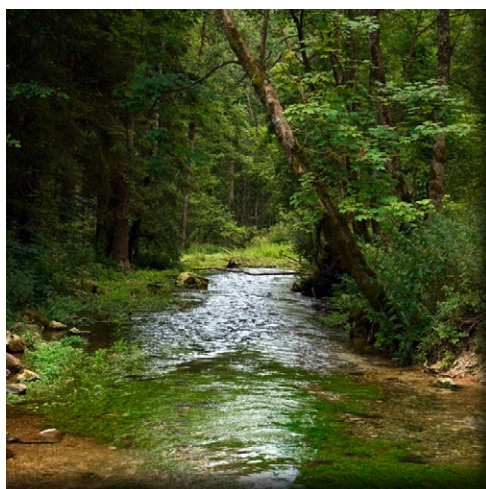


QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES NO ESTADO DE SÃO PAULO

.....



2023

SÉRIE RELATÓRIOS
ISSN 0103 4103



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

.....

Governo do Estado de São Paulo
Tarcísio de Freitas - Governador do Estado de São Paulo

Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística
Natália Resende - Secretária de Estado

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Thomaz Miazaki de Toledo - Diretor-Presidente

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Diretoria de Gestão Corporativa
Liv Nakashima Costa - Diretora

Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental
Adriano Rafael Arrepia de Queiroz - Diretor

Diretoria de Qualidade Ambiental
Carolina Fiorillo Mariani - Diretora

Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental
Mayla Matsuzaki Fukushima - Diretora

QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES

NO ESTADO DE SÃO PAULO

S É R I E R E L A T Ó R I O S

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

2023

Dados Internacionais de Catalogação

(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

C418q CETESB (São Paulo)
Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2023 [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.]. – São Paulo : CETESB, 2024.
Arquivos eletrônicos : il. color., PDF, XLSX ; 80 MB. - - (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 (1 arquivo de texto PDF (300 p.) : 35 MB) + apêndices A-Q (arquivos XLSX : 45 MB)
Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>
ISBN 978-65-5577-094-0.

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 2024.
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345
Pinheiros – SP – Brasil – CEP 05459900

Ficha Técnica

Diretoria de Qualidade Ambiental

Biól. Carolina Fiorillo Mariani
Diretora

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

Coordenação cartográfica

Geóg. Carmen Lucia V. Midaglia

Equipe Técnica

Setor de Águas Interiores

Biól. Cláudio Roberto Palombo
Eng. Quím. Uladyr Ormino Naimy
Geóg. Fabiola Martins Antoneli
Eng. Alana Natalí Mânica (est. de pós-graduação)
Bianca Domingos Schiavinato (estagiária biologia.)
Thamires Alves Carvalho (aprendiz)

Setor de Hidrologia

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

Departamento de Análises Ambientais

Biom. Maria Inês Zanoli Sato

Divisão de Análises Físico-químicas

Maria Yumiko Tominaga

Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental

Biól. Deborah Arnsdorff Roubicek

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

Setor de Ecotoxicologia Aquática

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

Setor de Análises Toxicológicas

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

Projeto Gráfico

Vera Severo

Revisão Ortográfica

Maria Cristina de Souza Leite

Editoração/Diagramação

Phabrica de Produções: Alecsander Coelho, Daniela Bissiguini, Ércio Ribeiro, Paulo Ciola, Kauê Rodrigues e Rebeca Tonello

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

Coordenação geral

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

Quím. Beatriz Durazzo Ruiz
Gerente do Setor de Águas Interiores

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

Setor de Toxicologia e Genotoxicidade

Biól. Flavia Mazzini Bertoni
Biom. Celia Maria Rech
Biól. Celso Fumio Suzuki
Biól. Cynthia Muniz Soares
Farm. Bioq. Simone Harue Kimura Takeda

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

FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

Apresentação

Inspirar mudanças de comportamento e fomentar políticas públicas para a proteção dos recursos naturais e promoção de um futuro sustentável é possível por meio da conscientização da população, baseada na transparência e qualidade das informações sobre a situação do meio ambiente. A missão da Companhia é divulgar o conhecimento adquirido ao longo das décadas de monitoramento ambiental para que a sociedade, a comunidade científica e os administradores públicos possam utilizar esses dados na preservação ambiental.

Os dados gerados são amplamente divulgados, satisfazendo o interesse da população em conhecer a qualidade do ar, das águas dos rios, represas e poços subterrâneos utilizados para o abastecimento público, bem como as condições das praias.

Na página da CETESB na internet, estão disponíveis os relatórios da edição 2023, que sintetizam os relatórios em linguagem direta e refinada, promovendo uma postura mais interativa com a comunidade interessada. Novas oportunidades virão em 2024, sendo enfrentadas com a experiência, esforço e inovação característicos da CETESB.

Boa leitura!

Thomaz Miazaki de Toledo
Diretor-Presidente da CETESB

Listas

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Redes de monitoramento de águas superficiais interiores da CETESB – 2023.....	22
Tabela 1.2 – Variáveis de qualidade da Rede Básica	24
Tabela 1.3 – Variáveis de qualidade da Rede de Sedimento	25
Tabela 1.4 – Categorias e faixas de classificação dos Índices de Qualidade de Água.....	26
Tabela 3.1 – Alterações de Pontos de Amostragem na Rede Básica em 2023.....	35
Tabela 3.2 – Descrição e registros fotográficos dos pontos das Redes Básica e Automática de monitoramento da CETESB, recodificados no Rio Jundiá.....	37
Tabela 3.3 – Registros Fotográficos dos novos pontos da CETESB.....	45
Tabela 3.4 – Pontos de amostragem da Rede de Sedimento em 2023.....	47
Tabela 3.5 – Percentual de tempo de operação com geração/transmissão de dados anuais de 2019 a 2023.	50
Tabela 3.6 – Resumo de pontos monitorados por UGRHI, tipo de projeto e densidade da rede.	56
Tabela 3.7 – Composição da Matriz de análise dos fatores da Análise Multicritério do IAEM.....	57
Tabela 3.8 – Dados originais para geração do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento 2013 e 2023.....	59
Tabela 3.9 – Classes do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento (IAEM).....	61
Tabela 4.1 – Porcentagens de atendimento aos padrões da Classe 1 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe Especial da Resolução CONAMA nº 357/2005 em 2023 e nos últimos 5 anos.	77
Tabela 4.2 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1 e 2 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 em 2023 e nos últimos 5 anos.	78
Tabela 4.3 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2 e 3 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005.	79
Tabela 4.4 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2, 3 e 4 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios enquadrados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005 e nos últimos 5 anos.....	80
Tabela 4.5 – Pontos de monitoramento de agrotóxicos no período de 2020 e 2023.....	83
Tabela 4.6 – Agrotóxicos monitorados no período de 2020 a 2023.....	84
Tabela 4.7 – Número e porcentagem de detecções agrotóxicos acima do Limite de Quantificação analítico em relação ao total de análises realizadas para essas substâncias entre 2020 e 2023.....	84
Tabela 4.8 – Ocorrências dos agrotóxicos com maior frequência de quantificação nos pontos de monitoramento no período de 2020 a 2023.....	86
Tabela 4.9 – Frequências de desconformidades por ponto em relação aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA nº 357/2005.....	88
Tabela 4.10 – Frequências de desconformidades por ponto em relação aos valores de referência da OPP USEPA (2024)	88
Tabela 5.1 – Mananciais em que o IAP foi influenciado negativamente pelo PFTHM em todas as campanhas.....	101
Tabela 5.2 – Mananciais em que o IAP foi influenciado negativamente pelo Número de Células de Cianobactérias – NCC, em pelo menos uma campanha	102
Tabela 5.3 – Mananciais classificados na categoria Regular do IQA em mais da metade das campanhas	102
Tabela 5.4 – Índice de Balneabilidade (IB) no período de 2018 a 2023.....	123
Tabela 5.5 – Concentração de cianotoxinas no Reservatório Broa (BROA 02703), município de Itirapina, em 2023.....	129
Tabela 5.6 – Concentração de cianotoxinas no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00301), na praia Aracati (praia Miami Paulista), em 2023.	130
Tabela 5.7 – Concentração de cianotoxinas no res. Rio Grande (GRDE 02271), no pier da praia Municipal de Miguelópolis, em 2023.	131
Tabela 5.8 – Concentração de cianotoxinas no Reservatório Itupararanga (SOIT 02601), praia do Piratuba, município de Ibiúna, em 2023.....	132
Tabela 5.9 – Concentração de cianotoxinas no Córrego do Esgotão (ESGT 02252), em frente à Praia Municipal de Sabino, em 2023.....	133
Tabela 6.1 – Descrição dos pontos de Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram Toxicidade Aguda para o <i>Vibrio fischeri</i>	149
Tabela 6.2 – Evolução da classificação segundo o ICZRES entre 2018 e 2023	157
Tabela 6.3 – Locais que apresentaram atividade estrogênica abaixo de 1,0 EEQ em 2023.	167
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.....	171
Tabela 7.1 – Média das porcentagens de atendimento a Resolução CONAMA nº357/2005 da Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no Reservatório Billings em 2023 e nos últimos 5 anos	200
Tabela 7.2 – Média das porcentagens de Atendimento a Resolução CONAMA nº357/2005 da Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no Reservatório Guarapiranga em 2023 e nos últimos 5 anos.....	210
Tabela 7.3 – Média das porcentagens de Atendimento a Resolução CONAMA nº357/2005 da Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no Reservatório do Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.....	219

Tabela 7.4 – Concentrações médias de Oxigênio Dissolvido (OD) e de Carbono Orgânico Total (COT) no Rio Pinheiros no período de 2022 e 2023.	236
Tabela 7.5 – Média das porcentagens de Atendimento a Resolução CONAMA nº357/2005 da Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no Reservatório Promissão nos pontos TIPR 02400 e TIPR 02900 em 2023 e nos últimos 5 anos	245
Tabela 7.6 – Média das porcentagens de Atendimento a Resolução CONAMA nº357/2005 da Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total nos braços do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) em 2023 e a média dos últimos 3 anos	248
Tabela 7.7 – Média das porcentagens de Atendimento a Resolução CONAMA nº357/2005 da Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no Reservatório Itupararanga e a média dos últimos 3 anos.....	257
Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos	267
Tabela 8.2 – Elementos (metais e semimetais) e compostos orgânicos em concentrações iguais ou acima dos critérios TEL e PEL	276
Tabela 9.1 – Número de registros de reclamações de mortandade de peixes por UGRHI, no estado de São Paulo em 2023.	285

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1 – Legislação em vigor disponível no Brasil com abordagem para a balneabilidade das águas.....	128
Quadro 5.2 – Cianotoxinas, gêneros/espécies potencialmente produtoras e sintomas de exposição.....	128
Quadro 5.3 – Cianotoxinas e valores de referência para águas de recreação segundo a OMS	129
Quadro 5.4 – Resumo das informações relevantes em relação à comunidade fitoplanctônica no Reservatório Broa (BROA 02703), município de Itirapina, em 2023.....	130
Quadro 5.5 – Resumo das informações relevantes em relação à comunidade fitoplanctônica no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00301), município de São Paulo, em 2023.....	131
Quadro 5.6 – Resumo das informações relevantes em relação à comunidade fitoplanctônica no Reservatório Rio Grande (GRDE 02271), município de São Paulo, em 2023.....	132
Quadro 5.7 – Resumo das informações relevantes em relação à comunidade fitoplanctônica no Reservatório Itupararanga (SOIT 02601), praia do Piratuba, município de Ibiúna, em 2023.	133
Quadro 5.8 – Resumo das informações relevantes em relação à comunidade fitoplanctônica no Córrego do Esgotão (ESGT 02252), em frente à Praia Municipal de Sabino, em 2023.....	134
Quadro 6.1 – Resumo estatístico do diagnóstico anual de 2023 em porcentagens aproximadas por categoria.....	153
Quadro 6.2 – Locais de amostragem da comunidade bentônica em 2023.....	158
Quadro 6.3 – Classificações de qualidade pelo Índice da Comunidade Bentônica (ICB) em 2023.	159
Quadro 6.4 – Qualidade ecológica dos corpos d'água medida pelo ICB com relação ao seu enquadramento em 2023	164
Quadro 6.5 – Número de pontos em que foram registrados e/ou quantificados organismos do gênero <i>Ceratium</i> de 2019 a 2023.....	166
Quadro 7.1 – Resultados das médias anuais de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (cél/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2022 e 2023. Reservatório Billings.	202
Quadro 7.2 – Concentração de cianotoxinas – Reservatório Billings – 2022 e 2023	203
Quadro 7.3 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (cél/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2022 e 2023. Reservatório Guarapiranga.	211
Quadro 7.4 – Concentração de cianotoxinas – Reservatório Guarapiranga – 2022 e 2023.....	212
Quadro 7.5 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (cél/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2022 e 2023. Reservatório Rio Grande.....	221
Quadro 7.6 – Concentração de cianotoxinas - Reservatório Rio Grande - 2022 e 2023.....	222
Quadro 7.7 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (cél/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2022 e 2023.	246
Quadro 7.8 – Concentração de cianotoxinas no Reservatório de Promissão (TIPR 02990) – 2022 e 2023	246
Quadro 7.9 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (cél/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2022 e 2023.	250
Quadro 7.10 – Concentração de cianotoxinas no Braço do Rio Barra Mansa, no Braço do Ribeirão Fartura e no Braço do Ribeirão Santa. Bárbara – 2022 e 2023.251	
Quadro 7.11 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (cél/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2022 e 2023. Reservatório Itupararanga.....	259
Quadro 7.12 – Concentração de cianotoxinas – Reservatório Itupararanga - 2022 e 2023.....	260
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 2018 a 2023.....	287
Quadro 9.2 – Exemplos de atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes, realizados em 2023 pela CETESB	288

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 – Evolução dos pontos de amostragem por programa de monitoramento de águas interiores	23
Gráfico 2.1 – Intensidades de chuva mensais e anual no Estado de São Paulo em 2023.....	29
Gráfico 2.2 – Chuvas nas UGRHs em 2023 em relação à média histórica do Estado de São Paulo.	30
Gráfico 3.1 – Distribuição dos pontos de amostragem por tipo de monitoramento 2023.....	55
Gráfico 4.1 – Porcentagens de resultados da Rede Básica que não atendem os padrões estabelecidos para a Classe 2, em 2023 e no período de 2018 a 2022.....	70
Gráfico 4.2 – Porcentagem de resultados desconformes para a Classe 2 das variáveis monitoradas na Rede Básica por UGRHI em relação ao total de desconformidade no estado em 2023 e a porcentagem da população urbana da UGRHI em relação a população do estado.	71
Gráfico 4.3 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de <i>Escherichia coli</i> por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.	72
Gráfico 4.4 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Fósforo Total por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.	73
Gráfico 4.5 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Oxigênio Dissolvido por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.	73
Gráfico 4.6 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Nitrogênio Amoniacal por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.	74
Gráfico 4.7 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Alumínio, Ferro e Manganês por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.	75
Gráfico 4.8 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Clorofila a por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.	75
Gráfico 4.9 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Número de Células de Cianobactérias por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.	76
Gráfico 4.10 – Concentração média de COT por UGRHI em 2023 e no período de 2018 a 2022.....	81
Gráfico 4.11 – Frequência de quantificação de agrotóxicos entre 2020 e 2023.....	85
Gráfico 5.1 – Distribuição percentual das categorias do IQA por UGRHI em 2023.	94
Gráfico 5.2 – Evolução da Distribuição do IQA, no período de 2018 a 2023.....	98
Gráfico 5.3 – Influência das variáveis na classificação do IAP – 2023	101
Gráfico 5.4 – Evolução da Distribuição do IAP, no período de 2018 a 2023.....	104
Gráfico 5.5 – Distribuição Percentual do Índice de Estado Trófico por UGRHI e a média do Estado de São Paulo em 2023.	105
Gráfico 5.6 – Distribuição Percentual do Índice de Estado Trófico por tipo de sistema (lóticos ou lêntico) no Estado de São Paulo em 2023.....	106
Gráfico 5.7 – Distribuição Percentual dos 446 pontos por trofia e por Classe no Estado de São Paulo em 2023.....	107
Gráfico 5.8 – Evolução da Distribuição do Índice de Estado Trófico - 2018 a 2023	113
Gráfico 5.9 – Distribuição percentual das categorias dos resultados do IVA por UGRHI – 2023.....	114
Gráfico 5.10 – Influência das variáveis na classificação do IVA em 2023	117
Gráfico 5.11 – Distribuição percentual do efeito tóxico observado, nos ensaios, em 2023 por UGRHI e no estado de São Paulo e número total de pontos coletados por UGRHI	119
Gráfico 5.12 – Evolução da Distribuição do IVA, no período de 2018 a 2023.....	121
Gráfico 5.13 – Distribuição percentual das categorias do IB em 2023.....	122
Gráfico 6.1 – 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 – 2023 ..	136
Gráfico 6.2 – 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 2023	137
Gráfico 6.3 – Concentrações de oocistos de <i>Giardia</i> spp. com médias anuais aritméticas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de 2023. Os valores abaixo do limite de quantificação (LQ = 0,1) foram considerados como 0,07 cistos/L (LQ/ $\sqrt{2}$).....	138
Gráfico 6.4 – Concentrações de cistos de <i>Cryptosporidium</i> spp. com médias anuais aritméticas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de 2023. Os valores abaixo do limite de quantificação (LQ = 0,1) foram considerados como 0,07 oocistos/L (LQ/ $\sqrt{2}$).....	140
Gráfico 6.5 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade Aguda com <i>Vibrio fischeri</i> nas amostras de água, por UGRHI, distribuídos em cada categoria.....	148
Gráfico 6.6 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade Aguda com <i>Vibrio fischeri</i> nas amostras de água Classe 4, distribuídos em cada categoria, por UGRHI	151
Gráfico 6.7 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> nos pontos coincidentes nos anos de 2018 a 2023.....	151
Gráfico 6.8 – Densidade média anual e distribuição dos grupos da comunidade zooplancônica dos reservatórios Jaguari (JARI 00800), Jacaréi (JCRE 00500), Atibainha (RAIN 00880), Juqueri (JQUJ 00900), Billings (BILL 02100 e BITQ 00100), Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900) e Barra Bonita (TIBB 02700), em 2023.....	158
Gráfico 6.9 – Densidades médias com respectivos desvios padrão (ind.m ⁻²) e riquezas totais (S) das comunidades bentônicas investigadas em 2023.....	163
Gráfico 6.10 – Atividade estrogênica média nos locais avaliados em 2023.....	168
Gráfico 6.11 – Percentual de amostras com atividade glicocorticoide detectada em 2023.....	169
Gráfico 6.12 – Atividade glicocorticoide média detectada em 2023	170
Gráfico 6.13 – Boxplot das concentrações de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê no ano de 2023.....	175
Gráfico 6.14 – Concentrações das regiões genômicas N1 e N2 de SARS-CoV-2 normalizadas pela concentração de NH ₃ -N nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê e número de casos estimados de COVID-19 na população correspondente a cada CSA no ano de 2023 (Fonte casos clínicos: Fundação Seade - https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/dados-abertos/).....	176
Gráfico 6.15 – Cargas virais de SARS-CoV-2 (concentrações de N1 e N2 x vazão média) no ponto TIES 04900 (Barragem Edgard de Souza) e número de casos novos e óbitos por COVID-19 nos municípios que compõe o CSA Barueri (Fonte casos clínicos: Fundação Seade - https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/dados-abertos/)	177
Gráfico 6.16 – Concentrações normalizadas das regiões genômicas N1 de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da Bacia do Alto Tietê e número de casos novos (soma de 15 dias) de COVID-19 nos municípios da BAT (Fonte casos clínicos: Fundação Seade - https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/dados-abertos/).....	178
Gráfico 7.1 – Perfil do IQA ao longo do Rio Paraíba do Sul em 2023 e nos últimos 5 anos.....	180

Gráfico 7.2 – Perfil do IVA ao longo do Rio Paraíba do Sul em 2023 e nos últimos 5 anos.....	180
Gráfico 7.3 – Perfil do IQA ao longo do Rio Jaguari – UGRHI 2 em 2023 e nos últimos 5 anos.	184
Gráfico 7.4 – Perfil do IQA ao longo dos cursos de água do Litoral Norte em 2023 e nos últimos 5 anos.....	185
Gráfico 7.5 – Perfil do IQA ao longo do Rio Pardo – UGRHIs 4 e 12 em 2023 e nos últimos 5 anos.....	186
Gráfico 7.6 – Perfil do IVA ao longo do Rio Pardo – UGRHIs 4 e 12 em 2023 e nos últimos 5 anos.....	186
Gráfico 7.7 – Perfil do IQA ao longo do Rio Atibaia em 2023 e nos últimos 5 anos.....	187
Gráfico 7.8 – Perfil do IVA ao longo do Rio Atibaia em 2023 e nos últimos 5 anos.....	188
Gráfico 7.9 – Perfil do IQA ao longo do Rio Jaguari em 2023 e nos últimos 5 anos.....	188
Gráfico 7.10 – Perfil do IVA ao longo do Rio Jaguari em 2023 e nos últimos 5 anos.....	189
Gráfico 7.11 – Perfil do IQA ao longo do Rio Piracicaba em 2023 e nos últimos 5 anos.....	190
Gráfico 7.12 – Perfil do IVA ao longo do Rio Piracicaba em 2023 e nos últimos 5 anos.....	190
Gráfico 7.13 – Média Anual do IQA ao longo do Rio Jundiá em 2023 e nos últimos 5 anos.....	192
Gráfico 7.14 – Média Anual do IVA ao longo do Rio Jundiá em 2023 e nos últimos 5 anos.....	192
Gráfico 7.15 – Média Anual do IQA ao longo do Rio Capivari em 2023 e nos últimos 5 anos.....	194
Gráfico 7.16 – Evolução do volume do Sistema Equivalente ao longo de 2023.....	195
Gráfico 7.17 – Perfil do IQA nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2023 e nos últimos 5 anos.....	195
Gráfico 7.18 – Perfil do IVA nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2023 e nos últimos 5 anos.....	196
Gráfico 7.19 – Perfil do IAP nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2023 e nos últimos 5 anos.....	196
Gráfico 7.20 – Perfil do IQA – Reservatório Billings em 2023 e nos últimos 5 anos.....	198
Gráfico 7.21 – Perfil do IVA – Reservatório Billings em 2023 e nos últimos 5 anos.....	199
Gráfico 7.22 – IAP anual no ponto BITQ 00100 e BIRP 00500 em 2023 e nos últimos 5 anos.....	199
Gráfico 7.23 – Perfil da média anual da Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no Reservatório Billings em 2023 e nos últimos 5 anos.....	200
Gráfico 7.24 – Tempo de residência (dias) do Reservatório Billings em 2023.....	203
Gráfico 7.25 – IQA dos afluentes do Reservatório Billings – 2023.....	206
Gráfico 7.26 – Perfil do IQA no Reservatório Guarapiranga em 2023 e nos últimos 5 anos.....	207
Gráfico 7.27 – Perfil do IVA no Reservatório Guarapiranga em 2023 e nos últimos 5 anos.....	207
Gráfico 7.28 – Média Anual do IAP no ponto GUAR 00900 – Reservatório Guarapiranga.....	208
Gráfico 7.29 – Perfil da média anual da Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no Reservatório Guarapiranga em 2023 e nos últimos 5 anos.....	209
Gráfico 7.30 – Tempo de residência médio mensal e anual em dias do Reservatório Guarapiranga – 2023.....	212
Gráfico 7.31 – IQA dos afluentes do Reservatório Guarapiranga – 2023.....	213
Gráfico 7.32 – Perfil do IQA no Reservatório Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.....	214
Gráfico 7.33 – Perfil do IVA no Reservatório Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.....	214
Gráfico 7.34 – Perfil do IAP no Reservatório Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.....	215
Gráfico 7.35 – Tempo de residência (dias) do Reservatório Rio Grande – 2023.....	215
Gráfico 7.36 – Perfil da média anual da Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no Reservatório do Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.....	218
Gráfico 7.37 – Perfil do IQA no Sistema Alto Tietê e rios afluentes em 2023 e nos últimos 5 anos.....	222
Gráfico 7.38 – Perfil do IVA no Sistema Alto Tietê e rios afluentes em 2023 e nos últimos 5 anos.....	223
Gráfico 7.39 – Média Anual do IAP nos reservatórios Jundiá e Taiaçupeba em 2023 e nos últimos 5 anos.....	223
Gráfico 7.40 – Perfil do IQA ao longo do Rio Tietê em 2023 e nos últimos 5 anos.....	226
Gráfico 7.41 – Perfil do IVA ao longo do Rio Tietê em 2023 e nos últimos 5 anos.....	227
Gráfico 7.42 – Evolução da carga média anual de Carbono Orgânico Total no ponto TIES 04900.....	229
Gráfico 7.43 – Perfil do IQA nos Afluentes do Rio Tietê até o Reservatório de Promissão em 2023 e nos últimos 5 anos.....	233
Gráfico 7.44 – Perfil de COT nos Afluentes do Rio Tietê até o Reservatório de Promissão em 2023 e nos últimos 5 anos.....	234
Gráfico 7.45 – Perfil do IQA no Rio Tamanduaí em 2023 e nos últimos 5 anos.....	235
Gráfico 7.46 – Perfil do IQA ao longo do Rio Pinheiros em 2023 e nos últimos 5 anos.....	236
Gráfico 7.47 – Evolução das concentrações de Oxigênio Dissolvido (mg/L) no Rio Pinheiros entre 2018 e 2023.....	237
Gráfico 7.48 – Evolução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO, mg/L) no Rio Pinheiros entre 2018 e 2023.....	237
Gráfico 7.49 – IQA dos afluentes do Rio Pinheiros em 2023 e nos últimos 5 anos.....	240
Gráfico 7.50 – Perfil de COT nos afluentes do Rio Pinheiros em 2023 e nos últimos 5 anos.....	241
Gráfico 7.51 – IQA nos braços e afluentes do Rio Tietê do Reservatório de Promissão até a entrada no Reservatório Três Irmãos.....	242
Gráfico 7.52 – Valor da média anual do IET no Reservatório de Promissão para os pontos TIPR 02400 e o TIPR 02990 em 2023 e a média dos últimos 5 anos.....	243
Gráfico 7.53 – Perfil da média anual da Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total no Reservatório de Promissão em 2023 e nos últimos 5 anos.....	244
Gráfico 7.54 – Valor da média anual do IET nos braços do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) em 2023 e a média dos últimos 3 anos.....	247
Gráfico 7.55 – Perfil da média anual da Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total nos braços do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) em 2023 e a média dos últimos 3 anos.....	248
Gráfico 7.56 – Perfil do IQA no Rio Sapucaí em 2023 e nos últimos 5 anos.....	251

Gráfico 7.57 – Perfil do IVA no Rio Sapucaí em 2023 e nos últimos 5 anos.....	252
Gráfico 7.58 – Perfil do IQA no Rio Mogi-Guaçu em 2023 e nos últimos 5 anos.....	252
Gráfico 7.59 – Perfil do IQA no Rio Sorocaba em 2023 e nos últimos 5 anos.....	253
Gráfico 7.60 – Classificação do IAP no Reservatório de Itupararanga entre 2018 a 2023.....	255
Gráfico 7.61 – Valor da média anual do IET no Reservatório de Itupararanga em 2023 e a média dos últimos 5 anos.....	256
Gráfico 7.62 – Perfil da média anual da Clorofila a e Fósforo Total no Reservatório de Itupararanga em 2023 e nos últimos 5 anos.....	257
Gráfico 7.63 – Perfil do IQA nos rios Ribeira e Ribeira de Iguape em 2023 e nos últimos 5 anos.....	260
Gráfico 7.64 – Perfil do IQA em 2023 e nos últimos 5 anos no Rio Batalha.....	261
Gráfico 7.65 – Perfil do IVA em 2023 e nos últimos 5 anos no Rio Batalha.....	261
Gráfico 7.66 – Perfil do IQA no Rio São José dos Dourados em 2023 e nos últimos 5 anos.....	262
Gráfico 7.67 – Perfil do IQA no Rio Aguapeí em 2023 e nos últimos 5 anos.....	263
Gráfico 7.68 – Perfil do IQA no Rio do Peixe em 2023 e nos últimos 5 anos.....	263
Gráfico 7.69 – Perfil do IQA no Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.....	264
Gráfico 7.70 – Perfil do IVA no Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.....	265
Gráfico 7.71 – Perfil do IQA no Rio Paraná em 2023 e nos últimos 5 anos.....	265
Gráfico 7.72 – Perfil do IVA no Rio Paraná em 2023 e nos últimos 5 anos.....	266
Gráfico 7.73 – Perfil do IQA no Rio Paranapanema em 2023 e nos últimos 5 anos.....	266
Gráfico 8.1 – Características físicas dos sedimentos analisados.....	274
Gráfico 8.2 – Teor de matéria orgânica (%) nos sedimentos analisados.....	275
Gráfico 8.3 – Concentrações de Zinco nos sedimentos analisados em 2023.....	277
Gráfico 8.4 – Concentrações de Cobre nos sedimentos analisados em 2023.....	278
Gráfico 9.1 – Evolução dos registros de Mortandades de Peixes de 2014 a 2023 no Estado de São Paulo.....	284
Gráfico 9.2 – Distribuição proporcional das ocorrências de mortandades de peixes no Estado de São Paulo, por UGRHI de 2018 a 2023.....	286
Gráfico 9.3 – Proporção entre as principais causas das ocorrências de mortandade de peixes atendidas pela CETESB no período de 2018 a 2023.....	290
Gráfico 9.4 – Detalhamento das causas das mortandades de peixes no Estado de São Paulo em 2023.....	291

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Variação da intensidade de chuva em cada UGRHI em relação às suas respectivas médias históricas.....	31
Figura 3.1 – Processo de codificação e georreferenciamento dos pontos de amostragem.....	33
Figura 3.2 – Localização do ponto SAPT 03400, no Córrego Sapateiro.....	34
Figura 3.3 – Pontos ANA propostos inicialmente para o estado de São Paulo.....	41
Figura 3.4 – Exemplo de Medição de vazão a vau realizada pela CETESB na Ponte na entrada da portaria 2 do Parque Estadual do Juquery, em Franco da Rocha.....	42
Figura 3.5 – Coleta de sedimentos no ponto AVEC 02800, no Ribeirão Avecuia, 150m antes da captação de Porto Feliz.....	46
Figura 3.6 – Vista da Praia no Restaurante Interlagos/ Guarujapiranga - GUAR 00602 na represa Guarapiranga.....	48
Figura 3.7 – Vista do ponto SOIT 02601, na praia do Piratuba, Condomínio Antilhas, na Represa de Itupararanga, em Ibiúna, UGRHI 10-Sorocaba/ Médio Tietê.....	49
Figura 3.8 – Vista estação EF33 – Itupeva, no Rio Jundiá, codificada como JUNA 03525.....	51
Figura 3.9 – Vista estação EF-09 - ACLA 00500- No Reservatório Águas Claras- SABESP, na Serra da Cantareira.....	51
Figura 4.1 – Box-plot dos resultados de COT por classe de enquadramentos em 2023 e nos últimos 5 anos.....	82
Figura 5.1 – Distribuição porcentual das categorias do IQA em função da época do ano (2023).....	97
Figura 5.2 – Distribuição porcentual das categorias do IAP em função da época do ano em 2023.....	103
Figura 5.3 – Ilustração com representantes dos principais grupos de organismos que compõe o Fitoplâncton.....	127
Figura 5.4 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório do Broa (BROA 02703), município de Itirapina, em 2023.....	129
Figura 5.5 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00301), na praia Aracati (praia Miami Paulista) em 2023.....	130
Figura 5.6 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no res. Rio Grande (GRDE 02271), no pier da praia Municipal de Miguelópolis, em 2023.....	131
Figura 5.7 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Itupararanga (SOIT 02601), praia do Piratuba, município de Ibiúna, em 2023.....	132
Figura 5.8 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Córrego do Esgotão (ESGT 02252), em frente à Praia Municipal de Sabino, em 2023.....	133
Figura 6.1 – 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.....	139
Figura 6.2 – 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^{-6} DALYs / pessoa por ano com base no consumo diário de 1 L de água potável.....	140
Figura 6.3 – Resultados qualitativos de mutagenicidade dos ensaios de <i>Salmonella/microsoma</i> e Micronúcleo nas amostras de água avaliadas no período de 2019 a 2023.....	143

Figura 6.4 – Resultados históricos do Teste de <i>Salmonella</i> /microsoma por ponto estudado - UGRHI 5	145
Figura 6.5 – Resultados históricos do Testes de <i>Salmonella</i> /microsoma por ponto estudado - UGRHI 6	146
Figura 6.6 – Resultados históricos do Testes de <i>Salmonella</i> /microsoma em amostras de água por ponto estudado	147
Figura 6.7 – Classificação das amostras dos corpos hídricos Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram toxicidade aguda para o <i>Vibrio fischeri</i> em 2023.....	150
Figura 6.8 – Distribuição das classificações médias anuais do ICF para os 71 pontos amostrados em 2023	152
Figura 6.9 – Estruturas da comunidade fitoplânctônica nos pontos amostrados em 2023.....	155
Figura 6.10 – Estruturas das comunidades bentônicas em 2023.....	161
Figura 6.11 – O hidrozóário <i>Cordylophora caspia</i> , observado no Reservatório Água Vermelha	163
Figura 6.12 – Bissos e restos de conchas do mexilhão dourado (<i>Limnoperna fortunei</i>)	165
Figura 6.13 – Dinoflagelado do gênero <i>Ceratium</i>	166
Figura 6.14 – Compartimentos Sanitários Ambientais (CSA) da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.....	173
Figura 7.1 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Santa Branca de janeiro a dezembro de 2023.	181
Figura 7.2 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Pindamonhangaba de janeiro a dezembro de 2023.....	182
Figura 7.3 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Queluz de janeiro a dezembro de 2023.	183
Figura 7.4 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Piracicaba de janeiro a dezembro de 2023.	191
Figura 7.5 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Itupeva, no Rio Jundiá de janeiro a dezembro de 2023.....	193
Figura 7.6 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Águas Claras de janeiro a dezembro de 2023.....	197
Figura 7.7 – Média anual da composição da Comunidade fitoplânctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Billings – 2014 a 2023.....	201
Figura 7.8 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Taquacetuba de janeiro a dezembro de 2023.	204
Figura 7.9 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Summit Control de janeiro a dezembro de 2023.....	205
Figura 7.10 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Guarapiranga de janeiro a dezembro de 2023.	208
Figura 7.11 – Média anual da composição da Comunidade fitoplânctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Guarapiranga – 2018 a 2023.	210
Figura 7.12 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rio Grande de janeiro a dezembro de 2023.	216
Figura 7.13 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rio Grande Transposição de janeiro a dezembro de 2023.	217
Figura 7.14 – Média anual da composição da Comunidade fitoplânctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Rio Grande – 2018 a 2023.....	220
Figura 7.15 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Taiacupeba de janeiro a dezembro de 2023.	224
Figura 7.16 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Mogi das Cruzes de janeiro a dezembro de 2023.....	228
Figura 7.17 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rasgão de janeiro a dezembro de 2023.....	230
Figura 7.18 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Itu de janeiro a dezembro de 2023.....	231
Figura 7.19 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Laranjal Paulista de janeiro a dezembro de 2023.	232
Figura 7.20 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Pedreira de janeiro a dezembro de 2023.	238
Figura 7.21 – Média anual da composição da Comunidade fitoplânctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Promissão (TIPR 02990) – 2018 a 2023.	245
Figura 7.22 – Média anual da composição da Comunidade fitoplânctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Braço do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Braço do Rio Barra Mansa (BMAN 02250), Braço do Ribeirão Santa. Bárbara (BBRA 02700) – 2019 a 2023.	249
Figura 7.23 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Sorocaba de janeiro a dezembro de 2023.....	254
Figura 7.24 – Média anual da composição da Comunidade fitoplânctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Itupararanga – 2018 a 2023.....	258

LISTA DE MAPAS

Mapa 3.1 – Pontos de Monitoramento da Rede Básica CETESB / Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas 2023.....	43
Mapa 3.2 – Pontos por projeto de monitoramento da rede CETESB 2023.	53
Mapa 3.3 – Situação dos UGRHIs no Estado de São Paulo em função do IAEM – 2013	63
Mapa 3.4 – Situação dos UGRHIs no Estado de São Paulo em função do IAEM – 2023	65
Mapa 5.1 – Médias anuais do IQA para o ano de 2023	95
Mapa 5.2 – Médias anuais do IAP em 2023	99
Mapa 5.3 – Médias anuais do IET para o ano de 2023.....	111
Mapa 5.4 – Médias anuais do IVA para o ano de 2023.....	115
Mapa 5.5 – Localização e classificação das praias de rios e reservatórios - 2023.....	125
Mapa 8.1 – Localização e diagnósticos dos pontos da rede de sedimento em 2023.....	281

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Aspectos Descritivos e Quantitativos das Redes de Monitoramento – 2023

Apêndice B – Dados Brutos das Variáveis de Água e Sedimento – 2023

Apêndice C – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem

Apêndice D – Metodologia de Cálculo dos Índices de Qualidade das Águas – 2023

Apêndice E – Relação das Variáveis por ponto de amostragem – 2023

Apêndice F – Quantitativo dos Postos Pluviométricos – 2023

Apêndice G – Intensidade de Chuvas por UGRHI – 2023

Apêndice H – Mapas das Redes de Monitoramento por UGRHI – 2023

Apêndice I – Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento - IAEM – 2023

Apêndice J – Resultados analíticos e classificação semanal das praias de rios e reservatórios – 2023

Apêndice K – Porcentagem de resultados não conformes por ponto e por classe de enquadramento – 2023

Apêndice L – Resultados do Monitoramento – 2023

Apêndice M – Média Anual dos Índices de Qualidade - 2018 a 2023

Apêndice N – Perfis de Oxigênio Dissolvido e Temperatura da Água – 2023

Apêndice O – Vazões e Cargas de DBO e Fósforo – 2023

Apêndice P – Perfis Sedimentares – 2023

Apêndice Q – Ocorrências de Mortandade de Peixes - 2023

Sumário

1 • Conceitos e Metodologia	21
1.1 Objetivos do monitoramento	21
1.2 Qualidade das Águas Interiores	21
1.2.1 Redes de Monitoramento	22
1.2.2 Variáveis de Qualidade das Águas e do Sedimento	23
1.2.2.1 Variáveis da Rede Básica	24
1.2.2.2 Variáveis da Rede de Sedimento	25
1.2.2.3 Variáveis da Rede de Balneabilidade de Praias Interiores	25
1.2.2.4 Variáveis do Monitoramento Automático	26
1.2.3 Índices de Qualidade das Águas e do Sedimento	26
1.2.3.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas	26
1.2.3.2 IAP – Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público	26
1.2.3.3 IVA – Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática	27
1.2.3.4 IET – Índice do Estado Trófico	27
1.2.3.5 ICF, ICZ e ICB – Índice da Comunidade Fitoplanctônica, Índice da Comunidade Zooplanctônica e Índice da Comunidade Bentônica	27
1.2.3.6 IB – Índice de Balneabilidade	27
1.2.3.7 CQS – Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos	27
1.2.4 Perfis de Temperatura e Oxigênio Dissolvido	28
1.2.5 Mortandade de Peixes	28
1.2.6 Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município – ICTEM (Novo relatório)	28
2 • Aspectos hidrológicos	29
3 • Redes de Monitoramento	33
3.1 Caracterização dos pontos de amostragem	33
3.2 Rede de Amostragem Manual	34
3.2.1 Rede Básica	34
3.2.2 Recodificação dos pontos de monitoramento no Rio Jundiá – UGRHI 5	35
3.2.3 Rede de Sedimentos	45
3.2.4 Rede de Balneabilidade em Rios e Reservatórios	48
3.4 Rede Automática	50
3.4 Distribuição dos pontos de amostragem	52
3.4.1 Distribuição por UGRHI	55
3.5 Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento - IAEM	56
3.5.1 Cenário do IAEM para o ano de 2023	61
4 • Atendimento aos padrões de qualidade	69
4.1 Porcentagem de resultados desconformes das principais variáveis para a Classe 2 por UGRHI	71
4.1.1 Escherichia coli	72
4.1.2 Fósforo Total	72
4.1.3 Oxigênio Dissolvido	73
4.1.4 Nitrogênio Amoniacal	74
4.1.5 Ferro, Alumínio e Manganês	74
4.1.6 Clorofila a	75
4.1.7 Número de Células de Cianobactérias	76

4.2 Porcentagem de resultados desconformes por classe de enquadramento	76
4.2.1 Pontos enquadrados na Classe Especial	77
4.2.2 Pontos enquadrados na Classe 2	78
4.2.3 Pontos enquadrados na Classe 3	79
4.2.4 Pontos enquadrados na Classe 4	80
4.2.5 Avaliação dos teores de Carbono Orgânico Total (COT) nos Corpos de Água	81
4.3 Agrotóxicos	82
5 • Índices de Qualidade das Águas	93
5.1 Índice de Qualidade das Águas – IQA	94
5.1.1 Distribuição percentual das categorias do IQA	94
5.1.2 Influência da sazonalidade na distribuição percentual das categorias do IQA	97
5.1.3 IQA entre 2018 e 2023	97
5.2 Índice de Qualidade de Água para fins de Abastecimento Público – IAP	98
5.2.1 Influência da sazonalidade na distribuição percentual das categorias do IAP	103
5.2.2 IAP entre 2018 e 2023	104
5.3 Índice do Estado Trófico – IET	105
5.3.1 Distribuição percentual das categorias do IET	105
5.3.2 IET entre 2018 e 2023	113
5.4 Índice de Qualidade das Águas para a Proteção da Vida Aquática – IVA	113
5.4.1 Distribuição percentual das categorias do IVA por UGRHI em 2023	114
5.4.2 Distribuição do Ensaio Ecotoxicológico com Ceriodaphnia dubia	118
5.4.3 IVA entre 2018 e 2023	121
5.5 Índice de Balneabilidade das Praias em Rios e Reservatórios – IB	121
5.5.1 Classificação Anual	121
5.5.2 Floração de Algas	127
6 • Avaliação Biológica	135
6.1 MICROBIOLOGIA	135
6.1.1 Giardia spp. e Cryptosporidium spp.	136
6.2 TOXICOLOGIA	141
6.2.1 Testes de Mutagenicidade	141
6.2.2 Toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> (Sistema Microtox®)	147
6.3 COMUNIDADES AQUÁTICAS	152
6.3.1 Comunidade Fitoplânctônica	152
6.3.2 Comunidade Zooplânctônica	157
6.3.3 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos	158
6.3.4 Espécies Exóticas Invasoras – E.E.I.	164
6.4 ENSAIOS BIOANALÍTICOS	167
6.4.1 Interferentes endócrinos (atividade estrogênica)	167
6.4.2 Determinação da atividade glicocorticoide (ensaio GR-CALUX)	168
6.5 VIGILÂNCIA AMBIENTAL DE SARS-CoV-2	170
7 • Avaliação por corpo de água	179
7.1 UGRHI 2 - Rio Paraíba do Sul	179
7.1.1 Rio Paraíba do Sul	179
7.1.2 Rio Jaguari – UGRHI 2	184
7.2 UGRHI 3 – LITORAL NORTE	184
7.3 UGRHIs 4 e 12 – Rio Pardo	185
7.4 UGRHI 5 – PIRACICABA / CAPIVARI / JUNDIAÍ	187
7.4.1 Rio Atibaia	187
7.4.2 Rio Jaguari – UGRHI 5	188
7.4.3 Rio Piracicaba	189
7.4.4 Rio Jundiá	191
7.4.5 Rio Capivari	194

7.5 SISTEMA CANTAREIRA – UGRHIs 5 e 6	194
7.6 RESERVATÓRIOS DA UGRHI 6 – ALTO TIETÊ	198
7.6.1 Reservatório Billings.....	198
7.6.2 Reservatório Guarapiranga	206
7.6.3 Reservatório Rio Grande	213
7.6.4 Sistema Alto Tietê.....	222
7.7 RIO TIETÊ – UGRHIs 6, 10, 13, 16 e 19	225
7.7.1 Afluentes do Rio Tietê – UGRHI 6 até Promissão.....	233
7.7.1.1 Rio Tamanduateí	235
7.7.1.2 Rio Pinheiros - UGRHI 6.....	236
7.7.2 Afluentes do Rio Tietê - do Reservatório de Promissão até entrada no Reservatório Três Irmãos	241
7.7.2.1 Reservatório de Promissão	242
7.7.2.2 Braços do Ribeirão Fartura, do Rio Barra Mansa e Braço do Ribeirão Santa Bárbara	247
7.8 UGRHI 8 – SAPUCAÍ / GRANDE	251
7.9 UGRHI 9 – MOGI-GUAÇU	252
7.10 UGRHI 10 – SOROCABA / MÉDIO TIETÊ	253
7.10.1 Rio Sorocaba	253
7.10.2 Reservatório Itupararanga.....	255
7.11 UGRHI 11 – RIBEIRA DE IGUAPE/LITORAL SUL	260
7.12 UGRHI 16 – TIETÊ/BATALHA	261
7.13 UGRHI 18 – SÃO JOSÉ DOS DOURADOS.....	262
7.14 UGRHI 20 – AGUAPEÍ	262
7.15 UGRHI 21 – PEIXE.....	263
7.16 DIVISAS DO ESTADO	264
7.16.1 Rio Grande – UGRHIs 08, 12 e 15	264
7.16.2 Rio Paraná- UGRHIs 18,19 e 22.....	265
7.16.3 Rio Paranapanema – UGRHIs 14, 17 e 22	266
8 • Qualidade dos sedimentos	267
9 • Mortandades de Peixes	283
9.1 Registros de Mortandades de Peixes	283
9.2 Ocorrências nas UGRHIs	285
9.3 Tendência nas UGRHIs	286
9.4 Atendimentos pelo Setor de Comunidades Aquáticas e Agências Ambientais	288
9.5 Causas das Mortandades de peixes.....	289
10 • Conclusões.....	293
Referências	299

1 • Conceitos e Metodologia

As águas situadas no interior da linha de base do mar territorial, excetuando-se os arquipélagos, fazem parte das **águas interiores** do estado (Decreto Federal nº 1530/1995).

Neste capítulo, discorre-se sobre os objetivos do monitoramento, conceitos relativos às redes de monitoramento da CETESB, as variáveis de qualidade adotadas para o monitoramento e Índices de Qualidade das águas interiores e dos sedimentos.

1.1 Objetivos do monitoramento

A CETESB monitora a qualidade das águas superficiais interiores no estado de São Paulo desde 1974. Atualmente, os principais objetivos desse monitoramento são:

- Realizar um diagnóstico da qualidade das águas superficiais do estado, avaliando-se a conformidade com a legislação ambiental;
- Avaliar a evolução temporal da qualidade das águas superficiais do estado;
- Identificar as áreas prioritárias para o controle da poluição das águas, como: trechos de rios e estuários, onde a qualidade possa estar comprometida, possibilitando, assim, ações preventivas e corretivas da CETESB e de outros órgãos;
- Subsidiar o diagnóstico e controle da qualidade das águas interiores utilizadas para o abastecimento público, através de suas características, constatando-se a sua compatibilidade com o tratamento existente, tanto quanto aos 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 Interiores

A Resolução [CONAMA nº 357/2005](#) dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento. As águas superficiais são classificadas em treze classes de qualidade, segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes, sendo 5 classes de águas doces, 4 classes de águas salobras e 4 classes de águas salinas.

Essa resolução define padrão de qualidade como o valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade da água, ao passo que a condição de qualidade representa a qualidade de um segmento do corpo de água num determinado momento, em termos dos múltiplos usos com a segurança adequada, frente às suas 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, clorofila *a*, densidade de cianobactérias, entre outras, onde existem faixas de concentração permitidas.

Acrescenta-se que os corpos de água interiores paulistas foram enquadrados pelo [**Decreto Estadual nº.10.755/1977**](#). 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 de água ao longo do tempo.

Para os casos em que a qualidade atual dos corpos hídricos do Estado de São Paulo não atenda às respectivas classes estabelecidas, ações de prevenção e controle de poluição de fontes pontuais (origem doméstica e industrial) ou difusas (origem urbana e agrícola) devem ser adotadas no sentido de promover a adequação da qualidade dos corpos hídricos superficiais na sua respectiva classe de qualidade.

Nesse contexto, o monitoramento da qualidade da água é uma ferramenta imprescindível para aferir a eficácia das ações e o atendimento das respectivas metas de enquadramento dos corpos de água.

1.2.1 Redes de Monitoramento

O monitoramento da qualidade das águas superficiais interiores efetuado pela CETESB é realizado por meio de três redes de amostragem manual e uma rede automática, que objetivam fornecer um diagnóstico da qualidade dos recursos hídricos, considerando os usos múltiplos desses recursos no estado de São Paulo, conforme descrito na Tabela 1.1.

Tabela 1.1– Redes de monitoramento de águas superficiais interiores da CETESB – 2023

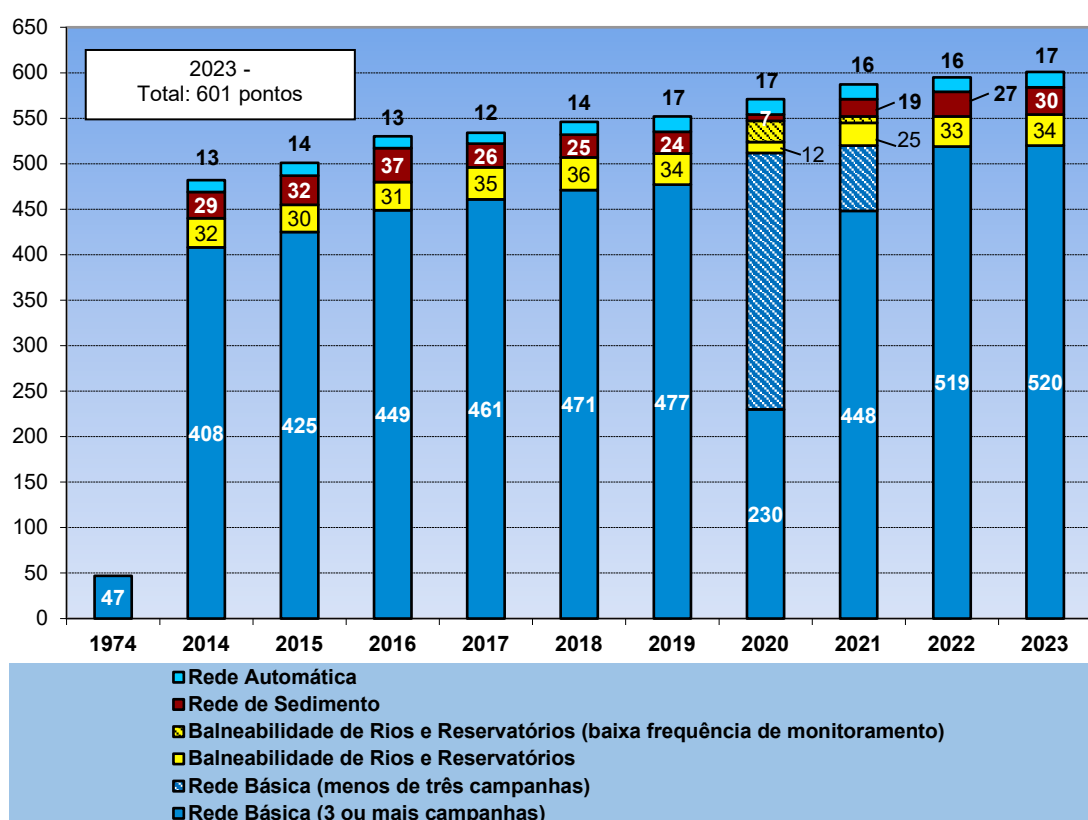
Monitoramento CETESB	Objetivos	Início de Operação	Pontos 2023	Frequência	Variáveis
Rede Básica	Diagnóstico geral dos recursos hídricos no Estado de São Paulo.	1974	520	Trimestral	Físicas Químicas Biológicas
Rede de Sedimento	Complementação do diagnóstico da coluna de água.	2002	30	Anual	Físicas Químicas Biológicas
Balneabilidade de Praias Interiores	Informar as condições da água para recreação de contato primário/banho à população.	1994	34	Semanal / Mensal	Biológicas
Monitoramento Automático	Controle de fontes poluidoras domésticas e industriais.	1998	17	Horária	Físicas Químicas

O aperfeiçoamento sistemático das redes da CETESB está voltado para o atendimento de diversos objetivos relativos 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.

A evolução do programa de monitoramento da CETESB baseia-se 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 e as demandas das Agências Ambientais, Prefeituras Municipais e Comitês das Bacias Hidrográficas. No Gráfico 1.1 visualiza-se o aumento contínuo do número de pontos de amostragem dos últimos 10 anos, considerando o ano de 1974 como início de operação da Rede Básica da CETESB.

Gráfico 1.1 – Evolução dos pontos de amostragem por programa de monitoramento de águas interiores



A descrição dos pontos monitorados em 2023 pelas 4 redes de monitoramento será detalhada no Capítulo 3. Já os aspectos quantitativos do monitoramento executado em 2023 foram delineados no [Apêndice A](#).

1.2.2 Variáveis de Qualidade das Águas e do Sedimento

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

A seleção das variáveis de qualidade relaciona-se à função do tipo de rede de monitoramento: Rede Básica, Praias Interiores, Sedimento e Monitoramento Automático.

O significado ambiental e sanitário das variáveis monitoradas e as respectivas metodologias analíticas e de amostragem encontram-se descritas no [Apêndice C](#).

Destaca-se que juntamente com as atividades de vigilância ambiental de microrganismos patogênicos, a CETESB tem realizado o monitoramento de SARS-CoV-2, agente causador da COVID-19. As informações acerca desse programa estão disponíveis na página da CETESB (<https://cetesb.sp.gov.br/sars-cov-2/>). A avaliação dos resultados de 2023 constam no [Capítulo 6](#).

1.2.2.1 Variáveis da Rede Básica

A quantidade e as diferentes formas de poluentes que podem estar presentes nas águas superficiais tornam inexequível a análise sistemática de todas as substâncias. Por esse motivo, a CETESB realiza a determinação de cerca de 60 variáveis de qualidade da água consideradas mais representativas (Tabela 1.2).

Em função 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.

Tabela 1.2 – Variáveis de qualidade da Rede Básica

Rede de Monitoramento	Grupo	Principais Variáveis*	Variáveis Adicionais**
Rede Básica	Físicos	Condutividade, Sólido Dissolvido Total, Sólido Total, Temperatura da Água, Turbidez	Cor Verdadeira, Salinidade, Sólidos Suspensos, Transparência
	Químicos	Alumínio Dissolvido, Alumínio Total, Bário Total, Cádmio Total, Cálcio Total, Carbono Orgânico Total, Chumbo Total, Cloreto Total, Cobre Dissolvido, Cobre Total, Crômio Total, Dureza, Ferro Dissolvido, Ferro Total, Fluoreto Total, Fósforo Total, Fósforo-Ortofosfato, Magnésio Total, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Kjeldahl, Nitrogênio-Nitrato, Nitrogênio-Nitrito, Oxigênio Dissolvido, pH, Potássio, Sódio, Subst. Tensoat. reação c/ Azul Metileno (Surfactantes), Sulfato Total, Zinco Total	Agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas e raticidas, organofosforados), Alcalinidade Bicarbonato, Alcalinidade Carbonato, Alcalinidade Hidróxido, Alcalinidade Total, Antimônio, Arsênio Total, Boro Total, Carbono Orgânico Dissolvido, Cianotoxinas (Cilindrospermopsina, Microcistinas, Saxitoxina), Cloro Residual Livre e Total, Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (Semi-COVs), DBO(5,20), DQO, Dioxinas e Furanos, Fenóis Totais, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), Óleos e Graxas, Potencial de Formação de THM, Selênio Total, Sulfeto Total, Trihalometanos
	Hidrobiológicos	Clorofila <i>a</i> e Feofitina <i>a</i>	Comunidades Fitoplanctônica e Zooplanctônica
	Microbiológicos	<i>Escherichia coli</i>	Cryptosporidium spp. e Giardia spp.
	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		Teste de <i>Salmonella</i> /microssoma (Teste de Ames) e Ensaio do Micronúcleo <i>in vitro</i>
	Bioanalíticos		Atividade Estrogênica por BLYES, GR-Calux

*Principais variáveis - monitoradas em mais de 60% dos pontos; ** Variáveis adicionais - monitorados em menos de 60% dos pontos

No **Apêndice E** está descrito a quantidade de análises por variável e por ponto de amostragem de água realizadas em 2023.

As medições de vazão nos corpos de água são realizadas pela CETESB e pelo Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE. Os resultados são obtidos pela medição direta da vazão nos corpos de 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 2023, a Rede Básica gerou um volume de dados correspondente aos resultados de aproximadamente 110.000 análises físicas, químicas, biológicas, ecotoxicológicas e bioanalíticas.

1.2.2.2 Variáveis da Rede de Sedimento

Nos estudos sobre a avaliação da qualidade dos ecossistemas aquáticos, o sedimento retrata as condições históricas da influência antrópica, nem sempre detectáveis pelo monitoramento das variáveis de água.

A presença de contaminantes no sedimento potencializa a transferência destes para a coluna de água. Essa mobilização de contaminantes da fase sólida para a dissolvida pode ocorrer pelo 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.

A Tabela 1.3 descreve as variáveis de qualidade físicas, químicas, hidrobiológicas e toxicológicas determinadas pela CETESB em amostras de sedimento em 2023.

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), Umidade, Potencial Redox
	Químicos	a) Inorgânicas: Alumínio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Crômio, Escândio, Ferro, Fósforo, Manganês, Mercúrio, Níquel, Nitrogênio Kjeldahl e Zinco. b) Orgânicas: Bifenilas Policloradas (PCB's), Carbono Orgânico Total, Dioxinas e Furanos, Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (Semi-COVs), Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), Compostos Orgânicos Voláteis e Aromáticos (BTEX), Difenil Éter Polibromados (PBDE), Dioxin-Like PCB's, Herbicidas, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs); Pesticidas Organoclorados, Pesticidas Organofosforados.
	Microbiológicos	<i>Escherichia coli</i> e <i>Clostridium perfringens</i>
	Hidrobiológicos	Comunidade Bentônica
	Toxicológicas	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 sanctiparoli</i> , Deformidade em mento de <i>Chironomus sp.</i> ,
	Testes de Mutagenicidade	Teste de <i>Salmonella</i> /microssoma (Teste de Ames)

1.2.2.3 Variáveis da Rede de Balneabilidade de Praias Interiores

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

1.2.2.4 Variáveis do Monitoramento Automático

As variáveis medidas por meio de sondas multiparamétricas e que compõem o grupo de variáveis monitoradas nas estações automáticas são: 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 através 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 D](#).

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

Legenda: 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 Fitoplancônica; ICZ – Índice da Comunidade Zooplancônica; IB – Índice de Balneabilidade

1.2.3.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas

O IQA fornece uma avaliação geral da qualidade do corpo de água, em função de variáveis associadas principalmente à presença de efluentes sanitários, como também industriais.

O IQA é calculado em todos os pontos da Rede Básica.

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](#)).

1.2.3.4 IET – Índice do Estado Trófico

O IET classifica os corpos de 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 IB 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 corpos hídricos com melhor histórico de qualidade são avaliados mensalmente. Já aqueles com histórico de qualidade que indica o aporte de efluentes domésticos ou presença de florações de algas são avaliados com frequência semanal.

1.2.3.7 CQS – Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos

O 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 de 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. Neste 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).

Desta 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 (Novo relatório)

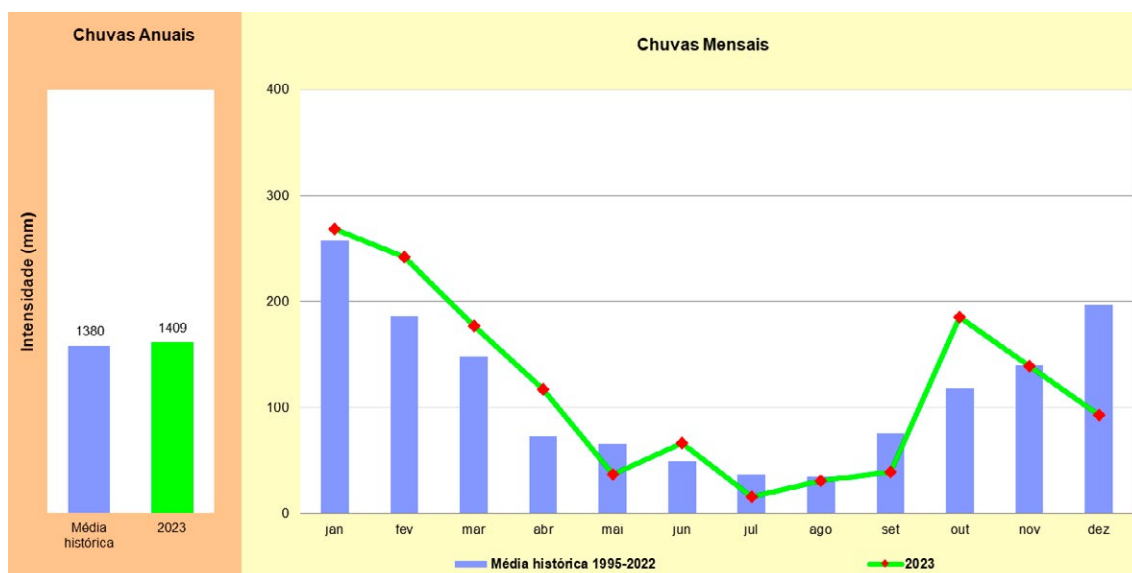
O ICTEM tem sido um importante indicador da situação do esgotamento sanitário em cada município. Considerando que os efluentes domésticos têm relevante impacto na qualidade da água dos corpos hídricos, a CETESB incluía anualmente a análise do ICTEM e de seus componentes (coleta e tratamento de esgoto) nos relatórios de qualidade de águas interiores.

