers associated with *Microcystis* blooms. *Hydrobiologia*, v.662, p. 197-204, 2011.

GRIFOLL, M.; SOLANAS, A. M.; BAYONA, J. M. Characterization of genotoxic compounds in the sediments by mass spectrometric techniques combined with *Salmonella*/microsome test. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, v. 19, n. 2, p. 175-184, mar.-apr. 1990.

Haller H.; Amedegnato E.; Poté, J; Wildi, W. Influence of freshwater sediment characteristics on persistence of fecal indicator bacteria. *Water, Air, Soil Pollution*, v. 203, p. 217- 227, 1978.

HAAS, C.N.; ROSE, J.B.; GERBA, C.P (ed.). **Quantitative Microbial Risk Assessment.** 2<sup>nd</sup>. ed. John Wiley & Sons, inc., New York, 2014.

HAN, M.S., SEONG, M.-W., HEO, E.Y., PARK, J.H., KIM, N., SHIN, S., CHO, S.I., PARK, S.S., CHOI, E.H., 2020. Sequential analysis of viral load in a neonate and her mother infected with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2. *Clin. Infect. Dis.* <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa447>

HEALTH CANADA. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document - Enteric Protozoa in Drinking Water : *Giardia* and *Cryptosporidium*. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. 2019. Disponível em <[www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/water-quality.html](http://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/water-quality.html)>

Her Majesty Stationery Office. **The bacteriological examination of water supplies.** Department of Health and Social Security Welsh Office. Ministry of Housing and local government. Reports on Public Health and Medical Subjects. London, n.71,1969.

HOLCOMBE, G. W.; PHIPPS, G. L.; FIANDT, J. T. Effects of phenol, 2,4-dimethylphenol, 2,4-dichlorophenol, and pentachlorophenol on embryo, larval, and early-juvenile fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Arch. Environm. Contam. Toxicol.*, v.11, p. 73-78, 1982.

IBGE. Estudos & Pesquisas. **Indicadores de desenvolvimento sustentável.** Brasil, 2004. 395 p. (Informação Geográfica, 4).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2020 . [online] Disponível na internet via <[http:// www. ibge.gov. br/home/estatistica/populacao/estimativa2017/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2017/default.shtm)>.

INSTITUTO DE PESQUISAS CANANÉIA. **Cidade natureza**. Cananéia, [2000?].

IPT (São Paulo). **Estudos geológicos e sedimentológicos no estuário santista e na baía de Santos, estado de São Paulo**. São Paulo, 1974. 2 v.

\_\_\_\_\_. **Estudo da disposição de metais pesados nos sedimentos de fundo da Represa Billings, região metropolitana de São Paulo (RMSP)**. São Paulo, 2005. 105 p. (Relatório Técnico n. 78 563-205).

ISO. **14911:1998** - water quality - determination of dissolved Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> and Ba<sup>2+</sup> using ion chromatography - method for water and waste water. 1. ed. Switzerland: ISO, oct. 1998. 18p.

JESUS, M. F. S. DDT. In: \_\_\_\_\_. **Poluentes orgânicos persistentes: POPs**. Salvador: CRA, 2002. 500 p. (Série Cadernos de Referência Ambiental, v. 13).

JEONG, H.W., KIM, S.-M., KIM, H.-S., KIM, Y.-I., KIM, J.H., CHO, J.Y., KIM, S., KANG, H., KIM, S.- G., PARK, S.-J., KIM, E.-H., CHOI, Y.K., 2020. Viable SARS-CoV-2 in various specimens from COVID-19 patients. *Clin. Microbiol. Infect.* <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.07.020>.

KADO, N. Y.; LANGLEY, D.; EISENSTADT, E. A simple modification of the *Salmonella* liquid incubation assay. **Mutation Research**, v. 121, p. 25-32, 1983.

KIM, J.-M., KIM, H.M., LEE, E.J., JO, H.J., YOON, Y., LEE, N.-J., SON, J., LEE, Y.-J., KIM, M.S., LEE, Y.- P., CHAE, S.-J., PARK, K.R., CHO, S.-R., PARK, S., KIM, S.J., WANG, E., WOO, S., LIM, A., PARK, S.- J., JANG, J., CHUNG, Y.-S., CHIN, B.S., LEE, J.-S., LIM, D., HAN, M.-G., YOO, C.K., 2020. Detection and isolation of SARS-CoV-2 in serum, urine, and stool specimens of COVID-19 patients from the Republic of Korea. *Osong Publ. Heal. Res Perspect* 11, 112–117. <https://doi.org/10.24171/j.phrp.2020.11.3.02>.