Com o objetivo de aprimorar o acompanhamento das ações voltadas à melhoria do saneamento básico no estado, a CETESB publicará, ainda em 2024, um relatório específico sobre esse tema, intitulado “Esgotamento Sanitário no Estado de São Paulo”. Dessa forma, o ICTEM não será mais detalhado nos relatórios de qualidade de água, embora seus dados possam ser citados em casos mais relevantes.

2 • Aspectos hidrológicos

Este capítulo tem por objetivo avaliar a disponibilidade hídrica no Estado de São Paulo. Para tanto, foram levantadas as médias mensais dos valores registrados em 1.879 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.

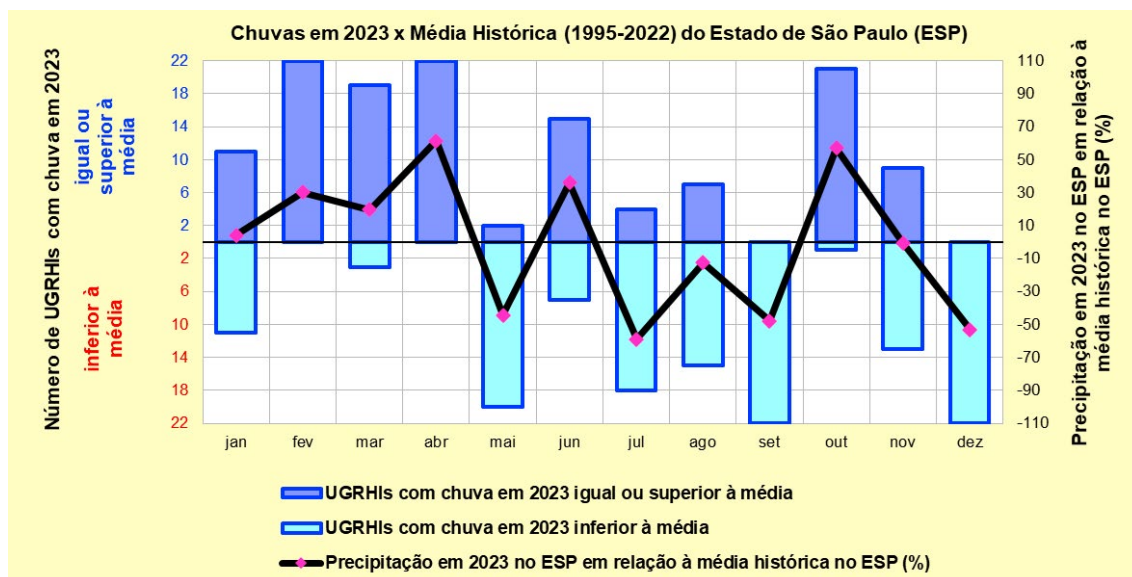
Gráfico 2.1 – Intensidades de chuva mensais e anual no Estado de São Paulo em 2023.



O Gráfico 2.1 mostra que o Estado de São Paulo apresenta média histórica de chuva de 1.380 mm ao ano, considerando-se o período 1995-2022. Esse intervalo temporal foi selecionado por apresentar dados em todas as UGRHIs. O ano de 2023 apresentou um volume anual de chuvas de 1.409 mm, ou seja, 2% maior que a média dos 28 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, o volume de chuva foi 9% inferior à média histórica, com déficits expressivos nos meses de maio, julho e setembro. Já o período tradicionalmente mais úmido, que envolve os meses de janeiro a março e outubro a dezembro, superou em 6% a precipitação média histórica, resultado que pode ser creditado aos volumes de chuvas registrados em fevereiro, março e outubro, já que dezembro apresentou um volume de chuva 52,5% inferior à média histórica.

Para avaliar as precipitações ocorridas ao longo de 2023 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 UGRHs em 2023 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, outubro de 2023 apresentou intensidade de chuva 57% superior à média histórica, podendo-se observar a linha no campo positivo (+57%) e a barra azul indicando que 21 das 22 UGRHs tiveram um mês de outubro mais chuvoso do que a média histórica.

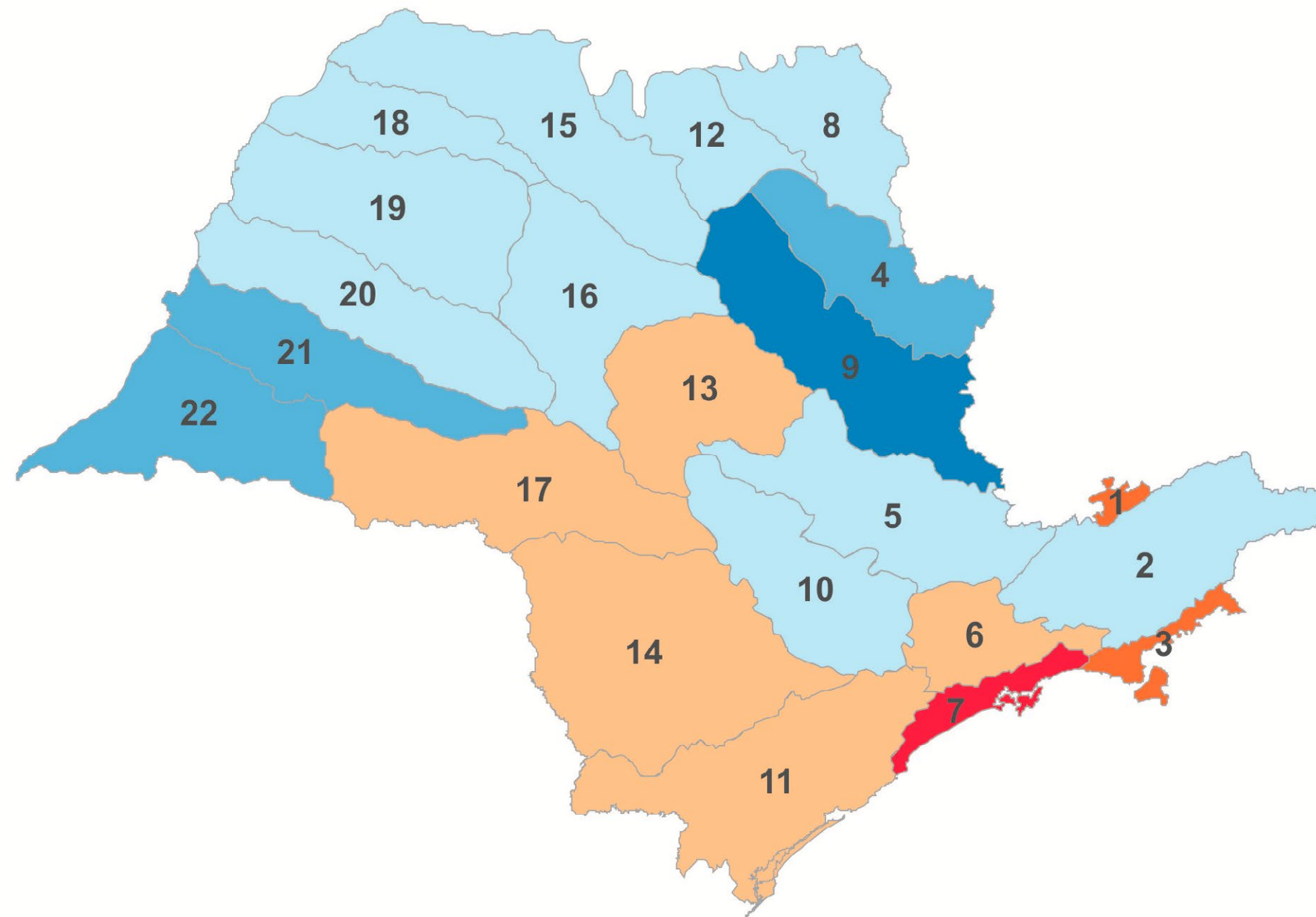
Assim, o distanciamento da linha do eixo zero exprime o quanto as intensidades de chuva observadas se diferenciaram da média histórica. De forma coerente com os resultados apresentados no Gráfico 2.1, a evolução dessa linha, tal como o posicionamento das barras azuis, demonstra equilíbrio entre superávit e déficit pluviométricos, o que condiz com o fato de a precipitação acumulada no ano de 2023 ter sido apenas 2% superior 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 2023 e a série histórica de cada bacia. Essas informações foram consolidadas na Figura 2.1, onde se visualiza especialmente a ocorrência de chuvas em 2023 nas 22 UGRHs do Estado, comparativamente às médias históricas de cada uma. Nesse mapa, observa-se que, em 2023, 14 UGRHs apresentaram volumes anuais de chuva superiores às respectivas médias históricas, sendo o maior superávit (22%) correspondente à UGRHI 9. Das 8 UGRHs com chuva inferior à média histórica, o maior déficit observado corresponde à UGRHI 7 (-33%).

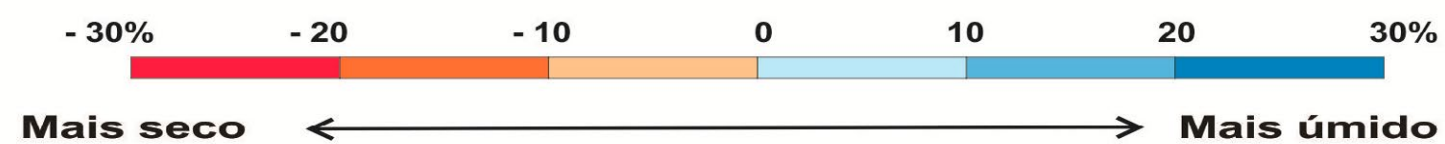
Saliente-se que, para a elaboração do mapa da Figura 2.1, foram consideradas as séries históricas de dados pluviométricos completas de cada UGRHI, sendo que cada uma pode apresentar séries mais ou menos longas. A UGRHI 6, por exemplo, tem a série histórica mais extensa, com dados desde 1879. Em função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

Estado de São Paulo - Variação de Precipitação - Ano 2023



Intensidade de chuva anual em relação à média histórica



3 • Redes de Monitoramento

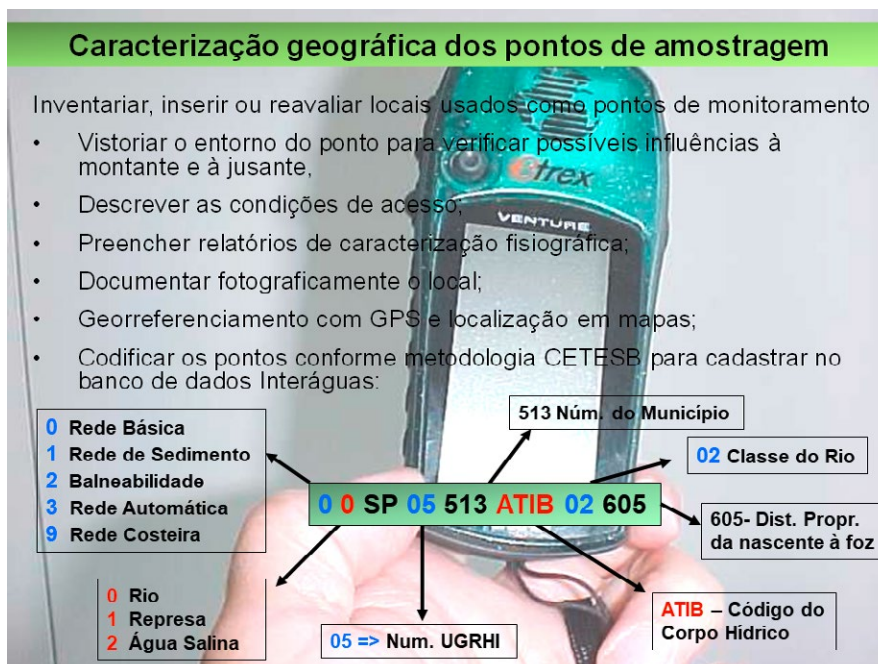
O monitoramento da qualidade das águas superficiais em corpos de água doce, como rios e reservatórios, é constituído pelas redes de amostragem manual e automática, que objetivam um diagnóstico dos usos múltiplos do recurso hídrico. Para o acompanhamento das condições de contato primário das praias de 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. Externamente, pode-se consultar o Sistema INFOAGUAS, acessível pelo link <https://cetesb.sp.gov.br/infoaguas/>.

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 através 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 disto, é feita a documentação fotográfica dos trechos do entorno.

A Figura 3.2 apresenta um exemplo da localização de pontos:

Figura 3.2 – Localização do ponto SAPT 03400, no Córrego Sapateiro.



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 Rede Básica

Em 2023, apresentou desempenho satisfatório, ocorrendo conforme programado em relação ao número de pontos e quantidade de coletas. Dos 520 pontos planejados para a Rede Básica, 95% deles (497 pontos) foram amostrados com frequência trimestral (4 amostragens) durante o ano e apenas 23 deles operaram com três coletas durante todo o ano. Para efeitos de comparação, a rede de água doce superficial em 2022 foi constituída por 519 pontos.

Em relação ao ano anterior, do total de pontos planejados para 2023 (520) houve a inclusão de 3 pontos novos. O SAPT 04300, que substituiu o CAYA 04950, e o PEDR 04700, que substituiu o PEDR 04800, ambos na UGRHI 6- Alto Tietê. Na UGRHI 10- Sorocaba houve a inclusão do ponto SOBU 02750, usado como alternativa durante a interdição temporária do ponto SOBU 02800. Ainda nesta unidade houve também a reativação de 1 ponto: JIBU 02750 no Rio Pirajibú.

Portanto, na rede em 2023, houve a exclusão de 2 pontos: CAYA 04950 e PEDR 04800.

Na Tabela 3.1, são discriminadas as alterações ocorridas na Rede Básica CETESB ao longo de 2023.

Tabela 3.1 – Alterações de Pontos de Amostragem na Rede Básica em 2023.

UGRHI	Núm. de Pontos	Situação	Corpo Hídrico / Código CETESB	Motivo
2	1	Nova descrição	Rio Paraíba do Sul PARB 02490	Atualização do local. No canal de captação da SABESP de Tremembé, que abastece Taubaté. Cerca de 500m a jusante da Ponte Audra.
6	1	Exclusão	Córrego Pedreiras PEDR 04800	Local ficou inacessível por obras na Avenida e no muro do condomínio ao lado do corpo hídrico.
6	1	Inclusão	Córrego Pedreiras PEDR 04700	Substituiu o ponto PEDR 04800. Ponte na R. Dr. Jaques Tupinambá, Vila Baby.
6	1	Exclusão	Dreno Cayaguava CAYA 04950	Dificuldades de acesso e insuficiência de escoamento superficial
6	1	Inclusão	Córrego do Sapateiro SAPT 04300	Programa Novo Rio Pinheiros – Afluente do Rio Pinheiros
10	1	Reativado	Rio Pirajibu JIBU 02750	Quantificação dos níveis de fluoreto
10	1	Inclusão	Rio Sorocabuçu SOBU 02750	Ponto deslocado do SOBU 02800 durante as obras estruturais na ponte.
10	1	Interditado	Rio Sorocabuçu SOBU 02800	Ponto substituído temporariamente pelo SOBU 02750

Além disto, o Rio Jundiaí da UGRHI 5 foi totalmente recodificado e as alterações de código e descrição de local serão apresentadas a seguir:

3.2.2 Recodificação dos pontos de monitoramento no Rio Jundiaí – UGRHI 5

O processo de recodificação do Rio Jundiaí foi motivado após algumas vistorias de campo realizadas durante o ano de 2023. Os pontos de coleta do Rio Jundiaí, e a inserção da nova estação automática acusaram a necessidade de ajustes nos códigos de monitoramento a partir de novas realidades de uso do solo e da água. Assim, como o Rio Jundiaí possui pontos codificados com mais de 30 anos de monitoramento foi decidido uma recodificação desses pontos, a partir da atualização do valor da distância proporcional da nascente até a foz deste sistema hídrico. Este rio conta com avaliações da rede básica, rede automática e rede de sedimentos.

As vistorias ocorreram em janeiro, março, julho e dezembro de 2023 para recodificação de todos os pontos já cadastrados/monitorados no Rio Jundiaí, inclusive os de sedimentos já coletados anteriormente.

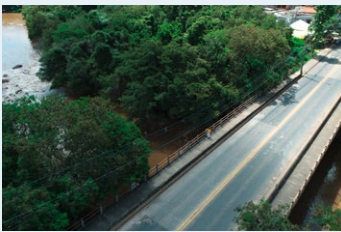
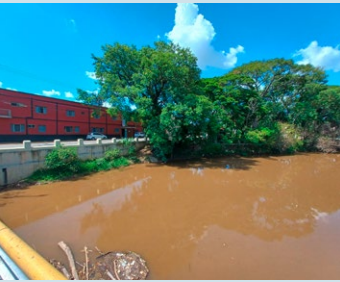
Nesse sentido, foi realizado o estudo para recodificação dos pontos, abrangendo o levantamento de dados geográficos, cálculo das distâncias, codificação e atualização do cadastro no Banco Interáguas.

Ainda, no processo de recodificação, foi cadastrado um novo ponto (JUNA 02200) em substituição ao antigo JUNA 02100/ atual JUNA 03230, que foi desativado em dezembro de 2023. Alguns outros possíveis novos pontos foram cadastrados e serão mantidos como opção de futuras trocas ou inclusões. Os demais pontos de monitoramento deste rio já cadastrados das diversas redes que não foram apresentados nesta Tabela 3.2, porém, não ativos também foram objeto da recodificação. O ponto JUNA 03950 foi cadastrado por ser atualmente o mais próximo da foz, com a construção de uma nova ponte, mas não será ativado. O Ponto JUNA 03900 permanecerá como o último do rio. A tabela completa está disponível no final do [Apêndice A](#).

Tabela 3.2 – Descrição e registros fotográficos dos pontos das Redes Básica e Automática de monitoramento da CETESB, recodificados no Rio Jundiaí (continua).

Antigos Códigos	Novos Códigos	Antiga Descrição do Local de Amostragem	Nova Descrição do Local de Amostragem	Latitude S	Longitude W	Município	Registro fotográfico	Registro fotográfico
JUNA 02010 Rede Básica	JUNA 02125 Rede Básica	Na captação da SABESP de Campo Limpo Paulista e de Várzea Paulista.	No píer de adução da captação da SABESP de Campo Limpo Paulista e de Várzea Paulista.	23 12 30	46 46 07	CAMPO LIMPO PAULISTA		
JUNA 02020 Rede Básica	JUNA 02150 Rede Básica	Ponte na Av. Adherbal da Costa Madeira.	Ponte na Av. Adherbal da Costa Madeira, 50m a jusante do lançamento da Krupp, (Ind. Siderúrgica).	23 12 22	46 47 02	CAMPO LIMPO PAULISTA		
JUNA 02100 Rede Básica	JUNA 03230 Rede Básica	Passarela na Av. Marginal do Rio Jundiaí (Rod. SP- 332), alt. do num. 3100.	Ponte na Marginal do Rio Jundiaí, alt. 2960 (Av. Fred. Ozanan), a jusante da ETE de Várzea Paulista. Em Jundiaí.	23 12 09	46 51 28	JUNDIAÍ		
JUNA 03150 Rede Básica	JUNA 03250 Rede Básica	Na Ponte da Av. Antônio Frederico Ozanan.	Na Ponte da Av. Antônio Frederico Ozanan, alt. da Rua Angelo Corradini.	23 11 37	46 52 10	JUNDIAÍ		
JUNA 03190 Rede Básica	JUNA 03500 Rede Básica	Ponte de acesso à Akzo Nobel, em Itupeva.	Ponte de acesso à Akzo Nobel, em Itupeva. A jusante da ETE de Jundiaí (CSJ).	23 08 49	47 01 22	ITUPEVA		

Tabela 3.2 – Descrição e registros fotográficos dos pontos das Redes Básica e Automática de monitoramento da CETESB, recodificados no Rio Jundiaí (conclusão).

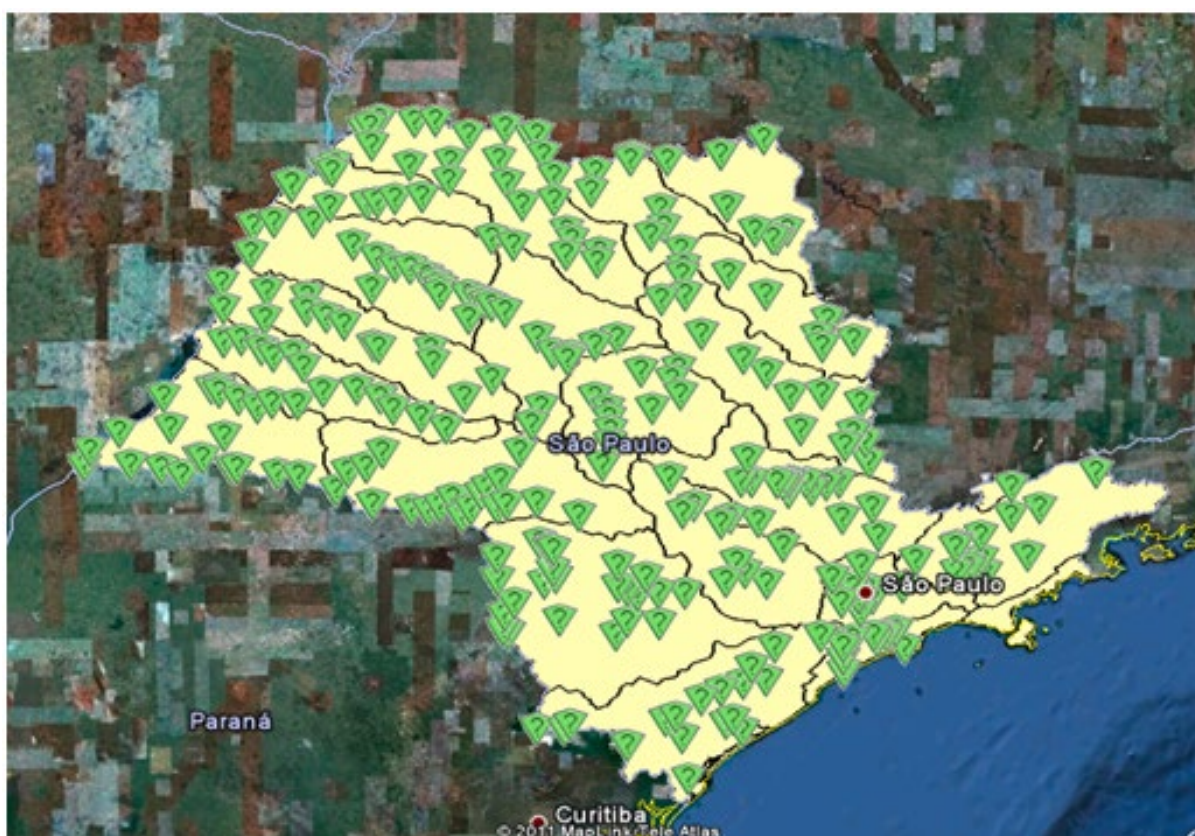
Antigos Códigos	Novos Códigos	Antiga Descrição do Local de Amostragem	Nova Descrição do Local de Amostragem	Latitude S	Longitude W	Município	Registro fotográfico	Registro fotográfico
JUNA 03195 Monit. Automático.	JUNA 03525 Monit. Automático.	EF-33. Ao lado da Ponte da Estrada Municipal da Mina, dentro do estacionamento de ônibus da Prefeitura de Itupeva.	A mesma	23 09 01	47 03 25	ITUPEVA		
JUNA 03200 Rede Básica	JUNA 03600 Rede Básica	Ponte sobre o Rio Jundiaí, na estrada do Bairro Monte Serrat.	A mesma	23 08 18	47 05 05	ITUPEVA		
JUNA 03270 Rede Básica/ Rede ANA	JUNA 03720 Rede Básica/ Rede ANA	Na ponte logo após a estrada de ferro, no distrito de Itaici, em Indaiatuba.	Na ponte próxima da antiga Est. ferroviária de Itaici, junto à régua do DAEE 4E-01, em Indaiatuba.	23 06 30	47 10 49	INDAIATUBA		
JUNA 03700	JUNA 03800	Ponte na Rua Japão, em Salto.	Ponte no Jardim das Nações, em Salto.	23 11 42	47 16 07	SALTO		
JUNA 03900	JUNA 03900	Ponte na Praça Álvaro Guião, na área urbana de Salto, ao lado da EEE da CONASA.	A mesma	23 12 36	47 17 28	SALTO		

Fotos: C.L. Midaglia; V.Vidal; A.N. Mânica (2023)

REDE CETESB e REDE FEDERAL da ANA

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 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). Ele definiu o Plano de Metas do Contrato onde a rede federal no Estado de São Paulo deveria atingir 249 pontos até 2020, inseridos progressivamente ao longo dos 5 anos de vigências do contrato. Além disto, 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 integrar dados de qualidade com dados de medição de vazão simultânea, gerando informação quali-quantitativa com frequência de 4 vezes por ano, tal como mostrado na Figura 3.4.

Figura 3.4 – Exemplo de Medição de vazão a vau realizada pela CETESB na Ponte na entrada da portaria 2 do Parque Estadual do Juquery, em Franco da Rocha.



Foto: R. Rossetti (2023)

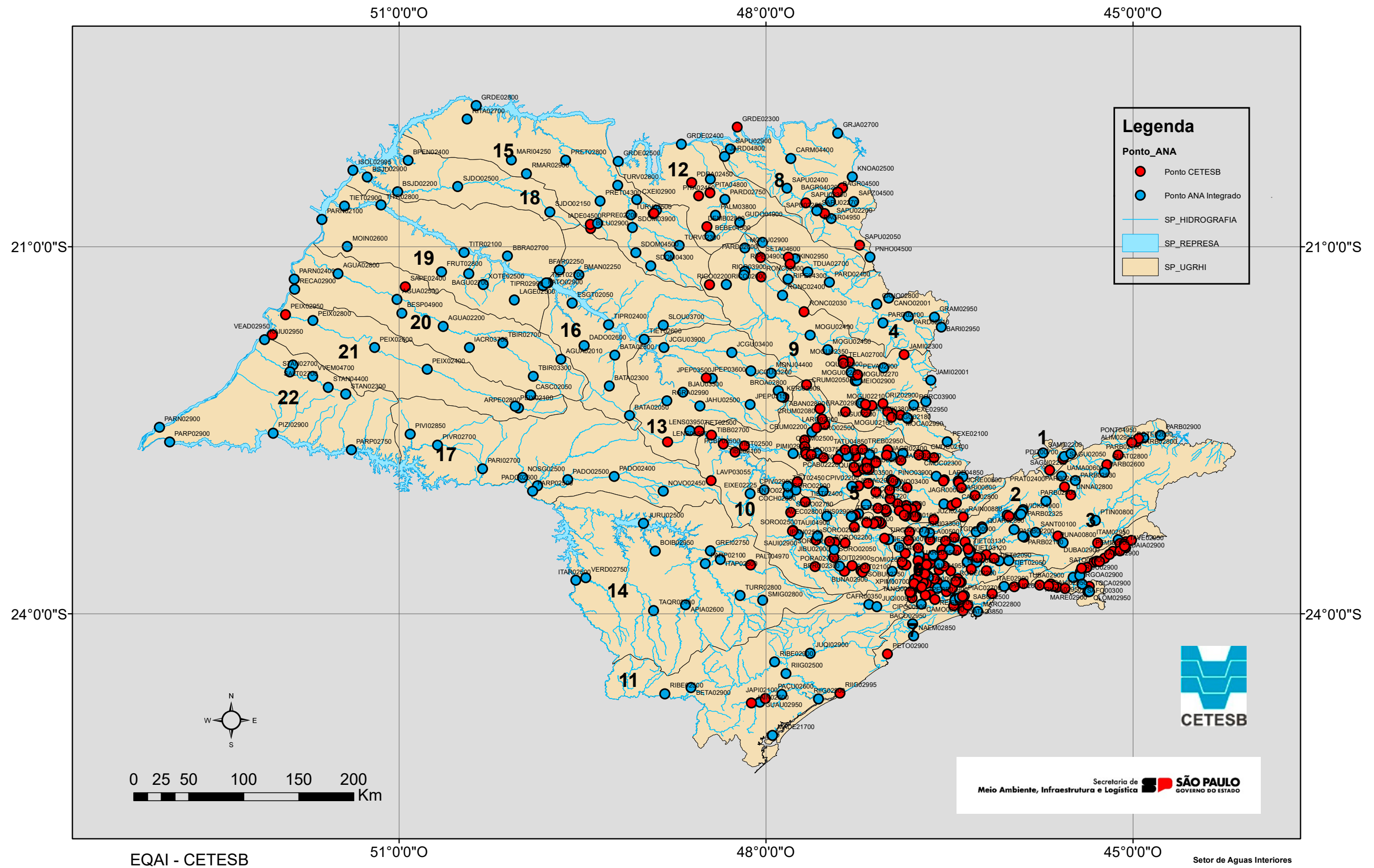
Como no ano de 2022 já havia sido atingido o número de pontos necessários, a CETESB encerrou a inserção de novos pontos para esta interação. Porém, continua-se executando mudanças pontuais identificadas em processo de visita, caracterização geográfica, codificação e cadastramento de novos locais no Banco Interáguas.

Portanto em 2023 a rede da CETESB manteve os 251 já pontos integrados, sendo que não houve alteração no número de pontos adicionados/integrados. Em relação aos pontos com medição de vazão de 2023, foram medidas vazões em ao menos uma campanha em 121 pontos dos 124 planejados. Desses, 117 tiveram ao menos 2 medidas e 4 pontos tiveram somente uma medida.

A seguir, o Mapa 3.1 apresenta o resultado do processo de integração dos pontos da rede paulista da CETESB com os pontos integrados da RNQA - Rede Nacional de Qualidade de Água da Agência Nacional de Águas e Saneamento.

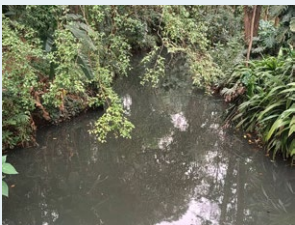
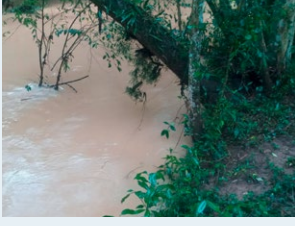
Mapa 3.1 – Pontos de Monitoramento da Rede Básica CETESB / Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas 2023.

Pontos Rede Básica CETESB / Rede Federal ANA 2023



Na Tabela 3.3 são apresentados os registros fotográficos dos pontos novos/alterados da Rede Básica CETESB, que foram inseridos na Rede Básica em 2023.

Tabela 3.3 – Registros Fotográficos dos novos pontos da CETESB.

UGRHI	Corpo Hídrico / Ponto CETESB / Ponto ANA	Local de Amostragem do Ponto	Registros Fotográficos	
6	CÓRREGO DO SAPATEIRO SAPT 04300 PONTO CETESB	Córrego do Sapateiro Na ponte próxima ao MAM, a jusante da Estação de Flotação da Sabesp, dentro do Parque do Ibirapuera.		
6	Córrego Pedreiras PEDR 04700 PONTO CETESB	Córrego Pedreiras Ponte na R. Dr. Jaques Tupinambá, Vila Baby.		
10	Rio Sorocabaçu SOBU 02750 PONTO CETESB	Rio Sorocabaçu Na margem esquerda, no fundo da garagem de ônibus da Prefeitura de Ibiúna, na Rua Bolívia, 143.		

Fotos: C.L. Midaglia / Fotos do acervo do Banco de Dados Interáguas.

3.2.3 Rede de Sedimentos

Em 2023, foram monitorados **30** pontos na Rede de Sedimento.

As coletas ocorreram em 8 diferentes UGRHIs no estado de São Paulo. A maioria dos pontos concentrou-se em UGRHIs com predominância de atividades industriais: 18 pontos. Foram 13 deles na UGRHI 6-Alto Tietê, 4 pontos no Rio Tietê (TIET 02050, e TIET 02090, TIET 04160 e TIET 04185), 2 pontos no Rio Pinheiros (PINH 04500 e PINH 04900), 2 pontos no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00502 e GUAR 00611), um ponto no Rio Tamanduateí (TAMT 04350) e um no Reservatório de Pirapora (TIPI 04750). Alguns pontos ainda estão vinculados aos projetos FEHIDRO intitulados: “Aprimoramento da Rede de Monitoramento de Qualidade de Água e Sedimento – Avaliação de agrotóxicos e toxicidade no Sistema produtor do Alto Tietê – SPAT”, como os pontos NOVA 00800, JNDI 00450 e o PEBA 00900.

A Figura 3.5 mostra um dos locais amostrados em 2023 na UGRHI 10-Sorocaba Médio Tietê. Os demais pontos deste grupo de maior atividade industrial foram coletados 3 pontos na UGRHI 5-Piracicaba/Capivari/Jundiaí: 2 no Ribeirão das Anhumas: NUMA 04200 e NUMA 04999 e um outro no Ribeirão Pirai (IRIS 02900). Na UGRHI 10–Sorocaba/ Médio Tietê foram amostrados 2 pontos: um no Reservatório de Barra Bonita, TIBB 02900 e outro no Ribeirão Avecuia, AVEC 02800.

Figura 3.5 – Coleta de sedimentos no ponto AVEC 02800, no Ribeirão Avecuia, 150m antes da captação de Porto Feliz.



Foto: C.L. Midaglia (2023)

Na UGRHI 03- Litoral Norte, onde predominam unidades de conservação ambiental, houve coleta em um ponto: Rio Boiçucanga (BOIC 02970).

Nas UGRHIs com predominância de atividades em industrialização, foram analisados 3 pontos na UGRHI 13-Tietê/Jacaré, foram 2 pontos em reservatórios do Rio Tietê: um no Reservatório de Bariri (TIBA 02800), e outro no Reservatório de Ibitinga TIBI 02900. Além deles, houve coleta no Braço do Rio Jahú (BJAU 03500).

Ainda em 2023, foram realizadas amostragens de sedimento em 3 diferentes UGRHIs com predominância de atividades agropecuárias no oeste do Estado. Na UGRHI15- Turvo/Grande, foi amostrado um ponto no Braço do Rio Marinheiro (BMAR 02800). Na UGRHI 16 Tietê/ Batalha foram 4 pontos: um no Braço do Ribeirão da Fartura (BFAR 02250), um no Braço do Rio Barra Mansa (BMAN 02250), um no Córrego Queixada (QUEX 02950) e outro no Córrego do Esgotão (ESGT 02050). Na UGRHI-19 Baixo Tietê foram três amostragens: uma delas no Braço do Rib. Santa Bárbara - UGRHI 19 no ponto BBRA 02700. Mais dois foram em reservatórios do Rio Tietê nesta UGRHI: na Represa de Avanhandava (TIAV 02900) e outro no Reservatório Três Irmãos, no ponto TITR 02100.

A coleta de sedimentos, quando em ambientes lênticos tem sido realizada em, pelo menos, uma localidade do corpo central, onde os processos de sedimentação estão mais definidos e estabilizados, preferencialmente à cerca de 2 km da barragem ou em distância tal que receba as influências da maioria de seus contribuintes, sem que os impactos causados pelas regras de operação interfiram diretamente nos resultados da amostragem.

A Tabela 3.4 apresenta a distribuição, por UGRHI, dos 30 pontos de sedimento amostrados e a justificativa para a sua seleção. Desse total, 14 deles foram coletados em novos locais, indicando uma renovação de quase de 1/2 da rede. Os pontos identificados como **"frequentes"**, formam um núcleo de locais que já foram sistematicamente amostrados por mais de 15 vezes nos últimos anos e que tiveram o conjunto completo de indicadores realizados ao menos 3 vezes. Os descritos como **"consolidados"**, indicam mais de 15 coletas com 5 conjuntos completos de indicadores (ex-Tríades). No ano de 2023, nenhum ponto atendeu estes requisitos.

Tabela 3.4 – Pontos de amostragem da Rede de Sedimento em 2023.

UGRHI	Núm. Pontos	Cód. CETESB	Corpo Hídrico	Justificativa
3- Litoral Norte	1	BOIC 02970	Rio Boiçucanga/ Grande	Ponto novo: diagnóstico do corpo hídrico junto à sua foz, depois dos deslizamentos ocorridos na Serra do Mar.
5 - Piracicaba / Jundiaí / Capivari	3	IRIS 02900	Rio Pirai	Ponto reavaliado: Avaliar qualidade do rio durante as obras de construção da nova represa para abastecimento na região do manancial de Salto e Indaiatuba.
		NUMA 04200	Ribeirão das Anhumas	Ponto novo: Avaliar qualidade do rio a carga de Nitrogênio Amoniacal / Carbono Orgânico Total nos trechos estudados a montante da ETE Anhumas e das indústrias situadas na foz.
		NUMA 04999	Ribeirão das Anhumas	Ponto reavaliado: Ampliar diagnóstico da possível carga de poluentes e de nitrogênio amoniacal próximo da sua foz.
6- Alto Tietê	12	GUAR 00502	Reservatório do Guarapiranga	Ponto novo: Avaliar o corpo hídrico utilizado como local de lazer e recreação no lago devido aos aportes de nutrientes e esgotos domésticos.
		GUAR 00611	Reservatório do Guarapiranga	Ponto novo: Avaliar o corpo hídrico utilizado como local de lazer e recreação no lago devido aos aportes de nutrientes e esgotos domésticos.
		JNDI 00450	Reservatório do Rio Jundiaí - UGRHI 6	Ponto reavaliado: FEHIDRO - Avaliação de agrotóxicos e toxicidade no Sistema produtor de água do Alto Tietê-SPAT.
		NOVA 00800	Reservatório da Ponte Nova	Ponto reavaliado: FEHIDRO - Avaliação de agrotóxicos e toxicidade no Sistema produtor de água do Alto Tietê-SPAT.
		PEBA 00900	Reservatório Taiaçupeba	Ponto reavaliado: FEHIDRO - Avaliação de agrotóxicos e toxicidade no Sistema produtor de água do Alto Tietê-SPAT.
		PINH 04500	Rio Pinheiros	Ponto reavaliado: Acompanhamento do Programa Novo Rio Pinheiros.
		PINH 04900	Rio Pinheiros	Ponto reavaliado: Acompanhamento do Programa Novo Rio Pinheiros.
		TAMT 04250	Rio Tamanduateí	Ponto novo: Avaliar carga de poluentes urbanos e industriais próximo do Polo industrial do ABC.
		TIET 02050	Rio Tietê	Ponto reavaliado: Acompanhamento do Programa Integra Tietê.
		TIET 02090	Rio Tietê	Ponto novo: Acompanhamento do Programa Integra Tietê.
		TIET 04160	Rio Tietê	Ponto reavaliado: Acompanhamento do Integra Tietê e de obras de desassoreamento na barragem da Penha
		TIET 04185	Rio Tietê	Ponto novo: Acompanhamento do Programa Integra Tietê.
10 – Sorocaba / Médio Tietê	2	AVEC 02800	Ribeirão Avecuia	Ponto novo: Avaliar possíveis impactos ecológicos nas proximidades da captação de água de Porto Feliz.
		TIBB 02900	Reservatório de Barra Bonita	Ponto frequente/ consolidado: Avaliar impactos do uso do solo no entorno da represa de múltiplo uso.
UGRHI 13-Tietê/ Jacaré	3	BJAU 03500	Braço do Rio Jaú	Ponto reavaliado: Investigar a carga difusa e presença de fósforo em Braços dos reservatórios ao longo do Rio Tietê.
		TIBA 02800	Reservatório de Bariri	Ponto reavaliado: Investigar a carga difusa e presença de fósforo em reservatórios ao longo do Rio Tietê. Faz parte do Programa Integra Tietê.
		TIBI 02900	Reservatório de Ibitinga	Ponto reavaliado: Investigar a carga difusa e presença de fósforo em reservatórios ao longo do Rio Tietê. Faz parte do Programa Integra Tietê.
15-Turvo/ Grande	1	BMAR 02800	Braço do Ribeirão do Marinheiro	Ponto reavaliado: Complementar diagnósticos de acompanhamento de episódios de mortandade de peixes.
16-Tietê/ Batalha	4	BFAR 02250	Braço do Ribeirão da Fartura	Ponto novo: Para diagnósticos de acompanhamento de episódios de floração de algas em braços de afluentes do Rio Tietê/ Programa Integra Tietê.
		BMAN 02250	Braço do Rio Barra Mansa	Ponto reativado: Para diagnósticos de acompanhamento de episódios de floração de algas em braços de afluentes do Rio Tietê/ Programa Integra Tietê.
		ESGT 02050	Córrego do Esgotão	Ponto novo: Complementar diagnósticos de acompanhamento de frequentes episódios de floração de algas no trecho do Tietê/Batalha em áreas com uso recreacional.
		QUEX 02950	Córr. Queixada	Ponto novo: Avaliar carga difusa em afluentes próximos da Barragem de Promissão.
19- Baixo Tietê	3	BBRA 02700	Braço do Rib. Santa Bárbara - UGRHI 19	Ponto reavaliado: Complementar diagnósticos de acompanhamento de episódios de floração de algas.
		TIIV 02900	Represa de Avanhandava	Ponto novo: Avaliar carga de poluentes e episódios de floração de algas próximo da prainha João Bolão, cerca de 1,5 km da barragem de Avanhandava.
		TITR 02100	Reservatório de Três Irmãos	Ponto reavaliado: No Reservatório 3 Irmãos, em frente a captação de Araçatuba/ Programa Integra Tietê.

3.2.4 Rede de Balneabilidade em Rios e Reservatórios

Em 2023, o programa de balneabilidade de rios e reservatórios foi executado em 34 pontos/praias em 9 diferentes UGRHs, conforme inicialmente previsto. O ponto na UGRHI 6- Alto Tietê, RGDE 02701, no Clube de Campo Sindicato Metalúrgicos do ABC que havia sido excluído por estar em reformas, voltou a ser coletado.

Semanalmente, são divulgados boletins de qualidade para o público externo, na página da CETESB (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/praias/excel/boletim-represas.pdf>) indicando as condições de balneabilidade. O [Mapa 5.5](#) contendo todos os resultados dos pontos da rede de 2023 consta no Capítulo 5.

Portanto, a Rede de Balneabilidade operou em toda a sua capacidade em 2023, sendo os 34 pontos descritos por UGRHI, a seguir:

Na UGRHI 2 – Paraíba do Sul, os 2 pontos RIBG 02352, na prainha do Ribeirão Grande e UAMA 00501, próxima a estação Centenário, foram monitorados em 100% do tempo.

Na UGRHI 5 – Piracicaba/ Capivari/ Jundiaí, todos os 6 pontos também foram monitorados em 100% do tempo: RAIN 00402, RAIN 00802 e RAIN 00901 (no Reservatório de Atibainha); JCRE 00521 e JCRE 00701 (no Reservatório Jaguari/Jacareí); e CACH 00902 (no Reservatório Cachoeira).

Na UGRHI 6 – Alto Tietê: O monitoramento esteve ativo em 15 praias. A represa de Guarapiranga (Figura 3.6) foi o corpo hídrico com maior número de pontos (10) de balneabilidade monitorado em 2023, seguida pelo Res. do Rio Grande, com 4 pontos e o ponto no Res. Billings. Todas foram monitoradas em, pelo menos, 98% do tempo, exceto a prainha de Tahiti (RGDE 02301), monitorada em 82% do tempo.

Figura 3.6 – Vista da Praia no Restaurante Interlagos/ Guarujapiranga - GUAR 00602 na represa Guarapiranga.



Foto: C.L. Midaglia (2024)

Represa de Guarapiranga com 10 pontos:

- GUAR 00051 - Na praia do Bairro do Crispim; GUAR 00101 - Praia Dedo de Deus, em M'Boi Mirim; GUAR 00301 - Praia Miami Paulista (Aracati); GUAR 00401 - Na Marina Guaraci; GUAR 00452 - Prainha do Jardim Represa / Hidroavião; GUAR 00502 - Clube de Campo Castelo; GUAR 00602 - Praia no Restaurante Interlagos/ Guarujapiranga; GUAR 00611 - No Píer da Escola de Esportes Náuticos Wind Clube; GUAR 00702 – Marina Guarapiranga/ Praia do Sol; GUAR 00751- Em frente ao Píer do Yacht Club Paulista.

Res. Billings, 1 ponto:

- BILL 02801 – Na Prainha do Riacho Grande, próxima à barragem do Rio Grande.

E 4 pontos no Reservatório do Rio Grande:

- RGDE 02301 – Clube Prainha Tahiti; RGDE02701- Clube de Campo Sindicato dos Metalúrgicos do ABC, RGDE 02851 – Próxima ao Zoológico Do Parque Municipal e RGDE 02901 – Prainha do Pq. Municipal do Estoril.

Na UGRHI 7 – Baixada Santista: 1 ponto no Rio Perequê (PERE 02601), com 100% do tempo monitorado.

Na UGRHI 8 – Sapucaí/ Grande: 2 pontos no Rio Grande, GRDE 02271 e GRDE 02273, ambos monitorados em 100% do tempo.

Na UGRHI 9 – Mogi-Guaçu: 3 pontos:

- LVEN 02501, localizado na prainha do Parque Ecológico de Sertãozinho, MOGU 02351 na Cachoeira das Emas, e QUEM 02700 na praia em frente à R. Ver. Carlos Ravanini, 336, foram monitoradas durante 50 das 52 semanas do ano (96% do tempo).

Na UGRHI 10 – Sorocaba / Médio Tietê: 2 pontos

- BPRU 02301, no Braço do Rio Paruru e SOIT 02601 (Figura 3.7), que possuem monitoramento mensal e foram amostradas nos 12 meses do ano (100% do tempo).

Figura 3.7 – Vista do ponto SOIT 02601, na praia do Piratuba, Condomínio Antilhas, na Represa de Itupararanga, em Ibiúna, UGRHI 10-Sorocaba/ Médio Tietê.



Foto: Vinicius Vidal (2023)

Na UGRHI 13 – Tietê/ Jacaré: Represa do Broa, com dois pontos: BROA 02701 e BROA 02703, com 91% do tempo monitorado.

E por fim, a UGRHI 16 – Tietê/ Batalha: com um ponto no Córrego do Esgotão, em frente à praia municipal de Sabino ESGT 02252, monitorado em 100% do tempo.

3.4 Rede Automática

A Rede Automática monitora a qualidade das águas de rios e reservatórios através da medição contínua/*online* dos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido, pH, Condutividade Elétrica, Temperatura da Água e Turbidez. Em 2023, a estação TIET 04160 (EF29) – Penha não operou novamente, pois estava em reforma devido aos constantes assoreamentos na área de leitura da sonda. Já a estação EF19 – Ribeirão Pires foi desativada no fim de 2022 devido à baixa vazão do rio. Na UGRHI 5 – Piracicaba/ Capivari/ Jundiaí, uma nova estação foi adicionada no Rio Jundiaí, JUNA 03525 (EF33), em Itupeva. Assim a Rede de Monitoramento Automática contabilizou 17 estações no programa com dados gerados em, pelo menos, em 50% do tempo.

Dentre essas estações de monitoramento automático, 10 delas são coincidentes com pontos de amostragens manuais da Rede Básica: PARB 02530, 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: três no Rio Tietê, três no Rio Paraíba do Sul, e uma em cada dos seguintes corpos hídricos: Jundiaí, Piracicaba, Pinheiros e Sorocaba. As outras 7 estão nos seguintes reservatórios no entorno da região metropolitana: Águas Claras, Braço do Ribeirão Taquacetuba, Braço do Reservatório do Guarapiranga, Represa Billings, Reservatório do Rio Grande, Reservatório de Rasgão e Reservatório do Taiaçupeba, onde monitoram a condição da qualidade da água bruta utilizada para o abastecimento público de parte da RMSP.

O tempo de operação das estações da rede de monitoramento automática consideradas em 2023 está descrito em porcentagem conforme a Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Percentual de tempo de operação com geração/transmissão de dados anuais de 2019 a 2023.

UGRHI	Nome da Estação	Código CETESB	% dados válidos / ano				
			2019	2020	2021	2022	2023
2	EF25 – Santa Branca	PARB 02040	97,76	99,61	83,95	93,84	100
	EF24 – Pindamonhangaba	PARB 02530	-	-	-	46,97	94
	EF26 – Queluz	PARB 02870	96,19	80,69	50,71	88,6	97,5
5	EF33 – Itupeva	JUNA 03525	-	-	-	-	91,9
	EF06 – Piracicaba	PCAB 02600	96,28	92,46	83,94	95,66	97,5
6	EF09 – Águas Claras	ACLA 00500	86,58	94,14	94,09	98,3	96,1
	EF11 – Summit Control	BILL 02900	97,2	94,41	94,13	94,05	97,7
	EF10 – Taquacetuba	BITQ 00100	92,15	92,41	88,13	98,96	99,4
	EF08 – Guarapiranga	GUAR 00900	90,97	97,67	85,74	100	99,5
	EF20 – Taiaçupeba	PEBA 00900	49,3	84,88	99,7	98,13	99,2
	EF14 – Pedreira	PINH 04105	90,01	97,23	82,95	99,76	91
	EF19 – Ribeirão Pires	PIRE 02800	68,16	73,67	93,16	65,83	-
	EF07 – Rio Grande	RGDE 02900	93,86	100	79,62	100	100
	EF01 – Mogi das Cruzes	TIET 02090	96,59	94,32	93,49	99,97	99,9
	EF29 – Penha	TIET 04160	96,91	98,68	95,65	48,66	-
10	EF12- Sorocaba	SORO 02170	-	-	-	-	98,9
	EF28 – Itu	TIET 02300	67,56	82,63	71,26	83,97	61
	EF03 – Laranjal Paulista	TIET 02450	50,11	61,62	69,99	88,21	86
	EF02 – Rasgão	TIRG 02900	83,65	93,84	89,44	92,59	63,6

Na UGRHI 2, as três estações do Rio Paraíba do Sul funcionaram acima de 90% do tempo, gerando 100% dos dados válidos, caso da EF25 - Santa Branca. A EF24 (PARB 02530), situada junto a captação de água da SABESP, na margem direita do Rio Paraíba do Sul obteve 94% de dados válidos. E a estação EF26 – Queluz, operou 97,5% do tempo com dados validados.

Na UGRHI 5, a estação EF33 – Itupeva (JUNA 03525, Figura 3.8) completou seu primeiro ano de operação e apresentou resultados válidos em 91,9% do tempo. Já a EF-06 (PCAB 02600), situada na margem esquerda do Rio Piracicaba, funcionou 97,5% do tempo.

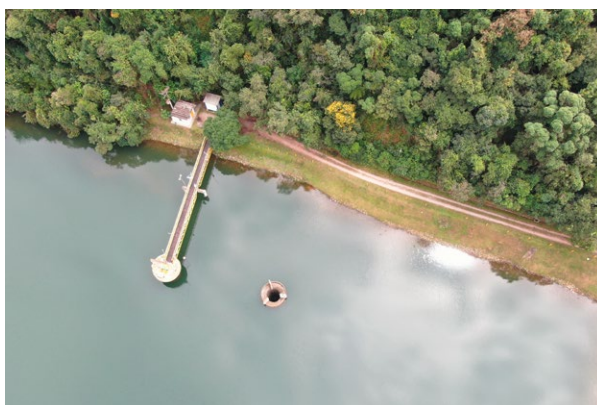
Figura 3.8 – Vista estação EF33 – Itupeva, no Rio Jundiá, codificada como JUNA 03525.



Fotos: V. Vidal (2023)

Na UGRHI 6, a maioria das estações esteve com ótima performance sendo que, com exceção da EF29 -Penha (TIET 04160), situado Barragem da Penha, no Rio Tietê, que não funcionou durante o ano todo devido ao assoreamento do leito no local da sonda, sendo contabilizadas apenas 8 estações ativas. Duas delas conseguiram atingir 100% de tempo de funcionamento: EF07 – Rio Grande (RGDE 02900) e EF01 – Mogi das Cruzes (TIET 02090) no Rio Tietê. As demais estações, tais como EF09 – Águas Claras (ACLA 00500, Figura 3.9), operaram acima dos 90%.

Figura 3.9 – Vista estação EF-09 - ACLA 00500- No Reservatório Águas Claras- SABESP, na Serra da Cantareira.



Fotos: R. Rossetti (2023)

Na UGRHI 10 - Sorocaba/Médio Tietê, a EF12- Sorocaba (SORO 02170), inaugurada em 2022, obteve 98,9% de tempo de funcionamento. As demais estações operaram o ano todo, sendo que, a estação EF03 - Laranjal Paulista operou 86,0% do tempo e a EF28 - Itu (TIET 02300), que em 2023 gerou um volume de dados válidos de 61,0%. Ainda na UGRHI 10, estação EF02 - Rasgão (TIRG 02900) situada no Reservatório de Rasgão operou apenas em 63,6% do tempo devido a problemas de energia na estação.

Para o gerenciamento da grande massa de dados gerada, da ordem de 10 milhões por ano, foi implantado o Sistema Integrado de Monitoramento da Qualidade das Águas - SIMQUA. Esse sistema realiza a aquisição, consistência e disponibilização dos valores na internet através do endereço eletrônico: <https://simqua.cetesb.sp.gov.br/>.

3.4 Distribuição dos pontos de amostragem

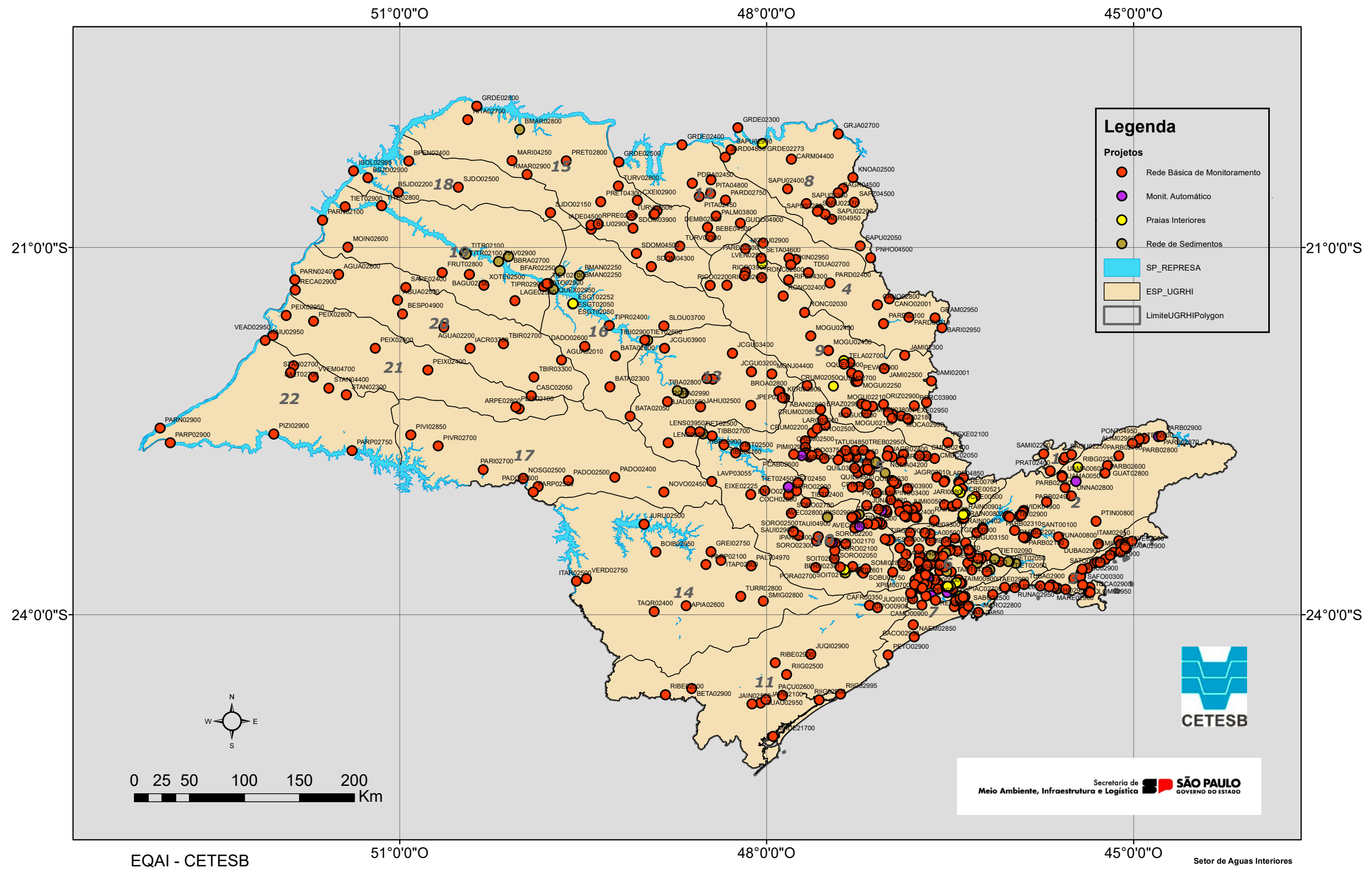
A descrição dos pontos de amostragem das redes de monitoramento em 2023 com informações referentes ao código e a descrição dos locais dos 601 pontos de amostragem pertencentes às 4 redes de monitoramento da CETESB de água bruta, a saber: 520 da Rede Básica, 34 da Rede de Balneabilidade, 30 da Rede de Sedimento e 17 Estações Automáticas, estão disponibilizadas no [Apêndice A](#) - Aspectos descritivos e qualitativos da rede de monitoramento 2023. Esse apêndice também inclui os pontos que foram integrados a rede estadual CETESB solicitados pela ANA para fazer parte da RNQA – Rede Nacional de Qualidade de Água.

A distribuição espacial dos pontos citados por tipo de projeto (Rede Básica, Monitoramento Automático, Sedimento e Balneabilidade), pode ser observada no Mapa 3.2.

Já os mapas individuais por projeto de monitoramento de cada uma das UGRHIs estão no [Apêndice H](#).

Mapa 3.2 – Pontos por projeto de monitoramento da rede CETESB 2023.

Pontos CETESB por Projeto de Monitoramento 2023



3.4.1 Distribuição por UGRHI

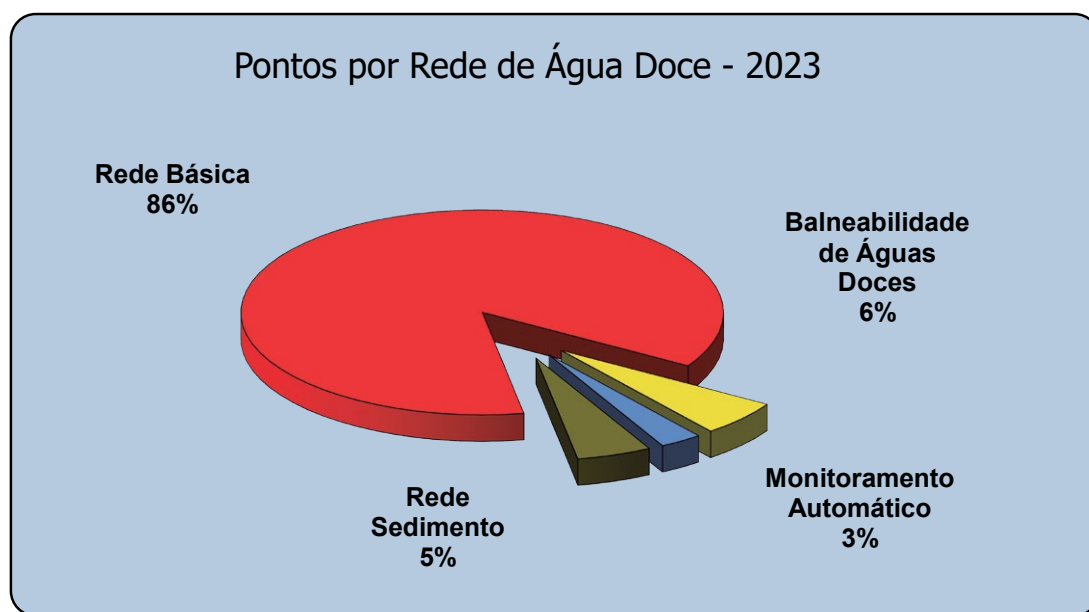
Em 2023, a Rede Básica da CETESB operou com 520 pontos, perfazendo uma densidade média de 2 pontos por 1.000 km². Incluindo-se os 17 pontos do monitoramento automático, atinge-se a densidade média de 2,16 pontos por 1.000 km². Com os 34 pontos do programa de balneabilidade de rios e reservatórios, alcança-se uma densidade de 2,3 pontos por 1.000 km².