KLEMM, D. J. et al. **Macroinvertebrate field and laboratory method for evaluating the biological integrity of surface waters**. Cincinnati: EPA, 1990.

LAMPARELLI, M.C.; TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L.; PIRES, D. A.; LERCHE, L. H. M.; CARVALHO, M. do C.; ROSAL, C. Atlas de Cianobactérias da Bacia do Alto Tietê, São Paulo, CETESB. 2014.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. São Paulo (BR). 2004. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LAMPERT, W. Inhibitory and toxic effects of blue-green algae on *Daphnia*. **Int. Revue Ges. Hydrobiol.**, v. 66, n. 3, p. 285-298, 1981.

LEMO, M. M. G.; MODESTO, R. P.; RUBY, E. C.; TOFFOLI, F.; CASARINE, D. P. **Condição da qualidade para substâncias orgânicas persistentes na Unidade de Gerenciamento de Recurso Hídrico – UGRHI 6 – Bacia do Alto Tietê/Região Metropolitana de São Paulo, RMSP**. Anais do I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. São Paulo, 2009.

LESCURE, F.-X., BOUADMA, L., NGUYEN, D., PARISEY, M., WICKY, P.-H., BEHILLIL, S., GAYMARD, A., BOUSCAMBERT-DUCHAMP, M., DONATI, F., LE HINGRAT, Q., ENOUF, V., HOUHOU-FIDOUH, N., VALETTE,

M., MAILLES, A., LUCET, J.-C., MENTRE, F., DUVAL, X., DESCAMPS, D., MALVY, D., TIMSIT, J.-F., LINA, B., VAN-DER-WERF, S., YAZDANPANA, Y., 2020. Clinical and virological data of the first cases of COVID-19 in Europe: a case series. *Lancet Infect. Dis.* 20, 697–706. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30200-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30200-0).

Liliantis, T. B. **Avaliação da adição de nitrato de amônio para redução de odor nos esgotos de Pereira Barreto - SP**: reflexos na qualidade da água do reservatório de Três Irmãos, após dez anos de aplicação. 2007. 147 f.. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

LODDER, W., DE RODA HUSMAN, A.M., 2020. SARS-CoV-2 in wastewater: potential health risk, but also data source. *Lancet Gastroenterol. Hepatol.* 5, 533–534. [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(20\)30087-X](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(20)30087-X).

MAGLIOCCA, A. **Glossário de oceanografia**. São Paulo: Nova Stella Editorial/EDUSP, 1987. 355 p.

MARCONDES, D. A. S. et al. Eficiência de fluridone no controle de plantas aquáticas submersas no reservatório de Jupia. **Planta Daninha**, v. 21, p.69-77, 2003. Número especial.

MARON, D. M.; AMES, B. N. Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. **Mutation Research**, v. 113, p. 173-215, 1983.

MARTIN, J., KLAPSA, D., WILTON, T., ZAMBON, M., BENTLEY, E., BUJAKI, E., FRITZSCHE, M., MATE, R., MAJUMDAR, M., 2020. Tracking SARS-CoV-2 in sewage: evidence of changes in virus variant predominance during COVID-19 pandemic. *Viruses* 12, 1144. <https://doi.org/10.3390/v12101144>.

MEDEMA, G., HEIJNEN, L., ELSINGA, G., ITALIAANDER, R., BROUWER, A., 2020. Presence of SARS-Coronavirus-2 RNA in sewage and correlation with reported COVID-19 prevalence in the early stage of the epidemic in the Netherlands. *Environ. Sci. Technol. Lett.* 7, 511–516. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00357>.

MEIRE, R. O.; AZEREDO, A.; TORRES, J. P. M. Aspectos Ecotoxicológicos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos. **Oecol. Bras.**, v.11, n.2 188-201, 2007.

MIDAGLIA, C. L. V. **Proposta de implantação do índice de abrangência espacial de monitoramento - IAEM por meio da análise da evolução da rede de qualidade das águas superficiais do estado de São Paulo**. 2009. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MIRANDA, L.; CASTRO, B.; KJERFVE, B. Circulation and mixing due to tidal forcing in the Bertioga Channel, São Paulo, Brazil. **Estuaries**, v. 21, p. 204-214, 1998.

MORTELMANS, K.; ZEIGER, E. The Ames *Salmonella*/microsome mutagenicity assay. **Mutation Research**, v. 455, p. 29-60, 2000.

MOZETO, A. A.; JARDIM, W. F.; ARAGÃO, G. U. (Coord.). **Bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimentos (CQS)**: experimentos de campo e laboratório - relatório final. São Carlos: UFSCar, 2003. 465p.

OGA, S.; CAMARGO, M. A.; BASTITUZZO, J. A. O. (Ed.). **Fundamentos de toxicologia**, 3. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2008.

P-BDS-085. Analyzing samples with U2-OS CALUX bioassays using sigmoidal dose response curves (with 0.1% or 1% DMSO). **BDS – BioDetection Systems**, versão D, 2013.

PAERL, H. W.; OTTEN, T. G. **Harmful Cyanobacterial Blooms: Causes, Consequences, and Controls. Microbial Ecology**. 2013.

PARESCHI, D. C. et al. First occurrence of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) in the rio Tietê watershed (SP). **Braz. J. Biol.**, v. 68, n. 4 (supl.), pp. 1107-1114, 2008.

PENTEADO, J. C. P.; VAZ, J. M. O legado das bifenilas policloradas (PCBs). **Química Nova**, v.24, n.3, p.390-398, 2001.

PÉREZ, S.; REIFFERSCHIED, G.; EICHHORN, P.; BARCELÓ, D. Assessment of the mutagenic potency of sewage sludges contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons by an Ames sludges for fluctuation assay. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 22, p. 2576-2584, 2003.

PINA, S., PUIG, M., LUCENA, F., JOFRE, J., GIRONES, R. 1998. Viral Pollution in the Environment and in Shellfish: Human Adenovirus Detection by PCR as an Index of Human Viruses. *Applied and Environmental Microbiology*. 64(9), 3376-3382.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

PIVELI, R. P. **Qualidade e poluição das águas: aspectos físico-químicos**. São Paulo: CETESB, 2000 (Curso Via INTRANET - CETESB).

Poffo, I. R. F. **Gerenciamento de riscos socioambientais no complexo portuário de Santos na ótica ecossistêmica**. 2008. Tese (Doutorado)- PROCAM – Programa de pós-graduação em Ciência Ambiental da USP. (revisado). 2008.

Rand, G. M.; petrocelli, s. r. (Ed.). **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**. Washington, DC: Hemisphere, 1985. 666 p.

RENGEFORS, K. et al. Experimental investigation of taxon-specific response of alkaline phosphatase activity in natural freshwater phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, v.48, n. 3, p. 1167–1175, 2003.

Sampaio, E. V. et al. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema river, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 62, n. 3, p. 525-545, 2002.

SANSEVERINO, J.; GUPTA, R.K.; LAYTON, A.C.; PATTERSON, S.S.; RIPP, S.A.; SAIDAK, L.; SIMPSON, M.L.; SCHULTZ, T.W.; SAYLER, G.S. Use of *Saccharomyces cerevisiae* BLYES expressing bacterial bioluminescence for rapid, sensitive detection of estrogenic compounds. **Appl. and Environ. Microbiology**, 71, p. 4455-4460, 2005.

SÃO PAULO (Cidade). Prefeitura Municipal. **Diagnóstico cartográfico ambiental do município de São Paulo**. São Paulo, 1992. 33 p.

SÃO PAULO (cidade). Decreto Municipal nº 42.565, de 01 de novembro de 2002. Regulamenta a Lei nº 13.369, de 3 de junho de 2002, que dispõe sobre a obrigatoriedade, para todas as edificações, da ligação da

canalização de esgoto à rede coletora pública, nos logradouros providos dessa rede, e dá outras providencias. **Diário Oficial do Município de São Paulo**, São Paulo, SP, ano 47, v 208, 01 novembro 2020. p.1

SÃO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 118, de 29 de junho de 1973. Autoriza a Constituição de uma sociedade por ações, sob denominação de CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle da Poluição das Águas, e dá providências correlatas. **Diário Oficial**: Estado de São Paulo: p. 3, 30 jun. 1973.

SÃO PAULO (Estado). CETESB. Decisão de Diretoria, n.363, de 7 de dezembro de 2011. Dispõe sobre a adoção do parâmetro E. coli para avaliação dos corpos d'água do território do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, SP, 13 de dezembro de 2011.

\_\_\_\_\_. **Decreto Estadual nº 8.468, de 8 de setembro de 1976**. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente.

\_\_\_\_\_. **Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977**.