Dentre os 520 pontos contabilizados na Rede Básica em 2023, 85 deles já possuem mais de 30 anos de atividade na rede de monitoramento.

Os monitoramentos de água doce superficial totalizaram 571 pontos. Dentro desse grupo, 112 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 para cerca de 26,1 milhões de habitantes.

Somando-se os 30 pontos da Rede de Sedimento, a CETESB totalizou 601 pontos de amostragem e uma densidade total de monitoramento (todos os tipos) de 2,42 pontos por 1.000 km². 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 2023.



A Tabela 3.6 mostra um resumo da quantidade de pontos por UGRHI, a área de drenagem em território paulista (km²), o total de pontos por tipo de monitoramento pela CETESB e o total de pontos integrados à rede federal por UGRHI, com as respectivas densidades.

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

Número da UGRHI	São Paulo 2023 / Nome das UGRHIs	Área em Km² (PERH)	Rede Básica 2023	Monit. Autom.	Baln. Águas Doces	Mon. Total Água 2023	Rede Sedim.	Rede ANA em SP	Monit. Total 2023	Dens. Total Ptos Água 2023/ 1.000 km²	Dens. Total Ptos. 2023 /1.000 km²	DENS. Rede Federal 2023
1	Mantiqueira	675	5	0	0	5	0	3	5	7,41	7,41	4,44
2	Paraíba do Sul	14.444	33	3	2	38	0	19	38	2,63	2,63	1,32
3	Litoral Norte	1.948	31	0	0	31	1	5	32	15,91	16,43	2,57
4	Pardo	8.993	13	0	0	13	0	11	13	1,45	1,45	1,22
5	Piracicaba, Capivari e Jundiá	14.178	91	2	6	99	3	24	102	6,98	7,19	1,69
6	Alto Tietê	5.868	100	8	15	123	13	21	136	20,96	23,18	3,58
7	Baixada Santista	2.818	19	0	1	20	0	8	20	7,10	7,10	2,84
8	Sapucaí / Grande	9.125	18	0	2	20	0	11	20	2,19	2,19	1,21
9	Mogi-Guaçu	15.004	38	0	3	41	0	17	41	2,73	2,73	1,13
10	Sorocaba / Médio Tietê	11.829	32	4	2	38	2	11	40	3,21	3,38	0,93
11	Ribeira de Iguape/ Litoral Sul	17.068	14	0	0	14	0	11	14	0,82	0,82	0,64
12	Baixo Pardo / Grande	7.239	10	0	0	10	0	6	10	1,38	1,38	0,83
13	Tietê / Jacaré	11.779	16	0	2	18	3	12	21	1,53	1,78	1,02
14	Alto Paranapanema	22.689	12	0	0	12	0	11	12	0,53	0,53	0,48
15	Turvo / Grande	15.925	21	0	0	21	1	17	22	1,32	1,38	1,07
16	Tietê / Batalha	13.149	11	0	1	12	4	11	16	0,91	1,22	0,84
17	Médio Paranapanema	16.749	9	0	0	9	0	9	9	0,54	0,54	0,54
18	São José dos Dourados	6.783	6	0	0	6	0	6	6	0,88	0,88	0,88
19	Baixo Tietê	15.588	12	0	0	12	3	12	15	0,77	0,96	0,77
20	Aguapeí	13.196	12	0	0	12	0	11	12	0,91	0,91	0,83
21	Peixe	10.769	7	0	0	7	0	5	7	0,65	0,65	0,46
22	Pontal do Paranapanema	12.395	10	0	0	10	0	10	10	0,81	0,81	0,81
22 UGRHIs		248.219	520	17	34	571	30	251	601	2,30	2,42	1,01

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, passando de 248.222 km² para 248.219,481 km². <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 paulista residente em 2013 e do Censo 2022 (IBGE, 2023) 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/km² de cada ano) e pelos macros usos 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, onde 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 macro uso 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 multicritério, 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 isto, 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 estes fatores influenciam positivamente, ou seja, quanto maior sua presença, melhor será a gestão do território e sua contribuição positiva para o índice. Essas variáveis, 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 (Densidade Pop. e Macro Uso do Solo da UGRHI)	Dens. Populacional.	0,25
	Macro Uso do solo da UGRHI	0,2
Custos	∑ Impactos Ambientais	0,45
Ambiental (Monitoramento de Água)	Média Anual do IQA	0,3
	Num. Pontos Monitorados	0,1
	Densidade de Pontos	0,15
Benefícios	∑ Gestão do Monitoramento da Água	0,55
Total => Índice IAEM		1

Portanto, o IAEM consiste em um índice que avalia a sustentabilidade de cada UGRHI através 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](#).

O intervalo de tempo ideal de comparação do índice IAEM é geralmente de 5 a 10 anos, salvo se ocorrerem muitas alterações na rede de monitoramento em relação ao ano anterior. De forma complementar, a comparação entre os anos de 2013, 2022 e 2023 consta no [Apêndice I](#). Com isto na Tabela 3.8 são apresentados os dados originais para os anos de 2013 e 2023, 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 2013 e 2023.

Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2013								
Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE 0-1)
Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/ UGHRI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Rede Básica	
UGHRIs	Área Km²	POP. IBGE 2013	hab/km²	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./1000 km²	IAEM 2013
1	675	67.785	100,42	1	50,88	2	2,96	0,62
2	14.444	2.114.996	146,43	4	67,46	23	1,59	0,48
3	1.948	305.417	156,78	1	64,19	31	15,91	0,82
4	8.993	1.178.407	131,04	3	60,20	6	0,67	0,50
5	14.178	5.436.706	383,46	4	51,17	84	5,92	0,53
6	5.868	20.601.528	3.510,83	4	40,47	62	10,57	0,29
7	2.818	1.765.277	626,43	4	59,25	16	5,68	0,45
8	9.125	707.420	77,53	3	65,36	13	1,42	0,53
9	15.004	1.536.801	102,43	3	60,50	34	2,27	0,55
10	11.829	1.977.070	167,14	4	54,59	24	2,03	0,45
11	17.068	378.216	22,16	1	65,05	11	0,64	0,66
12	7.239	349.057	48,22	3	63,79	4	0,55	0,51
13	11.779	1.567.426	133,07	3	61,89	10	0,85	0,51
14	22.689	755.962	33,32	1	65,13	9	0,40	0,65
15	15.925	1.303.308	81,84	2	59,43	16	1,00	0,58
16	13.149	539.934	41,06	2	79,49	5	0,38	0,63
17	16.749	698.991	41,73	2	72,38	4	0,24	0,60
18	6.783	233.703	34,45	2	81,12	6	0,88	0,64
19	15.588	795.047	51,00	2	75,27	9	0,58	0,62
20	13.196	380.103	28,80	2	66,69	6	0,45	0,59
21	10.769	469.790	43,62	2	64,58	4	0,37	0,58
22	12.395	500.728	40,40	2	72,84	5	0,40	0,61
SP	248.209	43.663.672	175,91	3	55,47	384	1,55	12,41
ESTADO de SÃO PAULO								Σ IAEM 2013

Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2023								
Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE 0-1)
Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/ UGHRI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Red Básica	
UGHRIs	Área Km²	POP. IBGE 2022	hab/km²	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./1000 km²	IAEM 2023
1	675	65.781	97,45	1	56,64	5	7,41	0,68
2	14.444	2.179.969	150,93	4	59,01	33	2,28	0,46
3	1.948	344.383	176,79	1	64,18	31	15,91	0,80
4	8.993	1.220.987	135,77	3	62,61	13	1,45	0,51
5	14.178	5.804.281	409,39	4	51,95	91	6,42	0,52
6	5.868	20.553.624	3.502,66	4	37,48	100	17,04	0,36
7	2.818	1.805.531	640,71	4	56,90	19	6,74	0,45
8	9.125	710.639	77,88	3	65,23	18	1,97	0,54
9	15.004	1.536.673	102,42	3	56,91	38	2,53	0,53
10	11.829	2.139.609	180,88	4	56,00	32	2,71	0,45
11	17.068	369.943	21,67	1	67,21	14	0,82	0,66
12	7.239	343.384	47,44	3	53,20	10	1,38	0,49
13	11.779	1.606.425	136,38	3	61,49	16	1,36	0,51
14	22.689	750.785	33,09	1	66,54	12	0,53	0,66
15	15.925	1.366.851	85,83	2	56,02	21	1,32	0,57
16	13.149	547.310	41,62	2	69,16	11	0,84	0,60
17	16.749	697.298	41,63	2	68,69	9	0,54	0,59
18	6.783	232.079	34,21	2	79,51	6	0,88	0,63
19	15.588	796.179	51,08	2	71,40	12	0,77	0,60
20	13.196	372.700	28,24	2	60,96	12	0,91	0,58
21	10.769	475.835	44,19	2	64,64	7	0,65	0,58
22	12.395	490.972	39,61	2	67,01	10	0,81	0,59
SP	248.219,5	44.411.238	178,92	3	61,49	520	2,09	12,37
ESTADO de SÃO PAULO								Σ IAEM 2023

Na Tabela 3.9 estão descritos os intervalos do índice, que variam de 1 (melhor situação) até 0 (pior situação), distribuídos em 5 faixas e duas classes com as respectivas denominações. O nível de pressão antrópica exercida na UGRHI sofreu alteração na denominação das classes referentes aos termos utilizados na coluna “Sustentabilidade do Monitoramento da Qualidade de Água”, em relação aos anos anteriores.

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

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

Para efeito de interpretação dos resultados do IAEM, estes vão ser apresentados na ordem da melhor classe **Muito Abrangente/Não Vulnerável** para a pior **Insuficiente/ Alta vulnerabilidade** à pressão antrópica. E havendo várias unidades dentro das classes, serão classificadas pelo fator de ponderação do macro uso do solo, do menos intenso (Conservação) para o mais intenso (Industrializadas), seguindo a ordem numérica das UGRHI.

3.5.1 Cenário do IAEM para o ano de 2023

Em 2023, segundo os resultados definitivos do IBGE, <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/37734-relacao-da-populacao-dos-municipios-para-publicacao-no-tcu.html> a população do Estado de São Paulo foi contada em 44.411.238 habitantes, aumentando em 747.566 habitantes durante o período 2013-2023. Somente nas UGRHIs com macrouso do solo industrial, notadamente as com maior pressão antrópica, houve um incremento de 587.437 pessoas neste intervalo.

Quanto aos resultados do IAEM em relação ao ano anterior, comenta-se que praticamente não houve alterações significativas, já que a população de referência foi a mesma devido aos resultados definitivos do recenseamento de 2022, que saíram durante o ano de 2023. A fatoração pelo macro uso do solo é sempre a mesma e número de pontos amostrados variou de apenas uma unidade. Por conseguinte, a densidade de pontos também foi a mesma. Portanto, as únicas alterações anotadas foram as médias anuais do IQA de cada UGRHI, que também não foram capazes de causar nenhuma mudança de classes do índice multicritério do IAEM, entre os anos 2022-2023.

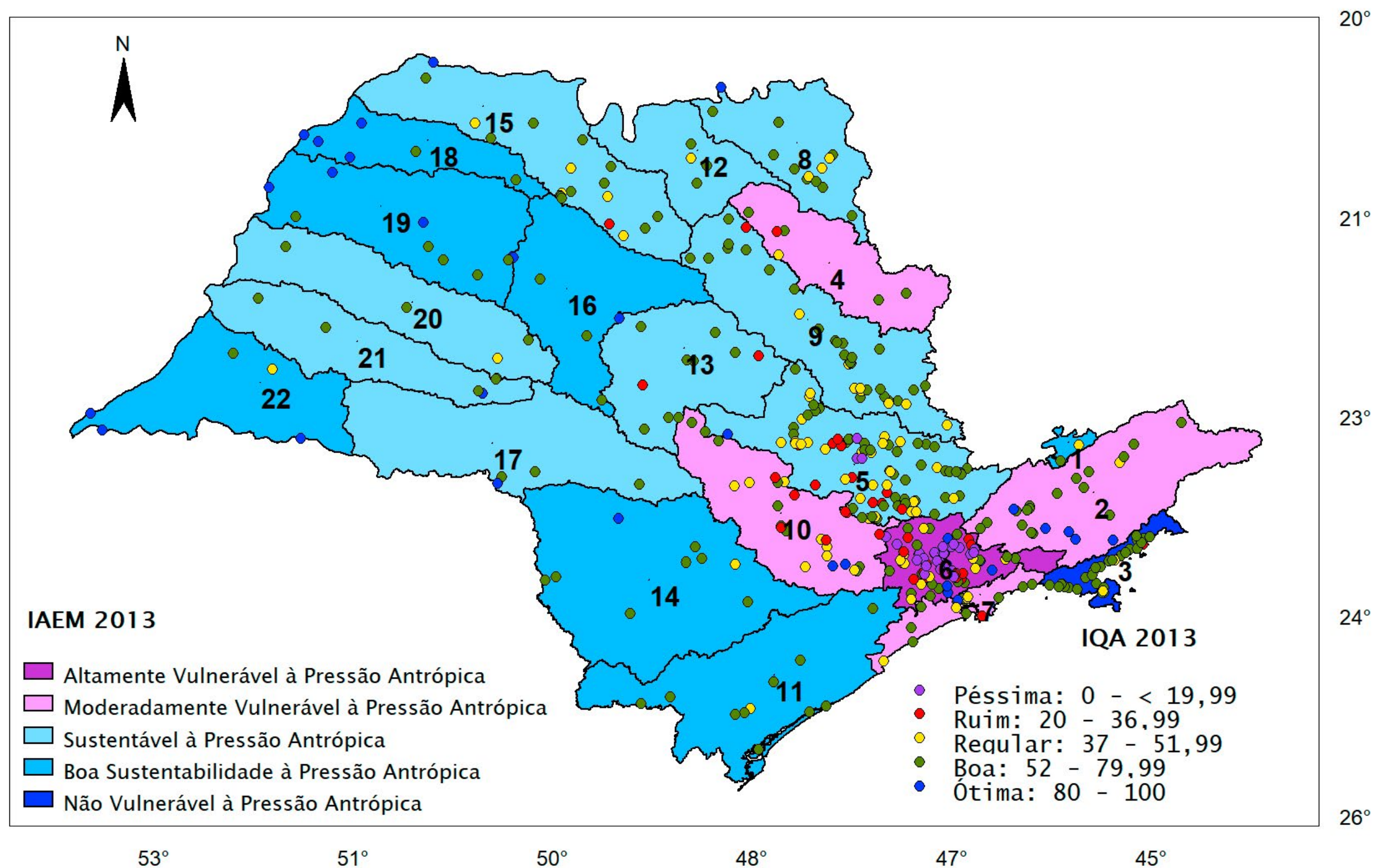
Dentro do conjunto das 22 UGRHIs, o número de pontos do monitoramento previstos da Rede Básica em todas as UGRHIs em 2023 manteve a amplitude da distribuição espacial da densidade de pontos/1.000 km² (16,51), ficando idêntica ao ano de 2022 que variou de 0,53 (14-Alto Paranapanema) até 17,04 na 6-Alto Tietê, mostrando que ainda existem grandes desigualdades espaciais no monitoramento entre as UGRHIs, quando somente o fator densidade de pontos é considerado.

Logo, para fins da análise temporal comparativa do IAEM, serão confrontados os resultados entre os anos **2013** e **2023**.

Os Mapas 3.3 e 3.4 resumem a situação das UGRHIs em relação ao IAEM em 2013 e 2023, respectivamente.

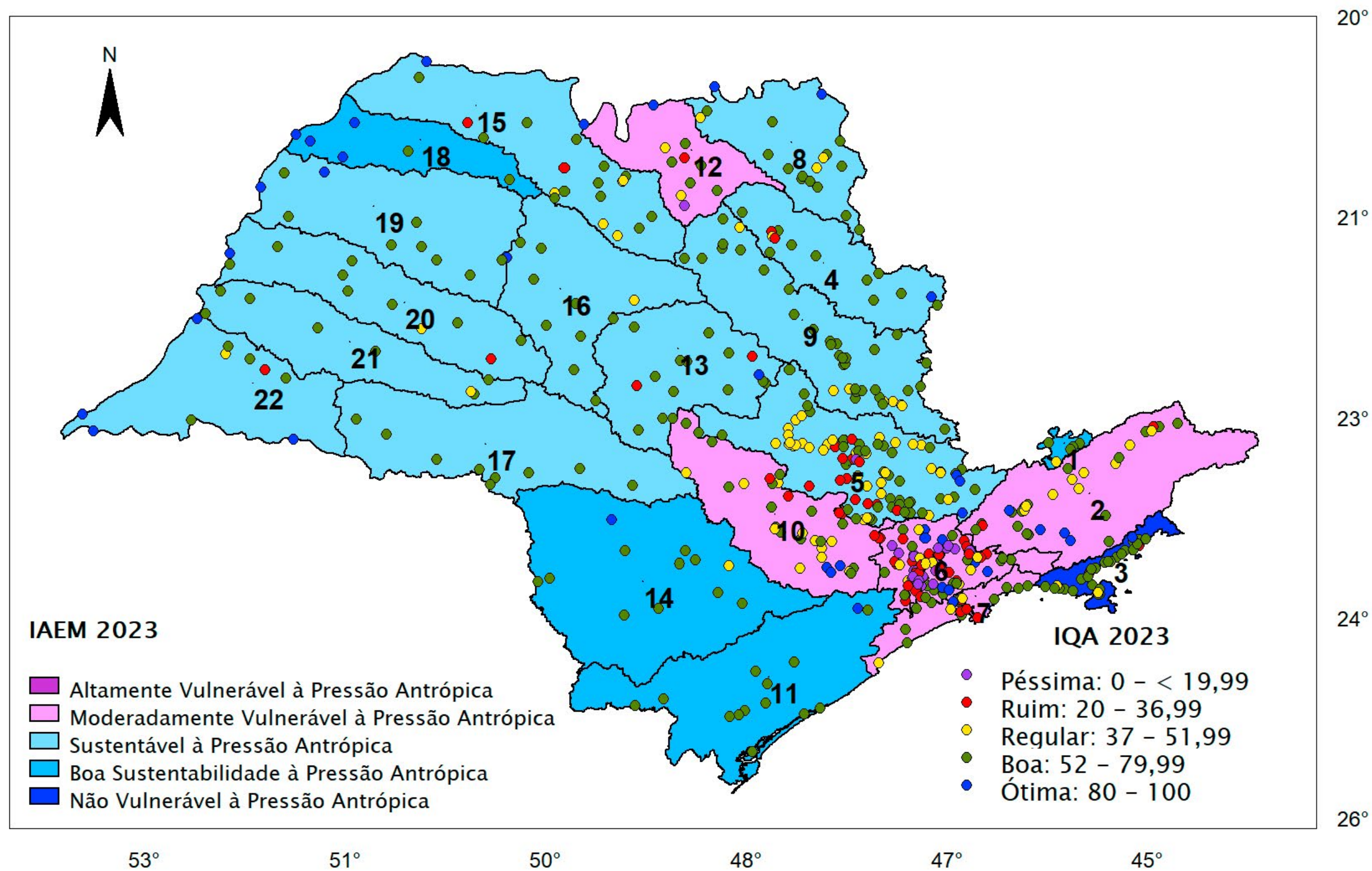
Mapa 3.3 – Situação das UGRHs no Estado de São Paulo em função do IAEM – 2013

Mapa do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento de Água - 2013 - Estado de São Paulo e suas 22 UGRHs



Mapa 3.4 – Situação das UGRHs no Estado de São Paulo em função do IAEM – 2023

Mapa do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento de Água - 2023 - Estado de São Paulo e suas 22 UGRHs



De forma resumida, analisando-se a variação da abrangência do monitoramento, somente com o critério territorial – um dos fatores para caracterizar a abrangência da rede de monitoramento – obteve-se o seguinte cenário: em 2013 a densidade mínima foi atingida por 10 das 22 UGRHs; já em 2023, 13 das 22 UGRHs estavam dentro do índice de densidade mínima recomendada de 1 ponto/1.000 km².

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 manteve-se em 17, tanto em 2013, como em 2022 e 2023. Porém, houve pequena diminuição na somatória geral do estado, passando de 12,41 em 2013 para 12,37 em 2023.

Finalmente, em 2023, diferente do ano de 2013, nenhuma UGRH esteve com nota baixa o suficiente para ser classificada com IAEM **Insuficiente/ Alta vulnerabilidade à pressão antrópica**.

A análise comparativa completa por UGRH dos cenários de 2013 e 2023 consta no [Apêndice I](#).

4 • Atendimento aos padrões de qualidade

Este capítulo analisa os resultados do programa de monitoramento da Rede Básica, focando nas principais variáveis de qualidade frente ao atendimento dos padrões estabelecidos na **Resolução CONAMA nº 357/2005**, especialmente naquelas que podem estar contribuindo para a alteração da qualidade dos corpos hídricos. Além disso, inclui uma seção dedicada ao monitoramento da presença de agrotóxicos nas águas superficiais em pontos específicos do estado de São Paulo.

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. O **Decreto Estadual nº 10.755/1977** e, em caso de alterações, as deliberações do Conselho de Recursos Hídricos, definem o enquadramento dos corpos hídricos no estado de São Paulo.

Inicialmente, é feita uma análise geral da qualidade das águas do estado, avaliando-se os resultados em relação ao atendimento dos padrões da **Classe 2** em todos os corpos hídricos monitorados, uma vez que os usos previstos na legislação para essa classe incluem a proteção da vida aquática e o abastecimento público após tratamento convencional. Posteriormente, são calculadas as porcentagens de conformidade em relação aos padrões de qualidade para a classe atual de enquadramento de cada corpo de água, assim como comparações com padrões de classes de qualidade mais exigentes.

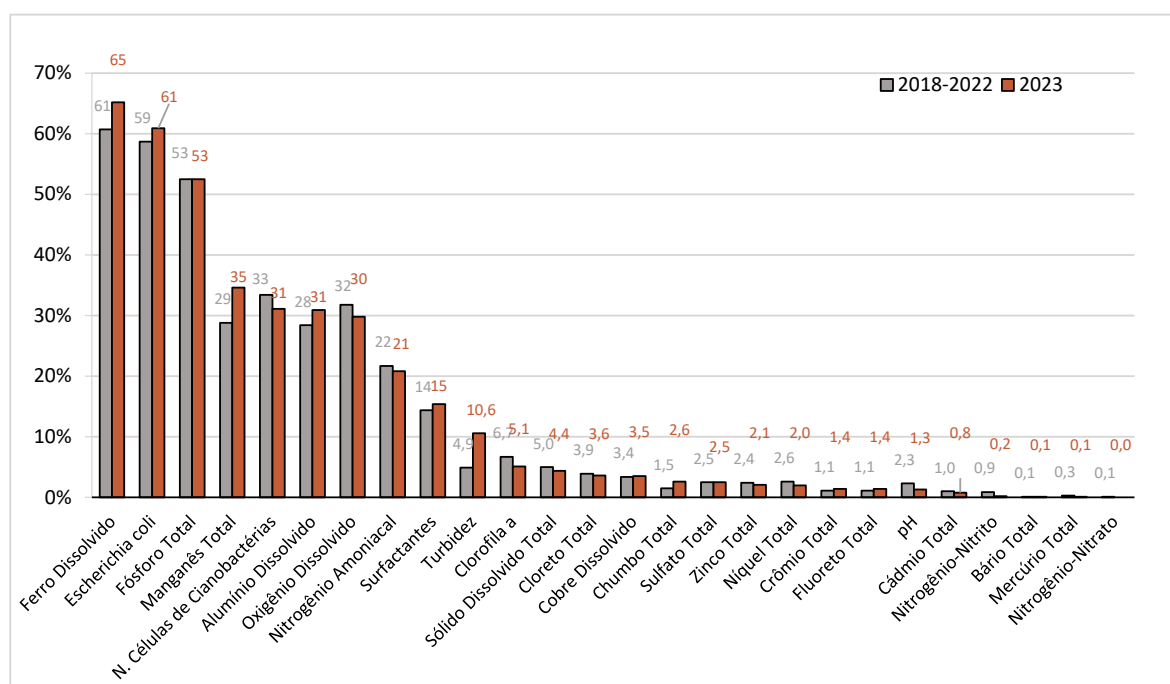
Desta forma, vislumbra-se um cenário onde é possível subsidiar futuras ações dos órgãos competentes, visando à recuperação progressiva da qualidade dos corpos de água, conforme previsto na Resolução CONAMA nº 357/2005. Destaca-se que para a variável *Escherichia coli*, os resultados são comparados aos 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.

Reforça-se que para quantificação da matéria orgânica nos corpos hídricos do estado, a CETESB tem executado, desde 2020, o monitoramento das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) em substituição à variável DBO. Em razão da impossibilidade de realizar uma avaliação das desconformidades para COT, é feita uma análise específica para presença de matéria orgânica nos corpos hídricos paulistas (**item 4.2.5**).

O **Gráfico 4.1** apresenta as principais variáveis de qualidade que estão desconformes em relação aos padrões da Classe 2 estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Os resultados estão expressos em porcentagem de não conformidade para o ano de 2023 e para os últimos cinco anos (período de 2018 a 2022).

Para confecção do Gráfico 4.1, foram selecionadas as variáveis monitoradas em mais de 90% dos 520 pontos da Rede Básica, exceto as variáveis Clorofila *a* e Número de Células de Cianobactérias, que foram monitoradas em 86% e 14% dos pontos dessa rede, respectivamente. Para cada variável, foram considerados os pontos com, pelo menos, três resultados relativos às campanhas executadas em 2023. Para os resultados do período de 2018 a 2022, também foram considerados os resultados desses 520 pontos com pelo menos três resultados na série histórica. As desconformidades por variável e por ponto de coleta podem ser consultadas no **Apêndice K**.

Gráfico 4.1 – Porcentagens de resultados da Rede Básica que não atendem os padrões estabelecidos para a Classe 2, em 2023 e no período de 2018 a 2022.



De um modo geral, as maiores porcentagens de não atendimento (entre 21 e 65%) referem-se às variáveis sanitárias (*E. coli*., Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido e Nitrogênio Amoniacal), aos metais Ferro Dissolvido, Alumínio Dissolvido e Manganês Total e ao Número de Células de Cianobactérias (Gráfico 4.1).

Dentre as variáveis sanitárias que indicam a presença de efluentes domésticos no corpo hídrico, *E. coli* apresentou a maior porcentagem de resultados em desacordo com os padrões da Classe 2 da Resolução CONAMA nº357/2005 (61%), seguida pelo Fósforo (53%), Oxigênio Dissolvido (30%) e Nitrogênio Amoniacal (21%). Na comparação com a média histórica, somente *E. coli* apresentou ligeira piora em 2023, enquanto as demais variáveis desse grupo apresentaram desconformidades estáveis ou ligeiramente menores.

Na comparação com o período histórico, não foi observado aumento de desconformidades quanto às variáveis Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido e Nitrogênio Amoniacal, as quais estão associadas a presença de matéria orgânica, principalmente oriunda do lançamento de fontes pontuais.

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 e cianobactérias. Observa-se que, nos ambientes lênticos (reservatórios) a porcentagem de resultados desconformes de Fósforo Total para os padrões da Classe 2 da Resolução CONAMA nº357/2005, é de 45%, ao passo que em ambientes lóticos (rios) é de 54%.

Em relação aos metais Alumínio, Ferro e Manganês, abundantes nos solos do estado de São Paulo e que constituem uma fonte potencial para os corpos hídricos a partir de processos erosivos, as porcentagens de não atendimento aos padrões da Classe 2 em 2023 aumentaram, em relação à média histórica, para o Ferro Dissolvido (65%), Manganês Total (35%) e Alumínio Dissolvido (31%). 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, principalmente em eventos de alta intensidade de chuvas, acarreta o aumento da Turbidez e de Sólidos Dissolvidos, entre outros fatores. Essas variáveis tiveram 10,6% e 4,4% de resultados não conformes, respectivamente. A porcentagem de desconformidades para a Turbidez aumentou 5,7 pontos percentuais em relação à média histórica dos últimos 5 anos.

Em relação às variáveis hidrobiológicas, houve redução de 1,6 e 2 pontos percentuais de desconformidades para a Clorofila *a* e para o Número de Células de Cianobactérias, respectivamente, em relação à média histórica.

Semelhante ao constatado nos anos anteriores, os metais Níquel, Zinco, Cádmio, 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 de efluentes a partir de fontes industriais.

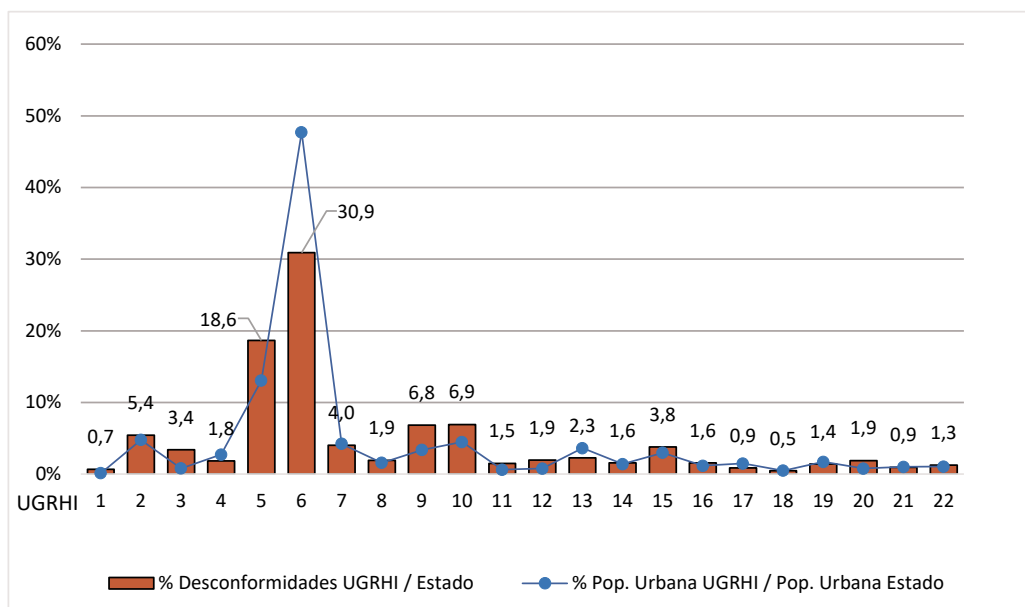
A próxima seção abordará os resultados desconformes por UGRHI para as principais variáveis sanitárias.

4.1 Porcentagem de resultados desconformes das principais variáveis para a Classe 2 por UGRHI

O **Gráfico 4.2.** apresenta a porcentagem de resultados desconformes para a Classe 2 de todas as variáveis monitoradas na Rede Básica por UGRHI em relação ao total de desconformidades no estado em 2023 e a porcentagem da população urbana da UGRHI em relação a população do estado.

Nas UGRHIs mais populosas foram verificadas as maiores porcentagens de resultados desconformes com a Classe 2. Por exemplo, a UGRHI 6, que possui 48% da população do estado, registrou-se cerca de 30,9% dos resultados desconformes da Rede Básica em 2023, e na UGRHI 5, que corresponde a 13% da população do estado, 18,66% dos resultados desconformes. As UGRHIs 2, 7, 9, 10 e 13, que possuem cerca de 4% da população do estado cada, tiveram entre 2,3% e 6,9% dos resultados desconformes do estado.

Gráfico 4.2 – Porcentagem de resultados desconformes para a Classe 2 das variáveis monitoradas na Rede Básica por UGRHI em relação ao total de desconformidade no estado em 2023 e a porcentagem da população urbana da UGRHI em relação a população do estado.



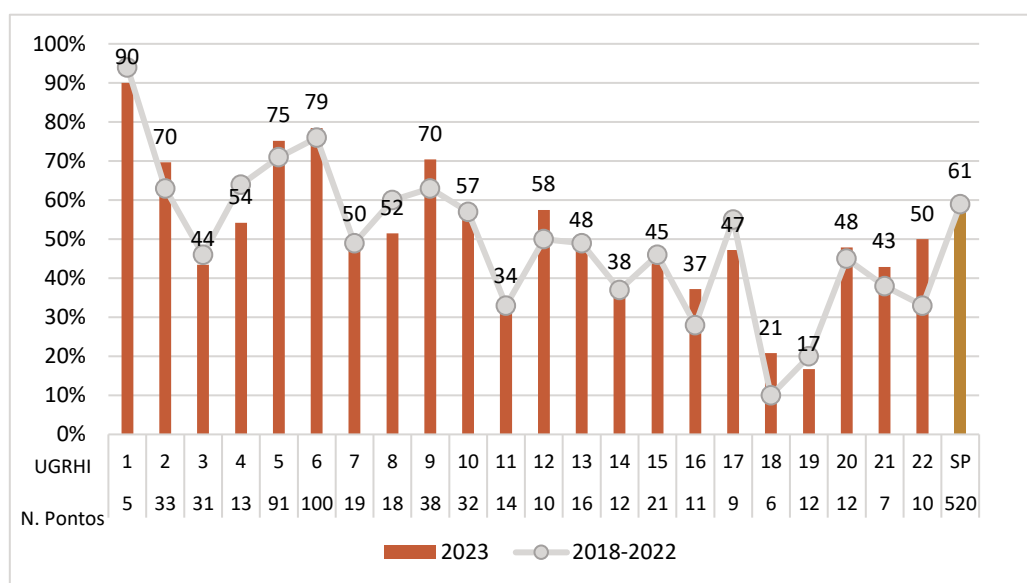
Para avaliação da qualidade da água das variáveis que impactaram negativamente a qualidade dos corpos hídricos no estado em 2023, realizou-se a comparação das porcentagens de resultados desconformes de cada UGRHI em 2023 e dos últimos 5 anos em relação aos padrões da Classe 2 (Gráfico 4.3 a Gráfico 4.9). Os valores mostrados nos gráficos correspondem ao ano de 2023.

4.1.1 *Escherichia coli*

Em relação à distribuição de resultados não conformes para *E. coli*, as UGRHIs 1, 2, 5, 6 e 9 tiveram entre 70 e 90% dos seus resultados desconformes, indicando a necessidade de aprimoramento dos seus sistemas de saneamento. Por outro lado, as UGRHIs 18 e 19 tiveram menos de 30% de resultados desconformes para essa variável (Gráfico 4.3).

Em relação à média histórica, treze UGRHIs apresentaram aumento de resultados desconformes para a variável, de acordo com o padrão da Classe 2. Destacaram-se as UGRHIs 22, 18 e 16, com aumento de 9 a 17 pontos percentuais de desconformidades. As UGRHIs 4, 8 e 17 foram as com maior redução das desconformidades (redução de 9,8; 8,5 e 7,8 pontos percentuais, respectivamente). A média do estado se manteve virtualmente igual à média histórica.

Gráfico 4.3 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de *Escherichia coli* por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.

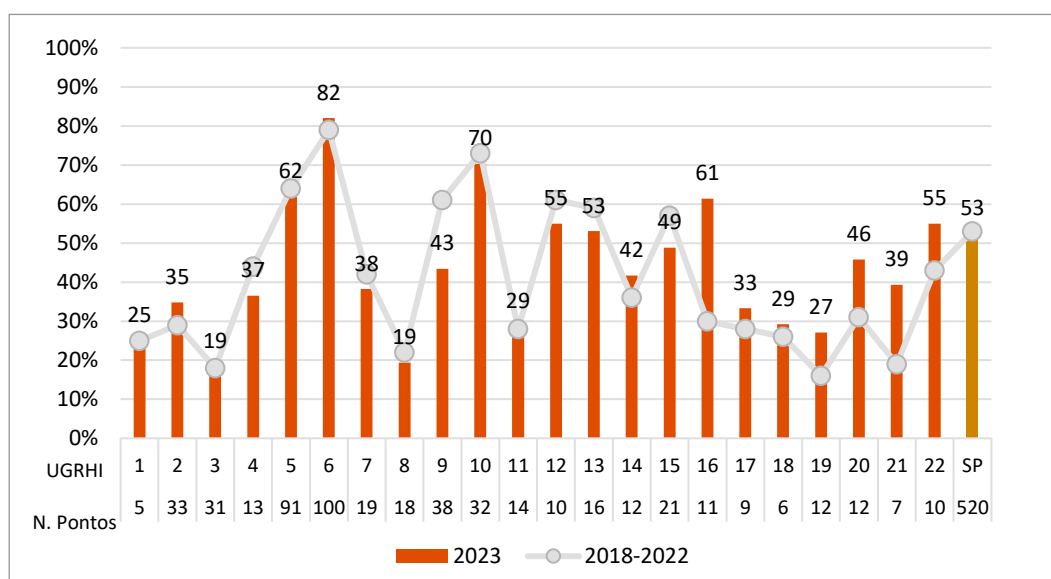


4.1.2 Fósforo Total

Em 2023, a média de resultados de Fósforo Total desconformes para Classe 2, no estado se manteve igual à média histórica. As UGRHIs 5, 6 e 10 continuam sendo as com maiores porcentagens de desconformidades (62%, 82% e 70%, respectivamente). Destacam-se as UGRHIs 16, 19, 20 e 21, com aumento de 11 a 31 pontos percentuais de desconformidades, em relação à média histórica. Ressalta-se que os reservatórios de Ibitinga e Promissão (UGRHI 16), no médio Tietê, vem registrando um elevado estado de eutrofização desde 2021, evidenciando a necessidade de medidas de controle das fontes pontuais e difusas visando a redução do aporte desse nutriente para os corpos hídricos (Gráfico 4.4).

A UGRHI 9 apresentou significativa redução de desconformidades, quando comparada à média histórica, passando de 61% de desconformidades, no período entre 2018 e 2022, para 43% em 2023.

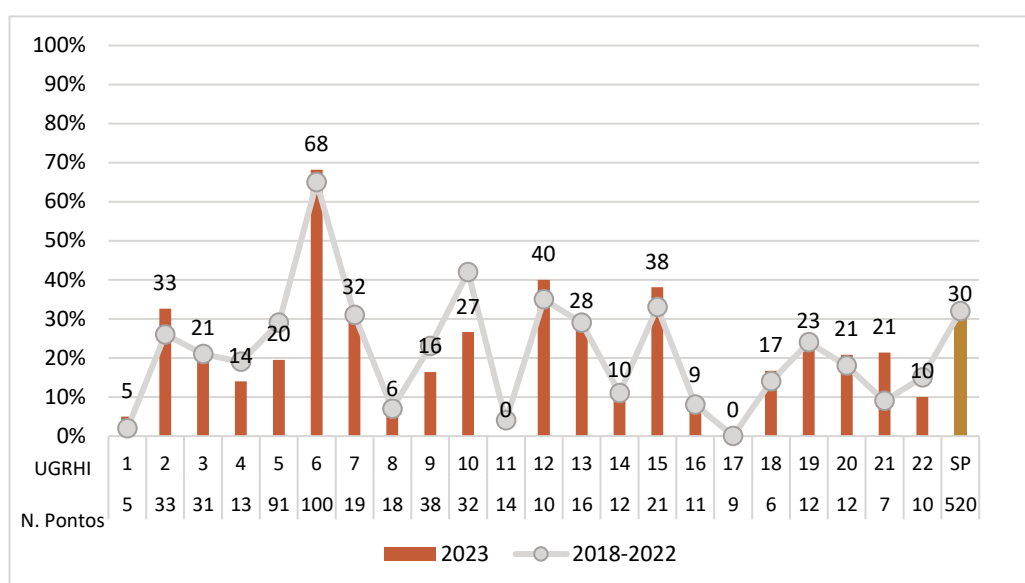
Gráfico 4.4 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de **Fósforo Total** por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.



4.1.3 Oxigênio Dissolvido

Em relação aos níveis de Oxigênio Dissolvido, a UGRHI 6 apresentou a pior situação, com 68% de seus resultados desconformes em relação ao padrão da Classe 2 ($< 5,0$ mg/L), evidenciando uma situação de elevada desconformidade que vem se mantendo desde 2018 e que está associada a elevada carga orgânica remanescente presente nos corpos hídricos dessa UGRHI. As demais UGRHIs tiveram menos de 45% de seus resultados desconformes. Destacam-se as UGRHIs 11 e 17, nas quais todos os resultados de Oxigênio Dissolvido atenderam ao padrão da Classe 2 em 2023. A média de desconformidades no estado em 2023 manteve-se similar à média histórica dos últimos 5 anos (Gráfico 4.5).

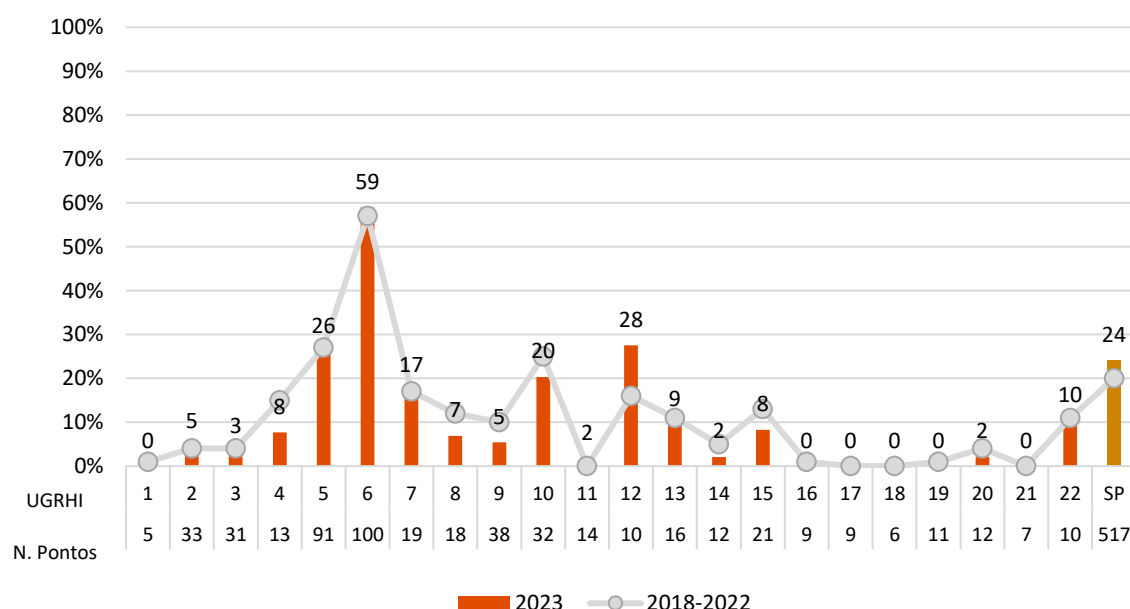
Gráfico 4.5 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de **Oxigênio Dissolvido** por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.



4.1.4 Nitrogênio Amoniacal

De forma semelhante ao Oxigênio Dissolvido, a UGRHI 6 também registrou as maiores porcentagens de desconformidades para o Nitrogênio Amoniacal (59%), também associado a elevada carga orgânica remanescente presente nos corpos hídricos dessa UGRHI. Por outro lado, as demais UGRHIs mostraram porcentagens inferiores a 30%. A UGRHI 12 se destacou por apresentar um maior aumento das porcentagens de resultados desconformes em relação à média histórica, que passou de 16% (2018 a 2022) para 28% (no ano 2023) de desconformidades. A UGRHI 4 foi a que apresentou maior redução percentual de desconformidades, de 15% (2018 a 2022) para 8% (no ano 2023). A média do estado em 2023 teve em um valor um pouco acima da média histórica (24 e 20%, respectivamente) (Gráfico 4.6).

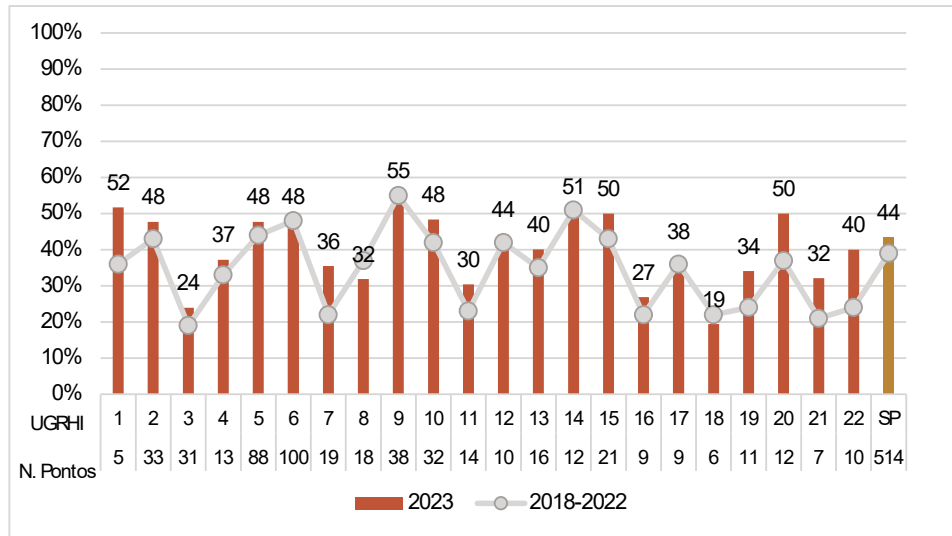
Gráfico 4.6 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de **Nitrogênio Amoniacal** por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.



4.1.5 Ferro, Alumínio e Manganês

Em 2023, a porcentagem de resultados desconformes para essas três variáveis oscilou entre 19 e 55% para a maioria das UGRHIs, refletindo uma situação de lixiviamento do solo. No entanto, dezessete UGRHIs tiveram uma menor porcentagem de desconformidades em relação à média histórica. As maiores porcentagens de resultados desconformes foram registradas nas UGRHIs 1, 9, 14, 15 e 20 com porcentagens variando entre 50 e 55%. A média do estado, em 2023, foi ligeiramente superior da média histórica (44 e 39% respectivamente) (Gráfico 4.7).

Gráfico 4.7 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de **Alumínio, Ferro e Manganês** por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.

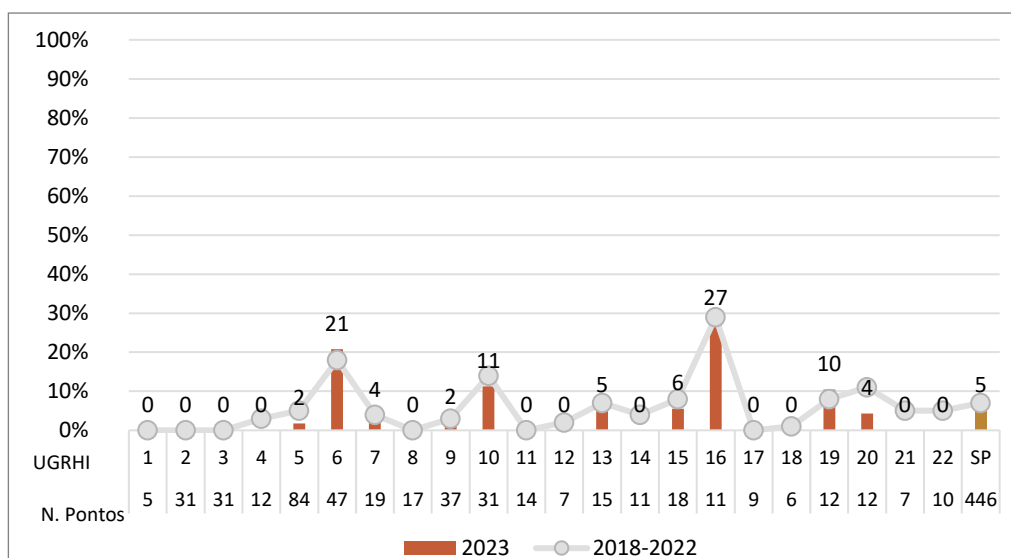


4.1.6 Clorofila a

A UGRHI 16 registrou 27% dos resultados para a Clorofila *a* em desconformidade ao padrão da Classe 2 em 2023, a maior dentre todas as UGRHIs e bem acima do total do estado (Gráfico 4.8), refletindo, em conjunto com o fósforo, o elevado estado de eutrofização das suas águas. Na comparação com a média histórica, no entanto, essa UGRHI registrou uma ligeira redução de resultados desconformes. Somente as UGRHIs 6 e 19 tiveram aumento nas desconformidades, quando comparado ao período histórico de 5 anos, entretanto o aumento representou menos de 3 pontos percentuais em ambas as UGRHIs.

As UGRHIs 1, 2, 3, 4, 8, 11, 12, 14, 17, 18, 21 e 22 não apresentaram nenhuma desconformidade no ano de 2023, sendo que nas UGRHIs 1, 8 e 17 também não foram identificadas desconformidades no período histórico dos últimos 5 anos.

Gráfico 4.8 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de **Clorofila a** por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.

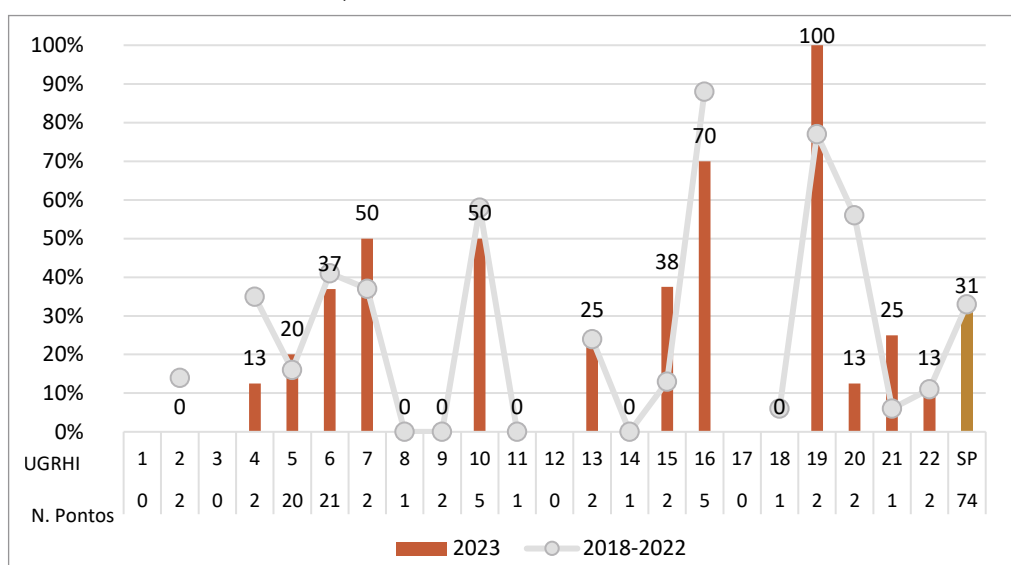


4.1.7 Número de Células de Cianobactérias

Em 2023, as maiores porcentagens de desconformidades para o Número de Células de Cianobactérias foram registradas nas UGRHIs 16 (70%) e 19 (100%), possivelmente associadas ao elevado estado trófico no trecho do médio Tietê e nos seus principais afluentes a exemplo dos reservatórios de Ibitinga e Promissão e dos braços do Ribeirão Fartura e do Rio Barra Mansa, assim como no trecho do Baixo Tietê, na UGRHI 19. Em relação ao período histórico, as UGRHIs 7, 15, 19 e 21 tiveram significativo aumento nas porcentagens de resultados desconformes. Na UGRHI 16 tem sido constatado elevado estado trófico nos últimos três anos.

Por outro lado, destacam-se as UGRHIs 2, 8, 9, 11, 14 e 18 que não apresentaram desconformidades em 2023. Dessas, a UGRHI 14 é composta por pontos de monitoramento em ambiente exclusivamente lótico e as UGRHIs 2, 8, 11 e 18, exclusivamente lênticos. O valor médio de desconformidades no estado para essa variável em 2023 em relação à média histórica permaneceu estável (Gráfico 4.9).

Gráfico 4.9 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Número de Células de Cianobactérias por UGRHI em 2023 e nos últimos 5 anos.



4.2 Porcentagem de resultados desconformes por classe de enquadramento

De acordo com os usos preponderantes de um corpo hídrico, o mesmo é enquadrado numa determinada classe de qualidade, devendo atender às condições e padrões determinados para esta classe (Resolução CONAMA nº 357/2005). No estado de São Paulo, o enquadramento de cada corpo hídrico foi estabelecido pelo [Decreto Estadual nº 10.755/1977](#) e, alterações são definidas por meio de deliberação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH). Cabe destacar a [Deliberação CRH nº 202/2017](#) que referendou a proposta de reenquadramento dos trechos da Classe 4 do Rio Jundiaí para Classe 3.

Neste item, são apresentados os resultados de uma análise específica, por meio da qual foram verificadas as porcentagens de atendimento das variáveis monitoradas em relação aos padrões de qualidade para a classe de qualidade de enquadramento atual do corpo hídrico em 2023 e nos últimos 5 anos (2018 a 2022). De forma a subsidiar uma eventual proposta de reenquadramento, a análise foi estendida para verificar o atendimento aos padrões legais de classes de qualidade mais exigentes.

4.2.1 Pontos enquadrados na Classe Especial

A Classe 1 do Decreto Estadual nº 10.755/1977 corresponde a Classe Especial da Resolução CONAMA nº 357/2005, em cujas águas devem ser mantidas as condições naturais do corpo de água. Assim, para fins de avaliação da qualidade dos trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe Especial, optou-se pela comparação dos resultados das variáveis monitoradas aos padrões da Classe 1 desta resolução.

Em 2023, foram monitorados 49 pontos em trechos de corpos de água enquadrados na Classe Especial, os quais estão localizados principalmente nos reservatórios de abastecimento público e nos seus formadores. Na Tabela 4.1 são apresentadas as porcentagens de atendimento ao padrão da Classe 1 calculadas a partir dos resultados das variáveis obtidos em 2023 e dos últimos 5 anos (2018 a 2022) a partir de pontos localizados em trechos de rios e reservatórios da Classe Especial.

Tabela 4.1 – Porcentagens de atendimento aos padrões da Classe 1 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe Especial da Resolução CONAMA nº 357/2005 em 2023 e nos últimos 5 anos.

Variável	N. Pontos 2023	% Atendimento Classe 1	
		2023	2018-2022
<i>Escherichia coli</i>	49	45	50
Ferro Dissolvido	49	54	60
Fósforo Total	49	63	60
Ens. Ecotoxic. com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	38	67	72
Número de Células de Cianobactérias	23	67	57
Oxigênio Dissolvido	49	70	72
Manganês Total	49	73	82
Clorofila <i>a</i>	40	73	74
Nitrogênio Amoniacal	49	81	87
Surfactantes	49	82	92
Turbidez	49	83	88
Alumínio Dissolvido	49	83	82
Cobre Dissolvido	49	92	94
pH	49	97	96

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 direta ou indiretamente (*E. coli*, Fósforo Total e Oxigênio Dissolvido), de floração de algas (Número de Células de Cianobactérias) e de Ferro Dissolvido. Na comparação com os últimos 5 anos (2018 a 2022), os parâmetros Número de Células de Cianobactérias e Fósforo Total apresentaram aumento da porcentagem de atendimentos de acordo com o padrão da Classe 1.

Em relação às variáveis relacionadas com a presença de esgotos domésticos, notadamente *Escherichia coli*, a UGRHI 6 se destacou com 14 sistemas hídricos da Classe Especial que não atenderam ao padrão Classe 1 em nenhuma das amostragens realizadas durante o ano de 2023, majoritariamente localizados nos afluentes do Reservatório Guarapiranga. Esses resultados do monitoramento reforçam a necessidade de melhorias ou ampliações nas ETEs visando a redução da carga orgânica remanescente nos recursos hídricos dessa UGRHI. Ainda nessa UGRHI, estão pontos de monitoramento localizados nos Reservatórios Guarapiranga e Taiacupeba,

onde são verificados valores elevados das variáveis hidrobiológicas (Número de Células de Cianobactérias e Clorofila *a*), refletindo a alteração da qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes. As não conformidades para o Cobre Dissolvido em 2023 e nos últimos 5 anos (8 e 6%, respectivamente) foram registradas no Reservatório Guarapiranga e estão relacionadas ao uso de algicidas para controle de florações de algas.

Desconformidades para as variáveis Ferro Dissolvido e Manganês Total foram verificadas, sobretudo na UGRHI 6, nos afluentes das Represas Billings e Guarapiranga, na represa Taiacupeba e afluentes, entre outros e na UGRHI 5, no Reservatório Jaguari e afluentes, além do Rio Jundiá-Mirim e Represa Atibainha. Tais parâmetros acima dos padrões podem indicar a ausência de cobertura de matas ciliares, que auxiliam na estabilidade do solo contra processos erosivos e na retenção de partículas, impedindo o seu aporte para os corpos de água.

As demais variáveis monitoradas que possuem padrão de qualidade e que não constam na Tabela 4.1 atenderam aos padrões de qualidade entre 98% e 100% das amostras.

4.2.2 Pontos enquadrados na Classe 2

Em 2023, foram monitorados 349 pontos em trechos de corpos de água enquadrados na Classe 2. Na Tabela 4.2 são apresentadas as porcentagens de atendimento ao padrão das Classes 1 e 2 desses pontos.

Tabela 4.2 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1 e 2 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 em 2023 e nos últimos 5 anos.

Variável	N. Pontos 2023	% Atendimento Classe 1		% Atendimento Classe 2	
		2023	2018-2022	2023	2018-2022
Ferro Dissolvido	345	35	41	35	41
<i>Escherichia coli</i>	349	23	25	47	50
Fósforo Total	349	54	56	56	57
Número de Células de Cianobactérias	51	56	55	66	63
Alumínio Dissolvido	345	68	70	68	70
Ens. Ecotoxic. com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	299	68	82	68	82
Manganês Total	345	72	79	72	79
Cor Verdadeira	171			73	79
Oxigênio Dissolvido	349	67	64	79	77
Turbidez	349	75	84	89	95
Nitrogênio Amoniacal	349	91	91	91	91
Sólido Dissolvido Total	349	95	95	95	95
Surfactantes	345	95	96	95	96
Cloreto Total	349	96	95	96	95
Clorofila <i>a</i>	342	87	84	96	94
Sulfato Total	349	97	97	97	97
Chumbo Total	345	97	99	97	99

Na Classe 2 estão enquadrados a maior parte dos corpos hídricos monitorados no estado (67%). Dessa forma, prevaleceram em 2023 e nos últimos 5 anos, menores porcentagens de atendimento para as variáveis que indicam a presença de esgoto doméstico (*Escherichia coli*, Oxigênio Dissolvido, 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 lênticos.

Em comparação à média histórica, somente as variáveis Número de Células de Cianobactérias, Oxigênio Dissolvido e Clorofila *a* tiveram melhora na porcentagem de atendimento para a Classe 2. A maior redução dos atendimentos, comparado à média histórica, foi para o Ensaio de ecotoxicidade com *C. dubia*, o que merece atenção nas próximas campanhas de monitoramento.

Desconformidades para Cloreto, Sulfato e Sólidos Dissolvidos foram verificadas em pontos de rios litorâneos (UGRHIs 3, 7 e 11), principalmente onde há influência da maré, porém também foram verificados valores elevados de Sulfato e Sólidos Dissolvidos no Ribeirão São Bento (UGRHI 10) e de Sólidos Dissolvidos no Rio das Conchas (UGRHI 10).

Em relação ao Número de Células de Cianobactérias, as menores porcentagens de atendimentos para o ano 2023, de acordo com o padrão estabelecido para a Classe 2, foram identificadas em ambientes lênticos, com destaque para pontos de monitoramento localizados no Reservatório de Salto Grande, na UGRHI 5, nos reservatórios de Barra Bonita e de Itupararanga, na UGRHI 10, no Reservatório Billings, na UGRHI 6, no braços do Ribeirão da Fatura e do Rio Barra Mansa, no Córrego do Esgotão e no Reservatório de Promissão, na UGRHI 16, no Braço do Ribeirão Santa Bárbara e Reservatório de Três Irmãos, na UGRHI 19.

Na comparação com os padrões da Classe 1 observou-se menores porcentagens de atendimento para as mesmas variáveis da Classe 2 tanto em 2023 como nos últimos 5 anos.

As demais variáveis monitoradas que possuem padrão de qualidade e que não constam na Tabela 4.2 atenderam ao padrão de qualidade da Classe 2 entre 98 e 100% das amostras.

4.2.3 Pontos enquadrados na Classe 3

Em 2023, foram monitorados 47 pontos em trechos de 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 4.3.

Tabela 4.3 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2 e 3 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005.