\_\_\_\_\_. **Decreto Estadual nº 60.133 de 07 de fevereiro de 2014**. Disponível em: <[http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/Fauna\\_](http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/Fauna_)

\_\_\_\_\_. Dos municípios e regiões: da organização regional: das entidades regionais. In: \_\_\_\_\_. **Constituição do Estado de São Paulo**. São Paulo: IMESP, 1989. Título 4, Cap.2, Seção 2, artigo 153, parágrafo 1º, p. 24.

\_\_\_\_\_. **Lei Estadual nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994**. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Meio Ambiente. **Lei Estadual nº 9.866/97**: uma nova política de mananciais - diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo. São Paulo: SMA, 1997. 24 p.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Meio Ambiente; SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. **Gestão das águas**: 6 anos de percurso. São Paulo: SMA, 1997. 2 v.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Meio Ambiente; CETESB (São Paulo); PRIME ENGENHARIA. **Avaliação da poluição por fontes difusas afluentes ao Reservatório Guarapiranga**: relatório síntese. São Paulo: SMA, 1998. 96 p.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução nº 65, de 13 de agosto de 1998. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, 14 ago. 1998. Seção 1, p. 27.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. DAEE. **Relatório de situação dos recursos hídricos do estado de São Paulo**. São Paulo, 1999. 119 p.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Meio Ambiente. **Informações Básicas para o planejamento ambiental**. São Paulo: SMA, 2002. 84 p.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. DAEE. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Plano estadual de recursos hídricos 2004-2007**. São Paulo, 2005.



- \_\_\_\_\_. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CATI. IEA. **Projeto LUPA**. Campinas, 2005.
- SATO, M.I.Z.; GALVANI, A.T.; PADULA, J.A.; NARDOCCI, A.C.; LAURETTO, M.S.; RAZZOLINI, M.T.P.; HACHICH, E.M. Assessing the infection risk of *Giardia* and *Cryptosporidium* in public drinking water delivered by surface water systems in São Paulo, Brazil. **Science of Total Environment**, v. 442, p. 389-396. Jan. 2013.
- SEADE (São Paulo). **Pesquisa da atividade econômica paulista**. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/paep>>. Acesso em: mar. 2008.
- SEMINÁRIO uso múltiplo da represa Billings. São Paulo: Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, 1997. 155 p.
- SERAFIM JR. et al. Rotifers of the Upper Paraná River floodplain: additions to the checklist. **Braz. J. Biol.**, v. 63, n. 2, p. 207-212, 2003.
- SCHLOESSER, D.W.; REYNOLDSON, T.B.; MANNY, B.A. Oligochaete fauna of Western Lake Erie 1961 and 1982: Signs of sediment quality recovery. **J. Great Lakes Res.**, v. 2, n. 3, p. 294-306, 1995.
- SHEPPARD, S. C. et al. Derivation of ecotoxicity thresholds for uranium. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 79, n. 1, p. 55-83, 2005.
- Silva L. C.; Leone I. C.; Santos-Wisniewski M. J.; Peret A. C.; Rocha O. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables. **Biota Neotropica**, v.12, n.2, p.1-8, 2012.
- SILVÉRIO, P. F. **Bases técnico-científicas para a derivação de valores-guias de qualidade de sedimentos para metais: experimentos de campo e laboratório**. 2003. 145 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- SMITH, V. H.; TILMAN, G. D.; NEKOLA, J. C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems. **Environmental Pollution**, v.100, n. 1-3, p. 179-196, 1999.
- SODRÉ, F.F., LOCATELLI, M.A.F., JARDIM, W.F. Occurrence of emerging contaminants in Brazilian drinking waters: a sewage-to-tap issue. **Water Air and Soil Pollution**, n. 206, p. 57-67, 2010.
- SPERLING, E. **Morfologia de lagos e represas**. Belo Horizonte: DESA: UFMG, 1999. 137 p.
- STATUTORY INSTRUMENTS (SI) 2018. No 647 (W. 121). The Water Supply (Water Quality) (Amendment) Regulations 2018. Disponível em: <http://www.legislation.gov.uk/wsi/2018/647/regulation/4/made>
- SUGUIO, K.; TESSLER M. G. Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). **Pub. Esp. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, v. 9, p. 1-33, 1992.
- TAKEDA, A. M.; FUJITA, D. S.; FONTES Jr, H. M. Perspectivas de proliferação de Bivalvia exóticas na planície aluvial do alto rio Paraná. In: AGOSTINHO, A.A. et al. (Coord.). **A planície de inundação do alto rio Paraná: relatório anual 2002**. Maringá, PR: UEM, 2002. Parte 3 Componente biótico.
- TESSLER, M. G. **Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista**. 1988. 277 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

TOLEDO Jr., A. P. **Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais.** São Paulo: CETESB, 1990.

TOLEDO JR., A. P. et al. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagoas e reservatórios tropicais.** São Paulo: CETESB, 1983. 34 p. Apresentado ao 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú, 1983.

TOLEDO JR., A. P. et al. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais.** São Paulo: CETESB, 1984. 56 p. Apresentado ao 19º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária Ambiental, Santiago do Chile, 1984.

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

UNEP. State of the science of endocrine disrupting chemicals 2012. Genebra, Suíça. 2013. 289 p.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency (USEPA). **Common environmental terms: a glossary.** Washington, D.C., 1974. 32 p.

\_\_\_\_\_. **Update of ambient water quality criteria for ammonia.** Washington, DC, , 1999. (EPA 882-R-99-014).

\_\_\_\_\_. **Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates.** 2.<sup>nd</sup>. Washington, D.C., 2000. 202 p. (EPA 600/R-99/064).

\_\_\_\_\_. **SW 846 online: test methods for evaluating solid waste: physical/chemical methods.** 3rd. Washington, DC, 2013. \_\_\_\_\_. Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule LT2ESWTR. 40 CFR, Parts 9, 141 e 142. 2006.

\_\_\_\_\_. Physical chemical and microbiological – Methods of solid waste testing. Cincinnati: USEPA, 1973. EPA-6700-73-01.

WANG, X., ZHENG, J., GUO, L., YAO, H., WANG, L., XIA, X., ZHANG, W., 2020c. Fecal viral shedding in COVID-19 patients: clinical significance, viral load dynamics and survival analysis.

WHO (World Health Organization). **Guidelines for drinking water quality: recommendations.** 3.ed. Geneva, 2008. v. 1.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for drinking water quality: health criteria and other supporting information.** 2. ed. Geneva, 1996. v. 2.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for drinking water quality.** 4.ed. Geneva, 2011.

WHO (World Health Organization). **Guidelines for drinking water quality: recommendations.** 4.ed. Geneva, 2017.

\_\_\_\_\_. **Boron in drinking water: background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality.** Geneva, c2003. (WHO/SDE/WSH/03.04/54).

\_\_\_\_\_. **Chemical hazards in drinking-water.** Geneva, c2014.

\_\_\_\_\_. **Microbial Aspects.** In: Guidelines for Drinking water. 3rd Edition. Vol. 1. Recommendations. p. 121-144. 2011.

\_\_\_\_\_. **Aquatic Life Benchmarks and Ecological Risk Assessments for Registered Pesticides.** Office of Pesticide Programs.

XAVIER, A. F. et al. **Informações básicas para o planejamento ambiental.** São Paulo: SMA/CPLA, 2002. 1 atlas temático (84 p.): color.; 35 X 54 cm.

XIAO, F., SUN, J., XU, Y., LI, F., HUANG, X., LI, H., ZHAO, JINGXIAN, HUANG, J., ZHAO, JINCUN, 2020. Infectious SARS-CoV-2 in feces of patient with severe COVID-19. *Emerg. Infect. Dis.* 26, 1920–1922. <https://doi.org/10.3201/eid2608.200681>

YUNKER, M.B.; MACDONALD, R.W.; VINGARZAN, R.; MITCHELL, R.H.; GOYETTE, D.; SYLVESTRE, S. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. **Organic Geochemistry**, v. 33, p. 489–515. 2002.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Ed.). **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações.** São Carlos: Rima, 2006. 478 p.






ZHANG, Y., CHEN, C., ZHU, S., SHU, C., WANG, D., SONG, J., SONG, Y., ZHEN, W., FENG, Z., WU, G., XU, J., XU, W., 2020c. Isolation of 2019-nCoV from a stool specimen of a laboratory-confirmed case of the coronavirus disease 2019 (COVID-19). *China CDC Wkly.* 2, 123–124. <https://doi.org/10.46234/ccdcw2020.033>.



| Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente

**ISBN: 978-65-5577-024-7**

Acompanhe as redes sociais da CETESB:

-  Site: [cetesb.sp.gov.br](http://cetesb.sp.gov.br)
-  Facebook: [facebook.com/cetesbsp](https://facebook.com/cetesbsp)
-  LinkedIn: [linkedin.com/company/cetesb](https://linkedin.com/company/cetesb)
-  Instagram: [instagram.com/cetesbsp](https://instagram.com/cetesbsp)
-  SoundCloud: [soundcloud.com/cetesbsp](https://soundcloud.com/cetesbsp)