Variável	N. Pontos 2023	% Atendimento Classe 1		% Atendimento Classe 2		% Atendimento Classe 3	
		2023	2018-2022	2023	2018-2022	2023	2018-2022
<i>Escherichia coli</i>	47	3	3	11	13	21	23
Fósforo Total	47	22	16	22	16	25	22
Oxigênio Dissolvido	47	47	40	59	51	66	60
Alumínio Dissolvido	45	58	65	58	65	71	80
Surfactantes	45	72	69	72	69	72	69
Cor Verdadeira	19			83	77	83	77
Turbidez	47	68	75	83	93	83	93
Nitrogênio Amoniacal	47	57	54	57	54	87	79
Ens. Ecotoxic. com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	32	80	80	80	80	95	95
Cobre Dissolvido	45	95	95	95	95	97	97
Crômio Total	45	97	98	97	98	97	98
Sólido Dissolvido Total	47	97	95	97	95	97	95

Os rios de Classe 3 monitorados pela CETESB localizam-se predominantemente nas UGRHIs 6 (afluentes do Rio Tietê e na bacia do Rio Cotia), 5 (Rio Jundiá e Rio Quilombo) e 13 (nas bacias dos rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu).

Destacaram-se as variáveis *Escherichia coli* e Fósforo Total, com baixa porcentagem de atendimento aos padrões da Classe 3 (21 e 25%, respectivamente). Em relação à média histórica, destacou-se a diminuição da porcentagem de atendimento aos padrões da Classe 3 para as variáveis Alumínio Dissolvido, Turbidez e *Escherichia coli*.

Dentre as não conformidades associadas à variável Fósforo Total, destacaram-se as concentrações acima do padrão em todos os pontos de monitoramento inseridos no trecho Classe 3 do Rio Jundiá e do Ribeirão Quilombo, na UGRHI 5.

Na comparação com os padrões das Classes 1 e 2, também foram observadas menores porcentagens de atendimento em 2023 e nos últimos 5 anos para *E. Coli* e Fósforo Total e Oxigênio Dissolvido, principalmente para os dois últimos na comparação com os padrões da Classe 1.

As demais variáveis monitoradas e que possuem padrão de qualidade atenderam entre 98% e 100% aos padrões de qualidade da Classe 3.

4.2.4 Pontos enquadrados na Classe 4

Em 2023 foram monitorados 71 pontos em trechos de rios enquadrados na Classe 4. As porcentagens de atendimento aos padrões de qualidade das Classes 1, 2, 3 e 4 de pontos localizados em trechos de rios da Classe 4 constam na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2, 3 e 4 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios enquadrados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005 e nos últimos 5 anos.

Variável	N. Pontos 2023	% Atendimento Classe 1		% Atendimento Classe 2		% Atendimento Classe 3		% Atendimento Classe 4	
		2023	2018-2022	2023	2018-2022	2023	2018-2022	2023	2018-2022
Fósforo Total	71	12	10	12	10	12	13		
<i>Escherichia coli</i>	71	2	1	7	6	13	12		
Oxigênio Dissolvido	71	26	23	34	31	46	40	64	59
Surfactantes	71	49	47	49	47	49	47		
Nitrogênio Amoniacal	71	38	29	38	29	69	60		
Fenóis Totais	60	55	54	55	54	78	80	99	99
Ens. Ecotoxic. com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	16	20	70	20	70	80	94		
Alumínio Dissolvido	71	74	75	74	75	87	88		
Níquel Total	71	89	88	89	88	89	88		
Clorofila <i>a</i>	15	75	72	87	88	92	94		
Turbidez	71	70	69	92	95	92	95		
Crômio Total	71	94	94	94	94	94	94		
Cobre Dissolvido	71	91	89	91	89	96	95		
Nitrogênio-Nitrito	71	99	96	99	96	99	96		
pH	71	100	100	100	100	100	100	100	100

As variáveis monitoradas em 2023 e que possuem padrão de qualidade para a Classe 4 são Oxigênio Dissolvido, pH e Fenóis Totais. Os pontos enquadrados na Classe 4 atenderam ao padrão da Classe 4 em 100% das amostras para o pH, em 99% das amostras para Fenóis e em 64% das amostras para Oxigênio Dissolvido, considerando que o seu padrão de qualidade para a Classe 4 é de 2,0 mg/L. Comparado aos últimos cinco anos (2018-2022), não foram verificadas alterações para a porcentagem de atendimentos dos parâmetros pH e Fenóis Totais. Entretanto, em 2023 houve um aumento de 5 pontos percentuais no atendimento ao padrão de Oxigênio Dissolvido em relação à média histórica.

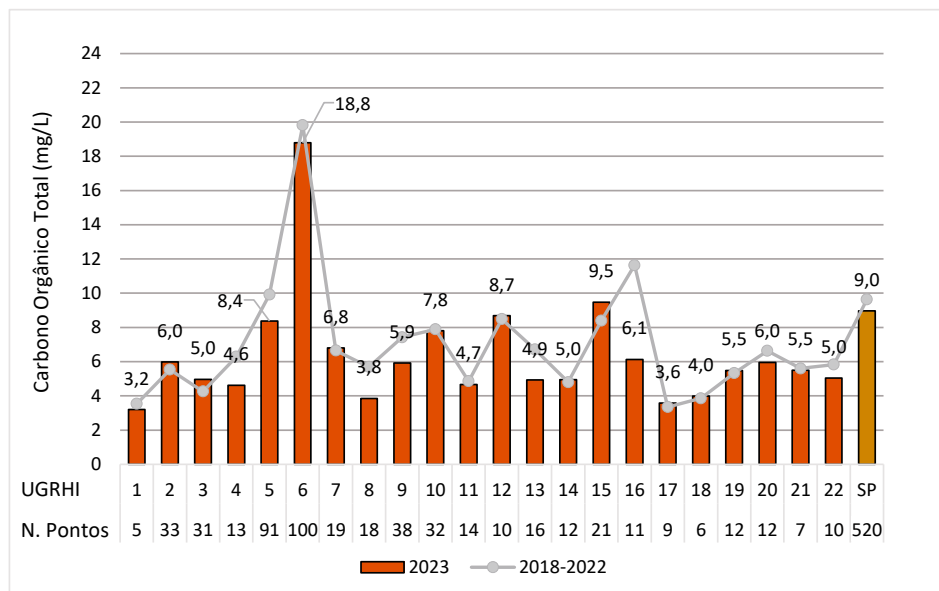
Cabe comentar que a porcentagem de Oxigênio Dissolvido diminuiu para 46 e 34% se comparado aos padrões das Classes 2 e 3, respectivamente, indicando que a maioria dos rios Classe 4 no estado não são adequados para a proteção da vida aquática.

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 para as variáveis *E. coli* e Fósforo Total.

4.2.5 Avaliação dos teores de Carbono Orgânico Total (COT) nos Corpos de Água

O Gráfico 4.10 apresenta a concentração média de COT por UGRHI em 2023 em comparação com os últimos 5 anos (2018 a 2022) e a Figura 4.1, contém a distribuição das concentrações de COT dos corpos hídricos, agrupados por sua respectiva classe de enquadramento.

Gráfico 4.10 – Concentração média de COT por UGRHI em 2023 e no período de 2018 a 2022.

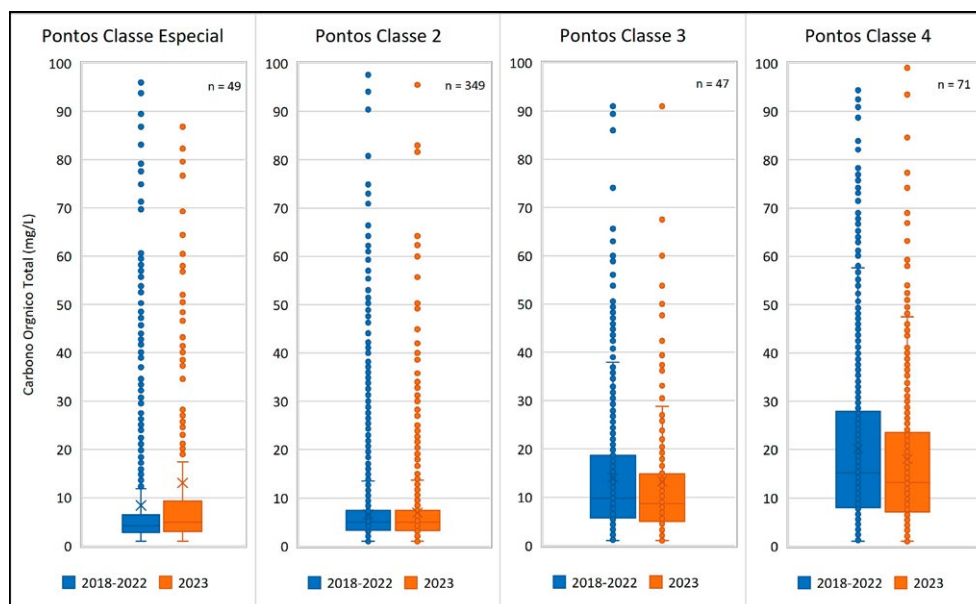


A UGRHI 6 apresentou a maior média para a concentração de COT, seguida pelas UGRHIs 5, 12 e 15. As menores concentrações médias foram observadas nas UGRHIs 1, 8, 17 e 18, com concentração média máxima de 4 mg/L.

Em 13 das 22 UGRHIs as médias de COT foram inferiores às médias dos últimos 5 anos, o que influenciou na concentração média de COT no Estado, que em 2023 também ficou levemente abaixo da média dos últimos 5 anos.

A **Figura 4.1** apresenta um diagrama Box-plot, que permite visualizar a distribuição das concentrações de COT determinadas nas amostras dos corpos hídricos, agrupados por sua respectiva classe de enquadramento. O Box-plot ou diagrama de caixa, é uma ferramenta na qual é possível visualizar a distribuição de dados com a indicação do mínimo, primeiro quartil (25% dos dados), mediana, terceiro quartil (75% dos dados), máximo, média e os valores atípicos (outliers).

Figura 4.1 – Box-plot dos resultados de COT por classe de enquadramentos em 2023 e nos últimos 5 anos.



Constata-se que as medianas das concentrações de COT são mais elevadas em rios das Classes 3 e 4. Em rios das Classes Especial e 2, as medianas são inferiores a 6 mg/L. Entretanto, em todas as classes, nota-se ampla distribuição de valores de COT que podem chegar até 100 mg/L.

Nota-se que a mediana das concentrações de COT em rios de Classe 3 e 4, em 2023, foram menores do que nos últimos 5 anos. Para Classe 2, a mediana foi igual em ambos os períodos, e para Classe Especial, a mediana de 2023 foi ligeiramente maior do que a mediana do período histórico.

4.3 Agrotóxicos

A CETESB monitora a presença de agrotóxicos nas águas superficiais na sua Rede Básica, desde 2011. A partir de 2017, o monitoramento de agrotóxicos em água superficiais teve o seu desenho alterado, de forma a incorporar as bases metodológicas e analíticas adotadas no Projeto 2011-CORHI-123 (Contrato FEHIDRO nº 54/2012), desenvolvido pela CETESB em colaboração com a EMBRAPA-Meio Ambiente (Unidade de Jaguariúna), entre setembro de 2015 e agosto de 2016. Os resultados do monitoramento de agrotóxicos no período de 2018 e 2019 foram apresentados no relatório do ano de 2019. Portanto, esse item descreve uma compilação resultados do monitoramento dessas substâncias obtidos no período de 2020 a 2023, sendo que estes resultados foram sendo disponibilizados ao longo do tempo no sistema Infoáguas.

A Tabela 4.5 apresenta os pontos de monitoramento e a frequência de amostragem de agrotóxicos nos anos de 2020, 2021, 2022 e 2023. Os pontos selecionados estão inseridos em bacias com maior representatividade agrícola do uso do solo, conforme apontado por estudo de sensoriamento remoto realizado pela EMBRAPA no âmbito do Projeto 2011-CORHI-123.

Tabela 4.5 – Pontos de monitoramento de agrotóxicos no período de 2020 e 2023.

UGRHI	Ponto	Corpo Hídrico	Frequência			
			2020	2021	2022	2023
4	PARD 02600	Rio Pardo	1x	2x	4x	4x
	RIPE 04300	Ribeirão Preto	3x	2x	4x	4x
	RIPE 04900		2x	2x	-	
5	CRUM 02050	Rio Corumbataí	1x	2x	4x	4x
	CPIV 02130	Rio Capivari	-	1x	-	
6	CRIS 03400	Ribeirão dos Cristais	-	-	1x	
	PEBA 00900	Res. Taiaçupeba				4x
	BMIR 02800	Rio Biritiba-Mirim				4x
	GUAO 02600	Rio Guaió				4x
	GUAO 02900					4x
	IPIG 03950	Ribeirão Ipiranga				4x
	JUNI 03900	Ribeirão Jundiá				4x
	TAIA 00900	Rio Taiaçupeba-Açu				4x
	TAIM 00800	Rio Taiaçupeba-Mirim				4x
	JNDI 00500	Res. Rio Jundiá				4x
	TIET 02090	Rio Tietê*	-	2x	4x	4x
8	BAGR 04950	Ribeirão dos Bagres	-	-	4x	4x
9	MOGU 02450	Rio Mogi-Guaçu	2x	3x	4x	4x
	MOGU 02900		3x	2x	-	
	RICO 02600	Córrego Rico*	3x	2x	4x	4x
	RONC 02030	Ribeirão das Onças	1x	2x	-	
	RONC 02400		3x	2x	4x	4x
	SETA 04600	Rib. Sertãozinho	3x	2x	4x	4x
10	SOMI 02850	Rio Sorocamirim*	2x	3x	4x	4x
11	RIBE 02900	Rio Ribeira*	1x	3x	-	
13	JCGU 03200	Rio Jacaré-Guaçu	1x	3x	4x	4x
	JCGU 03400		1x	3x	4x	4x
	JPEP 3500	Rio Jacaré-Pepira	3x	3x	4x	4x
	JPEP 03600		1x	3x	4x	4x
	MONJ 04400	Rio Monjolinho	2x	3x	4x	4x
16	BATA 02300	Rio Batalha	2x	4x	4x	4x
	BATA 02800		4x	4x	4x	4x
18	SJDO 02500	Rio S. J. dos Dourados	4x	3x	4x	4x
20	TBIR 03300	Rio Tibiriça	4x	3x	-	
21	PEIX 02100	Rio do Peixe*	2x	3x	-	
22	PARN 02900	Rio Paraná	4x	2x	4x	4x
Total de Pontos			23	25	21	28

*Pontos localizados em mananciais utilizados para o abastecimento público.

Em 2020 e 2021, a frequência foi reduzida devido às restrições de deslocamento impostas pela Pandemia de COVID-19. Em 2023, em razão do Projeto FEHIDRO 2021-AT_COB-143 intitulado “Aprimoramento da Rede de Monitoramento de Qualidade de Água e Sedimento – Avaliação de agrotóxicos e toxicidade no Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT)”, foram incluídos 8 pontos da bacia do Alto Tietê (UGRHI 6), que não apresentam

histórico de uso e ocupação agrícola do solo. Portanto, nesse ano, os agrotóxicos foram monitorados em um maior número de pontos (28 pontos), do que nos anos anteriores. Cinco pontos de medição de água superficial são coincidentes com captações de água bruta para fins de abastecimento público.

A Tabela 4.6 apresenta os ingredientes ativos de agrotóxicos monitorados no período de 2020 a 2023, agrupados por categoria conforme sua função ou composição.

Tabela 4.6 – Agrotóxicos monitorados no período de 2020 a 2023.

Grupo	Ingredientes ativos
Herbicidas	2,4,5 T, 2,4,5-TP, 2,4-D, Ametrina, Atrazina, Bentazona, Diuron, Fluazifope-P-Butil, MCPA, Molinato, Pendimetalina, Propanil, Simazina, Tebutiuron
Inseticidas	Carbaryl, Carbossulfano, Carbofurano, Fipronil, Imidacloprido, Dimetoato, Metomil, Tiametoxan, Tiodicarb, Triclorfon
Fungicidas	Azoxistrobin, Carbendazim, Ciproconazole, Tebuconazol,
Raticidas	Aldicarbe, Aldicarbe Sulfona, Aldicarbe Sulfóxido
Organofosforados/Nitrogenados e similares	Clorpirifos, Clorpirifos-Oxon, Demeton-O- Methyl, Demeton-S-Methyl, Etil Paration, Gution, Malation, Paration Metílico, Profenofós, Terbufós
Organoclorados	Alacloro, Aldrin, Beta-BHC, Delta-BHC, Alfa-Hexaclorociclohexano, Beta-Hexaclorociclohexano, Delta- Hexaclorociclohexano, Cis-Clordano, Cis-Permetrina, Dieldrin, Endossulfan Sulfato, Endossulfan I, Endossulfan II, Endrin, Endrin Aldeído, Endrin Cetona, gama BHC Lindano, Lindano, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Metoxicloro, Mirex, Pentaclorobenzeno, pp'DDT, pp'DDE, pp'DDD, Trans- Clordano, Trans-Permetrina, Toxafeno 26, Toxafeno 50, Toxafeno 62, Trifluralina

Em 2020, os agrotóxicos Organoclorados não foram monitorados e dentre os Organofosforados/Nitrogenados/Similares e os Fungicidas, apenas o Clorpirifos e o Carbendazim, respectivamente. O Carbossulfano não foi monitorado em 2023.

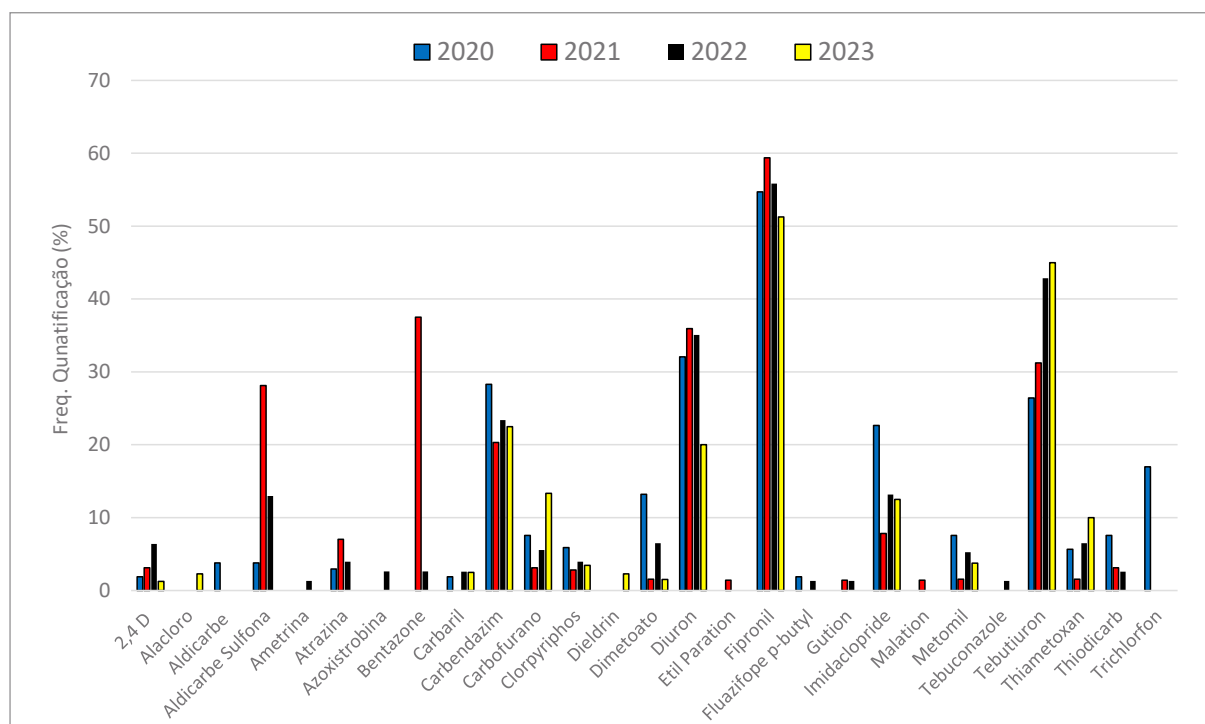
A Tabela 4.7 apresenta o número e a porcentagem de detecções de agrotóxicos acima do Limite de Quantificação (LQ) analítico em relação ao total de determinações realizadas para essas substâncias entre 2020 e 2023.

Tabela 4.7 – Número e porcentagem de detecções agrotóxicos acima do Limite de Quantificação analítico em relação ao total de análises realizadas para essas substâncias entre 2020 e 2023.

	2020	2021	2022	2023
Total Analisado	1869	2935	2999	5019
Detecções acima do LQ	128 (6,85%)	160 (5,45%)	177 (5,9%)	147 (2,93%)

Nos anos de 2020 a 2022, foram realizadas entre 1869 e 2999 determinações para a quantificação de agrotóxicos, com detecções acima do LQ variando entre 5,45 e 6,85% do total analisado. Em 2023, o número total de determinações aumentou consideravelmente devido a inclusão de 8 pontos da UGRHI 6 e a frequência, que passou a ser trimestral. No entanto, o número de quantificações acima do LQ caiu consideravelmente uma vez que a representatividade do uso agrícola do solo nas bacias dos trechos monitorados nessa UGRHI é, no geral, baixo.

O Gráfico 4.11 apresenta a frequência de agrotóxicos que obtiveram resultados acima do Limite de Quantificação analítico praticado pelos laboratórios da CETESB nos anos de 2020 a 2023.

Gráfico 4.11 – Frequência de quantificação de agrotóxicos entre 2020 e 2023.

Os agrotóxicos quantificados acima do LQ com frequência igual ou superior a 20% nos quatro anos monitorados foram Carbendazim, Diuron, Fipronil e Tebutiuron. Já o inseticida Imidacloprido foi quantificado entre 7,8 e 22,6% do total de amostras analisadas nesses quatro anos e os agrotóxicos, 2,4 D, Carbofurano, Clorpirifos, Dimetoato, Metomil e Tiametoxam entre 1,25 e 13,3%. Os agrotóxicos Aldicarbe Sulfona, Atrazina e Tiodicarb foram quantificados em 3 dos quatro anos monitorados, com destaque para o Aldicarbe, com frequências de 28 e 12% em 2021 e 2022, respectivamente. Os demais agrotóxicos foram detectados de forma esporádica, ao longo desses anos, a exemplo da Bentazona, quantificado em 37,5% das amostras em 2021 e o Triclorfon, em 17% das amostras em 2022. Os dados indicaram redução das frequências de quantificação em 2023 em relação aos 3 anos anteriores para o Diuron, Fipronil e Metomil. Para o Tebutiuron, Carbofurano e Tiametoxam, os dados indicaram aumento das frequências de quantificação em 2023. Considerando os anos de 2022 e 2023, as frequências de quantificação se mantiveram estáveis para o Imidacloprido e para o Clorpirifós.

A Tabela 4.8 mostra os agrotóxicos com maior frequência de quantificação nos pontos de monitoramento no período de 2020 a 2023. As ocorrências refletem a proporção de resultados acima do LQ em cada ponto de monitoramento em relação ao total de resultados obtidos para uma determinada substância no período de 2020 a 2023.

Tabela 4.8 – Ocorrências dos agrotóxicos com maior frequência de quantificação nos pontos de monitoramento no período de 2020 a 2023.

COMPOSTO:	PONTO:	FREQUÊNCIA:
2,4 D	SETA 04600	28,6
Aldicarbe Sulfona	JCGU03200	13,3
	JCGU03400	13,3
	JPEP03500	10,0
	JPEP03600	10,0
Atrazina	MOGU02450	77,8
Bentazona	SOMI02850	12,0
	JCGU03400	8,0
	PEIX02100	9,0
	RIPE04300	10,0
	JCGU03200	11,0
Carbendazim	MONJ04400	20,3
	RIPE04300	18,75
	SETA04600	14,0
	BAGR 04950	12,5
Carbofurano	RIPE 04300	27,37
	MONJ 04400	18,2
	RICO 02600	18,2
	TBIR 03300	18,2
Clorpirifos	RIPE04300	90,9
Dimetoato	RIPE 04300	14,3
	MOGU 02450	14,3
	JPEP 03500	14,3
	SJDO 02500	14,3
Diuron	RIPE 04300	13,4
	MONJ 04400	12,2
	MOGU 02450	10,9
	SETA 04600	9,75
Fipronil	MOGU 02450	8,6
	MONJ 04400	8,6
	RIPE 04300	8,6
	SETA 04600	8,6
Imidacloprido	CRUM 02050	29,7
	RIPE 04300	29,7
Metomil	PARD 02600	25,0
	MOGU02450	16,7
Tebutiuron	SJDO 02500	13,6
	JPEP03500	11,6
	CRUM 02050	10,7
	JPEP03600	10,7
Tiametoxan	CRUM 02050	29,4
	RIPE 04300	23,5
Tiodicarb	MONJ 04400	37,5
Triclorfon	TBIR 03300	22,2

Destacaram-se o Ribeirão Preto, na UGRHI 4, o Rio Mogi-Guaçu e o Ribeirão Sertãozinho, na UGRHI 9 e os rios Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Monjolinho, na UGRHI 13, onde foram quantificados um maior número de agrotóxicos no período de 2020 a 2023. No Ribeirão Preto foram quantificados com maior frequência, principalmente no trecho de montante (RIPE 04300), o Carbofendazim, Clorpirifós, Dimetoato, Diuron, Fipronil e o Tiametoxan. No Rio Mogi-Guaçu (em Porto Ferreira) e no Ribeirão Sertãozinho foram quantificados predominantemente o 2,4 D, Atrazina, Carbofendazim, Carbofurano, Dimetoato, Diuron, Fipronil e Metomil. Já nos rios Jacaré-Guaçu (em Ribeirão Bonito e Araraquara), Jacaré-Pepira (em Dourado e Bocaina) e Monjolinho (em São Carlos) predominaram o Aldicarbe Sulfona, Bentazona, Carbofendazim, Carbofurano, Dimetoato, Fipronil, Tebutiuron e Tiodicarb.

Importante ressaltar a ocorrência do Carbofurano, cujo uso foi banido pela Anvisa desde 2017, em rios da UGRHI 4 (Ribeirão Preto), 9 (Córrego Rico), 13 (Rio Monjolinho) e 20 (Rio Tibiriça). Destaca-se também a predominância da quantificação da Atrazina, no Rio Mogi-Guaçu, e de Clorpirifós, no Ribeirão Preto, em cerca de 78 e 90% das amostras quantificadas para essas substâncias, respectivamente.

A Tabela 4.9 apresenta as frequências de desconformidades em relação aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA nº 357/2005. Para os agrotóxicos não legislados, a Tabela 4.10 mostra as frequências de ultrapassagens em relação aos Valores Ecotoxicológicos para efeitos tóxicos crônicos em invertebrados aquáticos de água doce, estabelecidos pelo *Office of Pesticides Programs* da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (OPP-USEPA, 2024) (<http://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/aquatic-life-benchmarks-and-ecological-risk>). A utilização desses valores, como critério de qualidade, justifica-se porque os invertebrados aquáticos tendem a ser mais sensíveis aos agrotóxicos do que os peixes.

Em relação aos agrotóxicos contemplados com padrão de qualidade pela legislação nacional, apenas o herbicida Atrazina foi quantificado acima do padrão da CONAMA (2,0 µg/L, águas doces da Classe 2) no Rio Mogi-Guaçu, no trecho em Porto Ferreira (MOGU 02450) na campanha realizada em agosto de 2022 (4,15 µg/L), totalizando 25% de desconformidade naquele ano (Tabela 4.9).

Em relação àqueles não legislados, foram encontradas ultrapassagens em relação aos Valores Ecotoxicológicos para efeitos tóxicos crônicos em invertebrados aquáticos da OPP-USEPA para os agrotóxicos Clorpirifós, Fipronil, Imidacloprido e Triclorfon. As frequências de ultrapassagens para essas substâncias estão mostradas na Tabela 4.10, sendo descritas a seguir:

- **Clorpirifós:** apenas no Ribeirão Preto, no trecho de montante (RIPE 04300), com frequência de 33% em 2020, porém variando entre 75 e 100% entre 2021 e 2023. Em 2023 foram observadas as maiores concentrações variando entre 0,12 e 2,62 µg/L;
- **Fipronil:** as maiores frequências de ultrapassagens no período de 2020 a 2023, variando entre 50 e 100%, foram observadas no Ribeirão Preto (RIPE 04300 e RIPE 04900, UGRHI 4), Ribeirão Sertãozinho (SETA 04600, UGRHI 9), Rio Monjolinho (MONJ 04400, UGRHI 13), Jacaré-Guaçu (JCGU 03200 e 03400, UGRHI 13), Córrego Rico (RICO 02600, UGRHI 9), Rio Mogi-Guaçu (MOGU 02450, UGRHI 9) e Ribeirão dos Bagres (BAGR 04950, UGRHI 8). As maiores concentrações foram observadas no trecho de montante do Ribeirão Preto (RIPE 04300), com máximas no período variando entre 0,178 e 0,458 µg/L. Concentrações elevadas de Fipronil também foram quantificadas no Rio Monjolinho (entre 0,043 e 0,187 µg/L) e no Ribeirão Sertãozinho (entre 0,033 e 0,105 µg/L);

- **Imidacloprido:** Em 2020, vários corpos de água registraram frequências de ultrapassagens variando entre 50 e 100%, a saber: Jacaré-Pepira (JPEP 03200 e JPEP 03600, UGRHI 13), Corumbataí (CRUM 02050, UGRHI 5), Pardo (PARD 02600, UGRHI 4), Mogi-Guaçu (MOGU 02900, UGRHI 9), Ribeirão Preto (RIPE 04300 e RIPE 04900) e Sorocamirim (SOMI 02850, UGRHI 10). Já entre 2021 e 2023, as maiores frequências de ultrapassagens (entre 50 e 100%) se concentraram no Ribeirão Preto, no trecho de montante, (RIPE 04300) e no Rio Corumbataí, no trecho da captação (CRUM 02050). As maiores concentrações foram quantificadas no Ribeirão Preto, no trecho de montante (RIPE 04300, entre 0,11 e 6,56 µg/L), exceto em 2022, quando foram registradas as maiores concentrações no Rio Corumbataí na captação (CRUM 02050, entre 0,03 e 0,11 µg/L);
- **Triclorfon:** Foram registradas ultrapassagens dos valores de referência da OPP-USEPA apenas em 2020, sendo as maiores frequências (entre 50 e 100%) observadas no Jacaré-Pepira (JCGU 03400, UGRHI 13), Ribeirão Preto (RIPE 04300, UGRHI 4), Sorocamirim (SOMI 02850, UGRHI 10) e Tibiriça (TBIR 03300, UGRHI 20). As maiores concentrações foram quantificadas no Ribeirão Preto (0,67 µg/L) e no Rio Tibiriça (0,43 µg/L).

Tabela 4.9 – Frequências de desconformidades por ponto em relação aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA nº 357/2005

Agrotóxico	Ano	Ponto	PQ (µg/L)	Conc. (µg/L)	% Desconf	Data
Atrazina	2022	MOGU02450	2	4,15	25	17/08/2022
Gution	2021	MONJ04400	0,005	0,02	33	17/11/2021
	2022		0,005	0,01	25	27/01/2022

Tabela 4.10 – Frequências de desconformidades por ponto em relação aos valores de referência da OPP USEPA (2024) (continua)

Agrotóxico	VR (µg/L)	Ano	Ponto	Desconf (%)	Concen. (µg/L)	Data
Clorpirifos	0,041	2020	RIPE04300	33	0,3	19/02/2020
		2021	RIPE04300	100	0,43	29/06/2021
					0,31	04/11/2021
					0,3	09/02/2022
		2022	RIPE04300	75	1,94	18/08/2022
					0,22	24/11/2022
					0,12	08/02/2023
		2023	RIPE04300	100	0,96	24/05/2023
					0,94	10/08/2023
					2,62	23/11/2023
Fipronil	0,011	2020	RIPE04300	100	0,39	22/06/2020
					0,35	13/10/2020
					0,15	19/02/2020
			RIPE04900	100	0,12	13/10/2020
					0,08	19/02/2020
			SETA04600	100	0,11	15/10/2020
					0,08	23/06/2020
					0,04	18/02/2020
			MONJ04400	50	0,07	04/11/2020
			SJDO02500	25	0,03	23/06/2020
			JPEP03600	100	0,01	09/01/2020
			JCGU03200	100	0,01	09/01/2020

Tabela 4.10 – Frequências de desconformidades por ponto em relação aos valores de referência da OPP USEPA (2024)
(continua)

Agrotóxico	VR (µg/L)	Ano	Ponto	Desconf (%)	Concen. (µg/L)	Data
Fipronil	0,011	2021	RIPE04300	100	0,45	29/06/2021
					0,14	04/11/2021
			MONJ04400	100	0,19	17/11/2021
					0,08	02/12/2021
					0,04	22/06/2021
			RIPE04900	100	0,07	29/06/2021
					0,05	04/11/2021
			SETA04600	100	0,03	30/06/2021
					0,06	03/11/2021
			JCGU03400	100	0,04	18/11/2021
					0,03	01/12/2021
					0,02	23/06/2021
			JCGU03200	100	0,02	02/12/2021
					0,05	17/11/2021
					0,02	22/06/2021
			MOGU02450	66	0,02	30/11/2021
					0,01	08/06/2021
			MOGU02900	50	0,03	03/11/2021
					0,01	03/11/2021
			PARD02600	100	0,01	30/06/2021
					0,01	30/06/2021
			PEIX02100	33	0,02	16/11/2021
					0,01	02/12/2021
			JPEP03600	33	0,01	02/12/2021
					0,18	18/08/2022
		2022	RIPE04300	100	0,11	24/11/2022
					0,1	25/05/2022
					0,05	09/02/2022
					0,1	27/01/2022
			MONJ04400	100	0,1	19/04/2022
					0,17	31/08/2022
					0,12	03/10/2022
					0,1	03/10/2022
			JCGU03200	100	0,09	27/01/2022
					0,03	31/08/2022
					0,02	19/04/2022
					0,04	28/07/2022
			JCGU03400	100	0,04	18/04/2022
					0,04	05/10/2022
					0,02	18/01/2022
					0,03	30/11/2022
			RICO02600	50	0,02	10/02/2022
					0,03	24/08/2022
					0,03	24/05/2022
					0,03	03/02/2022
			SETA04600	100	0,08	23/11/2022
					0,03	08/11/2022
					0,02	16/08/2022
					0,02	27/01/2022
			JPEP03500	25	0,01	30/11/2022
					0,01	17/08/2022
			MOGU02450	50	0,01	03/02/2022
					0,01	23/11/2022
			PARD02600	50	0,01	03/02/2022
					0,01	23/11/2022

Tabela 4.10 – Frequências de desconformidades por ponto em relação aos valores de referência da OPP USEPA (2024)
(continua)

Agrotóxico	VR (µg/L)	Ano	Ponto	Desconf (%)	Concen. (µg/L)	Data
Fipronil	0,011	2023	RIPE04300	100	0,46	10/08/2023
					0,22	23/11/2023
					0,1	24/05/2023
					0,05	08/02/2023
			MONJ04400	100	0,09	02/10/2023
					0,08	27/04/2023
					0,14	26/01/2023
					0,11	20/07/2023
			SETA04600	100	0,06	22/11/2023
					0,14	23/08/2023
					0,02	25/05/2023
					0,02	02/02/2023
			JCGU03200	100	0,03	20/07/2023
					0,02	27/04/2023
					0,02	02/10/2023
					0,01	26/01/2023
			JCGU03400	100	0,02	04/10/2023
					0,02	08/02/2023
					0,02	04/07/2023
					0,02	04/04/2023
			BAGR04950	50	0,01	07/11/2023
					0,03	09/08/2023
			RICO02600	25	0,02	23/02/2023
			MOGU02450	25	0,01	28/11/2023
Imidacloprido	0,01	2020	JPEP03500	33	0,04	09/01/2020
			JPEP03600	100	0,09	09/01/2020
			JCGU03200	100	0,03	09/01/2020
			CRUM02050	100	0,06	17/02/2020
			MOGU02450	33	0,04	17/02/2020
			PARD02600	100	0,04	18/02/2020
			MOGU02900	50	0,07	18/02/2020
			RIPE04900	50	0,04	19/02/2020
			RIPE04300	66	1,99	19/02/2020
					0,13	22/06/2020
			SOMI02850	50	0,03	03/03/2020
			TBIR03300	25	0,03	13/07/2020
		2021	CPIV02130	100	0,07	25/01/2021
			RIPE04300	100	6,56	29/06/2021
					0,14	04/11/2021
			CRUM02050	100	0,06	10/08/2021
					0,05	27/10/2021
		2022	MONJ04400	25	0,02	27/01/2022
			JCGU03200	25	0,02	27/01/2022
			PARD02600	25	0,02	03/02/2022
			RIPE04300	75	0,03	09/02/2022
					0,03	25/05/2022
					0,05	18/08/2022
			CRUM02050	100	0,03	21/03/2022
					0,04	16/05/2022
					0,03	22/08/2022
					0,11	07/11/2022

Tabela 4.10 – Frequências de desconformidades por ponto em relação aos valores de referência da OPP USEPA (2024) (conclusão).

Agrotóxico	VR (µg/L)	Ano	Ponto	Desconf (%)	Concen. (µg/L)	Data
Imidacloprido	0,01	2023	JCGU03400	25	0,02	08/02/2023
			RIPE04300	100	0,19	08/02/2023
					0,12	24/05/2023
					0,12	10/08/2023
					0,32	23/11/2023
			CRUM02050	100	0,06	08/02/2023
					0,06	15/05/2023
					0,05	30/08/2023
					0,07	22/11/2023
			TIET02090	25	0,35	08/11/2023
Triclorfon	0,0057	2020	BATA02800	25	0,23	07/01/2020
			JCGU03400	100	0,23	07/01/2020
			SJDO02500	25	0,38	14/01/2020
			RIPE04900	50	0,67	19/02/2020
			PARN02900	25	0,25	27/02/2020
			RICO02600	33	0,3	27/02/2020
			TBIR03300	50	0,3	27/02/2020
					0,43	13/07/2020
			SOMI02850	50	0,3	03/03/2020

5 • Índices de Qualidade das Águas

Nesse capítulo é apresentada uma síntese da qualidade das águas no estado de São Paulo a partir dos índices de qualidade. A metodologia de cálculo dos índices de qualidade de água encontra-se no [Apêndice D](#). Os resultados são apresentados por meio de gráficos e mapas, o que permite uma avaliação da distribuição espacial da qualidade, incluindo um agrupamento por UGRHI. A avaliação temporal é realizada por meio da comparação do resultado de 2023 com a média histórica, permitindo estabelecer as áreas prioritárias e constatar possíveis tendências ocorridas nos últimos 5 anos.

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

- Médias de 2023 e de 2018 a 2022 das principais variáveis de qualidade;
- Porcentagem dos resultados não conformes em 2023 e de 2018 a 2022;
- Resultados mensais e média anual do IQA – 2023;
- Resultados mensais e média anual do IAP – 2023;
- Resultados mensais e média anual do IET – 2023;
- Resultados mensais e média anual do IVA – 2023;
- Resultados mensais e média anual do ICF – 2023;
- Valores mensais de microcistina e saxitoxina – 2023;
- Resultados mensais e média anual do ICZ – 2023;
- Resultados mensais e média anual do IB – 2023;
- Qualidade do sedimento por UGRHI e pontos de coleta – 2023;
- Porcentagem de operação das Estações Automáticas – 2023;
- Porcentagem de atendimento das médias horárias das Estações Automáticas – 2023, e
- Registros mensais de mortalidade de peixes por UGRHI – 2023.

Outros resultados podem ser consultados nos demais apêndices desse relatório:

- [Apêndice B](#) – Dados brutos das variáveis de qualidade por ponto de amostragem
- [Apêndice M](#) – Médias anuais dos índices de qualidade de água de 2018 a 2023
- [Apêndice N](#) – Perfis de Oxigênio Dissolvido e Temperatura - 2023.

No cálculo das médias anuais dos índices de qualidade, foram considerados os pontos que dispuseram de, pelo menos, 3 resultados em 2023.

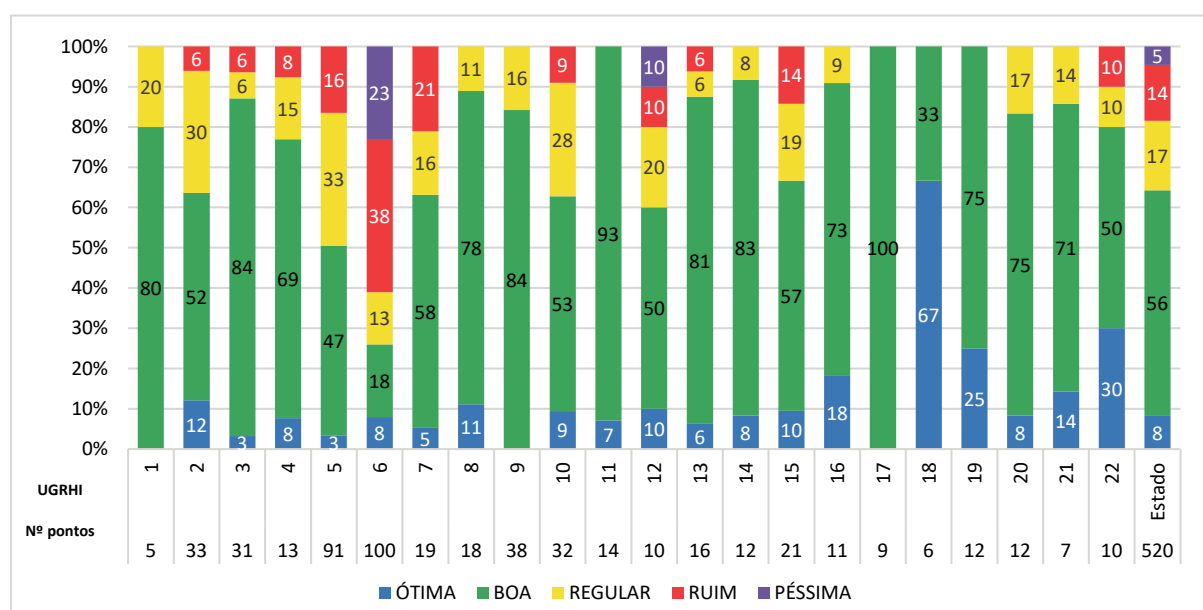
Não se utilizou os resultados dos índices de 2020 na análise de evolução temporal por ano, uma vez que a quantidade de pontos foi bem inferior ao total de pontos de monitoramento da Rede Básica na série histórica.

5.1 Índice de Qualidade das Águas – IQA

5.1.1 Distribuição percentual das categorias do IQA

O Gráfico 5.1 exibe a distribuição percentual das categorias do IQA, em cada uma das 22 UGRHIs do estado de São Paulo, calculados a partir da distribuição de suas médias anuais, para cada ponto de amostragem, em 2023. Foram considerados os 520 pontos da Rede Básica em 2023.

Gráfico 5.1 – Distribuição percentual das categorias do IQA por UGRHI em 2023.



As categorias Ótima, Boa e Regular contabilizaram 81% dos pontos monitorados no estado. A categoria Ótima, que corresponde a 8% dos pontos, inclui aqueles localizados nos braços e reservatórios, rios de divisa do Estado e foz do Rio Tietê. Destacam-se as UGRHIs 11, 17, 18 e 19, que tiveram 100% de seus pontos com a classificação anual nas categorias Ótima e Boa.

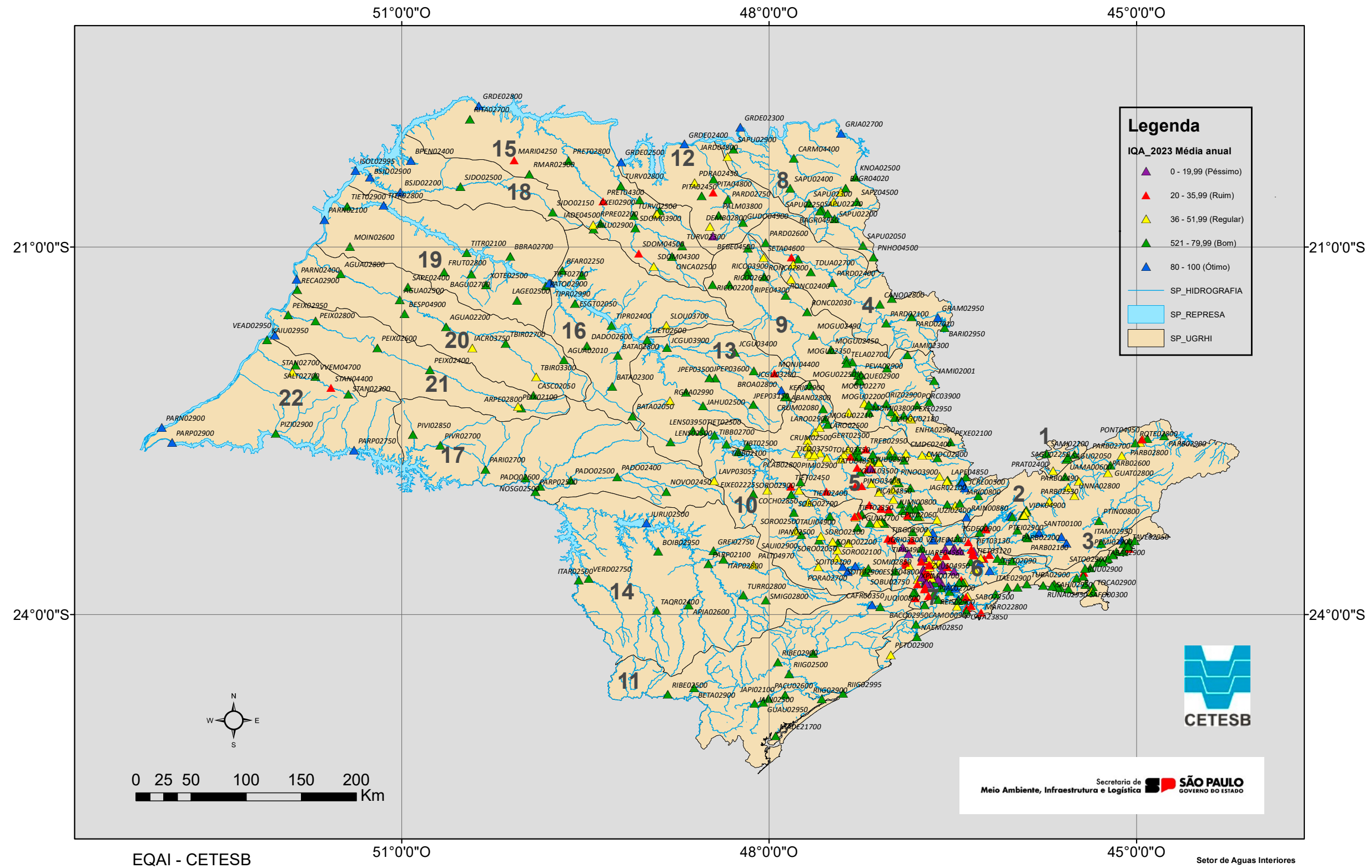
Nas categorias Ruim e Péssima foram catalogados 19% dos pontos, com a classificação Péssima ocorrendo apenas nas UGRHIs 6 e 12. Destaca-se a UGRHI 6, onde 61% dos pontos se encontram nessas duas categorias. Essa UGRHI engloba o Rio Tietê na RMSP e seus afluentes diretos e indiretos – bacias dos rios Pinheiros, Tamanduateí e Cotia – e tributários dos mananciais das represas Billings e Guarapiranga. Ainda, a UGRHI 12, o Córrego Bebedouro apresentou classificação Péssima e o Ribeirão das Pitangueiras, classificação Ruim.

Na UGRHI 5, 10 e 7 a maioria dos pontos com classificação Ruim encontram-se em trechos e afluentes dos rios Capivari, Jundiá e afluentes do Rio Atibaia (UGRHI 5), no Rio Tietê (UGRHI 10), além dos rios Catarina Moraes, Santo Amaro, Piaçaguera e Saboó, na UGRHI 7. Tal classificação foi influenciada, principalmente, pela elevada carga orgânica remanescente decorrente principalmente da presença de efluentes 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.

Além dos pontos das UGRHIs 11, 17, 18 e 19, nenhum ponto das UGRHIs 1, 8, 9, 14, 16, 20 e 21 classificou-se nas categorias Ruim ou Péssima.

Mapa 5.1 – Médias anuais do IQA para o ano de 2023

IQA-Índice de Qualidade de Água-Média Anual 2023

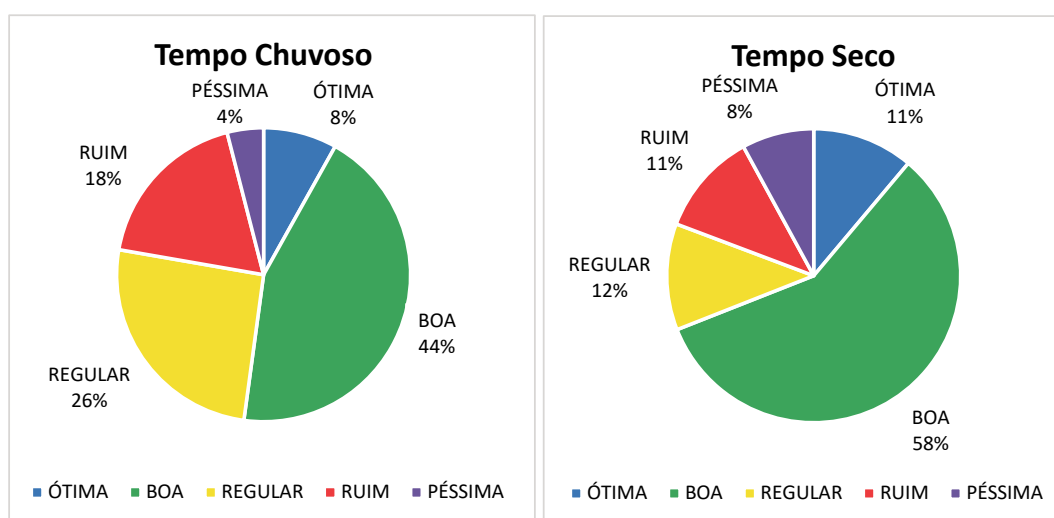


5.1.2 Influência da sazonalidade na distribuição porcentual das categorias do IQA

A influência da sazonalidade na classificação do IQA 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 menor (abril a setembro) precipitação.

Em 2023, a precipitação anual ligeiramente superior à média histórica (1409 mm em 2023, frente à uma média histórica de 1.380 mm), devido a um verão mais chuvoso, notadamente em fevereiro e nos meses de abril (outono) e outubro (primavera). Ao mesmo tempo, percebe-se que o final do inverno foi mais seco, com chuvas bem abaixo da média em dezembro.

Figura 5.1 – Distribuição porcentual das categorias do IQA em função da época do ano (2023)

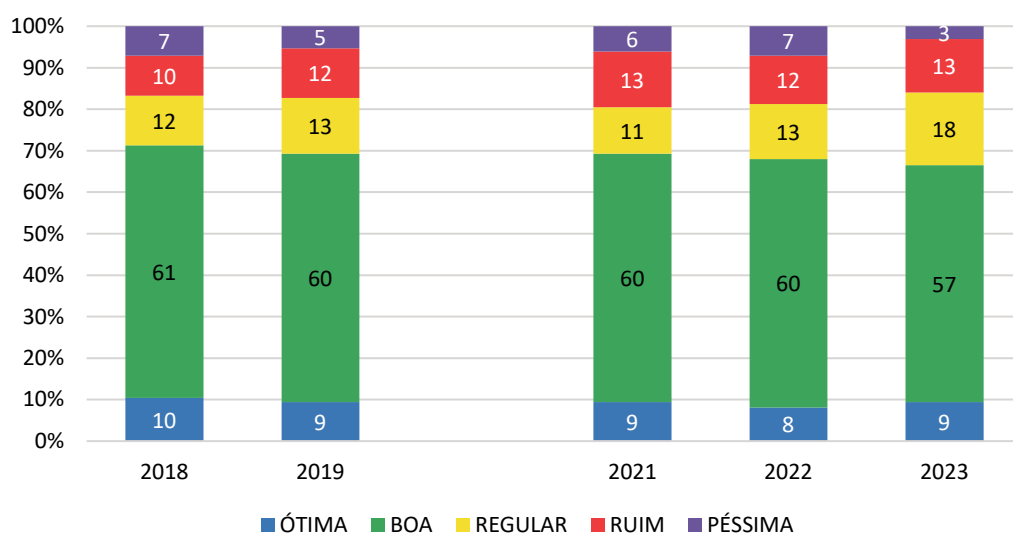


As alterações de qualidade da água relativas à sazonalidade indicam a influência das cargas difusas com aporte de poluentes, em intervalos intermitentes, relacionados primariamente à ocorrência da pluviometria. Entretanto, em bacias com corpos hídricos muito poluídos, a carga difusa exerce pouca influência, sendo a chuva um fator de diluição dos contaminantes. Em 2023, a distribuição do IQA entre os períodos seco e chuvoso, evidenciou a influência do aporte de carga orgânica de origem difusa, com menor porcentagem das categorias Ótima e Boa no período chuvoso. Ao mesmo tempo que, a categoria Péssima reduziu pela metade no período chuvoso, indicando a diluição dos contaminantes na água.

O **Apêndice O** apresenta uma análise mais específica do comportamento da qualidade em função da vazão nos principais corpos hídricos em 2023.

5.1.3 IQA entre 2018 e 2023

O Gráfico 5.2 exibe a evolução anual do IQA por categoria no período de 2018 a 2023. Para o cálculo da média anual, computou-se os 394 pontos com dados disponíveis nesse período.

Gráfico 5.2 – Evolução da Distribuição do IQA, no período de 2018 a 2023

* Excluiu-se a classificação de 2020 em função do reduzido número de pontos válidos (apenas 180) para o cálculo do IQA, devido às restrições impostas pela pandemia da COVID 19.

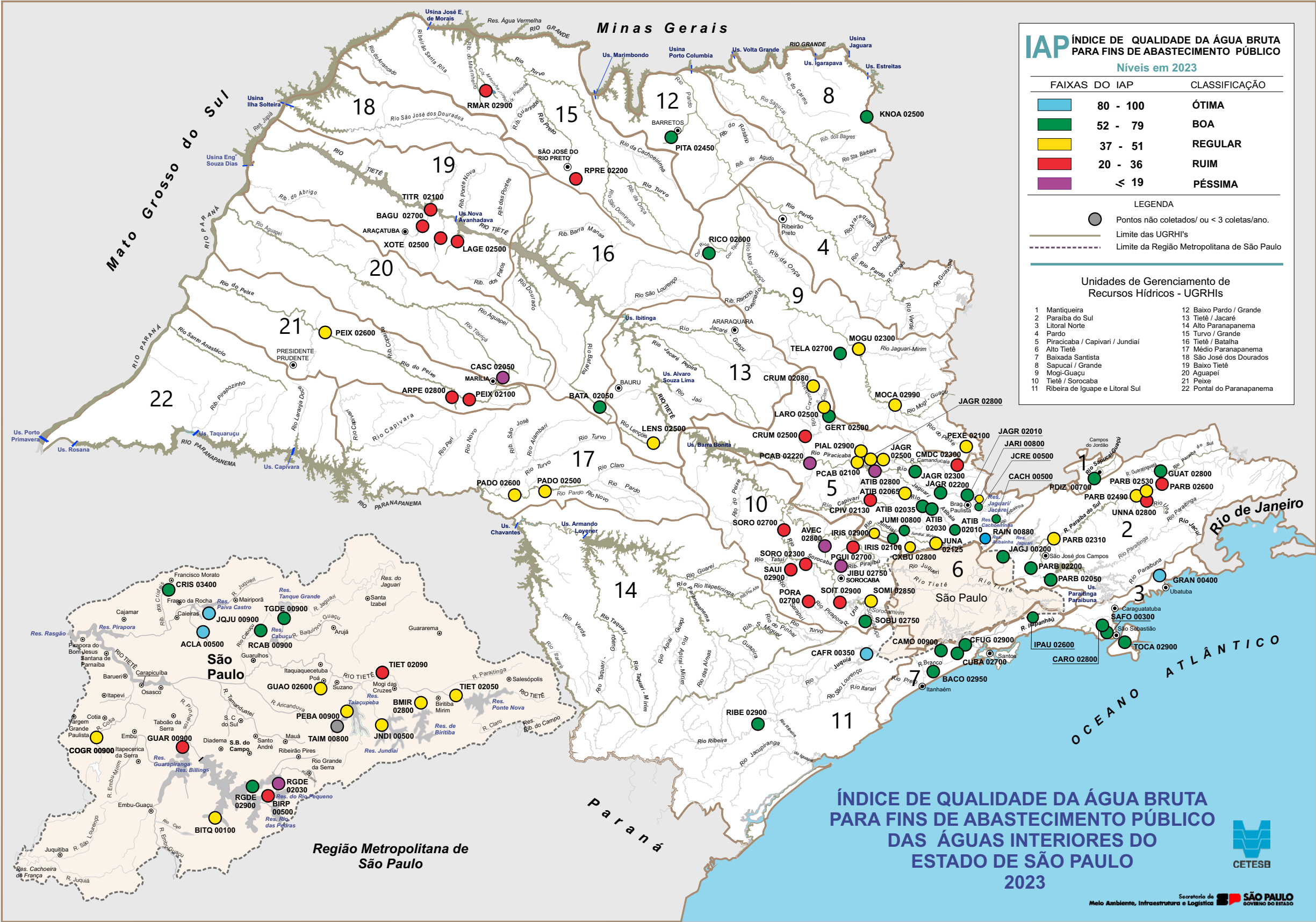
A distribuição do IQA em 2023, por categoria, revela uma distribuição semelhante na comparação com os anos anteriores, com menor porcentagem na classificação Péssima e maior na Regular. As classificações Boa e Ótima (66%) estão ligeiramente abaixo das porcentagens observadas dos últimos 5 anos (entre 69 e 71%).

5.2 Índice de Qualidade de Água para fins de Abastecimento Público – IAP

O IAP foi calculado em todos os 97 pontos da Rede Básica coincidentes com captações para abastecimento público, incluindo também os pontos de transferência para outros mananciais.

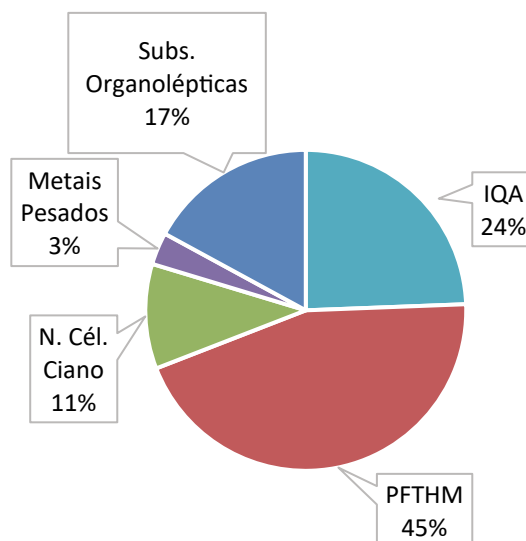
O **Mapa 5.2** aponta a localização dos pontos e a classificação anual do IAP em 2023.

Mapa 5.2 – Médias anuais do IAP em 2023



O Gráfico 5.3 mostra as variáveis que mais influenciaram o resultado do IAP em 2023. Constatou-se uma maior influência do Potencial de Formação de Trihalometanos (PFTHM), seguido pelo IQA e Substâncias Organolépticas.

Gráfico 5.3 – Influência das variáveis na classificação do IAP – 2023



Os resultados do PFTHM associam-se ao carregamento de matéria orgânica (particulada ou dissolvida) para os corpos hídricos, principalmente na época chuvosa (outubro a março). Em 2023, o PFTHM influenciou negativamente 54 captações em ao menos uma campanha, totalizando 110 resultados mensais do IAP. Desses, 28 foram classificados na categoria Ruim e 70 na Péssima. As captações que tiveram a classificação do IAP negativamente influenciada pelo PFTHM, em todas as campanhas, constam na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Mananciais em que o IAP foi influenciado negativamente pelo PFTHM em todas as campanhas

UGRHI	CORPO HÍDRICO	PONTO	CAPTAÇÃO/MUNICÍPIO
5	Rio Atibaia	ATIB 02800	Cap. Sumaré/Paulínia
6	Reservatório do Rio Jundiá	JNDI 00500	Sistema Produtor Alto Tietê
6	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00900	São Paulo
6	Reservatório do Rio Grande	RGDE 02030	Transposição Rio Grande
10	Reservatório Avecuia	AVEC 02800	Porto Feliz
20	Reservatório Cascata	CASC 02050	Marília
21	Reservatório do Arrepido	ARPE 02800	Marília

As substâncias organolépticas, que incluem principalmente as variáveis Ferro, Manganês e Alumínio, estão associadas ao carregamento de partículas do solo ao corpo hídrico, com maior frequência em eventos de precipitação. Em 2023, o grupo das substâncias organolépticas influenciou o resultado em 29 captações, predominantemente no período chuvoso. Destacam-se o Rio Pirajibú uma das captações de Sorocaba (JIBU 02750) e o Reservatório Cascata, na captação de Marília (CASC 02050), influenciados em três campanhas.

O Número de Células de Cianobactérias (NCC) foi medido em 43 pontos de captação. Em 10 pontos mensuraram-se valores de NCC acima de 50.000 céls/mL em, pelo menos uma das quatro campanhas (Tabela 5.2), influenciando negativamente a classificação do IAP que ficou entre Regular e Péssima.

Na Tabela 5.2 estão assinalados os mananciais cuja classificação do IAP foi influenciada negativamente pelo NCC.

Tabela 5.2 – Mananciais em que o IAP foi influenciado negativamente pelo Número de Células de Cianobactérias – NCC, em pelo menos uma campanha

UGRHI	CORPO HÍDRICO	PONTO	CAPTAÇÃO/MUNICÍPIO	Núm.*	Máx. NCC (cél mL ⁻¹)
5	Reservatório Jaguari - UGRHI 05	JARI 00800	Sistema Cantareira	4	229.373
5	Rio Piracicaba	PCAB 02100	Americana	1	54.679
6	Braço do Rio Pequeno	BIRP 00500	Transposição Rio Grande	4	258.677
6	Braço do Ribeirão Taquacetuba	BITQ 00100	Transposição Guarapiranga	4	200.012
6	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00900	Manancial RMSP	1	82.954
10	Reservatório Itupararanga	SOIT 02900	Votorantim e Região	3	180.130
15	Reservatório do Córrego Marinheirinho	RMAR 02900	Votuporanga	3	1.582.357
19	Reservatório de Três Irmãos	TITR 02100	Araçatuba	4	153.783
20	Reservatório Cascata	CASC 02050	Marília	1	889.432
21	Reservatório do Arrependido	ARPE 02800	Marília	1	73.744

* Núm. - Número de amostras com contagem do NCC acima de 50.000 cél mL⁻¹

O aumento da densidade desses organismos relaciona-se, entre outros, aos fatores abióticos, tais como nutrientes Fósforo e Nitrogênio, Temperatura e luminosidade.

As análises de microcistinas, saxitoxinas e cilindrospermopsinas foram realizadas em 17 pontos de captação e/ou transposição. A Tabela 8 do **Apêndice L** apresenta os resultados dessas análises. Embora os resultados de cianotoxinas não componham o cálculo do IAP, o monitoramento dessas toxinas na água a ser captada é uma medida de precaução essencial para evitar ou minimizar os riscos de contaminação da água destinada ao consumo humano. Como referência comparativa para avaliar o risco das concentrações encontradas em água bruta, utilizamos os valores estabelecidos pela **Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde** para água tratada.

Nos locais avaliados, as concentrações de microcistinas, saxitoxinas e cilindrospermopsinas estavam abaixo dos limites estabelecidos nessa portaria, com exceção do Braço do Ribeirão Taquacetuba (BITQ 00100), ponto de transposição para o Reservatório do Guarapiranga, que apresentou, em três das quatro campanhas, concentrações de microcistinas na água bruta acima do padrão de 1,0 µg/L para água tratada (março: 2,78 µg/L; setembro: 2,75 µg/L; dezembro: 3,26 µg/L).

A qualidade da água para fins de abastecimento público relaciona-se ao IQA, através de possíveis contaminações por matéria orgânica. Dessa forma, 34 captações, predominantemente localizadas em rios, classificaram-se na categoria Regular em, pelo menos, uma campanha. A Tabela 5.3. mostra, 2 pontos coincidentes com captações com IQA classificados na categoria Regular em mais da metade das campanhas.

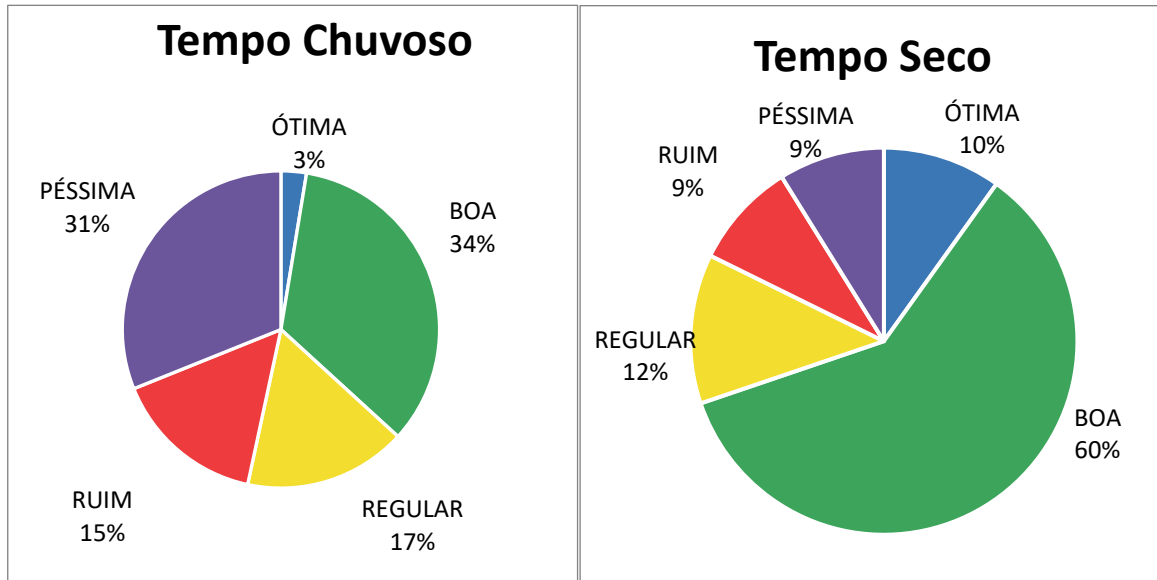
Tabela 5.3 – Mananciais classificados na categoria Regular do IQA em mais da metade das campanhas

UGRHI	CORPO HÍDRICO	PONTO	CAPTAÇÃO/MUNICÍPIO
2	Rio Paraíba do Sul	PARB 02490	Cap. Taubaté/Tremembé
10	Rio Sorocaba	SORO 02300	Faz. Boa Vista

5.2.1 Influência da sazonalidade na distribuição percentual das categorias do IAP

A influência da sazonalidade na classificação do IAP é exibida na Figura 5.2, por meio das comparações da distribuição nas faixas de qualidade do IAP, nos períodos de maior (outubro a março) e menor (abril a setembro) precipitação.

Figura 5.2 – Distribuição percentual das categorias do IAP em função da época do ano em 2023

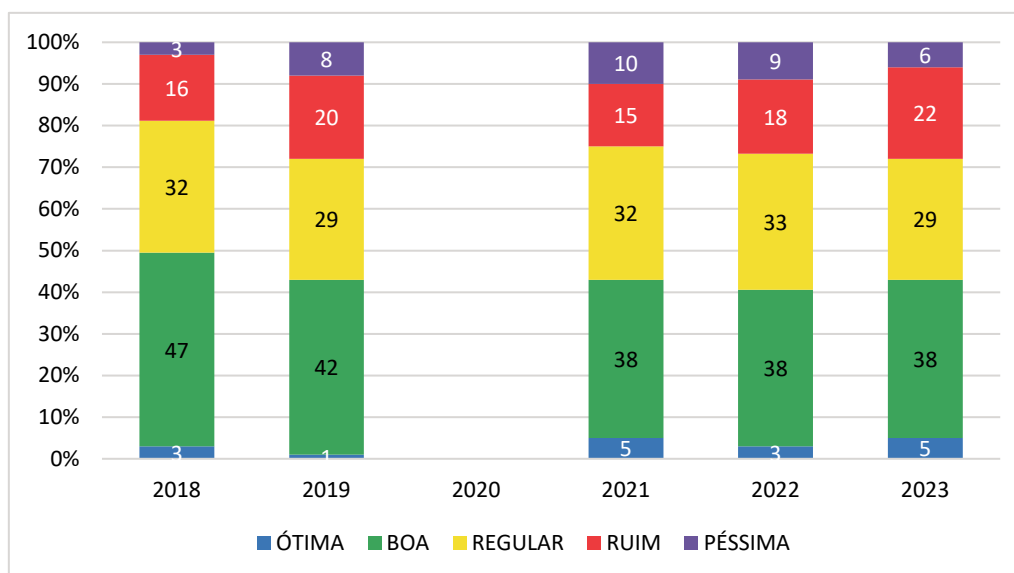


No geral, evidenciou-se melhor qualidade da água bruta, destinada ao abastecimento público, no período seco, com 70% dos pontos classificados como Boa e Ótima. A piora da qualidade no tempo chuvoso, evidenciado pelo aumento significativo das categorias Ruim e Péssimo (46%), relaciona-se, principalmente, com o Potencial de Formação de Trihalometanos (PFTHM) e com as variáveis Ferro, Alumínio e Manganês, os quais estão associados com o carreamento de material edáfico para os corpos hídricos em eventos de precipitações, processo intensificado pela ausência de mata ciliar.

5.2.2 IAP entre 2018 e 2023

O Gráfico 5.4 exibe a distribuição do IAP no período de 2018 a 2023, para 79 pontos de captação, onde foi possível a comparação do cálculo desse índice.

Gráfico 5.4 – Evolução da Distribuição do IAP, no período de 2018 a 2023



* Excluiu-se a classificação em 2020 em função do reduzido número de pontos válidos (apenas 49) para o cálculo do IAP, devido às restrições impostas pela pandemia da COVID 19.

Em 2023, entre as 79 captações comparadas, 72% foram classificadas nas categorias Regular, Boa e Ótima do IAP. Essa distribuição é semelhante à observada em 2022 e 2021, quando 74 e 75% dos pontos foram classificados nessas três categorias, respectivamente. Já a porcentagem nas categorias Ruim e Péssima é semelhante ao ano de 2019, compreendendo 28% dos pontos. (Gráfico 5.4).

Destacam-se 16 captações classificadas nas categorias Ótima e Boa no período de 2018 a 2023:

- Captação de Guaratinguetá (GUAT 02800),
- Reservatório do Jaguari - UGRHI 02 (JAGJ 00200) em Santa Isabel,
- Captação de Santa Branca (PARB 02050),
- Captação de Ubatuba (GRAN 00400),
- Captação de São Sebastião (SAFO 00300),
- Captação de Ilhabela (TOCA 02900),
- Reservatório do Rio Cachoeira (CACH 00500),
- Captação de Santa Gertrudes (GERT 02500),
- Reservatório do Rio Jacaré (JCRE 00500),
- Reservatório Atibainha, no Sistema Cantareira (RAIN 00880),
- Reservatório Águas Claras (ACLA 00500),
- Reservatório do Juqueri ou Paiva Castro (JQU 00900),
- Reservatório do Cabuçu (RCAB 00900),
- Reservatório do Rio Grande (RGDE 02900),
- Reservatório do Tanque Grande (TGDE 00900) e
- Captação de Itanhaém (BACO 02950).

Três captações foram classificadas como Ruim ou Péssima, em todo tempo entre 2018 e 2023:

- Rio Piracicaba (PCAB 02220), devido ao Número de Células de Cianobactérias e Potencial de Formação de Trihalometanos,
- Antiga transposição do Reservatório Rio Grande para o Taiaçupeba (RGDE 02030), devido ao Potencial de Formação de Trihalometanos e
- Reservatório do Guarapiranga (GUAR 00900), devido ao Número de Células de Cianobactérias e Potencial de Formação de Trihalometanos.

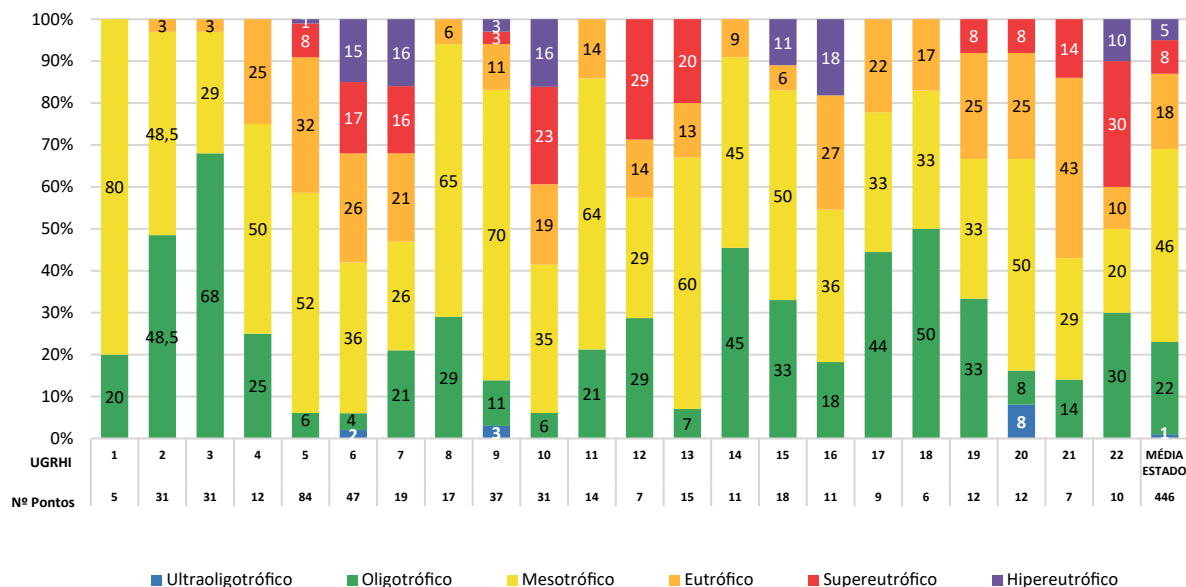
5.3 Índice do Estado Trófico – IET

No Mapa 5.3 do estado de São Paulo, estão representados os corpos hídricos e as médias anuais do IET, calculado para os 446 pontos de amostragem em 2023.

5.3.1 Distribuição porcentual das categorias do IET

O Gráfico 5.5 mostra a distribuição porcentual das classificações médias anuais pelo Índice de Estado Trófico – IET, por UGRHI e a média para o Estado em 446 pontos monitorados em 2023.

Gráfico 5.5 – Distribuição Percentual do Índice de Estado Trófico por UGRHI e a média do Estado de São Paulo em 2023.

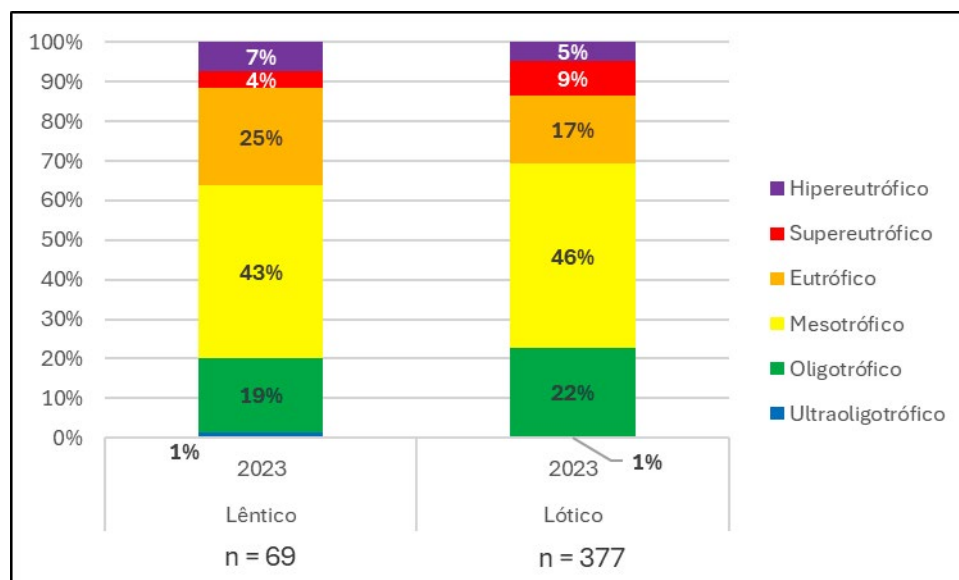


Constatou-se que, para o Estado, apenas 23% dos pontos amostrais apresentaram baixa trofia (Ultraoligotrófico a Oligotrófico) e que a maioria apresentou condições de média trofia (46%, Mesotrófica) e aproximadamente 31% foram classificados como eutrofizados (Eutrófica à Hipereutrófica).

As UGRHIs 2, 3, 14, 17 e 18 apontaram baixa trofia em, pelo menos, 40% dos pontos, enquanto as UGRHIs 6, 7, 10, e 22 destacaram-se pelo número de pontos nas condições extremamente eutrofizadas (Supereutrófica e Hipereutrófica). Dessas, as UGRHI 10 e 22 se encontram com a pior condição trófica, com percentagens de 39% e 40%, respectivamente, extremamente eutrofizadas.

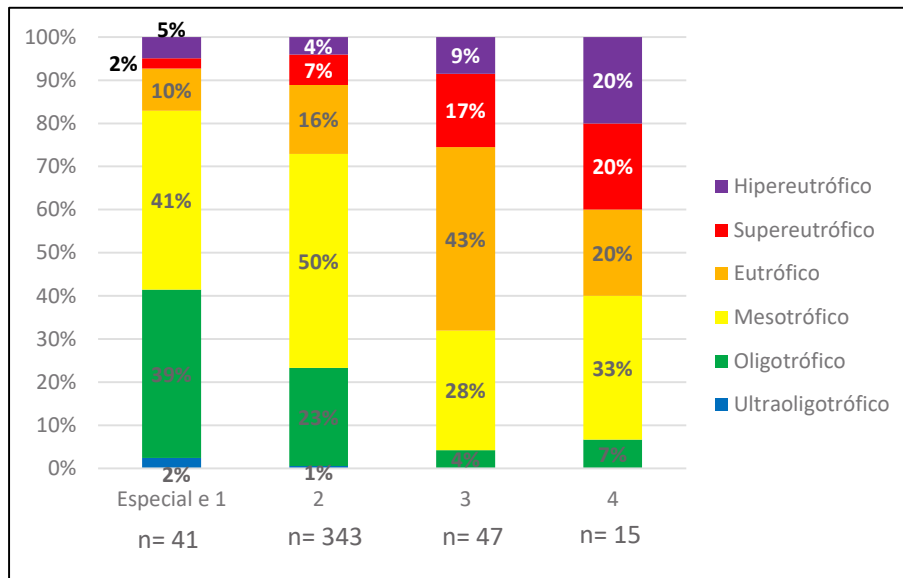
Dos 446 pontos monitorados, 377 foram em sistemas lóticos (rios, córregos e ribeirões) e 69 em sistemas lênticos (reservatórios e represas), cujas classificações tróficas estão apresentadas no Gráfico 5.6

Gráfico 5.6 – Distribuição Percentual do Índice de Estado Trófico por tipo de sistema (lóticos ou lêntico) no Estado de São Paulo em 2023



Salienta-se que independente da tipologia dos ambientes e da quantidade de pontos amostrados, ambos os sistemas, lótico e lêntico, apresentaram distribuição das classes de trofia semelhante. Embora o ambiente lótico, em geral, não favoreça a ocorrência de altas densidades de algas e cianobactérias, foram observados, nesses ambientes, em 2023, 14% de pontos extremamente eutrofizados (Supereutrófico e Hipereutrófico), porcentagem semelhante ao de sistemas lênticos, indicando impactos sobre os rios e ribeirões.

Considerando as classes de enquadramento dos corpos de água e os usos definidos pela Resolução **CONAMA nº 357/2005**, em ambientes de Classes Especial e 1 pode-se supor que deveriam prevalecer graus de baixa trofia (Ultraoligotrófico a Oligotrófico), na Classe 2, classificações Mesotróficas, na Classe 3 não deveria ser superada a classificação Eutrófica e em rios Classe 4 toleradas classificações de maior trofia (Supereutrófico). Considerando os enquadramentos dos pontos amostrais, tem-se a seguinte situação, representada no Gráfico 5.7, com a distribuição da porcentagem dos 446 pontos por grau de trofia e por Classes de uso.

Gráfico 5.7 – Distribuição Porcentual dos 446 pontos por trofia e por Classe no Estado de São Paulo em 2023.

Considerando-se as premissas anteriores, observa-se que os corpos de água de Classe Especial e 1 são aqueles que possuem a maior fração de ambientes em desacordo com o esperado para os usos. Para as Classes 2 e 3, são observados desvios para 27% e 26%, respectivamente. Com relação à Classe 4, cabe o destaque que 20% dos locais amostrados apresentam condição trófica com qualidade inferior (Hipereutrófico) ao tolerado, uma vez que em ambientes Hipereutróficos a ocorrência de florações de algas/cianobactérias pode comprometer inclusive seu uso paisagístico.

O principal impacto sobre os corpos de água é o lançamento de efluentes, sobretudo de origem doméstica, evidenciado pela elevada porcentagem de não conformidades no Estado de São Paulo para *Escherichia coli* e Fósforo Total, com 61% e 53% dos valores, respectivamente, acima dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos da Classe 2 (vide Gráfico 4.4). A presença de nutrientes nesses efluentes, notadamente o fósforo, provoca a elevação dos graus de trofia.

Na UGRHI 5, dos 84 pontos monitorados, 58% encontram-se entre baixa e média trofia e 42% eutrofizados, com 9% desses extremamente eutrofizados, a saber:

- Rio Atibaia (ATIB 02900),
- Rio Capivari (CPIV 02200),
- Ribeirão Piraí (IRIS 02400),
- Rio Jundiaí (JUNA 03700),
- Ribeirão Quilombo (QUIL 03200 e QUIL 03900),
- Córrego Tijuco Preto (TIJU 02900), e
- Ribeirão Três Barras (TREB 02950).

O principal impacto sobre esses corpos de água é o lançamento de efluentes, pois as concentrações de Fósforo Total e o elevado número de *Escherichia coli*, ultrapassaram os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os pontos de monitoramento distribuídos ao longo dos Rios Capivari, Jundiaí e Piracicaba apresentaram significativa melhora do estado trófico em 2023, quando comparado ao ano de 2022. Também, houve melhora no Reservatório Salto Grande (ATSG 02800), que passou de Hipereutrófico (2022) para Eutrófico (2023). O Ribeirão Quilombo (QUIL 03200) foi o único ponto da UGRHI 5 com média anual Hipereutrófica, em 2023.

O Rio Claro (LARO 02500) e o Ribeirão Jundiaí-Mirim (JUMI 00100, JUMI 00250 e JUMI 00800) apresentaram melhora sendo classificados como Oligotróficos.

Na UGRHI 6, com 47 pontos monitorados, 42% apresentaram condição de baixa e média trofia, e 58% estão eutrofizados. Desses, 32% extremamente eutrofizados, sendo eles:

- Reservatório Billings (BILL 02030 e BILL 02100),
- Rio Baquirivu-Guaçu (BQGU 03150 e BQGU 03850),
- Reservatório Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900),
- Rio Juqueri (JQRI 03800),
- Rio Jundiaí (JUNI 03950),
- Ribeirão Pires (PIRE 02900),
- Ribeirão das Pedras (PEDA 03900),
- Rio Tietê (TIET 02250, TIET 03120 e TIET 03130),
- Córrego do Itupu (TUPU 00900), e
- Ribeirão Vermelho ou Mutinga (VEME 04200).

Relacionando-se ao ano anterior, foi observado aumento nas concentrações de Clorofila *a* no Reservatório Billings, próximo da Barragem de Pedreira (BILL 02030), no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00100), e no (TUPU 00900), que resultaram a piora do estado trófico, para Hipereutrófico. Ainda, foram registrados incrementos nas concentrações de Clorofila *a* com a piora do estado trófico, no Ribeirão Pires (PIRE 02900) e Rio Jundiaí (JUNI 03950), classificados como Supereutrófico; Rio Guaió (GUAO 02900), Rio Juqueri (JQRI 03300) e Reservatório Taiaçupeba (PEBA 00900), classificados como Eutrófico; e no Reservatório de Tanque Grande (TGDE 00900) e Rio Embu-Guaçu (EMGU 00800) que passaram de Oligotróficos para Mesotróficos.

Assim como para a UGRHI 5, na maioria dos rios monitorados, foi observada concentração elevada de Fósforo e *Escherichia coli*, indicando que o lançamento de efluentes é a principal causa de eutrofização nas bacias dos locais monitorados.

Redução nas concentrações de Clorofila *a*, acompanhadas pela melhora da categoria do estado trófico, foram observadas no Ribeirão Jaguari (JGUA 03950), Ribeirão Moinho Velho (MOVE 03400), Rio Cotia (COTI 03800), Rio Taiaçupeba-Mirim (TAIM 00800) (JQU 00900), Ribeirão das Pedras (PEDA 03900) e Ribeirão dos Cristais (CRIS 03400).

Somente o Reservatório Águas Claras (ACLA 00500) obteve a classificação Ultraoligotrófico, na UGRHI 6. E, classificados como Oligotróficos, o Reservatório do Juqueri ou Paiva Castro (JQU 00900) e o Ribeirão dos Cristais (CRIS 03400).

Na UGRHI 7 - Baixada Santista, com 19 pontos monitorados, 47% indicaram condição de baixa e média trofia e 53% eutrofizados, desses 16% encontravam-se extremamente eutrofizados, como os rios Catarina de Moraes (CATA 23850), o Santo Amaro (MARO 22800) e o Piaçaguera (PIAC 02700). Na bacia do Rio Piaçaguera, onde se localizam empresas de fertilizantes, as concentrações de Fósforo Total continuam extremamente elevadas superando na amostragem realizada em setembro, por exemplo, 95 vezes o limite de 0,1 mg/L.

Em relação a 2022, os pontos do Rio Cubatão (CUBA 03900), do Rio Saboó SABO (22500) e Rio Moji (MOJI 02800) exibiram piora de classe, para Supereutrófico. E o Reservatório Capivari-Monos (CAMO 00900), passou de Oligotrófico (2022) para Mesotrófico (2023).

Na UGRHI 10, dos 31 pontos monitorados, 35% são Mesotróficos e 58% classificados entre Eutrófico e Hipereutrófico, o que a coloca, juntamente com a UGRHI 6, nas piores condições tróficas das UGRHIS do Estado. Dentre as piores classificações estão:

- Ribeirão Avecuia (AVEC 02800),
- Rio das Conchas (COCH 02850),
- Rio Pirajibu (JIBU 02750 e JIBU 02900),
- Rio Sorocaba (SORO 02050 a SORO 02500),
- Reservatório de Barra Bonita (TIBB 02100, TIBB 02700 e TIBT 02500),
- Rio Tietê (TIET 02350 a TIET 02450), e
- Reservatório de Rasgão (TIRG 02900).

Comparado a 2022, somente o ponto PGUI 02700, no Ribeirão Pirapitingui, obteve piora na classificação do estado trófico, que passou de Mesotrófico (2022) para Eutrófico (2023). Os demais pontos da UGRHI melhoraram ou mantiveram a mesma classificação. Dentre os pontos com melhora do estado trófico, destaca-se o SORO 02700, que passou de Hipereutrófico (2022) para Mesotrófico (2023).

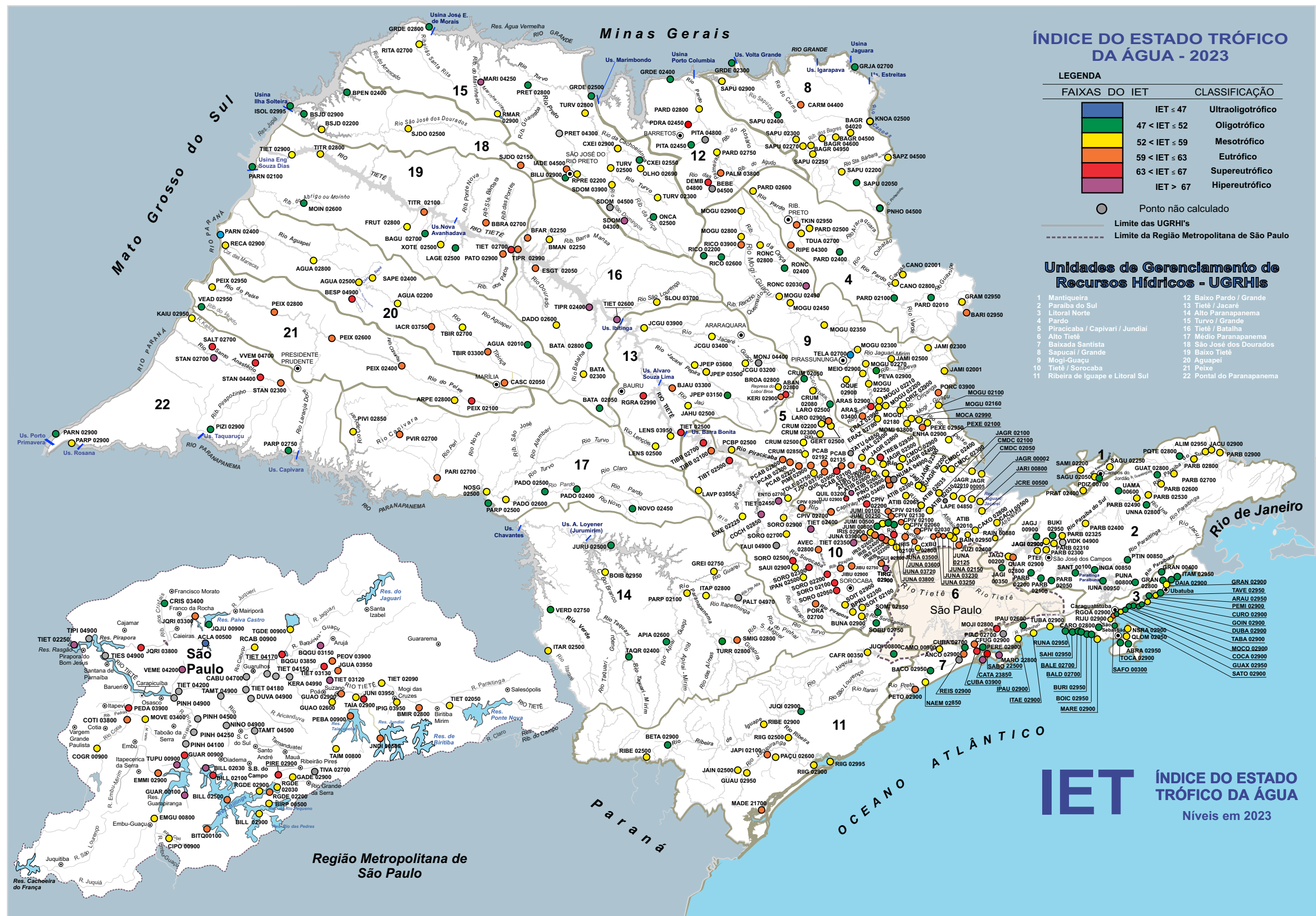
O Fósforo Total é o principal agente para a alteração do estado trófico dos corpos de água. Parte da carga de Fósforo Total ao longo do Rio Tietê é remanescente da Região Metropolitana de São Paulo, somada àquela oriunda das atividades industrial e/ou de origem agrícola. Valores elevados de *Escherichia coli* indicam também a contribuição dos lançamentos de efluentes domésticos.

A UGRHI 22 dobrou o número de pontos extremamente eutrofizados, com aumento na concentração de Clorofila *a* no Ribeirão do Saltinho (SALT 02700) e Ribeirão Vai-e-Vem (VVEM 04700), ambos Supereutróficos. O Rio Santo Anastácio piorou o estado trófico em Presidente Prudente (STAN 02300 – Mesotrófico); com melhora em relação a 2022, porém ainda extremamente eutrofizado, no ponto em Álvares Machado (STAN 04400 – Supereutrófico) e manutenção do elevado estado trófico em Piquerobi (STAN 02700 – Hipereutrófico).

Em 2023, a UGRHI 16 diminuiu consideravelmente os pontos extremamente eutrofizados. Mantiveram-se nessas categorias o Reservatório de Promissão (no ponto TIPR 02400 – Hipereutrófico) e o Rio Tietê, a jusante do canal de fuga da casa de força da Usina Hidrelétrica de Ibitinga (TIET 02600 – Hipereutrófico).

Como nos anos anteriores, em 2023, foi possível observar que o Rio Tietê, a partir do município de Suzano na UGRHI 6, até o município de Araçatuba na UGRHI 19, encontra-se extremamente eutrofizado. Do município de Pirapora do Bom Jesus até Botucatu (TIET 02450) é possível inferir, a partir dos resultados elevados de *Escherichia coli*, que a eutrofização se deve, além da carga à montante, ao lançamento de efluentes domésticos nas bacias de contribuição de seus afluentes. Nos demais pontos, além da carga de montante, a principal contribuição está relacionada às atividades agropecuárias da região.

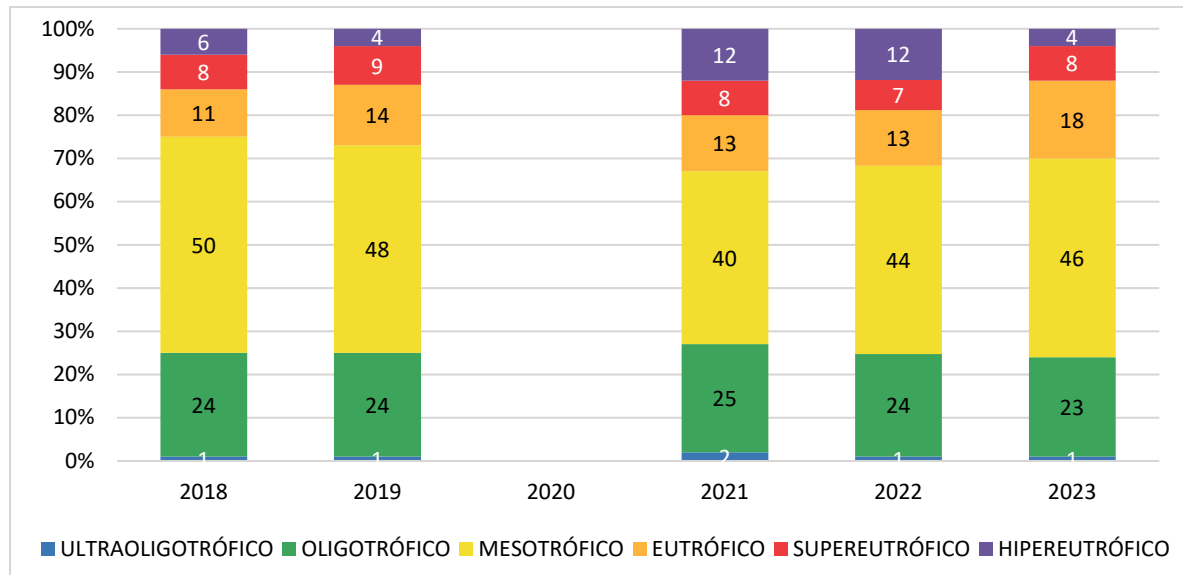
Mapa 5.3 – Médias anuais do IET para o ano de 2023



5.3.2 IET entre 2018 e 2023

O Gráfico 5.8 mostra a evolução da distribuição do Índice de Estado Trófico entre os anos de 2018 e 2023, nos 355 pontos coincidentes.

Gráfico 5.8 – Evolução da Distribuição do Índice de Estado Trófico - 2018 a 2023



*Excluiu-se a distribuição em 2020 em razão do reduzido número de pontos válidos (apenas 154) para o cálculo do IET, devido às restrições impostas pela pandemia da COVID 19.

Em 2023 verificou-se a diminuição da porcentagem de pontos hipereutróficos em relação a 2021 e 2022, no entanto, a soma das porcentagens das maiores trofias (Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico) não é relevantemente diferente entre esses anos.

Embora haja esforços em relação à universalização dos serviços de saneamento no Estado, um dos principais impactos para os corpos de água continua sendo o lançamento de efluentes domésticos *in natura*, indicado pela presença elevada de *Escherichia coli*, e de matéria orgânica. Os efluentes incrementam o aporte de nutrientes e consequente crescimento de algas e cianobactérias, refletidos no IET pelas concentrações de Fósforo Total e de Clorofila *a*, respectivamente. A expansão de áreas agrícolas, associadas ao desmatamento, sobretudo da vegetação ciliar e a não adoção de práticas de conservação de solo intensificam os processos de erosão e carreamento de nutrientes por meio do escoamento superficial e subsuperficial, como fonte difusa de nutrientes.

5.4 Índice de Qualidade das Águas para a Proteção da Vida Aquática – IVA

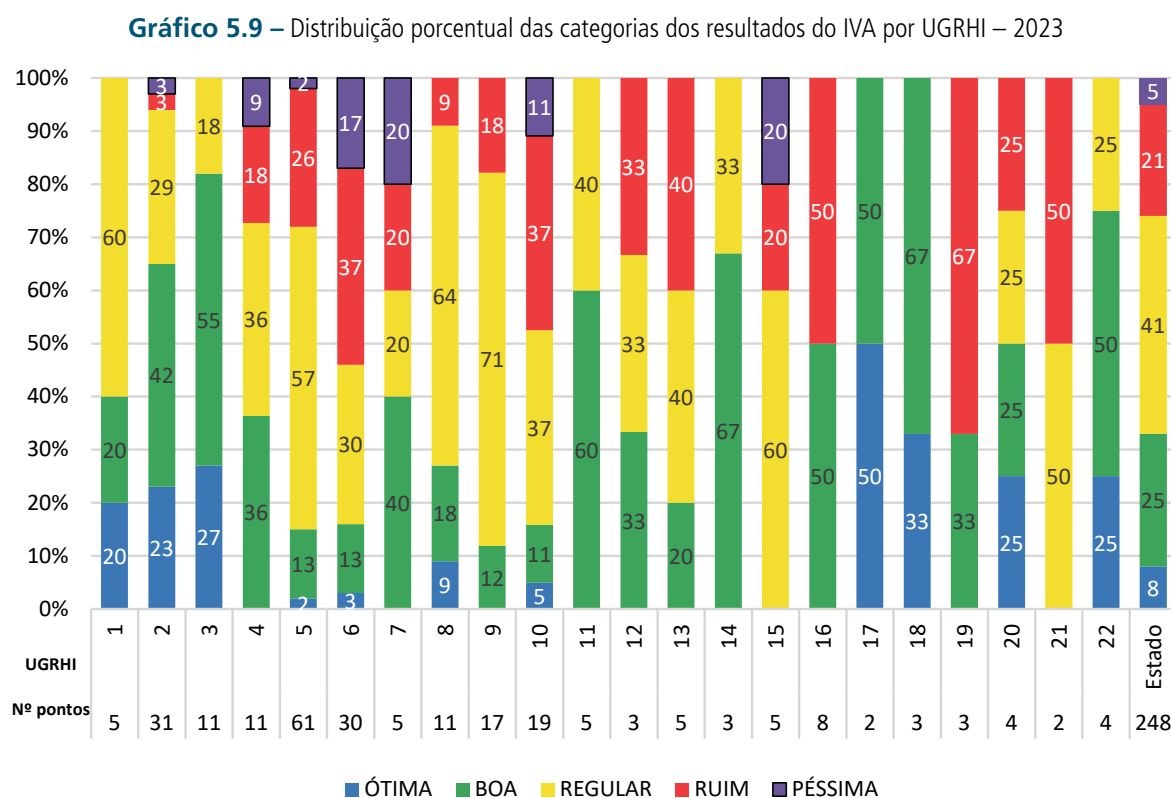
O IVA avalia a qualidade da água para fins de proteção da vida aquática, analisando-se:

- Variáveis essenciais – Oxigênio Dissolvido, pH, teste de ecotoxicidade,
- Variáveis tóxicas – metais e surfactantes
- Estado Trófico – IET.

A proteção da vida aquática está prevista nas Classes 1, 2 e 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005. Em 2023, foi possível calcular o IVA anual em 248 dos 391 pontos previstos, enquanto que os ensaios ecotoxicológicos com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* em algumas campanhas nos demais pontos não puderam ser realizados.

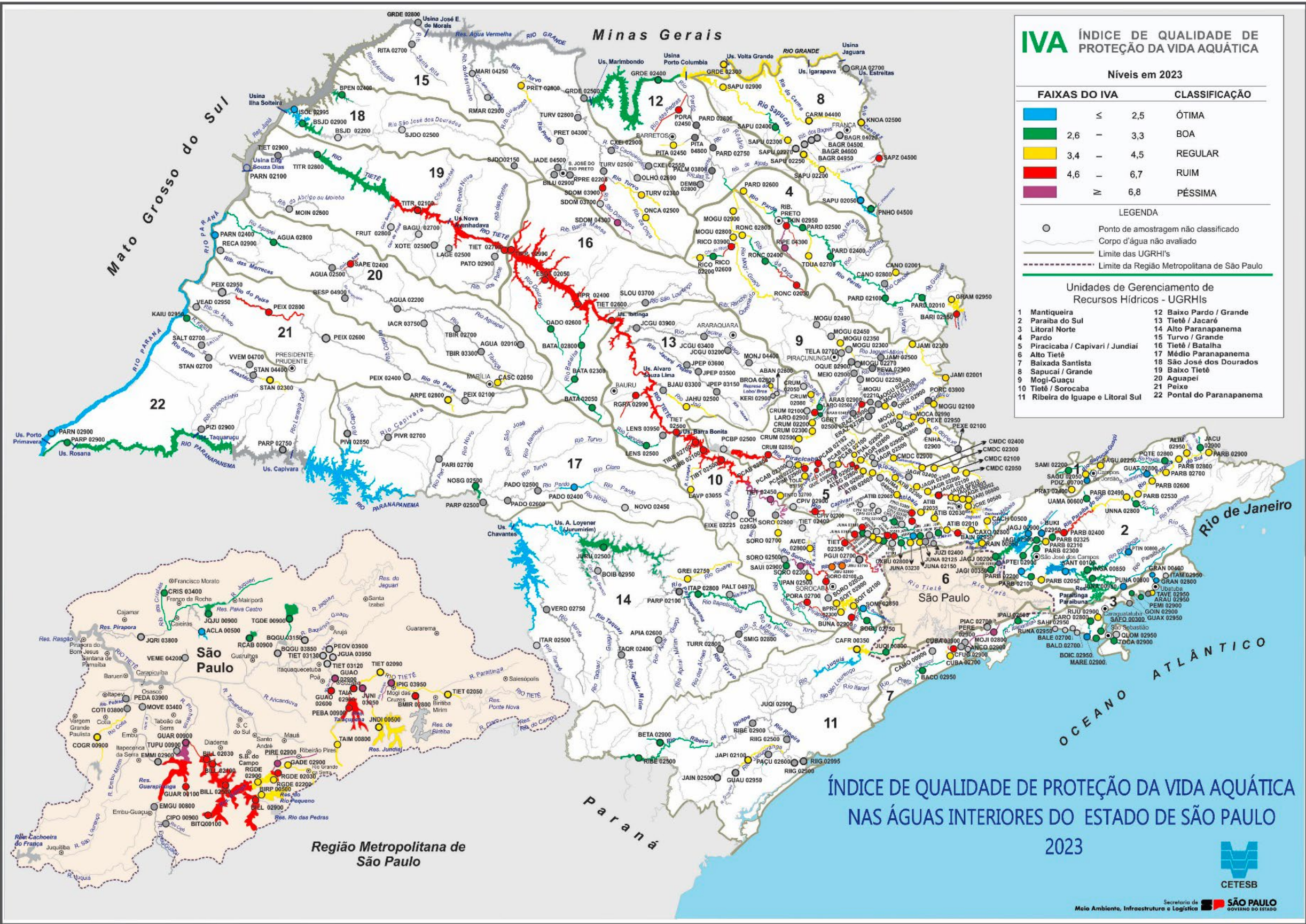
5.4.1 Distribuição percentual das categorias do IVA por UGRHI em 2023

O Gráfico 5.9 exibe a distribuição percentual das categorias anuais do IVA de 2023, referentes aos 251 pontos com resultados em pelo menos três campanhas, organizados por UGRHIs.



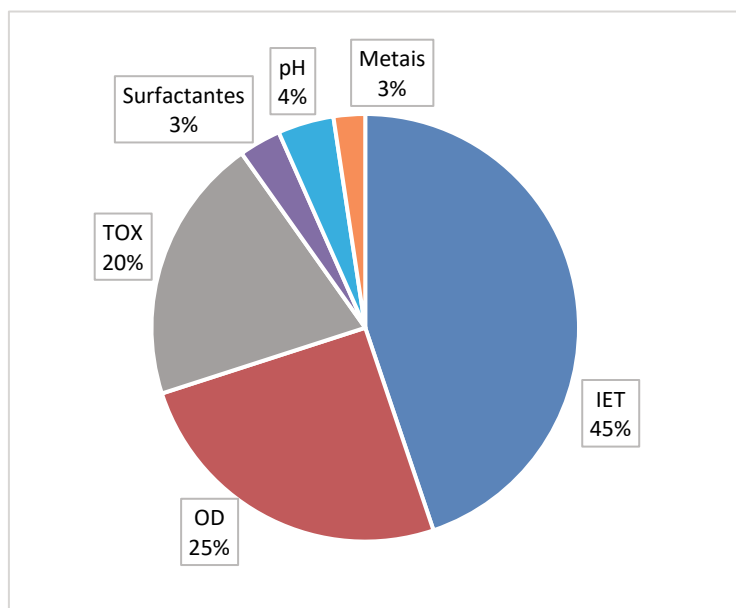
Em 2023, 74% dos pontos com classificação anual do IVA foram classificados nas categorias Ótima, Boa e Regular. Ao passo que as categorias Ruim e Péssima representaram 26% dos resultados. Vale destacar que as UGRHIs 1, 3, 11, 14, 17, 18 e 22 não apresentaram pontos classificados nas categorias Ruim e Péssima do IVA.

Mapa 5.4 – Médias anuais do IVA para o ano de 2023



O Gráfico 5.10 mostra a influência das variáveis na classificação do IVA para este ano.

Gráfico 5.10 – Influência das variáveis na classificação do IVA em 2023



Constata-se que as variáveis que influenciaram o IVA Ruim ou Péssimo foram:

- Grau de trofia (45%);
- Oxigênio Dissolvido (25%); e
- Toxicidade (20%).

O grau de trofia foi explanado no item 5.3 - Índice do Estado Trófico – IET.

Em relação ao Oxigênio Dissolvido, verifica-se que em torno de 81% dos resultados dos pontos monitorados indicaram níveis de Oxigênio Dissolvido acima de 5 mg/L, ou seja, adequados para a proteção da vida aquática, destacando-se as UGRHIs 8, 11 e 17, nas quais todos os pontos tiveram medições acima dessa concentração.

As maiores porcentagens de medições de Oxigênio Dissolvido menores que 5 mg/L em 2023 foram constatadas nas UGRHIs 2 e 6 (19% e 22% das medições abaixo de 5 mg/L no Estado, respectivamente). Os seguintes pontos apresentaram baixos valores de Oxigênio Dissolvido e foram classificados nas categorias Ruim ou Péssima do IVA nessas UGRHIs:

UGRHI 2:

- Ribeirão Araraquara, em Santa Isabel (QUAR 02800)
- Rio Paraíba do Sul, em Caçapava (PARB 02400)

Sendo que, o PARB 02400 apresentou valores de Oxigênio Dissolvido abaixo de 5 mg/L em todas as amostragens do ano.

UGRHI 6:

- Reservatório Billings em São Paulo (BIL 02100) e Reservatório do Rio Grande em Ribeirão Pires (RGDE 02030),
- Reservatório do Guarapiranga (GUAR 00900),
- Rio Guaió em Ferraz de Vasconcelos e Suzano (GUAO 02600 e GUAO 02900),
- Rio Jundiaí e Ribeirão Ipiranga em Mogi das Cruzes (JUNI 03950 e IPIG 03950),
- Ribeirão Pires (PIRE 02900),
- Rio Biritiba-Mirim, em Biritiba-Mirim (BMIR 02800).

Vale destacar a UGRHI 5, que também apresentou pontos com trechos com baixos níveis de Oxigênio Dissolvido, destacando-se: quatro pontos ao longo do Rio Jundiaí (JUNA 03500, JUNA 03600, JUNA 03800 e JUNA 03900); e alguns pontos localizados em Piracicaba (no Ribeirão Tijucu-Preto, Rio Piracicaba e Ribeirão Piracicamirim), em Americana (no Reservatório Salto Grande, Ribeirão Quilombo e Rio Atibaia), e em Valinhos (no Ribeirão Pinheiros).

5.4.2 Distribuição do Ensaio Ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*

A verificação da ocorrência de efeitos tóxicos é utilizada, pela CETESB, para avaliação das condições de qualidade das águas de rios e reservatórios, no que se refere à proteção das comunidades aquáticas. Para esse fim, durante 2023, foram realizados ensaios ecotoxicológicos com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* em 388 pontos de monitoramento no estado de São Paulo. Dentre os pontos monitorados, 16 estão trechos de rios enquadrados na Classe 4, para a qual não há previsão para avaliação da toxicidade na legislação e, em 25% deles não foi identificada toxicidade. Esta avaliação ecotoxicológica pode ser útil em eventuais propostas de reenquadramento desses corpos de água. Em 2023, foram realizados 1163 ensaios, com quatro amostragens anuais em 43% dos pontos. Em 30 pontos foram realizados ensaios apenas uma vez ao longo do ano; em 107 pontos, duas vezes ao ano e, em 85 pontos, apenas três amostragens, totalizando 57% dos pontos monitorados.

A síntese dos resultados obtidos 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 e o número de pontos e de amostras coletadas, por UGRHI.

Os dados apresentados no Gráfico 5.11 demonstram que em todas as UGRHIs foi constatado efeito tóxico durante o ano de 2023. Embora não haja correlação entre os percentuais de toxicidade e o número total de amostras analisadas ($r = 0,016$), nas UGRHIs 6, 16 e 19 a 22 observou-se toxicidade crônica em até 20% das amostras analisadas. As demais UGRHIs apresentaram percentuais de toxicidade crônica acima de 20%. A ocorrência de toxicidade aguda foi registrada nas UGRHIs 4 a 7, 9, 10 e 13, indicando maior comprometimento da qualidade dessas águas.

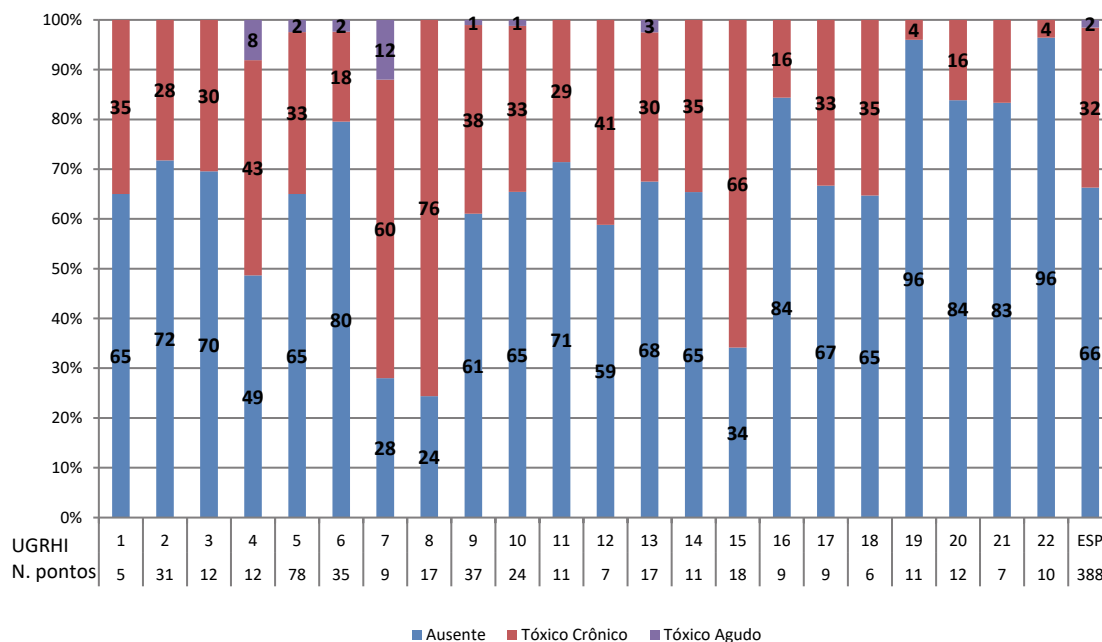
Em 67% dos pontos de amostragem nos corpos de água do estado de São Paulo avaliados pela CETESB, em 2023, foram verificados efeitos adversos à vida aquática, muitas vezes causados pela presença de agentes químicos. Destacam-se alguns pontos das UGRHIs 4 a 10, 13 a 15, 17 e 18 que apresentaram quantidades significativas de amostras com efeitos crônicos e/ou agudos durante o período de monitoramento e, serão discutidos a seguir:

No Ribeirão Preto (RIPE 04300), na UGRHI 4, embora não haja previsão para avaliação da toxicidade pela legislação vigente por ser um corpo de água de Classe 4, foi observada ocorrência de toxicidade aguda que estaria relacionada a lançamentos pontuais de esgoto doméstico ou mesmo, por fontes difusas, pelo elevado valor de *Escherichia coli* e pela presença de agrotóxicos (Capítulo 4).

Na UGRHI 5 foram observados efeito agudo no Rio Capivari (CPIV 02200) e crônicos nos rios Corumbataí (CRUM 02050) e Camanducaia (CMDC 02050) e no Reservatório do Rio Cachoeira (CACH 00500). A presença de esgoto doméstico ou de fontes difusas, além de cianobactérias (ponto CACH 00500), podem ter comprometido a qualidade ecotoxicológica nesses pontos, inclusive no ponto CRUM 02050, onde foram quantificadas moléculas de agrotóxicos (Capítulo 4).

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

Gráfico 5.11 – Distribuição percentual do efeito tóxico observado, nos ensaios, em 2023 por UGRHI e no estado de São Paulo e número total de pontos coletados por UGRHI.



Na Baixada Santista (UGRHI 7), todos os pontos apresentaram toxicidade em, pelo menos, uma amostra. Destaca-se a toxicidade crônica no Canal de Fuga (CFUG 02900), que está historicamente relacionada à presença de cianobactérias na água e a ocorrência de toxicidade aguda nos pontos dos rios Moji (MOJI 02800) com a presença de *E. coli*, nitrogênio e fósforo acima dos valores legais permitidos.

Na UGRHI 8 destaca-se o Rio Sapucaí, a partir da entrada do Rio Sta. Bárbara (SAPU 02200), com registro de toxicidade crônica ao longo do seu curso, sendo em alguns locais associada a lançamentos pontuais de esgoto doméstico, ou mesmo difusos, pelo elevado valor de *Escherichia coli*. O mesmo foi observado na UGRHI 9, em oito dos 12 pontos de amostragem do Rio Mogi-Guaçu, sendo que nos pontos MOGU 02100, MOGU 02180, MOGU 02300 e MOGU 02800 houve registro de toxicidade crônica em duas campanhas de amostragem.

Na UGRHI 10, cabe destacar a ocorrência de toxicidade crônica em todas as amostras coletadas no Reservatório de Barra Bonita (TIBB 02100). Os efeitos observados devem estar relacionados às concentrações de clorofila *a* e de fósforo total que indicaram um ambiente eutrofizado, associado à presença de cianobactérias, bem como à interação e biodisponibilidade de substâncias químicas potencialmente tóxicas eventualmente presentes nesse ambiente.

Na UGRHI 13 (Represa do Broa - BROA 02800), a toxicidade crônica observada também pode estar relacionada à presença de cianobactérias.

Na UGRHI 15, observou-se no Reservatório do Rio Preto (RPRE 02200) efeitos crônicos em todas as campanhas. O elevado valor de *Escherichia coli* obtido em algumas campanhas durante o ano, seriam associados à lançamentos pontuais de esgoto doméstico, ou mesmo difusos. No Rio Turvo (TURV 02500 e 02800) também foi observada toxicidade crônica ao longo do seu curso, sendo em alguns locais associada a lançamentos pontuais de esgoto doméstico, ou mesmo difusos, pelo elevado valor de *Escherichia coli* e de Fósforo Total. O mesmo comportamento foi registrado no Rio São José dos Dourados (SJDO 02150) - UGRHI 18.

Nos corpos de água Rio Pardo (PARD 02010 e 02100) – UGRHI 4, no Reservatório das Graças (COGR 00900) e no Reservatório Taiaçupeba (PEBA 00900) – UGRHI 6, no Rio Perequê (PERE 02900) e Cubatão (CUBA 03900) – UGRHI 7, Rio Itararé (ITAR 02500), Rio Verde (VERD 02750) e Rio Turvo (TURR 02800) – UGRHI 14, no Rio Grande (GRDE 02500) e no Rio da Cachoeirinha (CXEI 02550) – UGRHI 15 e no Rio Pardo (PADO 02500) - UGRHI 17, não foram observados outros parâmetros com valores acima da legislação vigente (exceto clorofila *a*, em COGR 00900 e PEBA 00900), que pudessem justificar a toxicidade crônica e/ou aguda apresentada. No entanto, essa toxicidade estaria relacionada à interação e biodisponibilidade de substâncias químicas potencialmente tóxicas presentes nesses ambientes, mesmo em baixas concentrações.

O ajuste da dureza para 20 mg/L CaCO₃, antes da realização dos ensaios foi realizado nas amostras dos pontos COGR 00900 (Res. das Graças), JUQI 00800 e 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 Jacaré), JARI 00800 (Res. Jaguari), CACH 00500 (Res. Cachoeira), RAIN 00880 (Res. Atibainha), CAMO 00900 (Res. Capivari-Monos), IPAU 02600 (Rio Itapanhaú), BACO 02950 (Rio Branco) e PERE 02900 (Rio Perequê). Tais pontos apresentaram valores de dureza da água abaixo de 10mg/L CaCO₃, o que pode reduzir a reprodução dos organismos-teste, interferindo na interpretação dos resultados dos ensaios. Desses pontos, apenas no ponto, JUQI 00800, não foi observado efeito tóxico aos organismos.

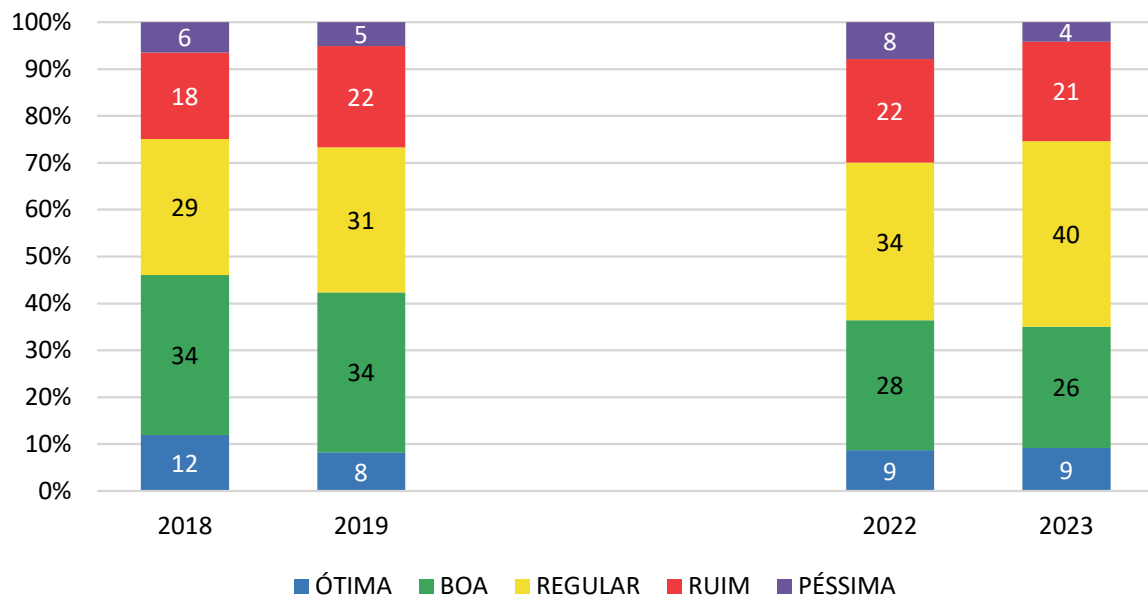
Dentre os pontos de Classe 4 avaliados, não foi observada toxicidade em 2023 na UGRHI 6, no Rio Tietê (TIET 04150) e ribeirão Vermelho (VEME 04200) e na UGRHI 22, no Rio Santo Anastácio (STAN 04400), e Ribeirão Vai-e-Vem (VVEM 04700).

Resumindo-se, em 2023, em todas as UGRHIs analisadas, algum recurso hídrico apresentou desconformidade com as condições para ecotoxicidade estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005, ou seja, foram evidenciados efeitos adversos aos organismos expostos nos ensaios com amostras de corpos de água enquadrados nas Classes 1, 2 e 3.

5.4.3 IVA entre 2018 e 2023

O Gráfico 5.12 exibe a distribuição do IVA no período de 2018 a 2023, para os 217 pontos, onde foi possível a comparação do cálculo desse índice.

Gráfico 5.12 – Evolução da Distribuição do IVA, no período de 2018 a 2023



* Excluiu-se a classificação em 2020 e 2021 em função do reduzido número de pontos válidos (0 e 26) para o cálculo do IVA, devido às restrições impostas pela pandemia da COVID 19 e impossibilidade de análise do ensaio ecotoxicológico.

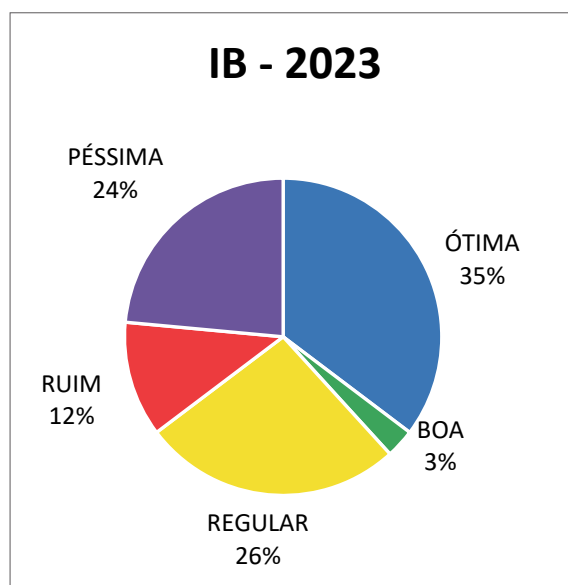
A distribuição das categorias do IVA, conforme ilustrado no Gráfico 5.12, indica que, em 2023, 75% dos pontos avaliados foram classificados nas categorias Ótima, Boa e Regular. Isso representa ligeira melhora em relação a 2022, quando 71% dos pontos estavam nessas três categorias, e demonstra estabilidade em comparação com 2018 e 2019, onde 75 e 73% dos pontos, respectivamente, foram classificados da mesma forma. Entretanto, constata-se um aumento de pontos na categoria Regular, e, consequentemente, diminuição dos pontos na categoria Boa, em comparação com 2018 e 2019.

5.5 Índice de Balneabilidade das Praias em Rios e Reservatórios – IB

5.5.1 Classificação Anual

No Mapa 5.5 do estado de São Paulo, estão indicadas as 34 praias interiores pertencentes à Rede de Balneabilidade e as suas respectivas classificações anuais do IB em 2023.

Em 2023, 64% das praias monitoradas foram classificadas nas categorias Ótima, Boa e Regular do IB (Gráfico 5.13).

Gráfico 5.13 – Distribuição porcentual das categorias do IB em 2023.

Na Tabela 5.4, é apresentado o histórico das classificações anuais dessas 34 praias para o período de 2018 a 2023, descritas a seguir: Tabela 5.4

Praias Semanais

Na UGRHI 2 – Paraíba do Sul, a prainha do Ribeirão Grande (RIBG 02352), classificada como Regular em 2023, demonstra uma melhora em relação aos anos anteriores, quando era classificada na categoria Péssima. O Rio Piracuama (UAMA 00501) manteve a classificação Péssima.

Na UGRHI 6 – Alto Tietê: a prainha do Riacho Grande (BILL 02801) foi classificada na categoria Péssima e todas as do Rio Grande permaneceram na categoria Regular. Quanto aos pontos na Represa Guarapiranga, os pontos Guarujapiranga e Praia do Sol foram classificados na categoria Regular; os pontos bairro do Crispim, Aracati e Wind Club, na categoria Ruim e as praias Dedo de Deus - M Boi Mirim, Marina Guaraci, Praia do Jardim Represa – Hidroavião e Club de Campo Castelo na categoria Péssima.

Na UGRHI 9 – Mogi-Guaçu: os pontos LVEN 02501, localizado na Prainha do Parque Ecológico de Sertãozinho, e QUEM 02700, na Praia em frente à rua Vereador Carlos Ravanini, foram classificados como impróprios em até 25% do tempo permanecendo na categoria Regular. O ponto MOGU 02351, na Cachoeira das Emas, passou da categoria Ruim para a Péssima, sendo esta praia classificada como Imprópria em mais de 50% do tempo.

Na UGRHI 16 – Tietê / Batalha: o ponto ESGT 02252, no Córrego do Esgotão, em frente à Praia Municipal de Sabino, passou da categoria Regular para Ruim, sendo esta praia classificada como Imprópria entre 25% e 50% do tempo. Permaneceu imprópria devido à presença de algas em 17 das 52 semanas avaliadas.

Praias Mensais

As praias monitoradas mensalmente, consideradas **Sistematicamente Boas**, mantiveram a classificação Ótima em 2023, a saber: todos os seis pontos nos reservatórios Atibainha (RAIN 00402, RAIN 00802 e RAIN 00901), Jacaré (JCRE 00521 e JCRE 00701) e Cachoeira (CACH 00902) na UGRHI 5, no Rio Grande, na praia de Miguelópolis (GRDE 02271 e GRDE 02273), na UGRHI 8, no Reservatório de Itupararanga (BPRU 02301 e SOIT 02601), na UGRHI 10 e na Represa do Broa (BROA 02701 e BROA 02703), na UGRHI 13. Já a praia do Perequê (PERE 02601), na UGRHI 7, permaneceu na categoria Boa.

Tabela 5.4 – Índice de Balneabilidade (IB) no período de 2018 a 2023

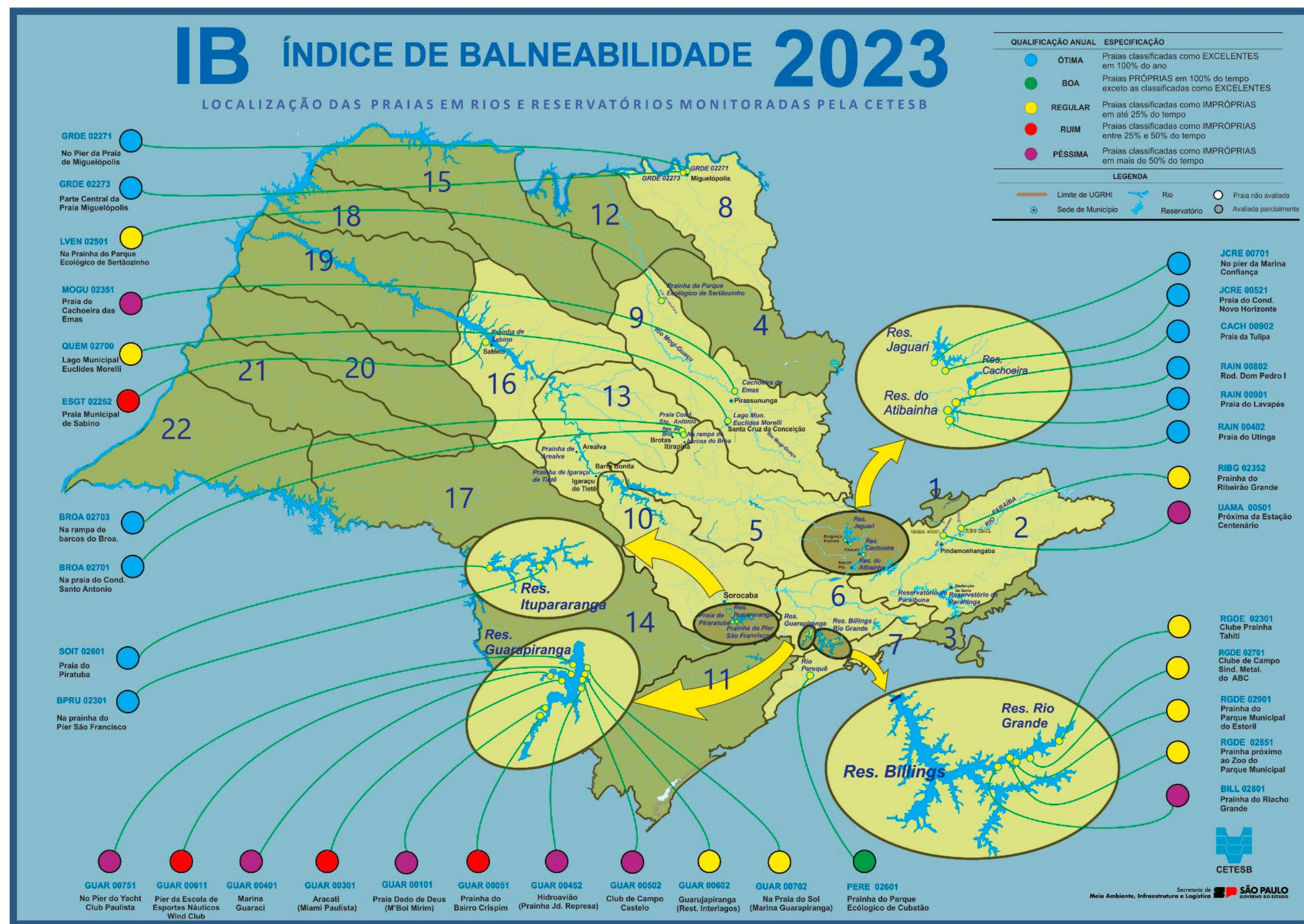
UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	Praias Interiores - Local de Amostragem	2018	2019	2020	2021	2022	2023
2	Ribeirão Grande	RIBG 02352	Na Prainha, ao lado do estrada para capela de N. Sra. Aparecida			-	-		
	Rio Piracuama	UAMA 00501	À montante da Estação Centenário			-	-		
5	Cachoeira	CACH 00902	Praia da Tulipa			-			
	Jaguari/Jacaré	JCRE 00521	Praia do Condomínio Novo Horizonte			-			
		JCRE 00701	Praia da Serrinha (Pier da Marina Confiança)			-			
	Atibainha	RAIN 00402	Praia do Utinga			-			
		RAIN 00802	Rod. Dom Pedro I (rampa próx. Hotel Varanda)			-			
		RAIN 00901	Praia do Lavapés			-			
6	Billings	BILL 02801	Prainha do Riacho Grande, próx. à barragem do Rio Grande						
	Guarapiranga	GUAR 00051	Prainha Bairro do Crispim			-			
		GUAR 00101	Praia Dedo de Deus - M'Boi Mirim			-			
		GUAR 00301	Bairro Miami Paulista/Aracati						
		GUAR 00401	Marina Guaraci						
		GUAR 00452	Prainha do Jardim Represa - Hidroavião						
		GUAR 00502	Clube de Campo Castelo	-	-	-			
		GUAR 00602	Restaurante Interlagos - Guarujapiranga						
		GUAR 00611	No pier da Escola de Esportes Náuticos Wind Clube						
		GUAR 00702	Marina Guarapiranga - Praia do Sol						
		GUAR 00751	Em frente ao pier do Yacht Club Paulista						
	Billings	RGDE 02301	Clube Prainha Tahiti			-			
		RGDE 02701	Clube de Campo Sindicato dos Metalúrgicos do ABC			-	-	-	
		RGDE 02851	Próxima ao Zoológico Do Parque Municipal			-			
		RGDE 02901	Prainha Pq. Municipal do Estoril			-			
7	Rio Perequê	PERE 02601	Praia do Pereque - Cubatão			-			
8	Rio Grande	GRDE 02271	No pier da praia municipal de Miguelópolis			-	-		
		GRDE 02273	Na parte central da praia Municipal de Miguelópolis			-	-		
9	Lago do cor. da Vendinha	LVEN 02501	Prainha do parque ecológico Sertãozinho			-	-		
	Mogi-Guaçu	MOGU 02351	Cachoeira das Emas			-	-		
	Lago Euclides Morelli/Rib. Moquem	QUEM 02700	Praia em frente à R. Ver. Carlos Ravanini 336			-	-		
10	Itupararanga	BPRU 02301	Na prainha em frente ao Pier São Francisco.	-	-	-			
		SOIT 02601	Prainha do Piratuba						
13	Represa do Broa	BROA 02701	Cond. Sto. Antônio, em frente à lanchonete						
		BROA 02703	Cond. Sto. Antônio, em frente à rampa de barcos						
16	Sabino	ESGT 02252	Em frente à praia Municipal de Sabino		-	-	-		

Categoria	Classificação	
	Praias Semanais	Mensais
ÓTIMA	Praias classificadas como EXCELENTE em 100% do tempo.	Concentração de <i>Escherichia coli</i> até 150 (UFC/100mL) em pelo menos 80% do ano
BOA	Praias próprias em 100% do tempo, exceto as classificadas como ÓTIMA	Concentração de <i>Escherichia coli</i> superior a 600 (UFC/100mL) em até 20% do ano
REGULAR	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em até 25% do tempo.	Concentração de <i>Escherichia coli</i> superior a 600 (UFC/100mL) de 20% a 30% do ano
RUIM	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS entre 25% e 50% do tempo.	Concentração de <i>Escherichia coli</i> superior a 600 (UFC/100mL) de 30% a 50% do ano
PÉSSIMA	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em mais de 50% do tempo.	Concentração de <i>Escherichia coli</i> superior a 600 (UFC/100mL) em mais de 50% do ano

Semanalmente, são divulgados boletins de qualidade para o público externo, na página da CETESB indicando as condições de balneabilidade (vide em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/praias/excel/boletim-represas.pdf>).

A classificação anual é realizada de acordo com a **Resolução CONAMA nº 274/2000** e é descrita no **Apêndice D**. As classificações semanais e os resultados analíticos de 2023 podem ser consultados no **Apêndice J**.

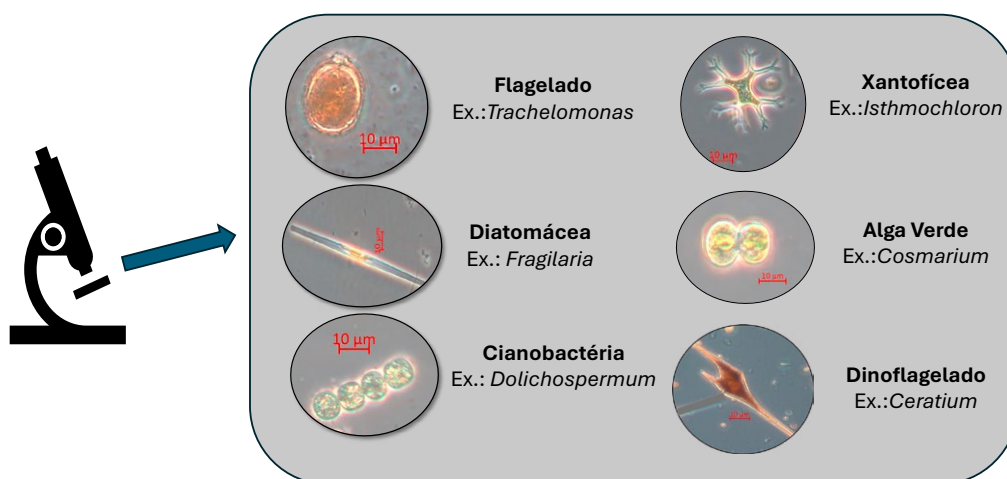
Mapa 5.5 – Localização e classificação das praias de rios e reservatórios - 2023.



5.5.2 Floração de Algas

A balneabilidade pode ser afetada por inúmeros parâmetros, sendo a composição e densidade da comunidade fitoplanctônica dois deles. Essa comunidade é formada por organismos microscópios fotossintetizantes que flutuam na camada fótica. Podem ser de diferentes tamanhos, formas e fisiologias distintas, distribuídos em grandes grupos: Algas Verdes, Diatomáceas, Fitoflagelados, Xantofíceas, Dinoflagelados e Cianobactérias (Figura 5.3).

Figura 5.3 – Ilustração com representantes dos principais grupos de organismos que compõe o Fitoplâncton



Organismos pertencentes ao grupo das Cianobactérias são os mais importantes para a balneabilidade, pois são cosmopolitas, potencialmente produtores de cianotoxinas e muito eficientes em ambientes eutrofizados (ricos em nutrientes), podendo proliferar de maneira rápida. Elevadas densidades configuram eventos conhecidos como florações ou *blooms*. Diante dessa situação, e dependendo do gênero dominante, podem ocorrer alterações na coloração da água e a presença de gosto e odor desagradáveis.

Nem todas as florações de Cianobactérias causam alteração na cor e no odor da água. Florações de *Raphidiopsis*, por exemplo, não deixam a água verde e com grumos, como ocorre em florações de *Microcystis*. O monitoramento de áreas em que existe a possibilidade de ocorrer esse tipo de evento é, portanto, muito importante.

As cianotoxinas podem causar efeitos adversos em humanos e outros animais que entram em contato com água contaminada. Banhistas expostos a florações de Cianobactérias e suas cianotoxinas durante atividades recreativas podem apresentar sintomas como febre e erupções cutâneas, problemas respiratórios e gastrointestinais.

No Brasil não há uma regulamentação específica que estabeleça níveis de alerta para águas destinadas à recreação. No entanto, a presença de floração de algas ou formação de nata pode tornar imprópria ou interditar trechos de praias ou balneários, segundo a **Resolução CONAMA nº 274/2000**, que define os critérios de balneabilidade. Além disso, a **Resolução CONAMA nº 357/2005** estabelece padrões de qualidade para o Número de Células de Cianobactérias em águas doces destinadas à recreação de contato primário ou secundário, conforme a classe de enquadramento. A legislação em vigor que aborda a balneabilidade das águas se encontra no Quadro 5.1

Quadro 5.1 – Legislação em vigor disponível no Brasil com abordagem para a balneabilidade das águas

Legislação	Definições	Especificações
Resolução CONAMA nº 274/2000	Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.	As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada ... a ocorrência de ... floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana. Trechos de praias ou balneários poderão ser interditados quando houver ocorrência de toxicidade ou formação de nata decorrente de floração de algas.
Resolução CONAMA nº 357/2005	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.	Limite de Células de Cianobactérias por Classe: Classe 1 – água destinada à recreação de contato primário – 20.000 céls/mL; Classe 2 – água destinada à recreação de contato primário – 50.000 céls/mL; Classe 3 – água destinada à recreação de contato secundário - 100.000 céls/mL.

Legenda: CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

O risco relacionado à exposição por recreação de contato primário depende do tempo de contato, dos organismos presentes em densidades elevadas, das concentrações e tipos de cianotoxinas e da idade dos indivíduos expostos (crianças são mais suscetíveis, considerando a relação de ingestão de água por peso corporal). Assim, quando densidades elevadas de Células de Cianobactérias são observadas, pode haver restrições em relação às atividades de recreação de contato primário no local. O contato com essa água e a sua ingestão também devem ser evitados por animais, tanto domésticos como de pecuária e silvestres.

As principais cianotoxinas presentes em águas continentais são apresentadas no Quadro 5.2, com informações sobre os gêneros potencialmente produtores e sintomas de exposição.

Quadro 5.2 – Cianotoxinas, gêneros/espécies potencialmente produtoras e sintomas de exposição.

Cianotoxinas e Lipopolissacarídeo	Gêneros/Espécies Produtoras	Sintomas de exposição
Microcistina	<i>Dolichospermum</i> , <i>Anabaenopsis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Aphanocapsa</i> , <i>Arthrospira</i> , <i>Calothrix</i> , <i>Gloeotrichia</i> , <i>Hapalosiphon</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Phormidium</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Pseudanabaena</i> , <i>Raphidiopsis</i> , <i>Synechococcus</i> , <i>Woronichinia</i>	Dor abdominal, dor de cabeça, dor de garganta, vômitos e náuseas, tosse seca, diarreia, bolhas ao redor da boca e pneumonia
Saxitoxina	<i>Dolichospermum</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Raphidiopsis</i> , <i>Lyngbya</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Planktothrix</i>	Em humanos, a maioria das informações são provenientes da ingestão de mariscos contaminados: tontura, adormecimento da boca e de extremidades, fraqueza muscular, náusea, vômito, sede e taquicardia
Cilindrospermopsina	<i>Raphidiopsis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Umezakia</i> , <i>Dolichospermum</i> e <i>Lyngbya wollei</i> , <i>Oscillatoria</i>	Febre, dor de cabeça, vômito, diarreia sanguinolenta
Lipopolissacarídeo de membrana	Integra as membranas de todas as Cianobactérias	Vermelhidão na pele e mucosas, irritação nos olhos, coceira, conjuntivite.

Fontes: <https://www.epa.gov/cyanohabs/health-effects-cyanotoxins>. Chorus & Welker (2021). Paerl & Otten (2013).

Embora ainda exista uma discussão sobre os níveis que seriam seguros de exposição às diferentes cianotoxinas, a Organização Mundial da Saúde (OMS) apresenta valores guias da concentração máxima de algumas das cianotoxinas em águas destinadas à recreação de contato primário (Quadro 5.3). Apesar de alguns desses valores serem considerados provisórios, a OMS recomenda sua integração a um plano de monitoramento com níveis de alerta e medidas de prevenção, com orientação aos usuários e autoridades envolvidas.

Quadro 5.3 – Cianotoxinas e valores de referência para águas de recreação segundo a OMS

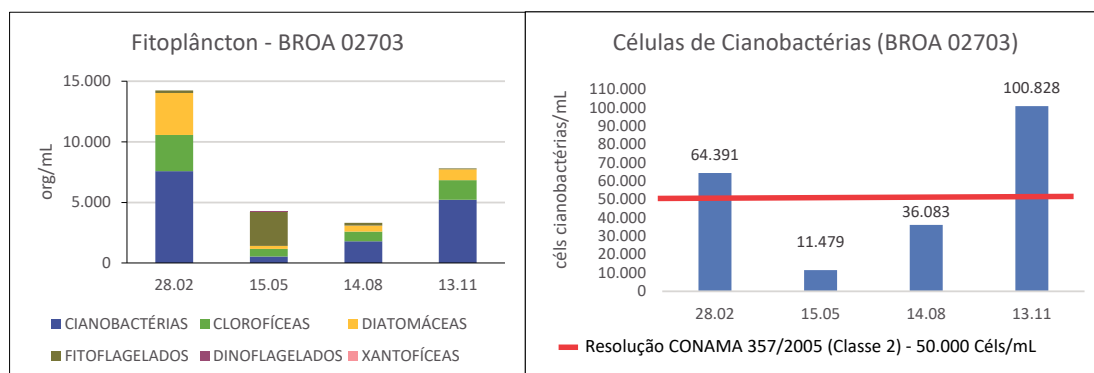
Cianotoxinas	Valor de Referência
Microcistina (MC) - LR	24 µg/L
Saxitoxina (STX)	30 µg/L
Cilindrospermopsina (CYN)	6 µg/L

Fonte: Chorus e Welker (2021).

Os gêneros mais importantes, em termos de densidade celular, encontrados no monitoramento da CETESB, como *Dolichospermum*, *Aphanizomenon*, *Aphanocapsa*, *Microcystis*, *Planktothrix*, *Pseudanabaena*, *Raphidiopsis* e *Woronichinia*, e sua potencial produção de cianotoxinas estão descritos no **Apêndice C** desse relatório – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis – item 1.4.2.

A seguir, são apresentados os gráficos de Densidade de organismos da Comunidade Fitoplanctônica e do Número de Células de Cianobactérias, além das tabelas com os valores de cianotoxinas obtidos para os cinco pontos monitorados em 2023. Os quadros apresentam um resumo da situação do ponto monitorado. O ponto localizado no Córrego Esgotão (ESGT 02252) foi inserido no monitoramento em maio desse ano.

Reservatório Broa – BROA 02703

Figura 5.4 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório do Broa (BROA 02703), município de Itirapina, em 2023.**Tabela 5.5** – Concentração de cianotoxinas no Reservatório Broa (BROA 02703), município de Itirapina, em 2023.

Cianotoxina	28/02	15/05	14/08	13/11
MC (µg.L ⁻¹)	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
STX (µg.L ⁻¹)	0,21	0,06	< 0,05	0,06
CYN (µg.L ⁻¹)	< 0,54	< 0,54	< 0,54	NA

NA = Não Analisado

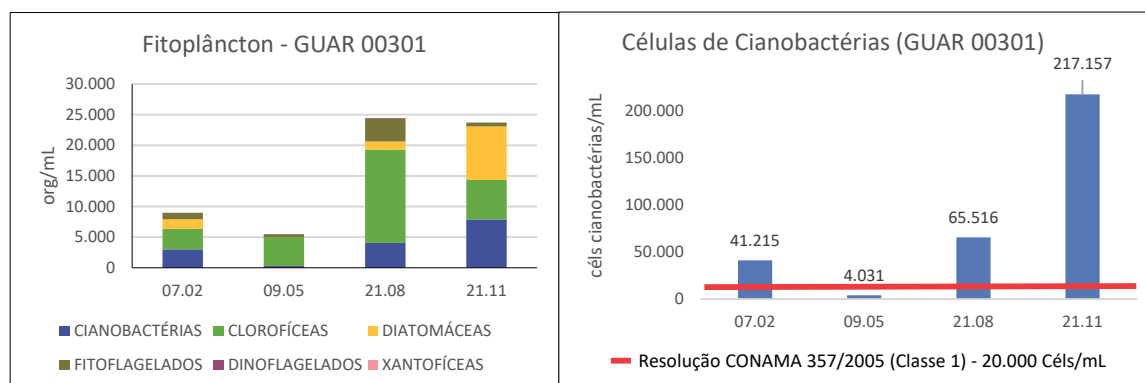
MC = Microcistinas; STX = Saxitoxinas; CYN = Cilindrospermopsinas

Quadro 5.4 – Resumo das informações relevantes em relação à comunidade fitoplanctônica no Reservatório Broa (BROA 02703), município de Itirapina, em 2023..

	Densidade da comunidade: Elevada, indicando ambiente eutrofizado.
	Distribuição: Dominância de Cianobactérias o ano todo.
	Cianobactérias: NCC acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2) em 70% as amostragens. Os organismos que foram mais representativos em termos de densidade de células foram <i>Raphidiopsis</i> , <i>Aphanizomenon</i> e organismos da família Aphanizomenonaceae.
	Cianotoxinas: Resultados abaixo dos valores guias para água de recreação recomendados pela Organização Mundial da Saúde.
	Conclusão: A qualidade da água está comprometida em relação à comunidade fitoplanctônica.

Legenda: NCC = Número de Células de Cianobactérias

Reservatório Guarapiranga - GUAR 00301

Figura 5.5 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00301), na praia Aracati (praia Miami Paulista) em 2023.**Tabela 5.6** – Concentração de cianotoxinas no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00301), na praia Aracati (praia Miami Paulista), em 2023.

Cianotoxina	07.02	09.05	21.08	21.11
MC ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
STX ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	< 0,02	NA	< 0,05	0,32
CYN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	< 0,54	NA	< 0,54	< 0,54

NA = Não Analisado

MC = Microcistinas; STX = Saxitoxinas; CYN = Cilindrospermopsinas

Quadro 5.5 – Resumo das informações relevantes em relação à comunidade fitoplanctônica no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00301), município de São Paulo, em 2023.

	Densidade da comunidade: Elevada, indicando ambiente eutrofizado.
	Distribuição: Dominância de Clorofíceas em 50% das amostragens.
	Cianobactérias: Os valores de NCC estão acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe Especial) em 75% as amostragens. Os organismos mais representativos em termos de densidade de células foram <i>Aphanocapsa</i> e <i>Woronichinia</i> .
	Cianotoxinas: Resultados abaixo dos valores guias para água de recreação recomendados pela Organização Mundial da Saúde.
	Conclusão: A qualidade da água está comprometida em relação a comunidade fitoplanctônica.

Legenda: NCC = Número de Células de Cianobactérias

Reservatório Rio Grande (GRDE 02271)

Figura 5.6 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no res. Rio Grande (GRDE 02271), no pier da praia Municipal de Miguelópolis, em 2023.

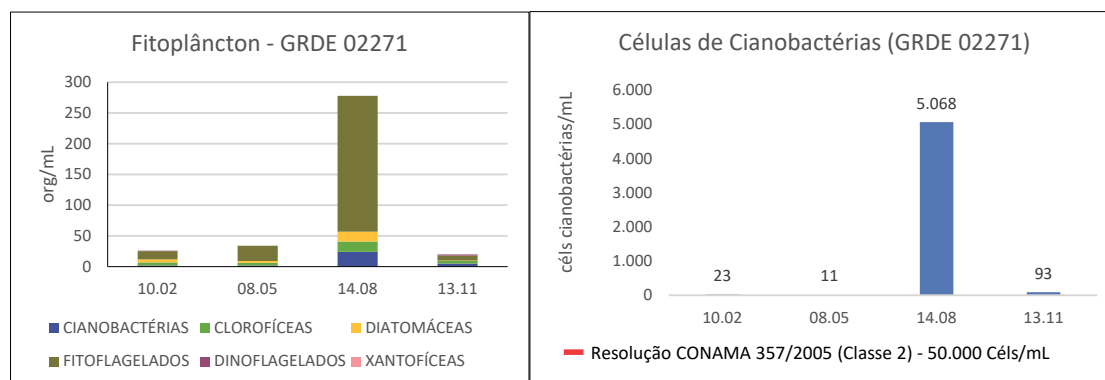


Tabela 5.7 – Concentração de cianotoxinas no res. Rio Grande (GRDE 02271), no pier da praia Municipal de Miguelópolis, em 2023.

Cianotoxina	13.02	08.05	14.08	13.11
MC ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
STX ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	< 0,02	NA	< 0,05	NA
CYN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	< 0,54	NA	< 0,54	NA

NA = Não Analisado

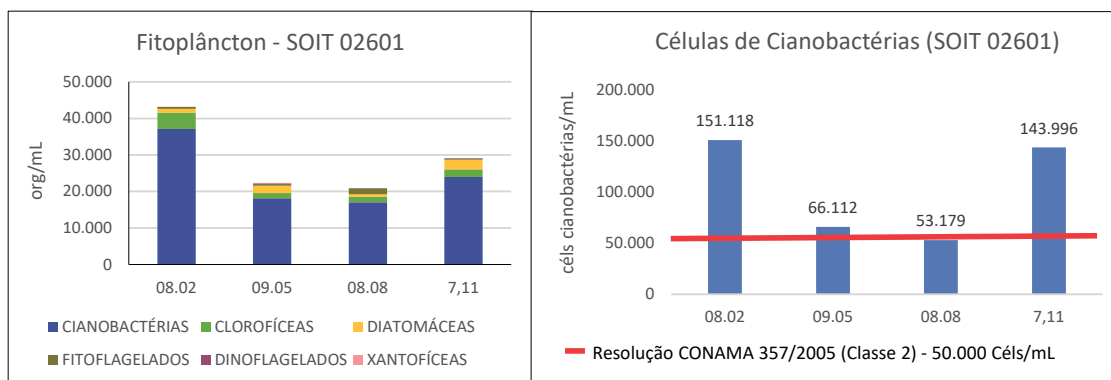
MC = Microcistinas; STX = Saxitoxinas; CYN = Cilindrospermopsinas

Quadro 5.6 – Resumo das informações relevantes em relação à comunidade fitoplanctônica no Reservatório Rio Grande (GRDE 02271), município de São Paulo, em 2023.

	Densidade da comunidade: Densidade Baixa.
	Distribuição: Dominância de Fitoflagelados em 100% das amostragens.
	Cianobactérias: Os valores de NCC estão abaixo do recomendado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (Classe 2) em 100% as amostragens. Os organismos mais representativos em termos de densidade de células foram <i>Pseudanabaena</i> , <i>Microcystis</i> e <i>Aphanocapsa</i> .
	Cianotoxinas: Resultados abaixo dos valores guias para água de recreação recomendados pela Organização Mundial da Saúde.
	Conclusão: A qualidade da água não está comprometida em relação a comunidade fitoplanctônica.

Legenda: NCC = Número de Células de Cianobactérias

Reservatório Itupararanga - SOIT 02601

Figura 5.7 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Itupararanga (SOIT 02601), praia do Piratuba, município de Ibiúna, em 2023.**Tabela 5.8** – Concentração de cianotoxinas no Reservatório Itupararanga (SOIT 02601), praia do Piratuba, município de Ibiúna, em 2023.

Cianotoxina	08.02	09.05	08.08	07.11
MC ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
STX ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	0,28	0,14	0,26	0,34
CYN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	< 0,54	< 0,54	< 0,54	< 0,54

MC = Microcistinas; STX = Saxitoxinas; CYN = Cilindrospermopsinas

Quadro 5.7 – Resumo das informações relevantes em relação à comunidade fitoplanctônica no Reservatório Itupararanga (SOIT 02601), praia do Piratuba, município de Ibiúna, em 2023.

	Densidade da comunidade: Densidade elevada, indicando ambiente eutrofizado.
	Distribuição: Dominância de Cianobactérias em 100% das amostragens.
	Cianobactérias: Os valores de NCC estão acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2) em 100% as amostragens, sendo os organismos mais representativos em termos de densidade de células pertencentes ao gênero <i>Raphidiopsis</i> .
	Cianotoxinas: Resultados abaixo dos valores guias para água de recreação recomendados pela Organização Mundial da Saúde.
	Conclusão: A qualidade da água está comprometida em relação a comunidade fitoplanctônica.

Legenda: NCC = Número de Células de Cianobactérias

Reservatório do Esgotão - ESGT 02252

Figura 5.8 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Córrego do Esgotão (ESGT 02252), em frente à Praia Municipal de Sabino, em 2023.

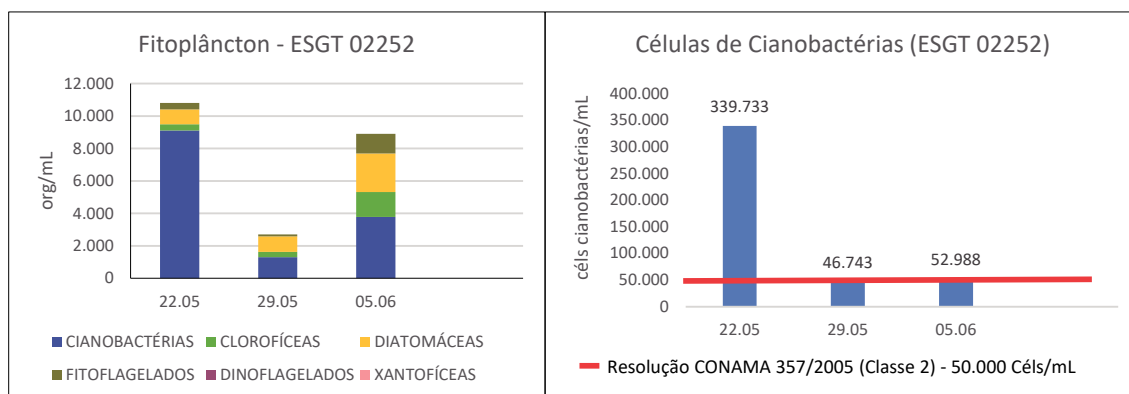


Tabela 5.9 – Concentração de cianotoxinas no Córrego do Esgotão (ESGT 02252), em frente à Praia Municipal de Sabino, em 2023.

Cianotoxina	22.05	29.05	05.06
MC ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	9,60	0,35	3,03
STX ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	< 0,05	NA	NA
CYN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	NA	NA	NA

NA = Não Analisado

MC = Microcistinas; STX = Saxitoxinas; CYN = Cilindrospermopsinas

N

Quadro 5.8 – Resumo das informações relevantes em relação à comunidade fitoplanctônica no Córrego do Esgotão (ESGT 02252), em frente à Praia Municipal de Sabino, em 2023.

	Densidade da comunidade: Moderada. O ambiente está eutrofizado, vide Distribuição e NCC.
	Distribuição: Dominância de Cianobactérias em 100% das amostragens.
	Cianobactérias: Os valores de NCC acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2) em 70% as amostragens. Os organismos mais representativos em termos de densidade de células foram do gênero <i>Microcystis</i> .
	Cianotoxinas: Resultados abaixo dos valores guias para água de recreação recomendados pela Organização Mundial da Saúde.
	Conclusão: A qualidade da água está comprometida em relação a comunidade fitoplanctônica.

Legenda: NCC = Número de Células de Cianobactérias

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 são determinados em um programa de monitoramento. Mesmo para os compostos analisados, os resultados não permitem determinar os efeitos que estes 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 (espécies exóticas) 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, 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.

Finalmente, a avaliação da qualidade dos ambientes aquáticos por meio das respostas das comunidades fito e zooplancônicas e de macroinvertebrados bentônicos, integrando o impacto de estressores químicos, físicos e biológicos, fazendo uso de medidas relacionadas a alterações na sua estrutura e funcionamento, possibilita, por meio de índices biológicos, a classificação da qualidade dos ambientes, considerando a proteção da vida aquática.

Em 2020, foi incluído um novo parâmetro ao monitoramento de indicadores biológicos, relativo à presença 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 regulamentados, a depender do uso da água. Esta análise tratará dos micro-organismos *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.

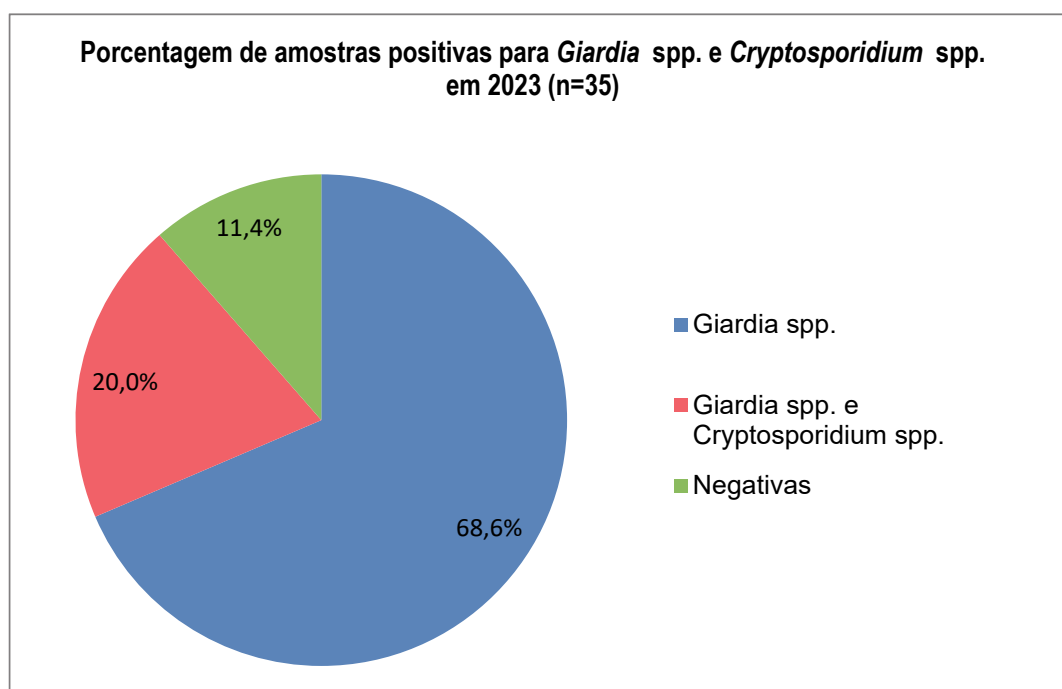
6.1.1 *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.

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 que a partir de dezembro de 2013, segundo a [Portaria nº 2914/2011](#) do Ministério da Saúde, vigente na ocasião, as análises desses protozoários passaram a ser obrigatórias em mananciais superficiais com médias geométricas anuais superiores ou iguais a 1.000 *E. coli*/100 mL. A Portaria nº 2914/2011 foi substituída em 2017 pelo anexo XX da [Portaria de Consolidação nº 5/2017/GM/MS](#). Em 2021, a regulamentação foi alterada pela Portaria nº 888/2021/GM/MS, que estabeleceu que essas análises devem ser realizadas por sistemas de abastecimento de água que realizam pré-oxidação no tratamento, em mananciais com média geométrica móvel maior ou igual a 1.000 *E. coli*/100mL. Em sistemas que não realizam pré-oxidação, essas análises devem ser realizadas quando os sistemas não comprovarem uma eficiência de remoção mínima de 2,5 log (99,7%) com base no monitoramento semanal de esporos de bactérias aeróbias na água bruta na entrada da ETA e na água filtrada.

Em 2023, o monitoramento de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. foi realizado em 9 pontos de captação, localizados nas UGRHs 2, 5, 6 e 10 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 protozoários nos anos anteriores ou pontos nunca avaliados no monitoramento de *Giardia* e *Cryptosporidium*.

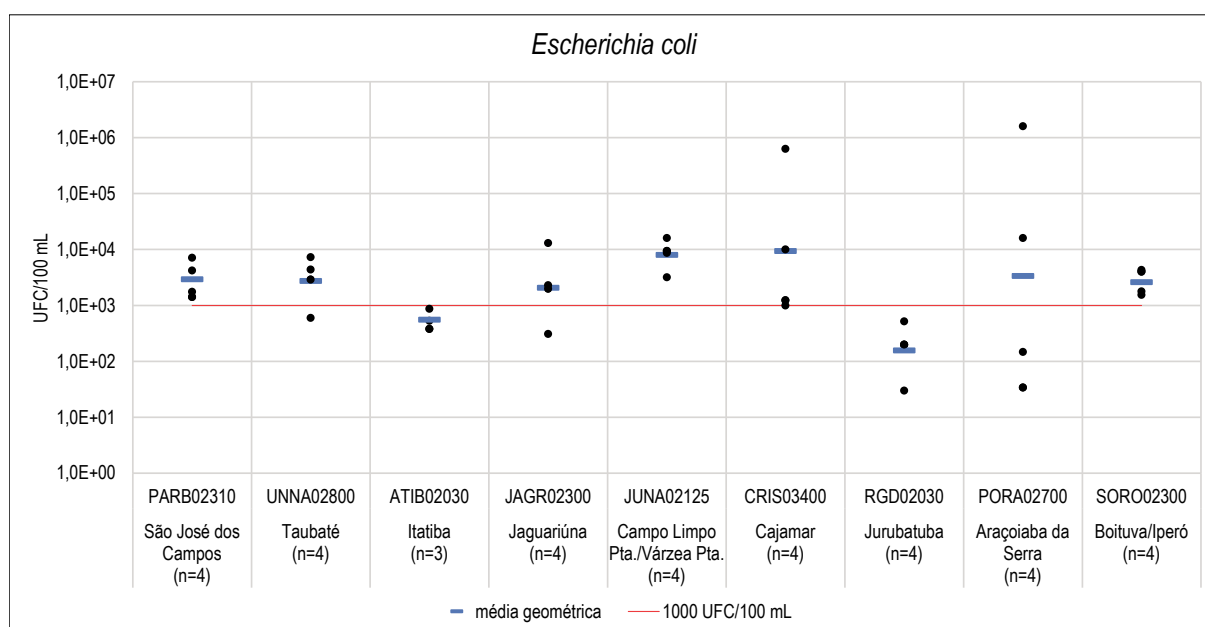
Das 35 amostras analisadas, apenas quatro (11,4%) apresentaram-se negativas para *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. A porcentagem de amostras positivas somente para *Giardia* spp. foi de 68,6%, sendo que para ambos os protozoários foi observada positividade de 20,0% (Gráfico 6.1)

Gráfico 6.1 – Porcentagem de amostras positivas para os protozoários *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. em pontos de captação do estado de São Paulo – 2023



Dos 9 pontos analisados, apenas as captações de Itatiba (ATIB 02030), no Rio Atibaia, e no Rio Grande ou Jurubatuba (RGDE 02030) apresentaram médias geométricas de *E. coli* abaixo de 1.000 UFC/100 mL (Gráfico 6.2). Os demais pontos, além de apresentarem médias geométricas acima de 1.000 UFC/100 mL, não atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005, quanto aos limites estabelecidos para este parâmetro para corpos de água bruta 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 para rios Classe 2 e de 2400 UFC/100 mL para Classe 3, em 80%, ou mais, de pelo menos seis amostras coletadas.

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 2023



Apesar da Portaria nº 888/2021/GM/MS requerer a análise de *Giardia* spp., a mesma 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, requerem 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 corpos de água. O risco tolerável de infecção anual estabelecido pela USEPA para água de consumo humano e adotado internacionalmente é de 10^{-4} (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^{-6} 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 $6,7 \times 10^{-4}$ (WHO, 2017; Health Canada, 2019). Considerando os critérios recomendados pelo Canadá que usa a abordagem de DALYs, valores acima de 0,21 cistos/L de *Giardia* spp. na água bruta captada, tratada em sistemas que garantam 3 logs de redução, representariam riscos maiores que 10^{-6} DALY/pessoa/ano (Health Canada, 2012).

Com exceção de UNNA 02800, todos os pontos analisados apresentaram na água bruta concentrações médias de *Giardia* spp. acima de 0,21 cistos/L, e, portanto, com base nos critérios de análises de risco, os sistemas produtores de água deveriam garantir eficiência de remoção/inativação acima de 3 logs (Gráfico 6.3). Nas captações de Campo Limpo Paulista/Várzea Paulista, Araçoiaba da Serra e Boituva/Iperó, que apresentaram concentrações acima de 2,1 cistos/L, a meta de tratamento é superior a 4 logs de redução. As captações de Cajamar e Jaguariúna apresentaram concentrações superiores a 22,1 cistos/L, com máxima de 147,0 cistos/L, sendo necessária uma eficiência de remoção superior a 5 logs para garantir a produção de água dentro dos critérios de qualidade baseados em risco microbiológico (Figura 6.1).

Gráfico 6.3 – Concentrações de oocistos de *Giardia* spp. com médias anuais aritméticas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de 2023. Os valores abaixo do limite de quantificação (LQ = 0,1) foram considerados como 0,07 cistos/L ($LQ/\sqrt{2}$)

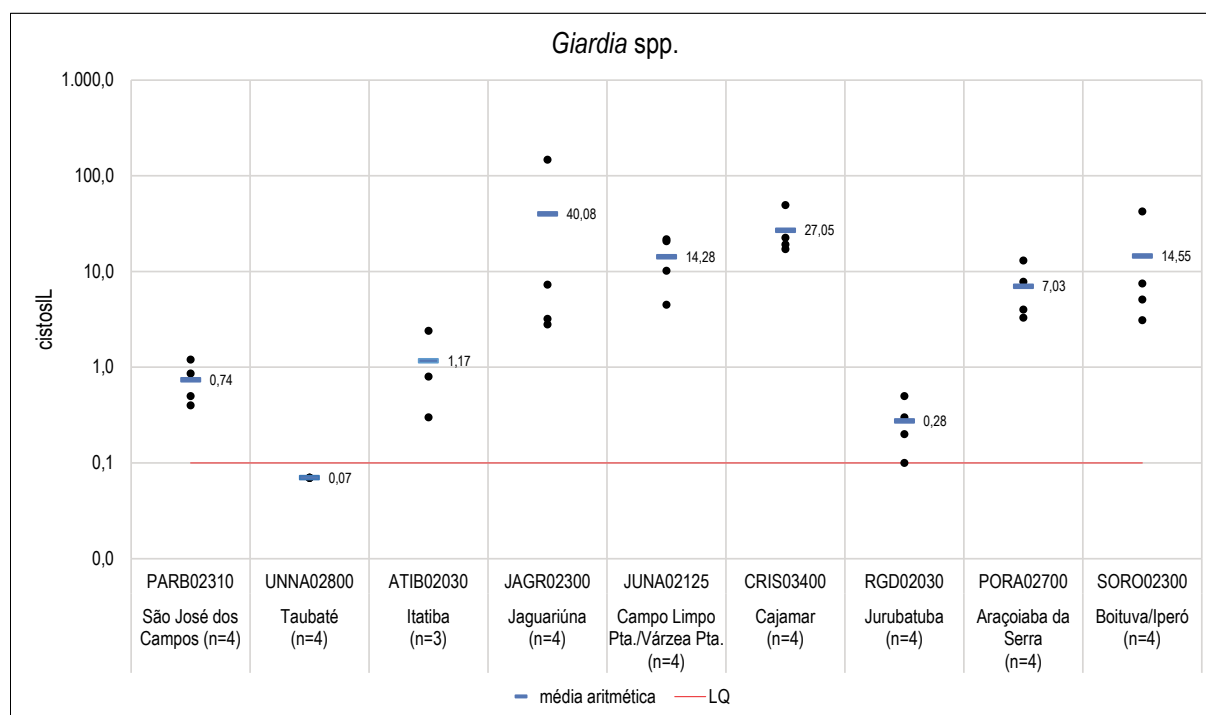
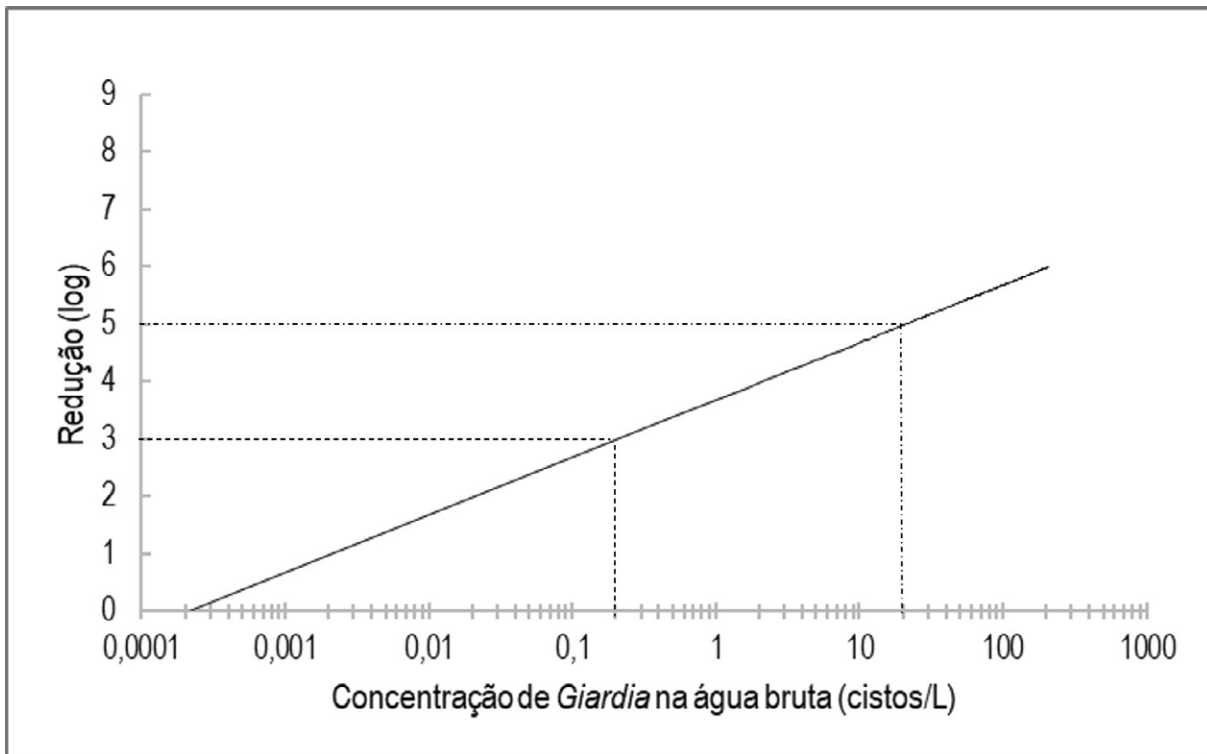


Figura 6.1 – Meta de tratamento (redução em log) com base na concentração de cistos de *Giardia* spp. na água bruta, para atingir um nível aceitável de risco de 10^{-6} DALYs / pessoa por ano com base no consumo diário de 1 L de água potável.



Apenas a captação de Jaguariúna apresentou média anual de *Cryptosporidium* spp. superior ao limite estabelecido pela Portaria nº 888/2021/GM/MS de 1,0 oocistos/L (Gráfico 6.4) e segundo a regulamentação, nessas condições, o sistema produtor de água deve obter efluente em filtração rápida com valor de turbidez menor ou igual a 0,3 uT em 95% das amostras mensais ou uso de processo de desinfecção que comprove a eficiência na remoção de oocistos. 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. Para esses critérios, os sistemas produtores de água com captações que apresentarem concentrações de *Cryptosporidium* igual ou acima de 0,1 oocisto/L, como nos casos de Araçoiaba da Serra (PORA 02700), São José dos Campos (PARB 02310), Cajamar (CRIS 03400) e Boituva/Iperó (SORO 02300) deveriam garantir eficiência de tratamento superior a 3 logs, sendo que em Jaguariúna (JAGR 02300) a eficiência deveria ser superior a 4 logs (Figura 6.2), conforme meta de tratamento para obtenção de um nível aceitável de risco microbiológico.

Gráfico 6.4 – Concentrações de cistos de *Cryptosporidium* spp. com médias anuais aritméticas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de 2023. Os valores abaixo do limite de quantificação (LQ = 0,1) foram considerados como 0,07 oocistos/L (LQ/ $\sqrt{2}$)

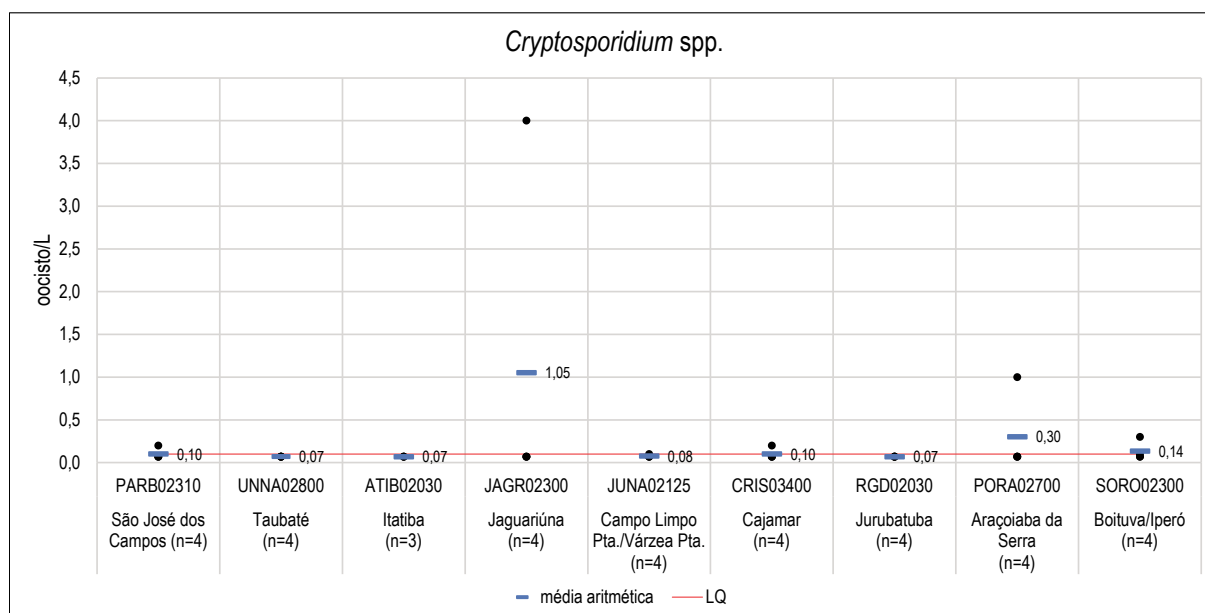
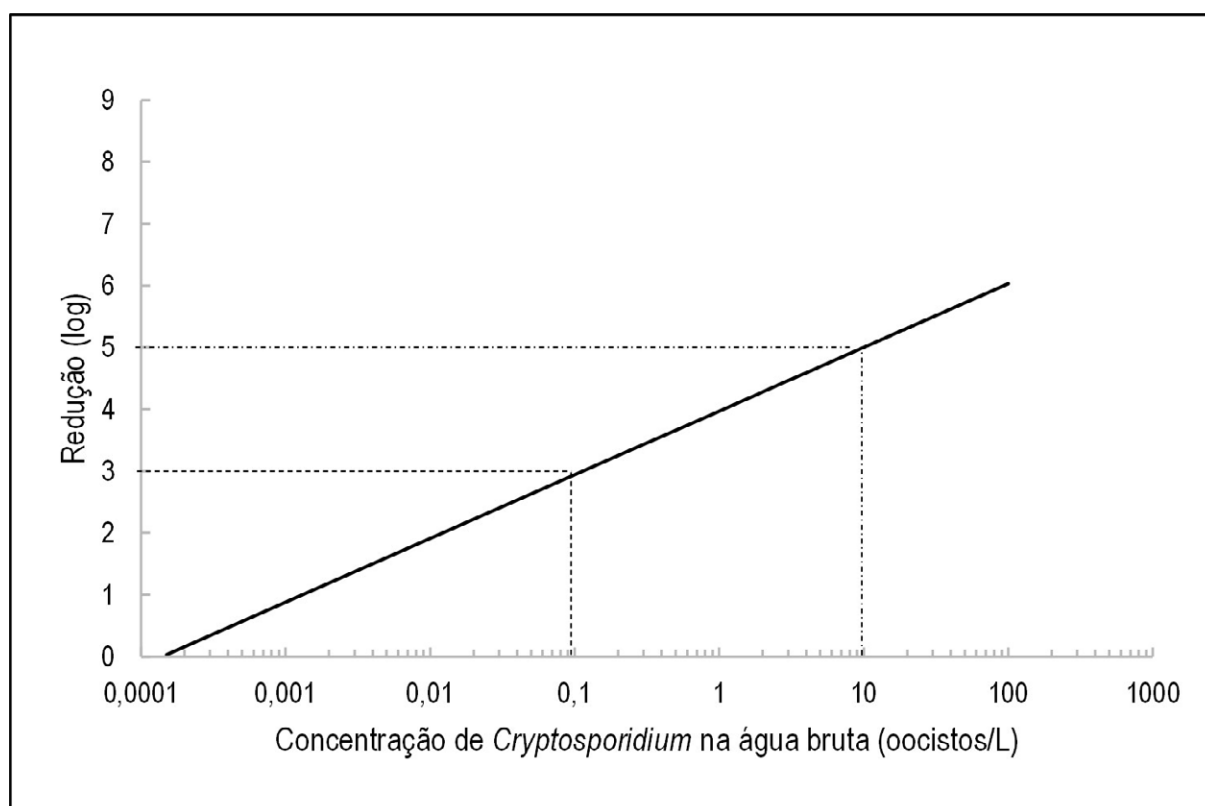


Figura 6.2 – Meta de tratamento (redução em log) com base na concentração de oocistos de *Cryptosporidium* spp. na água bruta, para atingir um nível aceitável de risco de 10^{-6} DALYs / pessoa por ano com base no consumo diário de 1 L de água potável



Os nove mananciais avaliados em 2023 apresentam contaminação por efluente doméstico, evidenciada pelas elevadas concentrações médias de *E. coli*, constantemente superiores a 1000 UFC/100 mL, além da

presença do protozoário *Giardia* spp. em quase todas as amostras analisadas. Merecem atenção especial os sistemas de abastecimento de Jaguariúna, Cajamar, Boituva/Iperó, Campo Limpo Paulista/Várzea Paulista e Araçoiaba da Serra que apresentaram risco microbiológico elevado para doenças causadas por protozoários, caso não haja tratamento adequado. Considerando as elevadas concentrações de *Giardia* spp. nesses mananciais e a eficiência de remoção limitada dos tratamentos de água nos sistemas de abastecimento, enfatiza-se a necessidade de uma avaliação de risco e gestão de risco das bacias de drenagem a fim de garantir a eficiência de remoção/inativação requerida para a produção de água destinada ao consumo humano.

De acordo com o Plano de Segurança da Água da OMS (WHO, 2011), 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. Neste sentido, estes resultados evidenciam a necessidade de uma política de gestão de risco, a ser efetivada pelo Centro de Vigilância Sanitária, em conjunto com as empresas de saneamento, visando intensificar a proteção dos mananciais e aprimorar os 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 388 pontos de monitoramento, estão apresentados no [Capítulo 5](#) deste Relatório, uma vez que integram o IVA, referente à proteção das comunidades aquáticas.

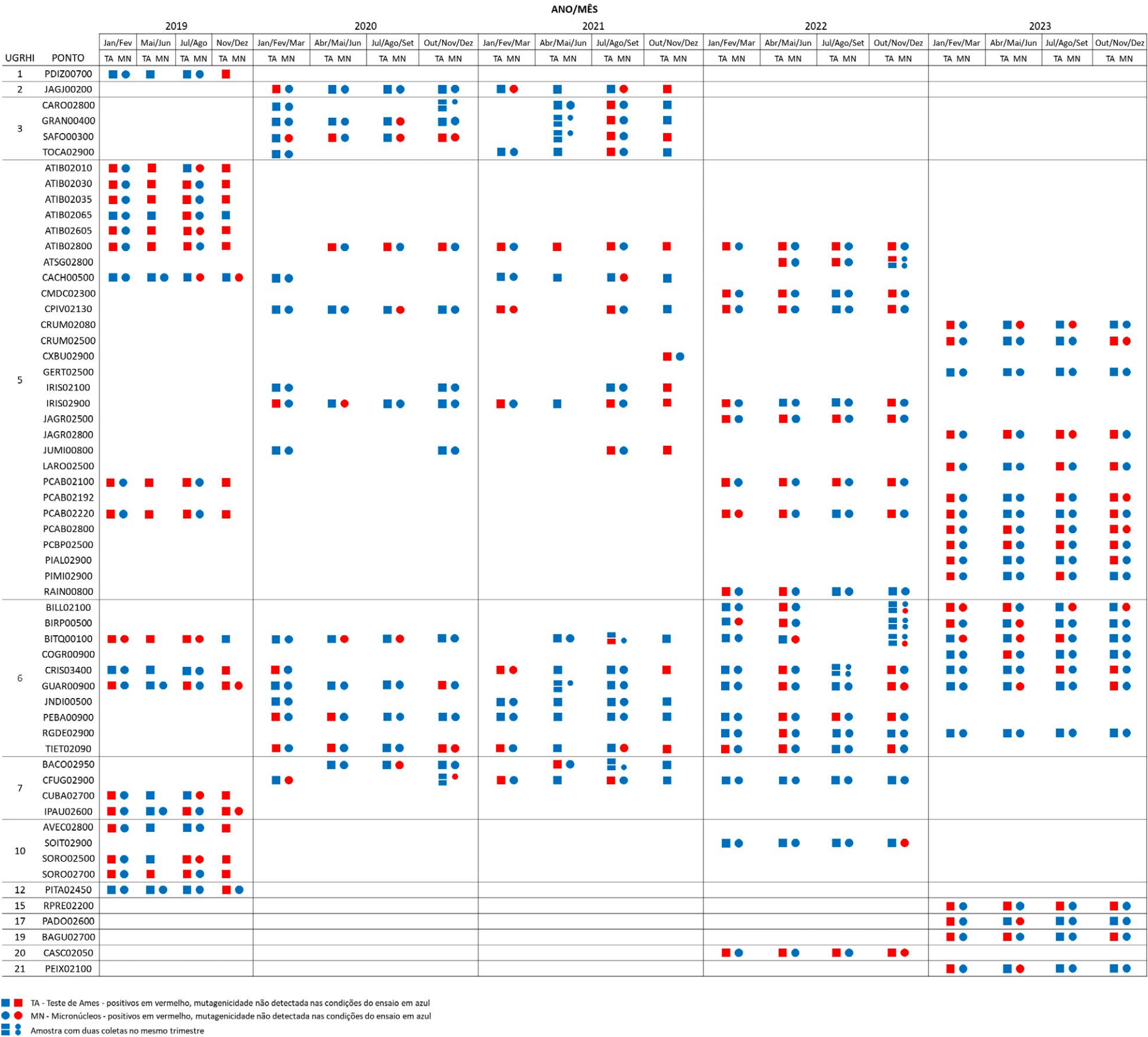
6.2.1 Testes de Mutagenicidade

A Figura 6.3 traz a distribuição dos pontos analisados, em relação às UGRHs, e fornece uma visão geral dos resultados dos últimos cinco anos. Em 2023, foram monitorados 22 pontos, amostrados em 4 campanhas, totalizando 88 amostras. Entre as amostras testadas, 54 apresentaram mutagenicidade (61,4% do total testado). A elevada porcentagem de amostras positivas pode estar relacionada ao direcionamento do monitoramento em 2023, que se concentrou nas UGRHs 5 e 6, regiões com alta ocupação demográfica e atividades industriais, onde há respostas positivas recorrentes.

O Teste de Ames, ou Teste de *Salmonella*/microsoma, tem se destacado como uma ferramenta essencial para avaliar o potencial mutagênico dos pontos monitorados ao longo dos anos. O Ensaio do Micronúcleo, apesar de não ter produzido a mesma quantidade de resultados positivos, também tem contribuído para o monitoramento da mutagenicidade, especialmente em ambientes aquáticos com características de reservatório. No caso do Reservatório Billings, que enfrenta problemas como eutrofização e alta carga de poluentes domésticos e industriais devido ao crescimento urbano desordenado na Grande São Paulo, o Ensaio do Micronúcleo revelou atividade mutagênica em situações em que o Teste de Ames não detectou. Isso sugere que, para ambientes com tais características, o Ensaio do Micronúcleo pode ser mais eficaz.

Considerando o histórico dos últimos 8 anos (2016-2023), período em que o Teste de *Salmonella*/microsoma e do Ensaio do Micronúcleo *in vitro* foram realizados concomitantemente, verificou-se que, do total de amostras analisadas (514), 50% apresentaram resultados concordantes entre os dois ensaios, sendo 40% negativas e 10% positivas. Aproximadamente 11% das amostras foram positivas apenas no ensaio de micronúcleo, indicando um incremento no diagnóstico ambiental após a inclusão dessa análise.

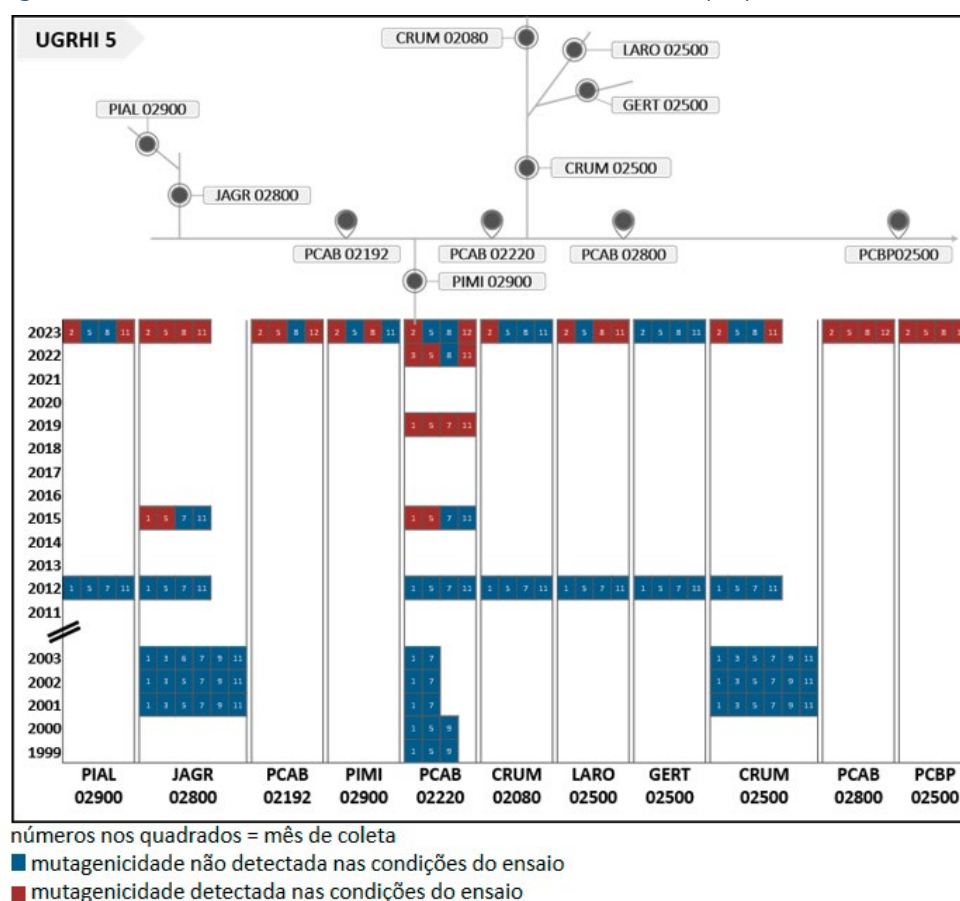
Figura 6.3 – Resultados qualitativos de mutagenicidade dos ensaios de *Salmonella*/microsoma e Micronúcleo nas amostras de água avaliadas no período de 2019 a 2023



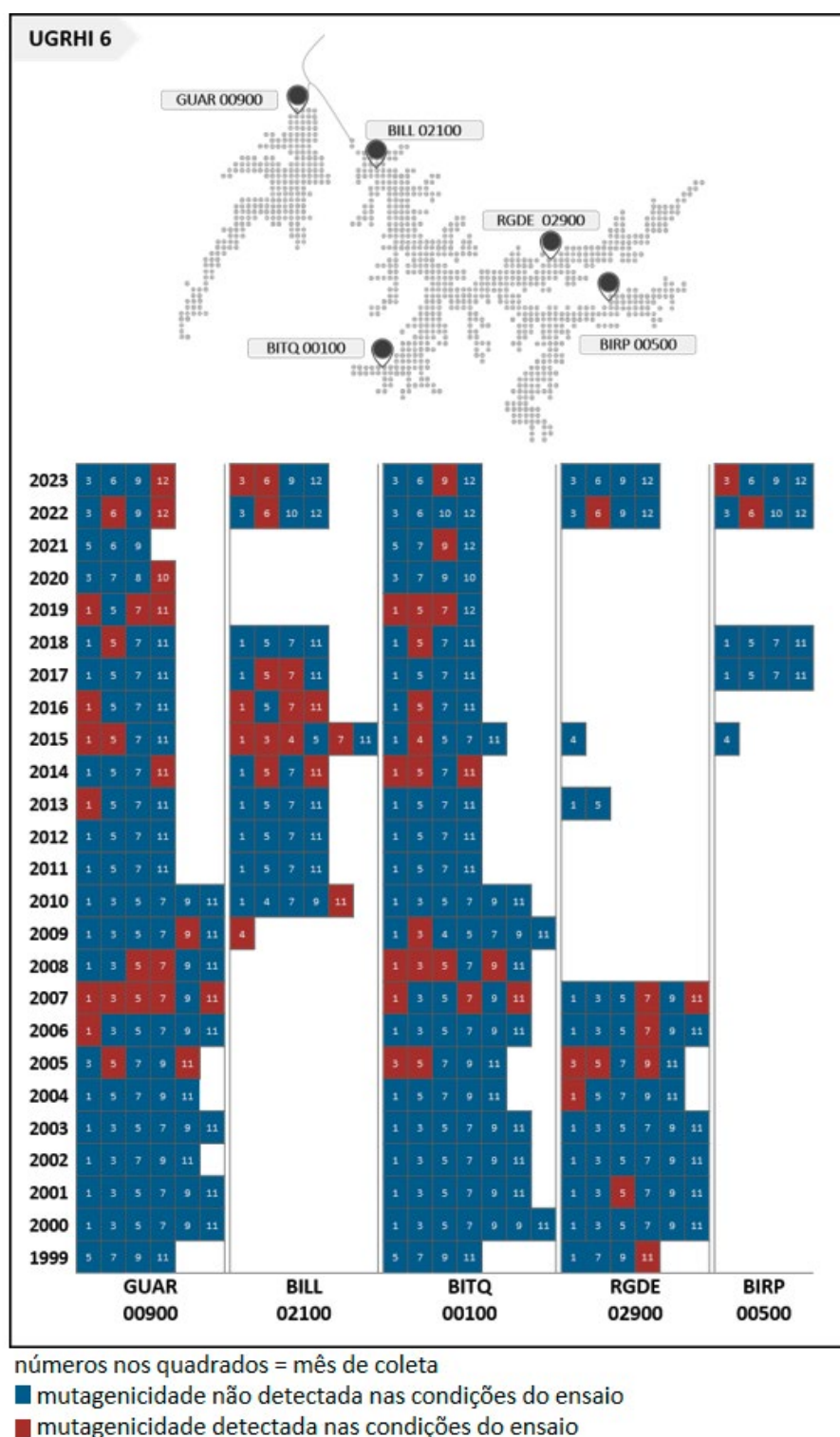
O histórico de resultados dos 22 pontos avaliados em 2023, apresentado nas Figuras 6.4, 6.5 e 6.6, indica um aumento no número de amostras mutagênicas. Isto pode ser consequência do aumento das fontes de poluição juntamente com o crescimento populacional. Além disso, as condições hidrológicas também podem influenciar esses resultados, já que variações na quantidade de água podem diluir ou concentrar poluentes, afetando as avaliações de mutagenicidade.

A Figura 6.4 apresenta o mapa unifilar do trecho do Rio Piracicaba e seus afluentes (UGRHI 5) estudados em 2023 e o histórico de resultados do Teste de *Salmonella*/microsoma por ponto. Com exceção do ponto GERT 02500, captação de Santa Gertrudes, os resultados mostram a degradação da qualidade ambiental ao longo dos anos, principalmente nos pontos JAGR 02800 e PCAB 02220. Em 2023, a atividade mutagênica detectada foi de baixa a moderada tanto na ausência como na presença de ativação metabólica. Embora não tenha sido observado um padrão sazonal nos resultados de ambos os ensaios, as amostras que apresentaram atividade mutagênica no Teste de *Salmonella*/microsoma concentraram-se entre as coletadas em fevereiro, novembro e dezembro (período com alta precipitação). Isso pode estar relacionado à influência de cargas difusas com aporte de poluentes carregados pelas chuvas.

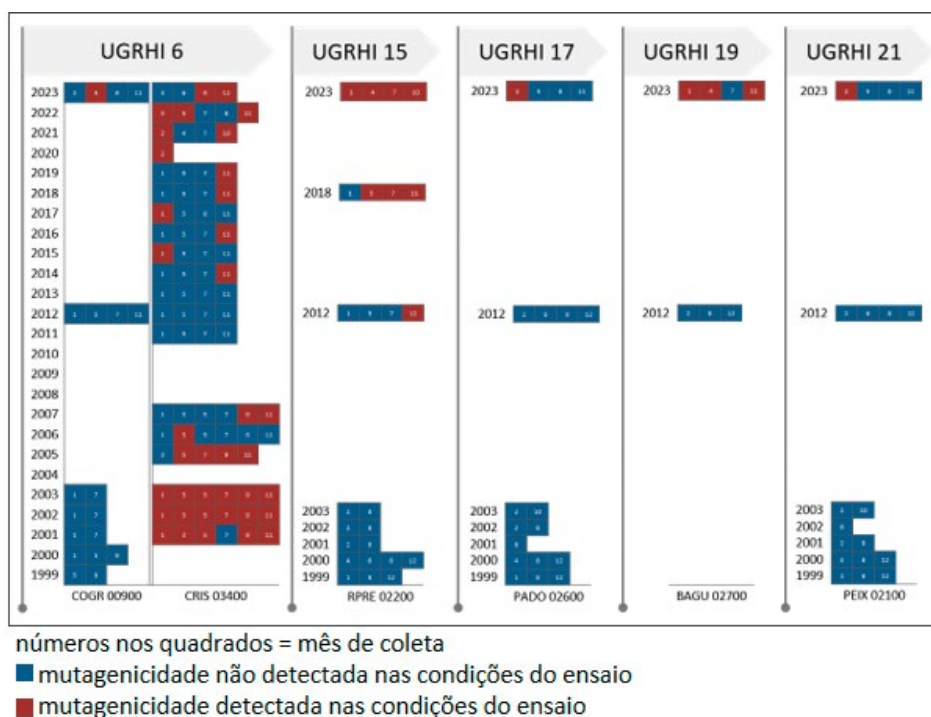
Figura 6.4 – Resultados históricos do Teste de *Salmonella*/microsoma por ponto estudado - UGRHI 5



A Figura 6.5 apresenta os pontos amostrados na Bacia do Alto Tietê (UGRHI 6), nos reservatórios Billings, Guarapiranga e Rio Grande, e o histórico de resultados do Teste de *Salmonella*/microsoma por ponto. Com exceção do RGDE 02900, foi detectada atividade mutagênica, entre baixa e moderada, em episódios isolados ao longo do ano de 2023 e de forma predominante na presença de ativação metabólica.

Figura 6.5 – Resultados históricos do Testes de *Salmonella*/microsoma por ponto estudado - UGRHI 6

A Figura 6.6 traz os resultados históricos dos demais pontos estudados ao longo do ano com o Teste de *Salmonella*/microsoma. Em 2023, foi observada atividade mutagênica tanto na ausência quanto na presença de ativação metabólica. Os resultados variaram entre baixo e moderado. Destacam-se a degradação ambiental nos pontos CRIS 03400 (2 campanhas positivas), BAGU 02700 (3 campanhas positivas) e RPRE 02200 (todas as campanhas positivas).

Figura 6.6 – Resultados históricos do Testes de *Salmonella*/microsoma em amostras de água por ponto estudado

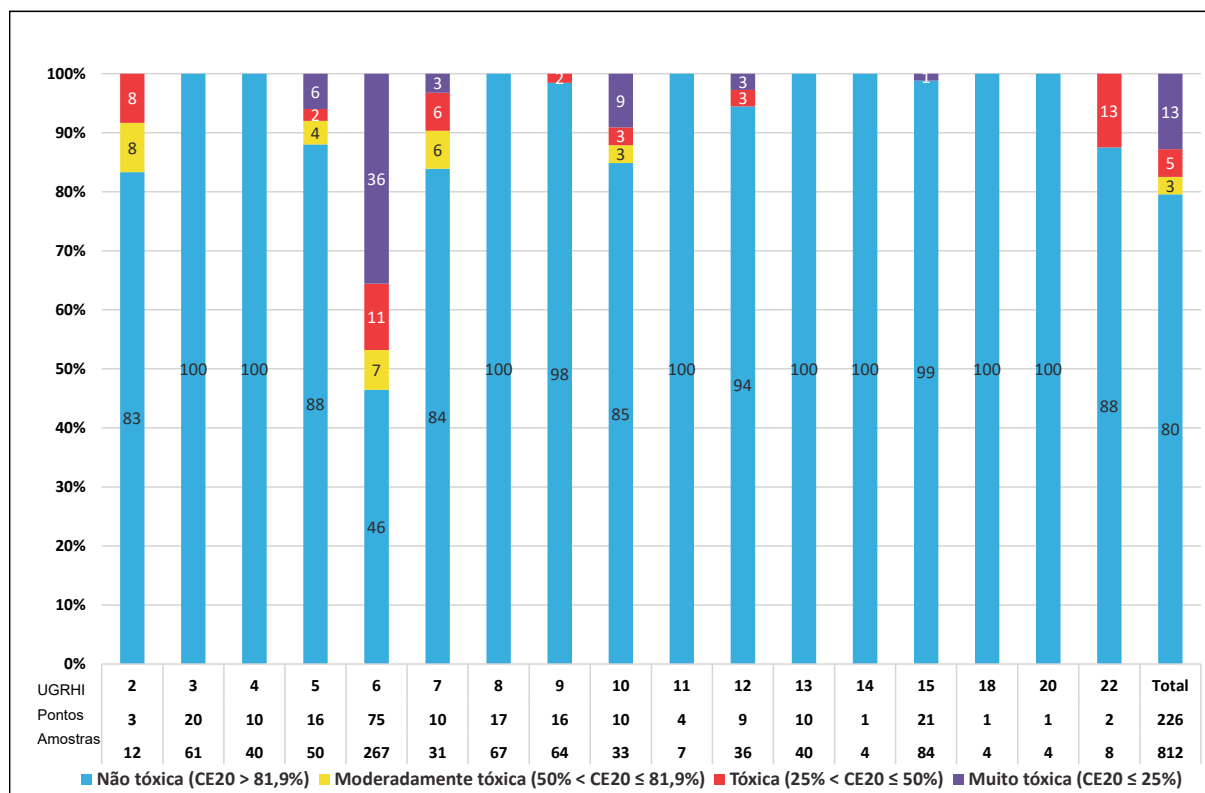
A atividade genotóxica não pôde ser atribuída a compostos específicos identificados nas amostras. A maioria das análises químicas de amostras ambientais tem foco em poluentes prioritários, e nem sempre os compostos determinados quimicamente são genotóxicos, de modo que os agentes responsáveis provavelmente não foram analisados nas amostras. Além disso, a atividade mutagênica pode estar relacionada não apenas a um composto isolado, mas ao sinergismo entre dois ou mais compostos. A identificação das fontes potenciais de contaminação demanda um estudo específico que inclua o levantamento das atividades locais, amostragens sistemáticas e análises de genotoxicidade aliadas a análises químicas direcionadas.

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 na exposição da bactéria a uma amostra durante 15 minutos. Na presença de substâncias tóxicas a luminescência diminui, sendo esta 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 este ensaio empregado principalmente na avaliação de corpos hídricos Classe 4, altamente impactados, e nos 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 ensaios.

Em 2023, foram testadas 812 amostras de água, para o Ensaio de Toxicidade Aguda com *Vibrio fischeri*, coletadas em 226 pontos distribuídos em 17 UGRHIs. Os resultados foram classificados em quatro categorias de qualidade 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

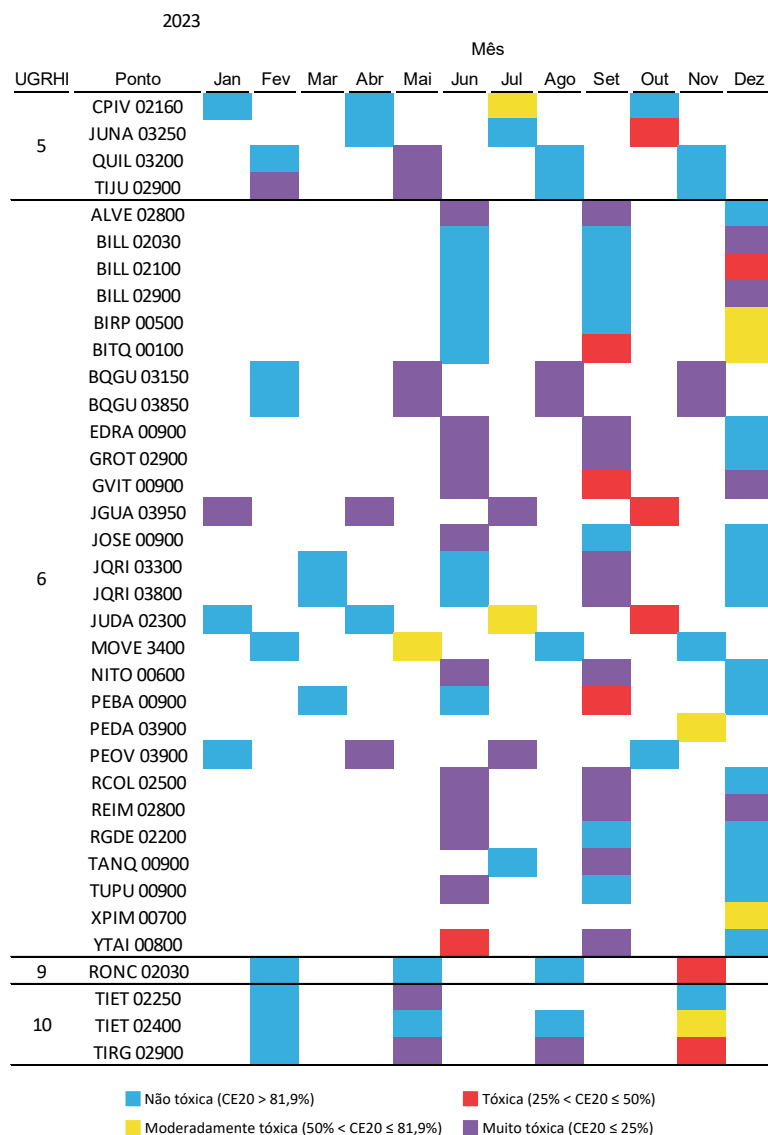


Dentre as amostras analisadas, 524 foram coletadas em 153 pontos localizados em águas doces enquadrados nas Classes Especial, 2 e 3. Nestas classes não deve ocorrer Toxicidade Aguda a organismos aquáticos, porém, em 2023, 59 amostras de 36 pontos (Tabela 6.1) exibiram toxicidade aguda para o *Vibrio fischeri*. Majoritariamente, esses pontos se localizam na UGRHI 6. A Figura 6.7 apresenta, para esses 36 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*

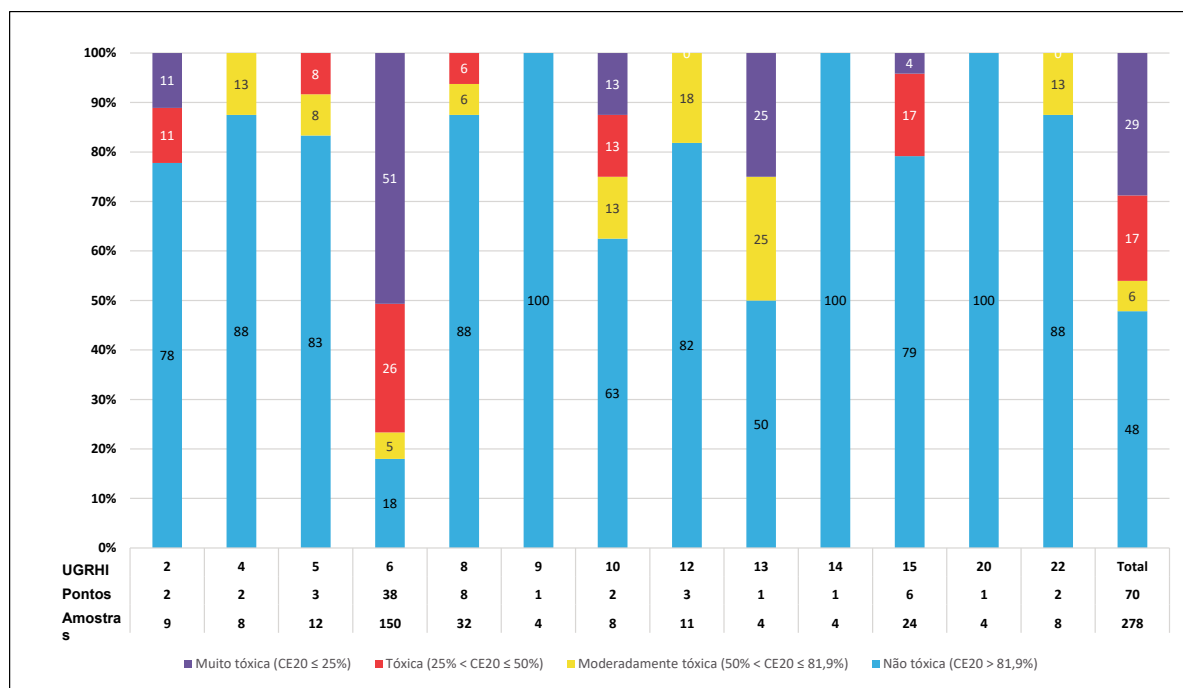
UGRHI	Código	Local
5	CPIV 02160	Rio Capivari
	JUNA 03250	Rio Jundiá
	QUIL 03200	Ribeirão Quilombo
	TIJU 02900	Ribeirão Tijuco Preto
6	ALVE 02800	Ribeirão dos Alvarengas
	BILL 02030	Reservatório Billings
	BILL 02100	Reservatório Billings
	BILL 02900	Reservatório Billings
	BIRP 00500	Braço do Rio Pequeno
	BITQ 00100	Braço do Ribeirão Taquacetuba
	BQGU 03150	Rio Baquirivu-Guaçu
	BQGU 03850	Rio Baquirivu-Guaçu
	EDRA 00900	Ribeirão das Pedras/Afl. Guarapiranga
	GROT 02900	Ribeirão Grotta Funda
	GVIT 00900	Córrego Guavirutuba
	JGUA 03950	Rio Jaguari
	JOSE 00900	Córrego São José
	JQRI 03300	Rio Juqueri
	JQRI 03800	Rio Juqueri
	JUDA 02300	Córrego Judas
	MOVE 03400	Ribeirão Moinho Velho
	NITO 00600	Rio Bonito
	PEBA 00900	Reservatório Taiacupeba
	PEDA 03900	Ribeirão das Pedras
	PEOV 03900	Ribeirão Perová
	RCOL 02500	Ribeirão Colônia
	REIM 02800	Córrego Reimberg ou Cocaia
	RGDE 02200	Reservatório do Rio Grande
	TANQ 00900	Córrego Tanquinho/Afl. Guarapiranga
	TUPU 00900	Córrego do ITUPU
	XPIM 00700	Córrego do Crispim
	YTAI 00800	Córrego ITAIM
9	RONC 02030	Ribeirão das Onças
10	TIET 02250	Rio Tietê
	TIET 02400	Rio Tietê
	TIRG 02900	Reservatório de Rasgão

Figura 6.7 – Classificação das amostras dos corpos hídricos Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram toxicidade aguda para o *Vibrio fischeri* em 2023



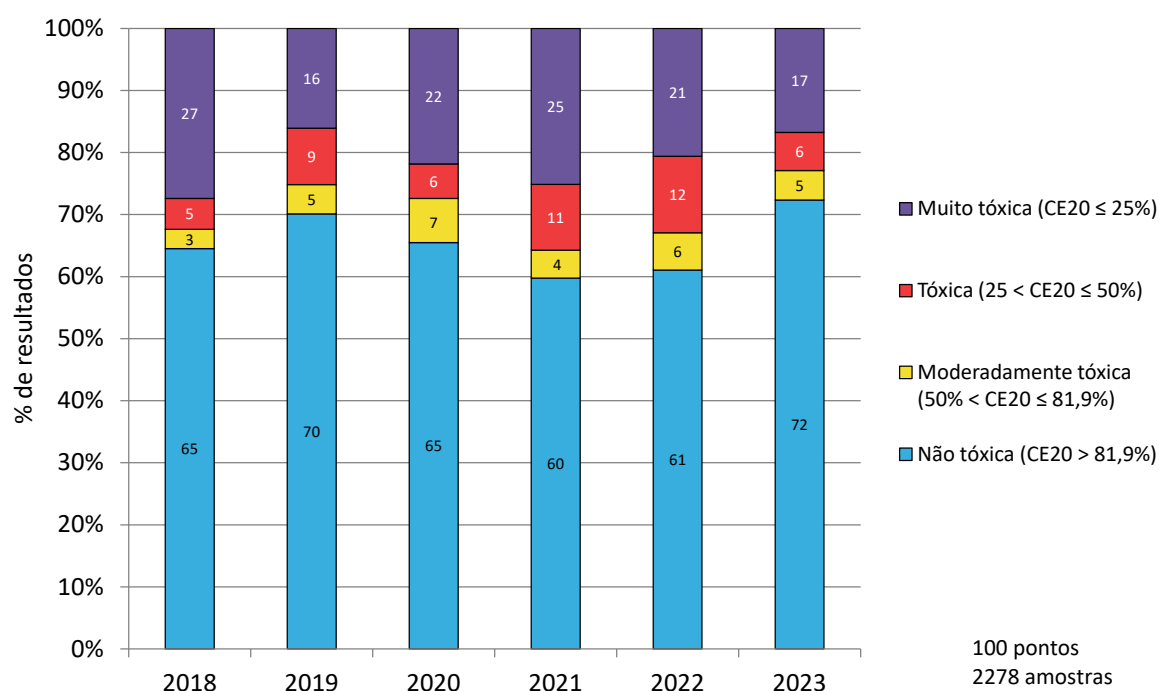
Nos corpos hídricos de Classe 4, representados por 70 pontos, foram testadas 278 amostras. O Gráfico 6.6 apresenta a porcentagem de resultados, distribuídos em cada categoria, por UGRHI, para esses pontos. Destacam-se os resultados na UGRHI 6, com porcentagem elevada de amostras apresentando toxicidade.

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



O Gráfico 6.7 apresenta o histórico dos resultados da Toxicidade Aguda para a bactéria *Vibrio fischeri* nos corpos hídricos do Estado de 100 pontos avaliados sistematicamente entre os anos de 2018 e 2023, localizados nas UGRHIs 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15 e 22.

Gráfico 6.7 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* nos pontos coincidentes nos anos de 2018 a 2023



Os resultados de 2023 sugerem uma pequena variação em relação ao ano de 2022, o que indica uma pequena melhora no aumento de 16% dos resultados não tóxicos em comparação ao ano anterior. Em relação ao período de 2018 a 2023 a distribuição dos resultados não permite uma avaliação conclusiva quanto à tendência de melhora ou piora da qualidade dos corpos de água quanto à toxicidade.

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.

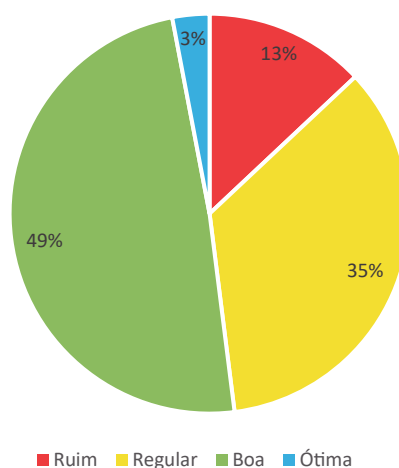
6.3.1 Comunidade Fitoplanctônica

Para o cálculo do Índice de Comunidade Fitoplanctônica (ICF), foram amostrados 71 pontos, distribuídos em dezoito UGRHI (2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21 e 22). Desse total de pontos, 49 estão situados em reservatórios e 22 em rios e córregos. A frequência mínima de amostragem por ponto é de quatro vezes ao ano. A distribuição dos resultados do ICF médio anual nesses 71 pontos está apresentada na Figura 6.8, a seguir.

As avaliações dos pontos nos reservatórios Billings, Guarapiranga, Rio Grande e Itupararanga, além dos pontos situados em braços e afluentes do Rio Tietê e do Reservatório de Promissão estão discutidas em detalhes no Capítulo 7. O quadro completo com a classificação mensal e as médias anuais do ICF, por ponto, pode ser encontrado no [Apêndice L](#) – Tabela 7.

Figura 6.8 – Distribuição das classificações médias anuais do ICF para os 71 pontos amostrados em 2023

Distribuição das Classificações Médias Anuais do ICF



Os pontos que tiveram classificação anual Ruim pertencem às UGRHI 6, 7, 16 e 19: três pontos no Reservatório Billings: em Pedreira (BILL 02030), na Imigrantes (BILL 02500) e no braço Taquacetuba (BITQ 00100); dois pontos no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900); Canal de Fuga (CFUG 02900); Braço do Ribeirão Fartura (BFAR 02250); Braço do Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e o Reservatório Três Irmãos (TITR 02100). De modo geral, o que contribuiu para o diagnóstico nesses pontos foi o grau de trofia variando de Mesotrófico a Hipereutrófico, elevadas densidades de organismos e dominância de Cianobactérias. O resumo estatístico dos diagnósticos anuais, em comparação com 2022, foi inserido no Quadro 6.1.

Quadro 6.1 – Resumo estatístico do diagnóstico anual de 2023 em porcentagens aproximadas por categoria.

Classificação em 2023	Evolução	Pontos (%)	Pontos (Código)
RUIM	Mantiveram a condição	70	BILL 02030; BILL 02500; BITQ 00100; CFUG 02900; BFAR 02250; BMAN 02250
	Pioraram	30	GUAR 00100; GUAR 00900; TITR 02100
REGULAR	Mantiveram a condição	60	PCAB 02100; JCRE 00500; CACH 00500; BILL 02900; BIRP 00500; JNDI 00500; RGDE 02200; SOIT 02100; SOIT 02900; ABAN 02800; BROA 02800; SMIG 02800; RPRE 02200; BBRA 02700; CASC 02050
	Pioraram (Bom para Regular)	12	CPIV 02130; PEBA 00900; RMAR 02900
	Melhoraram (Ruim para Regular)	28	JARI 00800; ATSG 02800; BILL 02100; TIBB 02700; TIPR 02400; TIPR 02990; ESGT 02050
BOA	Mantiveram a condição	71	JAGJ 00200; SANT 00100; ATIB 02065, ATIB 02800; CRUM 02080, CRUM 02500; JAGR 00002, JAGR 00005; JAGR 02500, JUMI 00800; LARO 02500, CAXO 02800; BAIN 02950, RCAB 00900; COGR 00900; TGDE 00900; CAMO 00900; CRJA 02700; RICO 02600, MOCA 02990; CAFR 00350; BSJD 02900; RECA 02900; ARPE 02800
	Pioraram (Ótimo para Bom)	6	RGDE 02030 e SOMI 02850
	Melhoraram (Regular par Bom)	23	BARI 02950; GRAM 02950; PCAB 02220; RAIN 00880; JQUJ 00900; RGDE 02900; PGUI 02700 e PARN 02900.
ÓTIMA	Melhoraram (Bom para Ótimo)	100	IRIS 02900 e ACLA 00500

Obs – Com média anual BOA o ponto KAIU 02950 não foi avaliado por ter sido inserido em 2023.

As classificações anuais Regulares concentraram-se nas UGRHI 5, 6, 10, 13, 14, 15, 16, 19 e 20. A porcentagem de pontos que mantiveram sua condição, em comparação com o ano de 2022, foi de 60%.

Os pontos com classificação Boa se distribuíram nas UGRHI 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 18, 20, 21 e 22. A porcentagem de pontos que mantiveram sua condição foi de 71%. Nos pontos onde foi observada melhora do diagnóstico, verificou-se diminuição dos períodos de dominância e nos valores de densidades totais de organismos da comunidade.

Os pontos que tiveram classificações anuais Ótimas estão situados no Rio Pirai (IRIS 02900) e no Reservatório Águas Claras (ACLA 00500) com melhora em relação ao ano anterior, passando de Bom para Ótimo. Esse diagnóstico está relacionado às baixas densidades da comunidade fitoplancônica, além da ausência de dominâncias ao longo do ano.

Aproximadamente 51% dos pontos apresentaram, em ao menos uma amostragem, concentração de células de cianobactérias superior ao estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para suas respectivas Classes de enquadramento. Melhora sutil da qualidade nesse quesito em relação ao ano anterior, que apresentou 54% dos pontos nessa situação.

A Figura 6.9, a seguir, apresenta a estrutura da comunidade fitoplanctônica nos pontos amostrados em 2023.

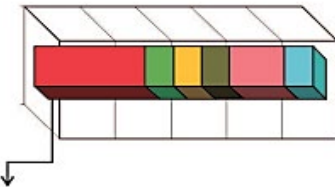
As cores no gráfico representam os grandes grupos (Cianobactérias, Diatomáceas, Dinoflagelados, Clorofíceas, Fitoflagelados, Xantofíceas) que compõem a comunidade fitoplanctônica desses ambientes. Para tanto foram calculadas as médias anuais do número de organismos dos diferentes grupos, as quais foram expressas em termos de porcentagem (abundância relativa). Quanto mais equitativa a distribuição dos grandes grupos, mais equilibrado o ambiente. Por outro lado, a ocorrência de um grupo ocupando mais da metade da barra significa dominância (>50%), como é o caso das Cianobactérias em reservatórios do Sistema Cantareira, ou ainda, por exemplo, nos reservatórios Billings, Itupararanga e Broa, além de outros localizados no médio e baixo Tietê, o que indica um ambiente impactado.

Figura 6.9 – Estruturas da comunidade fitoplanctônica nos pontos amostrados em 2023



ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

A comunidade fitoplanctônica é composta de organismos fotossintetizantes que vivem em suspensão nas diversas camadas dos ambientes aquáticos. Essa comunidade tem sido amplamente utilizada no biomonitoramento, tendo em vista que ela responde rapidamente às alterações ambientais . Aspectos estruturais da comunidade são avaliados e traduzidos em números que formam os índices (ICFRes.) utilizados para o diagnóstico.



As divisões no gráfico representam os grandes grupos que compõem a comunidade fitoplanctônica de um ambiente. A identidade de cada um está definida na legenda . Quanto maior o número de cores e proporções equilibradas , melhor a distribuição de representantes dos grandes grupos, o que significa um ambiente mais equilibrado. A ocorrência de uma cor ocupando mais da metade da área significa dominância do organismo, muitas vezes tolerante às condições ambientais que podem ser desfavoráveis a sobrevivência de outros.

LEGENDA

- Cyanobactérias
- Diatomáceas
- Dinoflagelados
- Clorofíceas
- Fitoflagelados
- Xantofíceas

6.3.2 Comunidade Zooplancônica

Para a análise da comunidade zooplancônica foram estimadas as densidades de organismos dos grupos Rotífera, Cladocera e Copepoda, e aplicado o Índice de Comunidade Zooplancônica – ICZ_{RES} para a estimativa da qualidade da água. Foram amostrados nove pontos, quatro vezes ao ano, em sete reservatórios, localizados em três UGRHIs (5, 6 e 10). Os resultados mensais e as médias anuais do ICZ_{RES} constam da Tabela 9 do Apêndice L. Na Tabela 6.2 são apresentados os valores médios do ICZ_{RES} desde 2018. No entanto, no ano de 2020 não foram coletadas amostras em quantidade suficiente para o cálculo das médias, assim como para o ponto TIBB 02700 em 2021.

Dentre os pontos amostrados no Sistema Cantareira (JARI 00800, JCRE 00500 e RAIN 00880 na UGRHI 5, e ponto JQU 00900 na UGRHI 6), apenas o Reservatório Jaguari (JARI 00800) obteve a condição média anual Ruim, observada em 2022 e também entre 2017 e 2019 (Tabela 6.2). Os demais reservatórios Jacaré, Atibainha e Juqueri (pontos JCRE 00500, RAIN 00880 e JQU 00900, respectivamente) mantiveram, ao longo dos anos, a condição Regular.

Além do Reservatório Jaguari (JARI 00800), apresentaram também condição média anual Ruim o ponto BITQ 00100 (braço do Ribeirão Taquacetuba) no Reservatório Billings (UGRHI 6), o ponto GUAR 00900 (próximo à captação) no Reservatório Guarapiranga (UGRHI 6) e o ponto TIBB 02700, no Reservatório Barra Bonita (UGRHI 10) (Tabela 6.2). Os pontos com classificação média anual Péssima foram BILL 02100, no Reservatório Billings (próximo ao braço do Bororé), sendo esta condição observada há muitos anos, e o ponto GUAR 00100 (próximo a Braço do Rio Parelheiros), ambos localizados na UGRHI 6.

As condições observadas por meio do índice empregado estão relacionadas às concentrações de Clorofila *a*, sendo mais elevadas nos locais com condição Ruim ou Péssima. A relação Calanoida/Cyclopoida foi abaixo de 0,5 na maioria dos pontos analisados, com exceção para o ponto TIBB 02700 no mês de abril, quando esta relação foi de 1,2 e a condição foi Regular.

Tabela 6.2 – Evolução da classificação segundo o ICZRES entre 2018 e 2023

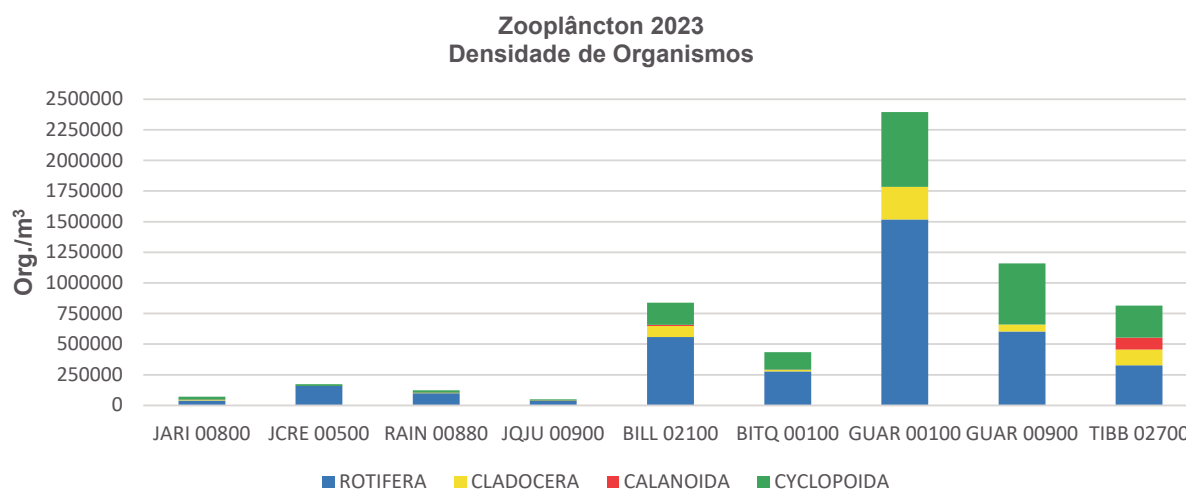
UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	2018	2019	2020	2021	2022	2023
5	Reservatório Jaguari	JARI 00800			N.C.			
	Reservatório do Rio Jacaré	JCRE 00500			N.C.			
	Reservatório do Rio Atibainha	RAIN 00880			N.C.			
6	Reservatório do Juqueri ou Paiva Castro	JQU 00900			N.C.			
	Reservatório Billings	BILL 02100			N.C.			
	Braço do Ribeirão Taquacetuba	BITQ 00100			N.C.			
	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00100			N.C.			
		GUAR 00900			N.C.			
10	Reservatório de Barra Bonita	TIBB 02700			N.C.	N.C.		

REGULAR  RUIM  PÉSSIMA 

N.C.: média não calculada

O Gráfico 6.8 mostra as densidades médias anuais de organismos onde se observam elevadas densidades na maioria dos reservatórios com condição Ruim e Péssima, com exceção do Reservatório Jaguari. Ambientes com alta produtividade primária (altas densidades de fitoplâncton), geralmente resultam em altas densidades da comunidade zooplancônica. Em todos os ambientes analisados ocorreu predomínio do grupo Rotífera, sendo esta situação observada na maioria dos reservatórios brasileiros, independentemente da condição trófica.

Gráfico 6.8 – Densidade média anual e distribuição dos grupos da comunidade zooplancônica dos reservatórios Jaguari (JARI 00800), Jacareí (JCRE 00500), Atibainha (RAIN 00880), Juqueri (JQU 00900), Billings (BILL 02100 e BITQ 00100), Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900) e Barra Bonita (TIBB 02700), em 2023.



Em relação à composição taxonômica, a espécie *Bosminopsis deitersi* (Cladocera) foi observada com maior frequência nos ambientes com qualidade Regular, bem como no ponto TIBB 02700, no mês de abril, quando a condição também foi Regular. Há relatos da ocorrência deste organismo em locais oligotróficos e mesotróficos.

Os rotíferos *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *B. caudatus*, *B. dolabratus*, *Keratella cochlearis*, *K. tropica*, os copépodes ciclopóides *Acanthocyclops robustus*, *Thermocyclops decipiens* e o copepoda calanoida *Notodiaptomus iheringi*, são alguns exemplos de espécies frequentes nos reservatórios analisados que apresentaram condição Ruim ou Péssima, sendo tais organismos relacionados a ambientes eutrofizados.

6.3.3 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos

Em 2023, a malha de amostragem para o diagnóstico da qualidade ambiental pela avaliação da comunidade bentônica compreendeu 13 localidades distribuídas em cinco UGRHI, sendo quatro em rios e nove em reservatórios, em dois dos quais foram realizadas amostragens de bentos na região sublitoral, além da profunda. A relação dos locais avaliados está no Quadro 6.2.

Quadro 6.2 – Locais de amostragem da comunidade bentônica em 2023.

UGRHI	Código	Local	Município
6	NOVA 00800	Reservatório Ponte Nova	Salesópolis
	TIET 02050	Rio Tietê	Biritiba Mirim
	TIET 02090	Rio Tietê	Mogi das Cruzes
	JNDI 00450	Reservatório Jundiá	Mogi das Cruzes
	PEBA 00900	Reservatório Taiaçupeba	Suzano
	TIET 04160	Rio Tietê	São Paulo
	PINH 04500	Rio Pinheiros	São Paulo
	TIPI 04850	Reservatório Pirapora	São Paulo
10	TIBB 02900	Reservatório Barra Bonita	Barra Bonita
13	TIBI 02900	Reservatório Ibitinga	Ibitinga
15	BMAR 02800	Reservatório Água Vermelha	Cardoso
19	BBRA 02700	Reservatório Nova Avanhandava	Buritama
	TITR 02100	Reservatório Três Irmãos	Araçatuba

Os ambientes foram diagnosticados segundo sua qualidade por meio do Índice da Comunidade Bentônica – ICB, pelo qual os locais são classificados em Ótimo, Bom, Regular, Ruim, Muito Ruim ou Péssimo, baseado na estrutura desta comunidade (Quadro 6.3).

Quadro 6.3 – Classificações de qualidade pelo Índice da Comunidade Bentônica (ICB) em 2023.

	NOVA 00800	TIET 02050	TIET 02090	JNDI 00450	PEBA 00900	TIET 04160	PINH 04500	TIPI 04850	TIBB 02900	TIBI 02900	BBRA 02700	BMAR 02800	TITR 02100
ICB _{RIO}		4	2			6	5						
ICB _{RES-SL}											3	2	
ICB _{RES-PR}								6					
ICB _{RES-PP}	5			4	5				4	3	5	6	3
qualidade	ótima	boa	regular	ruim	muito ruim	péssima							
cores	1	2	3	4	5	6							

Esse índice é adaptado para aplicação em diferentes tipos de habitats: ICB_{RES-SL} - ICB para região subltoral, voltada para a avaliação da qualidade ecológica da massa de água; ICB_{RES-PR} e ICB_{RES-PP} - ICB para região profunda rasa ou profunda, respectivamente, dependendo da profundidade do local de amostragem, para a avaliação da qualidade dos sedimentos e ICB_{RIO} para rios. Mais detalhes acerca da composição do índice e de seu cálculo podem ser obtidos no Apêndice D deste relatório.

Três ambientes foram classificados como **Péssimos** (Quadro 6.3), pois não apresentaram condição para o estabelecimento de populações bentônicas, o Rio Tietê, no município de São Paulo, e as regiões mais profundas dos reservatórios Pirapora e Água Vermelha, este último repetindo o diagnóstico do ano anterior. As baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água de fundo nestes ambientes, inferiores ou próximas do limite de quantificação (0,21 mg/L), já seriam suficientes para a explicação destes resultados, mas outros fatores, como a presença de contaminantes químicos biodisponíveis também devem ter atuado negativamente sobre suas populações bentônicas.

A região mais profunda do braço do Ribeirão Santa Bárbara no Reservatório Nova Avanhandava que, em 2022, também havia sido azóica (Péssimo), apresentou apenas um organismo de sensibilidade intermediária, sendo diagnosticado em 2023 como **Muito Ruim** (Quadro 6.3). Essa mesma classificação foi obtida nas regiões mais profundas dos reservatórios Ponte Nova e Taiaçupeba e no Rio Pinheiros, próximo à Usina São Paulo. As comunidades bentônicas dos três ambientes foram dominadas por organismos tolerantes (Figura 6.10), com baixa riqueza total e densidades reduzidas (Gráfico 6.9), aquém do que seria esperado em ambientes de boa qualidade (região profunda de reservatórios – $DT \geq 7.066 \text{ ind.m}^{-2}$ e $S \geq 22$; rios – $DT \geq 59.155 \text{ ind.m}^{-2}$ e $S \geq 33$, em Kuhlmann, 2022).

O Rio Pinheiros registrou presença de esgoto doméstico e, assim como a região profunda do Reservatório Nova Avanhandava, apresentou baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água de fundo ($<0,21 \text{ mg/L}$), limitante para o desenvolvimento de suas biotas. Além disso, assim como nas regiões profundas dos reservatórios Ponte Nova e Taiaçupeba, a presença de contaminantes químicos biodisponíveis pode estar restringindo a colonização destes ambientes.

A biota do Rio Tietê, junto à ETA de Biritiba Mirim (TIET 02050) e as regiões profundas dos reservatórios Jundiá e Barra Bonita mostraram qualidade ecológica **Ruim** (Quadro 6.3), com comunidades também

dominadas por formas tolerantes (Figura 6.10), mas com riquezas totais e densidades mais elevadas do que os locais anteriormente mencionados (Gráfico 6.9), mesmo que, na maioria dos casos, ainda inferiores ao esperado para esses ambientes caso tivessem condições preservadas. Nestes locais não foi observada hipóxia.

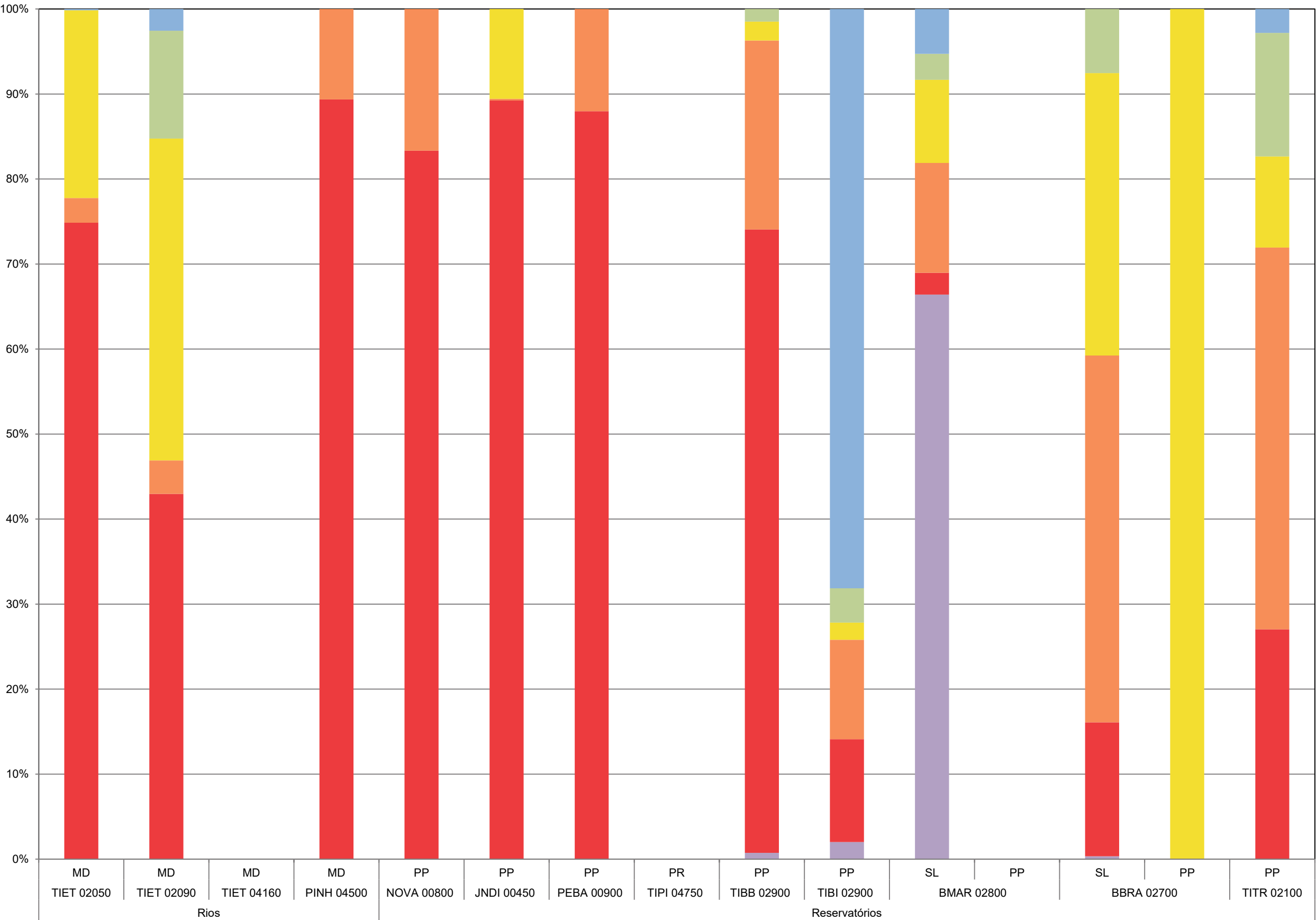
As regiões mais profundas dos reservatórios de Ibitinga e Três Irmãos, que apresentaram baixas concentrações de oxigênio dissolvido em suas águas próximas ao fundo, e a região sublitoral do Reservatório Nova Avanhandava, apresentaram condição **Regular** (Quadro 6.3), com comunidades sem dominância por formas tolerantes (Figura 6.10), mas com densidades e riquezas com valores intermediários quando comparadas ao esperado para ambientes preservados (Gráfico 6.9) (Kuhlmann, 2022).

O Rio Tietê, junto à captação de Mogi das Cruzes (TIET 02090), e a região sublitoral do Reservatório Água Vermelha obtiveram o melhor diagnóstico de 2023, tendo sido classificados com qualidade ecológica **Boa** (Quadro 6.3). Suas comunidades também não apresentaram dominância por tolerantes (Figura 6.10) e suas riquezas totais e densidades se aproximam mais daquelas esperadas em ambientes preservados (Gráfico 6.9). No entanto, deve ser ressaltado que no Reservatório Água Vermelha a comunidade bentônica apresentou dominância por uma espécie exótica invasora, o hidrozoário *Cordylophora caspia* (Figura 6.11), o que pode comprometer futuramente o diagnóstico obtido, uma vez que há risco de perdas mais acentuadas na diversidade, considerando essa alteração na estrutura natural da comunidade.

O diagnóstico para a região profunda dos reservatórios Ponte Nova e Taiaçupeba piorou em relação aos obtidos em anos anteriores (CETESB, 2015, 2017, 2019 e 2023), mas em um período de dez anos, nunca exibiram qualidade ecológica superior a **Regular**, mostrando haver alguma condição limitante, associada aos seus sedimentos, que não permite que a biota nesta região se desenvolva. O Rio Tietê, no trecho da ETA de Biritiba Mirim também exibiu piora em relação ao último diagnóstico (**Bom**, em 2015 – CETESB, 2016), quando apresentava maior riqueza e incluía, entre seus componentes, grupos sensíveis. Por outro lado, as comunidades das regiões mais profundas dos reservatórios Jundiá (CETESB, 2020) e Nova Avanhandava (CETESB, 2023) indicaram pequena melhoria nas condições ecológicas, mas não suficientes para o estabelecimento de uma fauna mais diversa e numerosa, já que alteraram o diagnóstico de **Muito Ruim** a **Ruim**, no primeiro caso, e de **Péssimo** para **Muito Ruim**, no segundo.

A investigação das comunidades da região sublitoral nos reservatórios Água Vermelha e Nova Avanhandava tiveram como objetivo compreender a qualidade geral destes ambientes, uma vez que em 2022 (CETESB, 2023) seus sedimentos não apresentaram condição para a colonização pelos organismos, atrelando-se estes resultados a eventos agudos de mortandades de peixes registrados em ambos os reservatórios em período que antecedeu as coletas. No entanto, os sedimentos da região profunda destes reservatórios voltaram a exibir má qualidade para a fauna bentônica, que no caso do Reservatório Nova Avanhandava pode estar também relacionada ao empobrecimento da fauna sublitoral.

Figura 6.10 – Estruturas das comunidades bentônicas em 2023



exóticas	
rio	res
<i>Cordylophora caspia</i>	<i>Limnodrilus</i>
<i>Corbicula fluminea</i>	<i>Chironomus</i>
<i>Limnoperna fortunei</i>	<i>Tanytus</i>
tolerantes	
rio	res
Tubificinae sqc	
Rhyacodrilinae sqc	
Naidinae	
Pristininae	
Chironomini	
Psychodidae	
semi-tolerantes	
rio	res
Glossiphoniidae	Glossiphoniidae
Physidae	Branchiura
Tubificinae cqç	Aulophorus
Rhyacodrilinae cqç	Dero
	Nais
	Pristina
	Opistocysta
	Saetheria
	Labrundinia
	Procladius
intermediários	
rio	res
BRYOZOA	Sphaeriidae
Dugesidae	Bothrioneurum
Sphaeriidae	Aulodrilus
Aelosomatidae	Allonais
Enchytraeidae	Stephensoniana
Opistocystidae	Aedokritus
Ceratopogonidae	Cladopelma
Tanytarsini	Goeldichironomus
Orthochadinae	Polypedilum
	Coelotanytus
semi-sensíveis	
rio	res
NEMERTEA	BRYOZOA
Ancylidae	Dugesidae
Planorbidae	NEMERTEA
Hyalellidae	Ancylidae
Tanytopodinae	Bratislavia
Hydroptilidae	Chaetogaster
	Slavina
	Hydracarina
	Ceratopogonidae
	Dicrotendipes
	Fissimentum
	Microchironomus
	Tanytarsini ni
	Caladomyia
	Tanytarsus
	Polymitarciidae
sensíveis	
rio	res
Hydracarina	Aelosomatidae
Coenagrionidae	Enchytraeidae
Libellulidae	Haemonais
Baetidae	Asheum
Caenidae	Polycenropodidae
Leptophlebiidae	

Gráfico 6.9 – Densidades médias com respectivos desvios padrão (ind.m^{-2}) e riquezas totais (S) das comunidades bentônicas investigadas em 2023

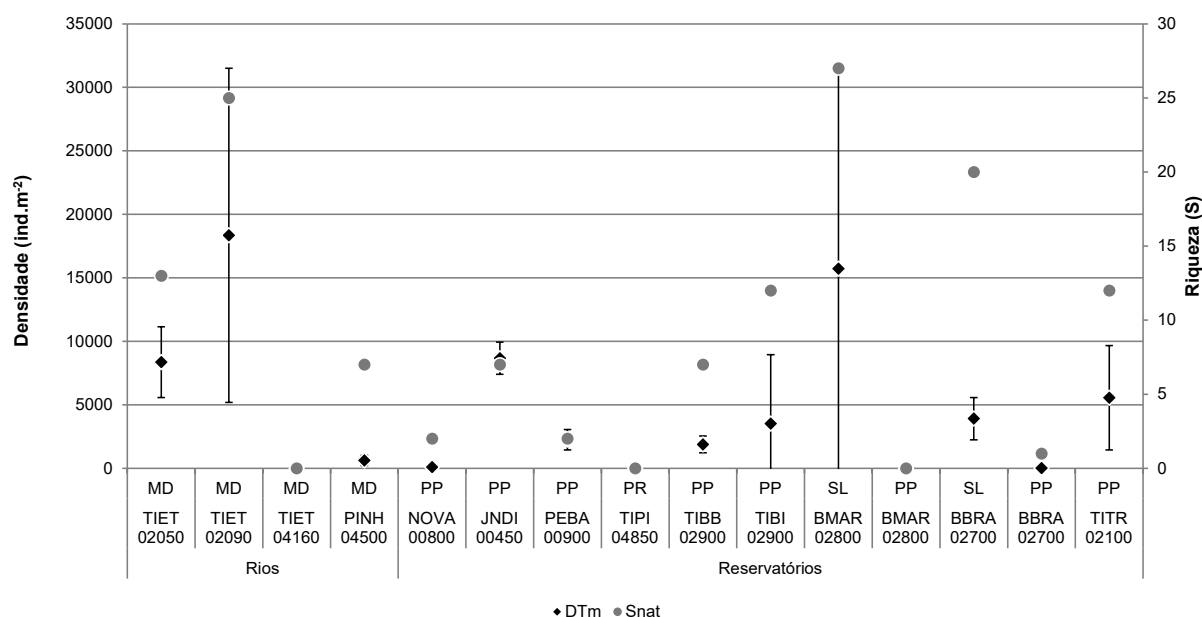
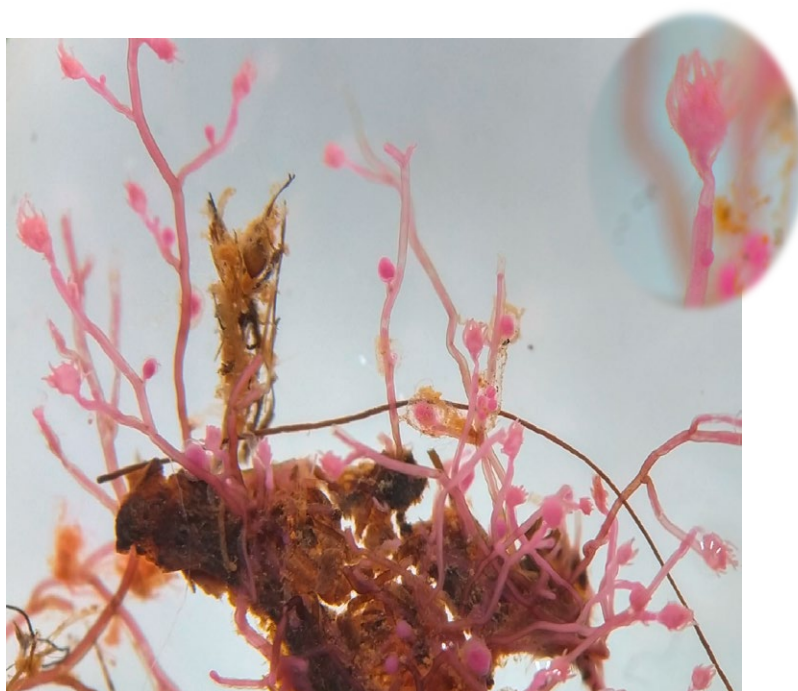


Figura 6.11 – O hidrozoário *Cordylophora caspia*, observado no Reservatório Água Vermelha



Por meio de uma analogia entre as classes de uso dos corpos de água e a classificação do ambiente com o emprego do ICB_{RIO} e do $\text{ICB}_{\text{RES-SL}}$, presume-se que para ambientes enquadrados nas classes Especial e 1 da Resolução Conama nº 357 (Brasil, 2005), a qualidade refletida pela comunidade de macroinvertebrados deveria ser **Ótima** ($\text{ICB}=1$), para a Classe 2, ser no mínimo **Boa** ($\text{ICB}=2$) e para a Classe 3, no mínimo **Regular** ($\text{ICB}=3$). Embora a Classe 4 não preveja um uso diretamente associado à preservação da biota aquática, a

harmonia paisagística dependerá, em parte, da manutenção de algumas funções importantes desempenhadas pelas populações de macroinvertebrados aquáticos, como a decomposição da matéria orgânica. Portanto, para ambientes da Classe 4, pode-se propor que a qualidade ecológica fosse no mínimo **Ruim** (ICB=4), já que pelo menos as populações mais tolerantes conseguiriam sobreviver e se adensar, mantendo algumas funções ambientais, mesmo que em taxas mais lentas. Já as classificações **Muito Ruim** (ICB=5) e **Péssima** (ICB=6) não seriam desejáveis, uma vez que sob estas condições nem mesmo as formas tolerantes conseguem desenvolver suas populações. Esta analogia não é aplicável para dados da região profunda (profunda ou rasa) de reservatórios, visto que esta é voltada para a avaliação da qualidade dos sedimentos e não da água, objeto da referida Resolução.

Com base no critério acima e no Quadro 6.4, verificou-se que, dos seis pontos avaliados, em duas localidades a classificação com base no ICB foi compatível com o enquadramento do corpo d'água (Rio Tietê, em Mogi das Cruzes e Reservatório Água Vermelha), ou seja qualidade **Boa** para Classe 2. O Reservatório Nova Avanhandava e o Rio Pinheiros, próximo à Usina da Traição, estiveram uma classe de qualidade aquém do que seria pretendido, enquanto o Rio Tietê, próximo à ETA de Biritiba Mirim, e na altura do Parque Ecológico do Tietê, estiveram a duas classes.

Quadro 6.4 – Qualidade ecológica dos corpos de água medida pelo ICB com relação ao seu enquadramento em 2023

Atende ao enquadramento	Não atende ao enquadramento
TIET 02090	BBRA 02700
BMAR 02800	PINH 04500
	TIET 02050
	TIET 04160

Legenda

compatível com o enquadramento
a uma classe do enquadramento
a duas classes do enquadramento

6.3.4 Espécies Exóticas Invasoras – E.E.I.

Entende-se por espécie exótica todo organismo presente em área diferente de sua distribuição natural. O principal vetor de disseminação de espécies exóticas é o homem, que pode fazê-lo de forma acidental ou intencional. Quando ocupa uma nova área a espécie, mediante seus hábitos generalistas, oferta de alimento e ausência de predadores naturais, pode se reproduzir em demasia, exercendo pressão por competição ou predação sobre as espécies nativas. Quando isso ocorre, a espécie recebe também a alcunha de invasora e é denominada, portanto, como exótica invasora. As espécies exóticas invasoras representam um dos principais fatores de perda de diversidade na natureza. Sua erradicação é praticamente impossível em ecossistemas aquáticos, sendo a prevenção da dispersão a melhor forma de gestão do problema. Qualquer forma de transporte fluvial e de transposição de águas entre bacias é potencial dispersor de espécies exóticas. Nesse sentido, é importante reduzir essas práticas ou adotar medidas mitigadoras, como a limpeza e desinfecção de embarcações que precisem transpor bacias hidrográficas.

Em 2023, três espécies exóticas foram registradas nas amostragens para análise da comunidade bentônica, *Cordylophora caspia* (Hydrozoa), *Corbicula fluminea* (Mollusca – Corbiculidae) e o mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* (Mollusca – Mytilidae). Embora tenha sido observada pela primeira vez na amostragem da rede de monitoramento da CETESB (região sublitoral do Reservatório Água Vermelha), a espécie *Cordylophora caspia* já apresenta cinco registros para o país, um dos quais para o estado de São Paulo, na foz do Rio Escuro, em Ubatuba (Latini *et al.*, 2016).

Originalmente de ambiente salobro (Mar Cáspio), foi provavelmente introduzida por água de lastro ou por incrustação em navios (Latini *et al.*, 2016). Sendo capaz de sobreviver a condições desfavoráveis e suportar grande variação de salinidade, dispersou-se para ambientes de água doce (Deserti *et al.*, 2023), onde tem provocado problemas econômicos similares aos do mexilhão dourado, incrustando-se em tubulações de tomada de água para abastecimento e para resfriamento das grandes hidrelétricas (Latini *et al.*, 2016). A espécie dominou (66%) a fauna bentônica da região sublitoral do Reservatório Água Vermelha, mostrando seu impacto sobre a estrutura desta comunidade.

Espécimes de mexilhão dourado foram amostrados em três localidades (reservatórios de Barra Bonita, Ibitinga e Água Vermelha), mas em baixas densidades, que não representaram mais do que 2% dos organismos presentes nas amostras. No entanto, com exceção de Água Vermelha, em que os espécimes foram obtidos na região sublitoral, mais suscetível à colonização pela espécie, que necessita de um substrato mais consolidado para se fixar, as outras observações foram realizadas em amostras obtidas na região mais profunda, de substrato mais mole. Além disso, embora não tenham ocorrido indivíduos desta espécie nas amostras dos reservatórios Nova Avanhandava e Três Irmãos, grumos de bisco e restos de conchas (Figura 6.12) evidenciaram sua presença nestes ambientes. Consequentemente, o mexilhão dourado foi a espécie exótica invasora mais amplamente distribuída entre os corpos de água investigados em 2023, com cinco ocorrências.

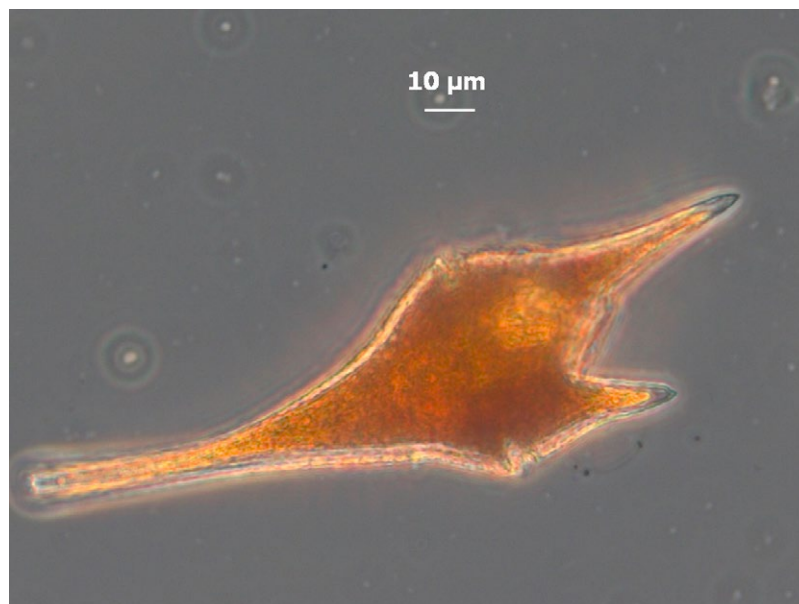
A espécie *Corbicula fluminea* só foi observada, em baixa densidade, na região sublitoral do Reservatório Nova Avanhandava.

Figura 6.12 – Biscos e restos de conchas do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*)



O dinoflagelado do gênero *Ceratium* (Figura 6.13), organismo planctônico 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).

Figura 6.13 – Dinoflagelado do gênero *Ceratium*



A evolução de sua detecção/quantificação no monitoramento da CETESB nos últimos 5 anos foi inserida no Quadro 6.5.

Quadro 6.5 – Número de pontos em que foram registrados e/ou quantificados organismos do gênero *Ceratium* de 2019 a 2023.

	2019	2020	2021	2022	2023
Quantidade de pontos (n) com registro de <i>Ceratium</i>	19	13	9	17	22
Total de pontos analisados	61	69	70	70	71

Como esse organismo é capaz de migrar na coluna d'água, e a amostragem é realizada na superfície, a ausência de registro na análise não significa que ele não esteja presente no local, apenas que não foi coletado.

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 de 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, 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.

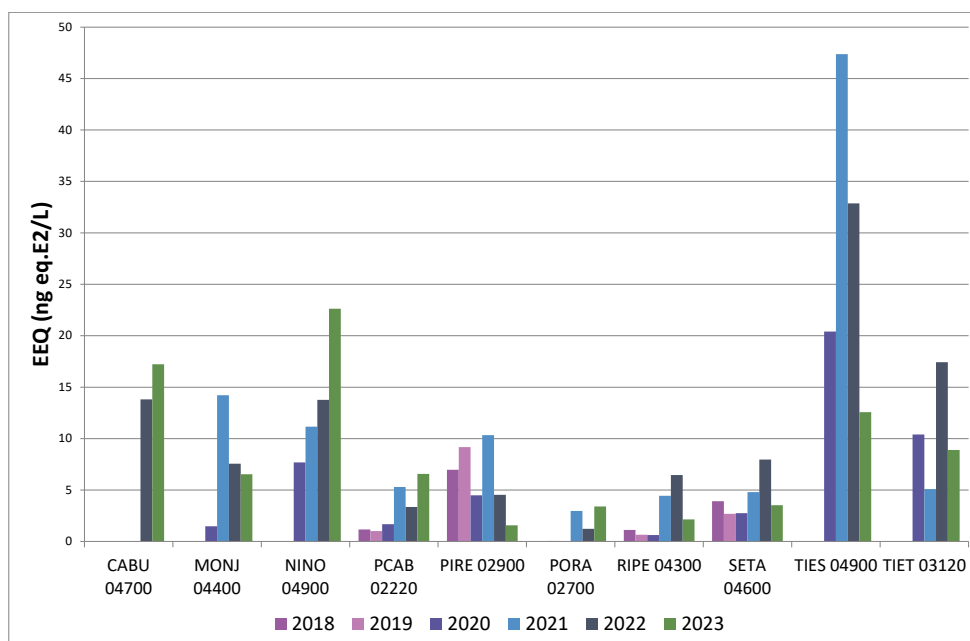
A CETESB utiliza o ensaio biológico BLYES (*Bioluminescent yeast screen*) para determinação de atividade estrogênica, avaliando a presença de uma classe de interferentes endócrinos, dos compostos capazes de ligarem-se ao receptor de estrógeno. O BLYES é um teste *in vitro* que utiliza uma linhagem da 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 (EEQ: equivalentes de estradiol ou ng equivalente a estradiol por litro) comparada a uma substância referência, no caso o hormônio natural 17-beta-estradiol.

Dentre os 18 locais avaliados em 2023, 8 apresentaram atividade estrogênica média anual menor que 1,0 EEQ, considerada atividade baixa. Esses locais e resultados estão na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Locais que apresentaram atividade estrogênica abaixo de 1,0 EEQ em 2023.

UGRHI	Ponto	Corpo de água	Atividade estrogênica média (EEQ)
5	JUNA 03500	Rio Jundiáí	0,49
6	TIET 02090	Rio Tietê	<0,10
8	BAGR 04950	Rib. dos Bagres	<0,10
9	ARAS 02900	Rio das Araras	0,15
9	MOGU 02450	Rio Mogi-Guaçu	<0,10
10	SOMI 02850	Rio Sorocamirim	<0,10
13	JCGU 03200	Rio Jacaré-Guaçu	0,21
13	JPEP 03600	Rio Jacaré-Pepira	<0,10

O Gráfico 6.10 apresenta a atividade estrogênica média dos 10 pontos avaliados em 2023 que apresentaram atividade média acima de 1,0 EEQ, comparada ao histórico, quando disponível.

Gráfico 6.10 – Atividade estrogênica média nos locais avaliados em 2023.

O Ribeirão dos Meninos (NINO 04900) apresentou a atividade estrogênica média mais elevada, 22,6 EEQ, apresentando piora crescente na série histórica avaliada para esse parâmetro. O ponto está localizado a jusante do lançamento do efluente tratado da ETE ABC.

Os pontos ARAS 02900 (Rio das Araras) e JUNA 03500 (antigo JUNA 03190 no Rio Jundiá) apresentaram melhora em 2023, apresentando atividade estrogênica baixa.

O Rio Tietê (TIET 03120), que em 2022 havia apresentado atividade estrogênica média elevada devido apenas a uma coleta com resultado anômalo, em 2023 apresentou atividade estrogênica em todas as amostragens.

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, um indicio de que o ensaio esteja detectando compostos oriundos de esgoto doméstico, como hormônios naturais ou sintéticos, nestes 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 destas substâncias na biota aquática nas últimas décadas, seus efeitos adversos ainda estão sendo elucidados.

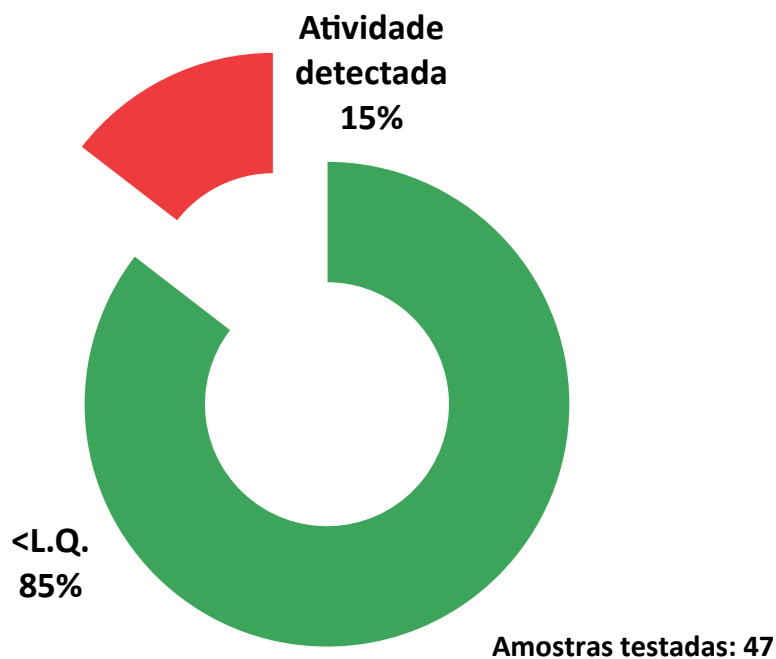
Os glicocorticoides são uma classe de corticoides, que são hormônios esteroides naturalmente produzidos pelo organismo (como o cortisol) ou seus compostos sintéticos. Devido a potente ação anti-inflamatória, os glicocorticoides são amplamente empregados como fármacos (cortisona, dexametasona, prednisolona, entre outros) em diversos quadros clínicos e doenças imunes como asma, artrite reumatóide, alergias, doenças de pele, além do uso veterinário. Após o uso, esses compostos atingem os corpos de 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 desta classe de compostos (agonistas capazes de se ligar ao receptor). Na 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.

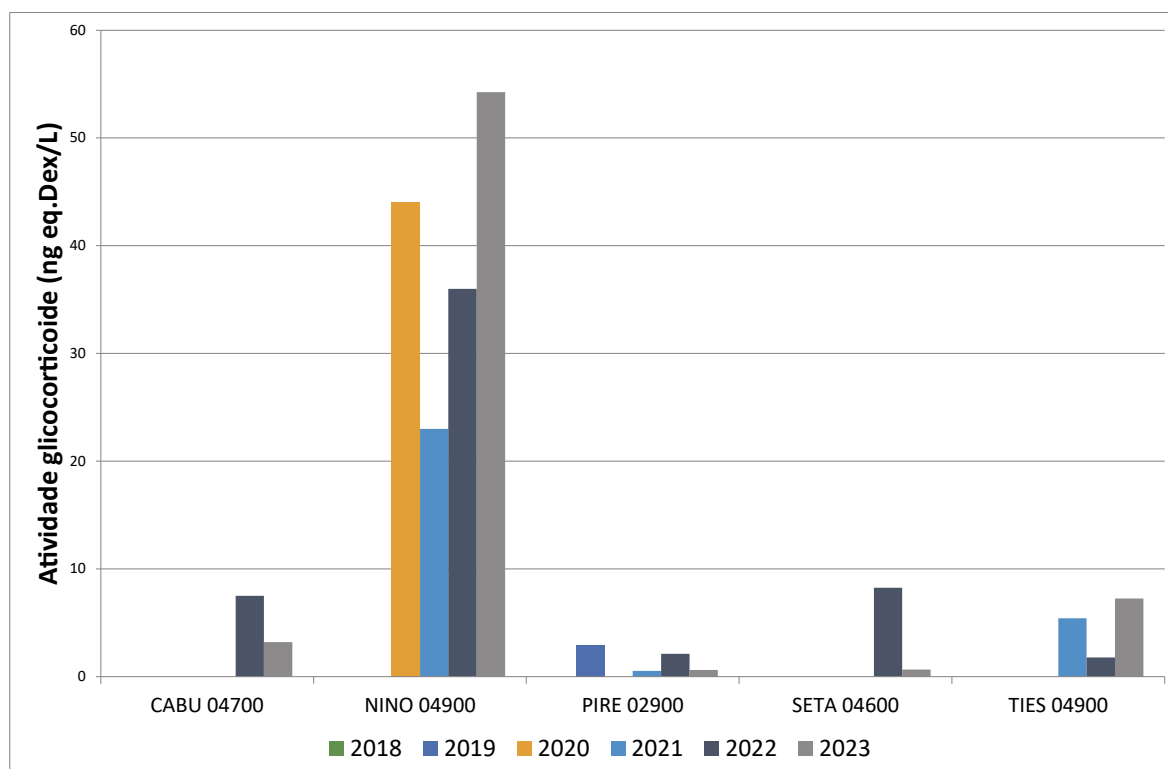
O monitoramento da atividade glicocorticoide foi iniciado em 2018, com o objetivo de avaliar captações para abastecimento público. Em 2023, além de captações (ACLA 00500, PCAB 02220, RCAB 00900) foram avaliados locais onde há monitoramento da presença de agrotóxicos (RICO 02600, SETA 04600) e locais a jusante de lançamento de esgoto *in natura* ou tratado (ARAS 02900, CABU 04700, JUNA 03500, NINO 04900, PIRE 02900, TIES 04900, TIET 03120).

O Gráfico 6.11 apresenta o percentual de amostras testadas em 2023 que apresentaram atividade glicocorticoide detectável no ensaio GR-CALUX.

Gráfico 6.11 – Percentual de amostras com atividade glicocorticoide detectada em 2023



Os pontos ACLA 00500, ARAS 02900, EMGU 00800, JUNA 03500, PCAB 02220, RCAB 00900, RICO 02600, TIET 03120 não apresentaram atividade glicocorticoide em nenhuma das campanhas de amostragem nesse ano. O Gráfico 6.12 apresenta a atividade glicocorticoide média dos locais que apresentaram atividade detectável nesse ano, comparados ao seu histórico, quando disponível.

Gráfico 6.12 – Atividade glicocorticoide média detectada em 2023

O ponto NINO 04900 (Ribeirão dos Meninos) apresentou atividade glicocorticoide detectável em todas as amostragens do ano. O ribeirão localiza-se na divisa dos municípios de São Paulo e São Caetano do Sul, sendo que esse ponto está a jusante do lançamento de efluentes tratados da estação de tratamento de esgotos (ETE) ABC. Apesar de detectável, a atividade encontra-se abaixo do limite de 150 ng eq. Dex/L sugerido por Escher e colaboradores (2015) baseado em efeito biológico. Os outros locais (CABU 04700, PIRE 02900, SETA 04600 e TIES 04900) apresentaram atividade glicocorticoide detectável em apenas uma amostra no ano de 2023, o que dificulta a interpretação sobre o ocorrido.

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, com o objetivo principal de acompanhar a disseminação do vírus ao longo do tempo e fornecer dados complementares para orientar ações de saúde pública no enfrentamento da pandemia. Essa atividade passou a integrar as atividades de vigilância ambiental de microrganismos patogênicos realizadas pela CETESB, desde a década de 1970, em parceria com o Centro de Vigilância Epidemiológica da Secretaria do Estado da Saúde de São Paulo (CVE-SES-SP) e a SABESP.

Embora o SARS-CoV-2 seja um vírus predominantemente respiratório, pode causar sintomas gastrointestinais como náuseas, dores abdominais, vômitos e diarreia (Moura *et al.*, 2022). Assim como ficou demonstrado que as pessoas infectadas eliminam o vírus não somente pela saliva e secreções nasofaríngeas, mas também pelas fezes, e em menor grau pela urina (Jeong *et al.*, 2020). Até o momento, não há evidências de transmissão fecal-oral ou hídrica de SARS-CoV-2 (Termansen e Frische, 2023), bem como SARS-CoV-2 infeccioso não foi isolado de águas residuais (Sherchan *et al.*, 2023).

A epidemiologia baseada na análise de esgoto (da sigla em inglês WBE – Wastewater Based Epidemiology) é utilizada principalmente como uma ferramenta de avaliação da tendência de casos ou como um sistema de alerta para a reintrodução 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).

Neste relatório serão apresentados os resultados do monitoramento de SARS-CoV-2 em rios da Bacia do Alto Tietê (BAT), em pontos estratégicos que permitem uma visão mais abrangente da circulação do SARS-CoV-2 na metrópole de São Paulo, incluindo as populações sem acesso aos serviços de coleta/tratamento de esgoto. Os dados do monitoramento ambiental de SARS-CoV-2 realizado pela CETESB estão disponíveis no site <https://cetesb.sp.gov.br/sars-cov-2/>.

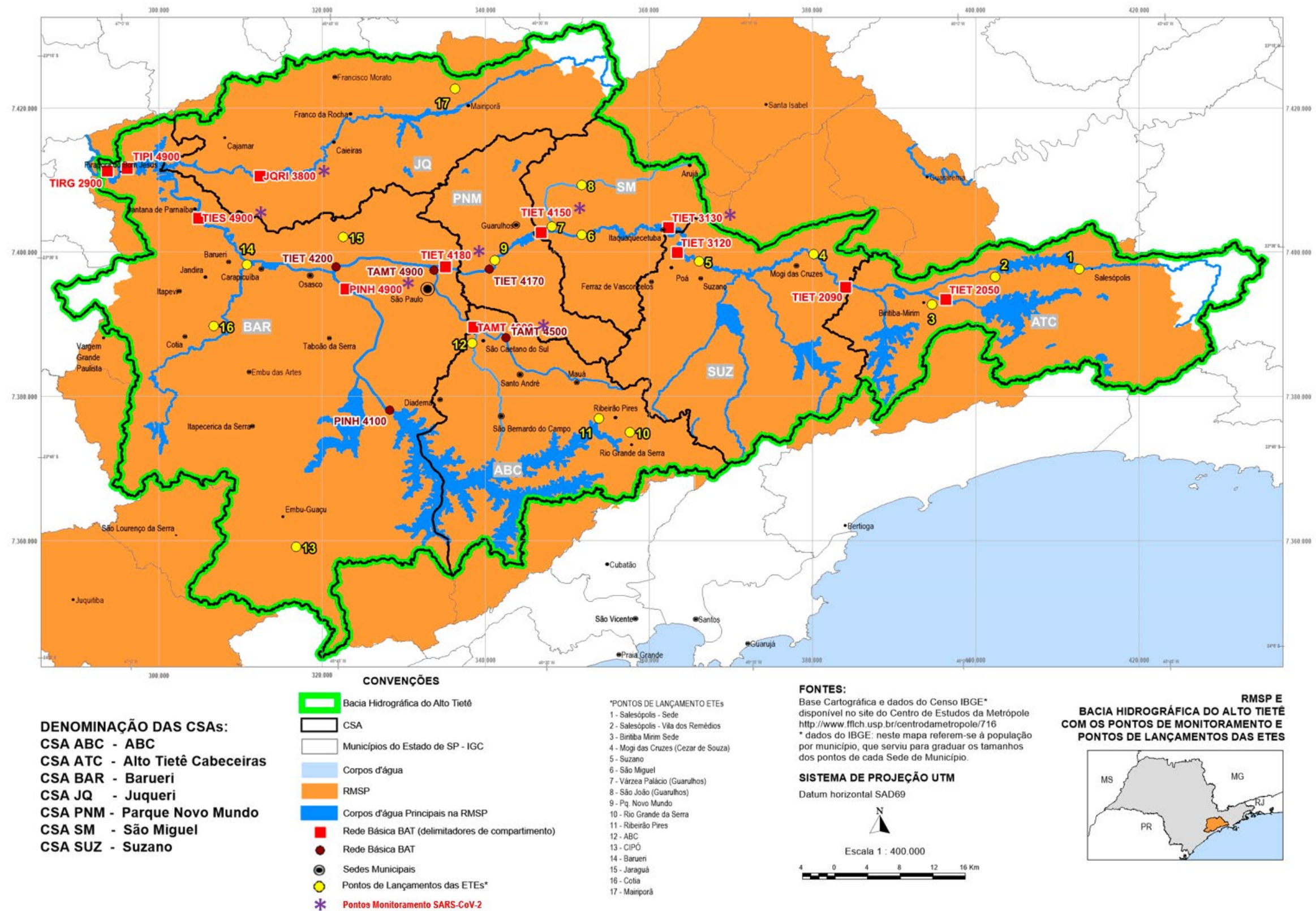
Foram monitorados 7 pontos em rios localizados na Bacia do Alto Tietê (BAT), representativos da contribuição das principais bacias de esgotamento sanitário da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (Figura 6.14). As amostragens foram realizadas com periodicidade quinzenal ou mensal. Esses pontos foram considerados pontos estratégicos de avaliação da qualidade das bacias de drenagem de esgoto da BAT e compõe as unidades territoriais denominadas Compartimentos Sanitários Ambientais (CSA). Os CSAs, definidos no estudo de Oliveira (2015), foram delimitados 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 compõe o Sistema Principal da SABESP; regiões não cobertas pelo Sistema Principal da SABESP, mas que contribuem para a drenagem de cargas poluidoras dentro da CSA; e Bacia do Juqueri (Tabela 6.4).

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 03130	Rio Tietê	Ponte na Estrada de Santa Isabel Itaquaquecetuba, SP	Suzano (CSA-SUZ)	Próximo ao exutório do CSA-SUZ e a jusante da ETE-SUZ	Ferraz de Vasconcelos, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Ribeirão Pires, Poá, Suzano
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 (CSA-BAR)	A jusante da ETE Barueri (exutório de SP e ponto de referência: impactos da BAT e da ETE Barueri)	Barueri, Carapicuíba, Cotia, Embu das Artes, Embu-Guaçu, Itapeverica da Serra, Itapevi, Jandira, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Santana de Parnaíba, São Paulo, Taboão da Serra
PINH 04900	Rio Pinheiros	Na estrutura do Retiro, próximo a sua foz no Rio Tietê - São Paulo, SP			
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 (CSA-JQ)	No terço final bacia do Juqueri	Caieiras, Cajamar, Francisco Morato, Franco da Rocha, Mairiporã, São Paulo

Fonte: modificado de Oliveira (2015)

Figura 6.14 – Compartimentos Sanitários Ambientais (CSA) da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

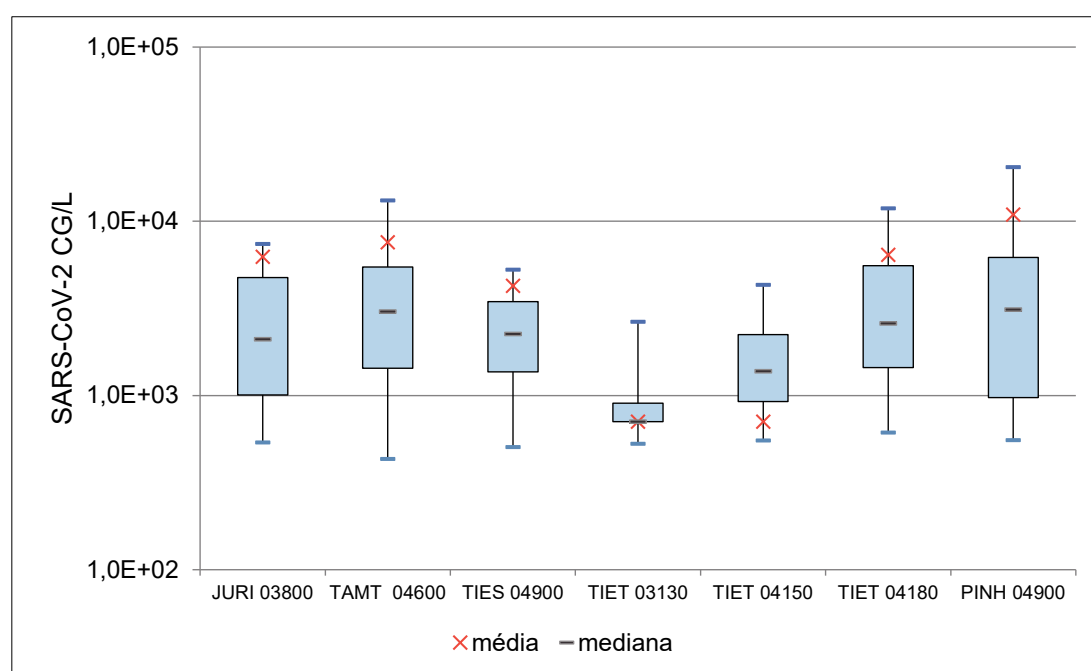


Fonte: modificado Oliveira (2015)

As amostras foram concentradas pela técnica de ultrafiltração (Medema *et al.*, 2020), o RNA viral foi extraído com kit comercial (Allprep DNA/RNA, QIAGEN) 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 e não possibilita diferenciar se o vírus detectado está viável e infeccioso, ou seja, capaz de causar uma infecção.

No ano de 2023, a taxa de positividade das amostras apresentou redução em todos os pontos avaliados, quando comparada aos anos anteriores de 2020 a 2022, sendo registradas as menores concentrações médias anuais desde o início do monitoramento ambiental de SARS-CoV-2 (Gráfico 6.13). A maioria dos resultados apresentou concentrações na ordem de 10^3 CG/L e valores acima de 1×10^4 CG/L foram observados somente nos períodos dos meses de março e maio que coincidiram com os picos de casos no ano de 2023 e nos meses de agosto e outubro.

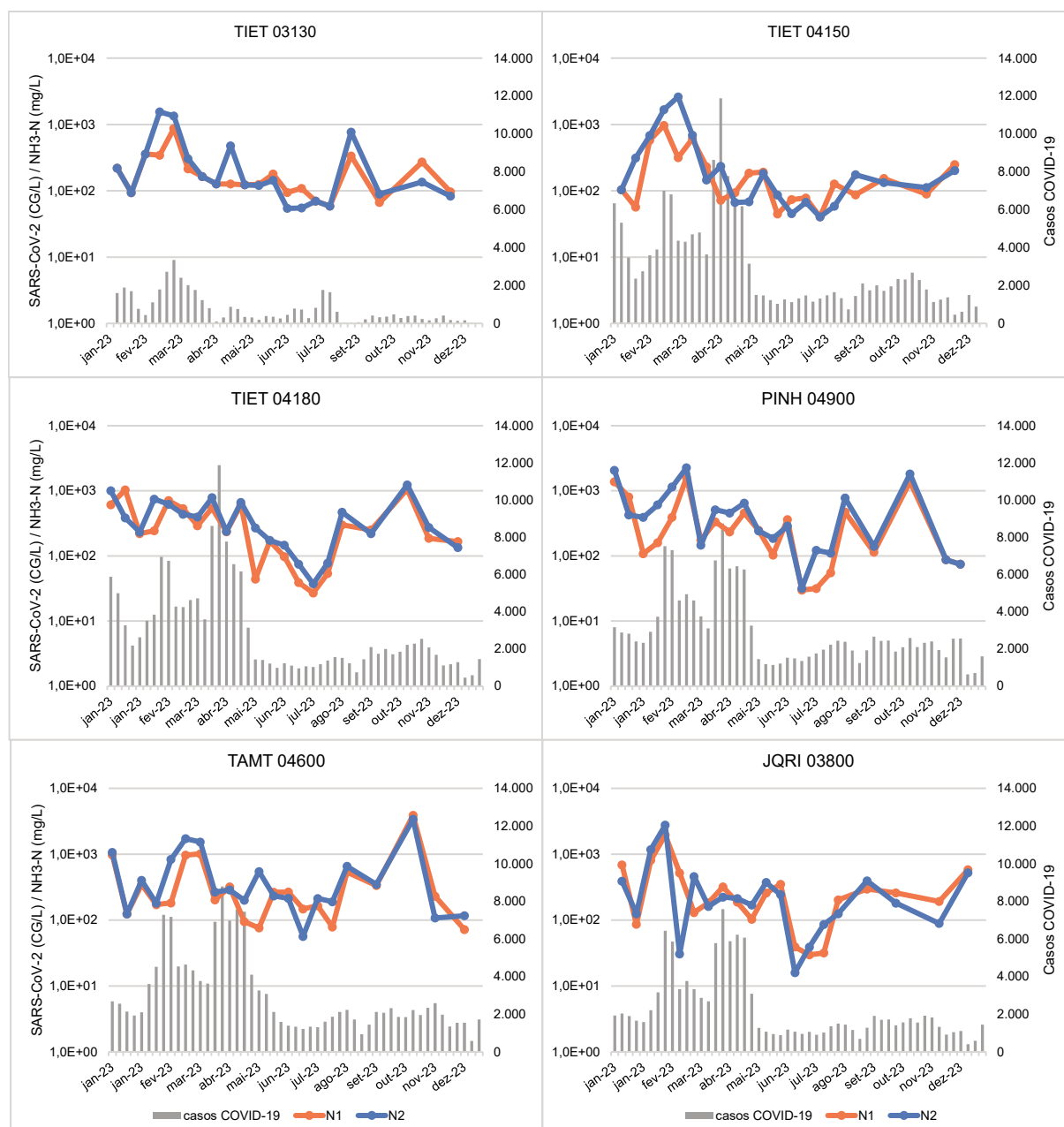
Gráfico 6.13 – Boxplot das concentrações de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê no ano de 2023



No Gráfico 6.14 as concentrações de SARS-CoV-2 normalizadas pelas concentrações de nitrogênio amoniacal (cópias genômicas de N1 e N2 SARS-CoV-2/L / mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$) observadas nos rios ao longo do ano de 2023 são apresentadas frente aos números de casos novos de COVID-19 (soma de 15 dias posteriores a data de coleta). A normalização dos valores de concentrações de SARS-CoV-2 é importante para amenizar efeitos de fatores como diluição causada principalmente pela chuva ou variação da população responsável pela contribuição de esgoto lançado nos rios. A análise comparativa de Spearman entre os dois indicadores revelou correlação estatisticamente significativa ($p < 0,05$) somente nos pontos PINH 04900 e TIET 04180, que junto com o TIES 04900, correspondem às maiores bacias de esgotamento, o que gera menor erro na estimativa do número de casos e das concentrações de SARS-CoV-2 nas amostras. Ressalta-se que em 2023, havia uma tendência decrescente dos óbitos por COVID-19, declínio nas hospitalizações e internações em unidades de terapia intensiva e altos níveis de imunização da população ao SARS-CoV-2. Esses fatores levaram a Organização Mundial da Saúde (OMS) a decretar o fim da Emergência em Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) da COVID-19 em 05 de maio de 2023 (OMS, 2023). Dessa forma, a COVID-19, foi considerada um problema de saúde estabelecido e contínuo, não constituindo mais uma emergência global (OMS, 2023). Esse cenário estava

em consonância com o perfil epidemiológico da COVID-19 no Brasil (BRASIL, 2023) de declínio significativo no número semanal de óbitos, hospitalizações e admissões em unidades de terapia intensiva relacionadas à COVID-19. Todos esses fatores também contribuíram para menor taxa de testagem e notificações da doença, o que dificulta ainda mais a comparação dos dados clínicos com os resultados de vigilância ambiental.

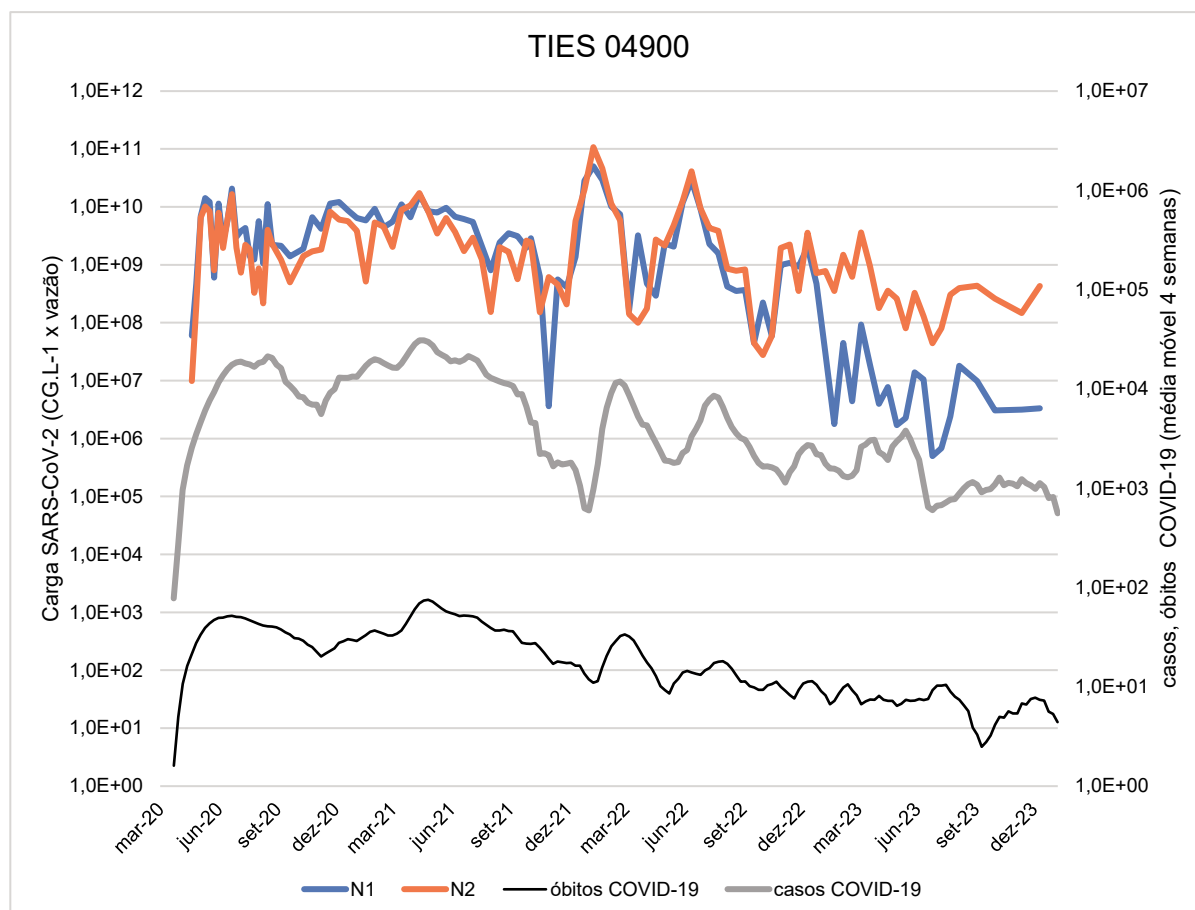
Gráfico 6.14 – Concentrações das regiões genômicas N1 e N2 de SARS-CoV-2 normalizadas pela concentração de $\text{NH}_3\text{-N}$ nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê e número de casos estimados de COVID-19 na população correspondente a cada CSA no ano de 2023 (Fonte casos clínicos: Fundação Seade - <https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/dados-abertos/>)



As cargas virais de SARS-CoV-2 (concentração viral multiplicada pela vazão média do dia) no ponto TIES04900, próximo à barragem Edgard de Souza, considerado como ponto de referência para os impactos da BAT e do CSA Barueri estão representados no Gráfico 6.15, juntamente com dados clínicos, pertencentes a população correspondente ao CSA, de casos confirmados de COVID-19 e óbitos por COVID-19 (média móvel de 4 semanas) durante os anos de 2020 a 2023.

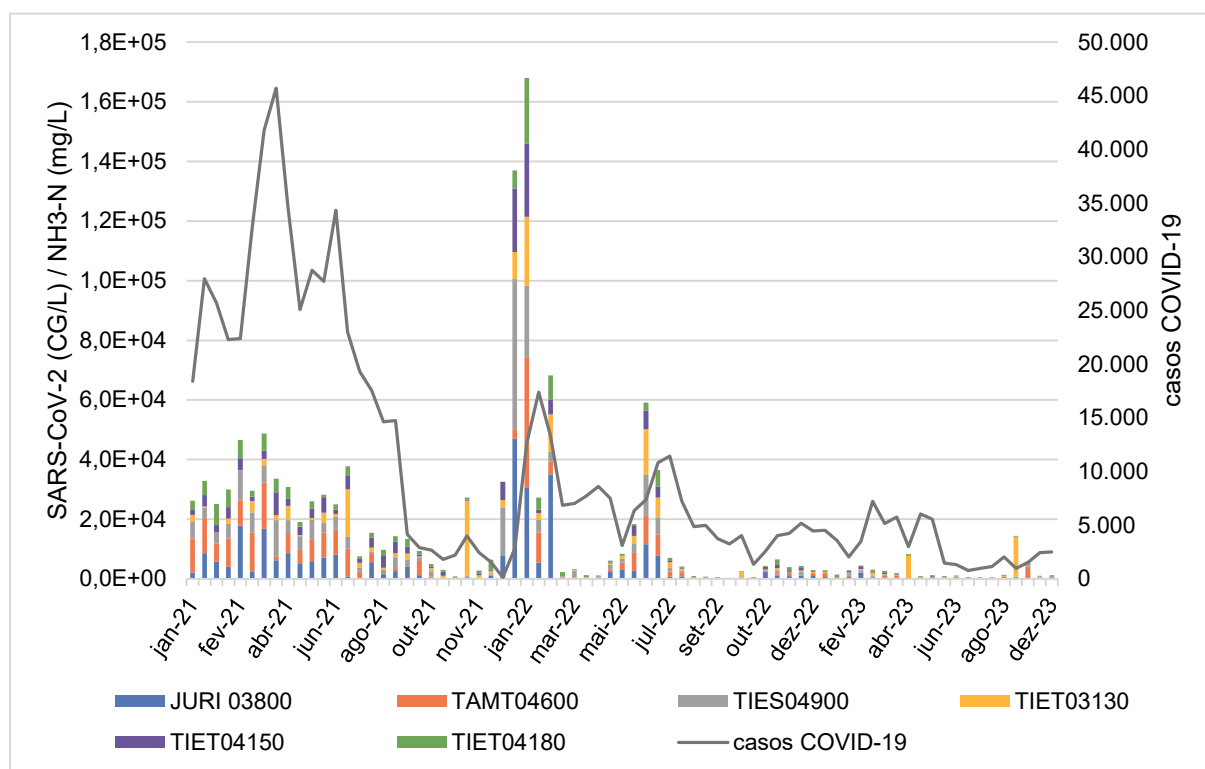
No gráfico, observa-se a grande amplitude dos resultados no último ano, com elevação das cargas virais nos meses de março, maio, agosto e outubro. As concentrações de SARS-CoV-2 nos rios antecederam as tendências de aumento e redução de casos, mas claramente o número de casos notificados em 2023 foi menor que nos anos anteriores, devido ao aumento da subnotificação ocasionada pela elevação dos casos leves e assintomáticos, resultado influenciado principalmente pelas altas taxas de vacinação

Gráfico 6.15 – Cargas virais de SARS-CoV-2 (concentrações de N1 e N2 x vazão média) no ponto TIES 04900 (Barragem Edgard de Souza) e número de casos novos e óbitos por COVID-19 nos municípios que compõe o CSA Barueri (Fonte casos clínicos: Fundação Seade - <https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/dados-abertos/>)



No Gráfico 6.16, as concentrações normalizadas de SARS-CoV-2 nos pontos avaliados são apresentadas juntamente com os números de casos novos de COVID-19 (soma de 15 dias posteriores à data de coleta) ao longo dos anos de 2021 a 2023. Analisando as concentrações normalizadas de SARS-CoV-2 nos três anos de estudo, pode-se observar que as variações temporais antecederam as tendências de aumento ou redução de casos de COVID-19. No entanto, as diferentes fases da pandemia geram grande variação nas taxas de testes clínicos (testes/1000 pessoas em 30 dias) e coberturas de testes (testes/casos confirmados) dificultando a identificação e notificação dos casos e a correlação entre os indicadores. Vale ressaltar que até o primeiro trimestre de 2023 mais de 96% da população com 5 anos ou mais do estado de São Paulo já havia se vacinado com pelo menos uma dose de vacina contra a COVID-19 (IBGE, 2024). Isso reduziu significativamente o número de casos graves e hospitalizações (<https://www.seade.gov.br/coronavirus/>) e aumentou a subnotificação devido ao elevado número de casos leves e assintomáticos.

Gráfico 6.16 – Concentrações normalizadas das regiões genômicas N1 de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da Bacia do Alto Tietê e número de casos novos (soma de 15 dias) de COVID-19 nos municípios da BAT (Fonte casos clínicos: Fundação Seade - <https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/dados-abertos/>)



Ao longo da pandemia, as curvas de concentração de SARS-CoV-2 no ambiente e dados clínicos da COVID-19 foram moldadas pelo conjunto de diversos fatores como medidas de contenção, taxa de isolamento, taxa de imunização e circulação de novas variantes, surgimento de novas variantes de preocupação (VOC, do inglês *Variant of Concern*) ou de interesse (VOI, do inglês *Variant of Interest*), que podem alterar o padrão da transmissão e morbimortalidade da COVID-19. Ressalta-se ainda que inúmeros fatores podem influenciar as concentrações de SARS-CoV-2 em águas residuárias como variações na carga de eliminação fecal, tamanho da população contribuinte de esgoto, tipo e frequência de amostragem, características físico-químicas das amostras (partículas sólidas, carga orgânica, tempo de viagem, vazão, pH e temperatura) (Bertels *et al.*, 2022). Todos esses fatores, além dos métodos de concentração e quantificação de SARS-CoV-2 podem interferir nos resultados e interpretações dos dados gerados.

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. Em 2023, as concentrações acompanharam as tendências de casos notificados de forma menos acentuada, em função do novo cenário epidemiológico no qual a COVID-19 passou a se comportar como uma doença endêmica de circulação contínua. Nesse contexto de redução dos indicadores da circulação da doença como testes diagnósticos e hospitalizações, a vigilância ambiental baseada nos esgotos se torna ainda mais relevante na identificação do aumento na incidência da COVID-19 e da circulação de novas variantes atuando como um sistema de alerta precoce a novos surtos e epidemias.

7 • Avaliação por corpo de água

A avaliação dos principais corpos hídricos do estado de São Paulo, em 2023, foi realizada por meio dos perfis longitudinais dos índices de qualidade de água, 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 2018 a 2022. Além disso, são discutidas as informações relativas à avaliação da comunidade fitoplanctônica, incluindo o Número de Células de Cianobactérias e presença de cianotoxinas. Para cianotoxinas, não existem padrões de qualidade para água bruta, sendo utilizados os limites estabelecidos para água tratada apenas de maneira comparativa. Aspectos relacionados à eutrofização também são discutidos nos principais reservatórios do estado.

O Índice de Qualidade de Água - IQA indica predominantemente o impacto do lançamento de esgotos domésticos no corpo de água, sendo possível identificar através dos gráficos, os trechos mais críticos desses rios e os municípios que mais contribuem para a piora da qualidade das águas. O Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática – IVA avalia a qualidade da água para preservação da fauna e flora, considerando fatores ecotoxicológicos, variáveis essenciais à vida e estado trófico. O Índice de Qualidade de Água para Fins de Abastecimento Público - IAP avalia a qualidade da água utilizada para consumo humano e o Índice de Estado Trófico - IET indica o estado trófico do trecho monitorado.

Os valores de 2023 estão representados em barras coloridas, de acordo com a classificação dada pela média anual do IQA, IVA, IAP e IET, 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.

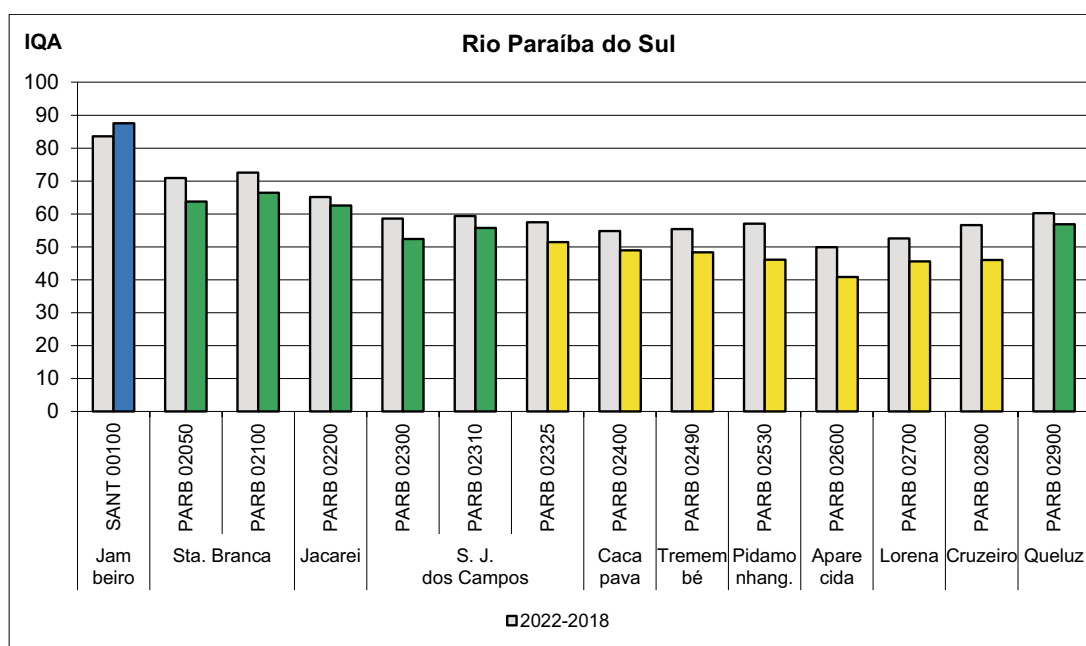
Para cada Estação Automática de Monitoramento da Qualidade das Águas, é apresentado um conjunto de gráficos com as médias horárias das variáveis de qualidade (Condutividade Elétrica, Oxigênio Dissolvido, pH, Temperatura da Água e Turbidez) e de quantidade (Nível de Água, Vazão e/ou Volume), quando disponível, juntamente com uma análise sucinta do comportamento dessas variáveis ao longo do ano de 2023.

A análise integrada entre os aspectos de qualidade e de quantidade (vazão) foi realizada em corpos hídricos onde existem postos fluviométricos próximos ou coincidentes com os pontos de qualidade e consta no [Apêndice O](#).

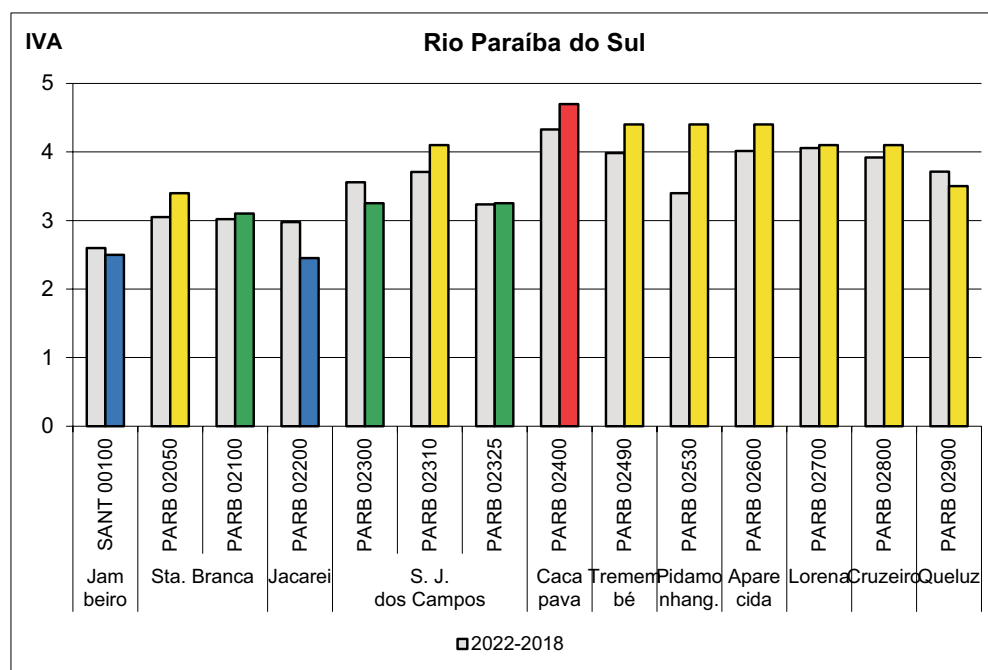
7.1 UGRHI 2 - Rio Paraíba do Sul

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 2023, a qualidade deste rio nos trechos avaliados foi ligeiramente inferior à média histórica de 2018 - 2022 com IQA classificado na categoria Ótima e Boa entre Jambeiro e o ponto PARB 02310 em São José dos Campos. A classificação Regular no trecho a jusante de São José dos Campos, foi influenciada por maiores concentrações de *E. coli* e Fósforo Total e baixas concentrações de Oxigênio Dissolvido obtidas nas campanhas de 2023.

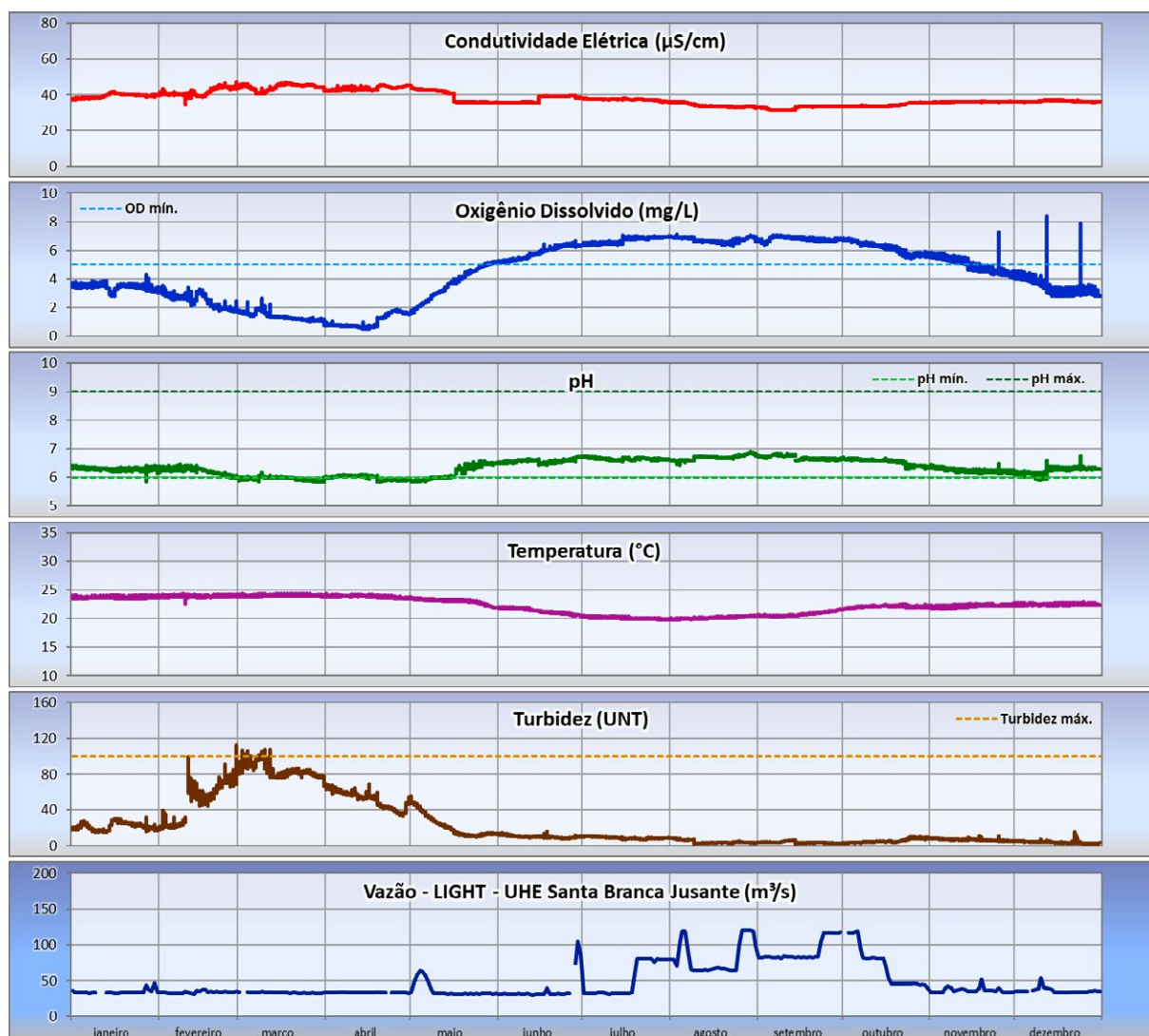
Gráfico 7.1 – Perfil do IQA ao longo do Rio Paraíba do Sul em 2023 e nos últimos 5 anos.

O perfil do IVA para o Rio Paraíba do Sul, para o ano 2023, manteve o mesmo comportamento do período histórico avaliado (Gráfico 7.2). A classificação Regular dos pontos PARB 02050, em Santa Branca, e PARB 02310, em São José dos Campos, sofreram influência do baixo nível de Oxigênio Dissolvido registrado ao longo do ano, com exceção das amostragens do mês de agosto. Enquanto o PARB 02400, em Caçapava, obteve a pior classificação do IVA (classificação Ruim) influenciada pelos baixos níveis de Oxigênio Dissolvido e toxicidade crônica aos organismos aquáticos. A jusante de Caçapava, todos os pontos de monitoramento foram classificados com IVA Regular, com ligeira piora em 2023 em relação à média histórica, principalmente no trecho entre Tremembé e Aparecida.

Gráfico 7.2 – Perfil do IVA ao longo do Rio Paraíba do Sul em 2023 e nos últimos 5 anos.

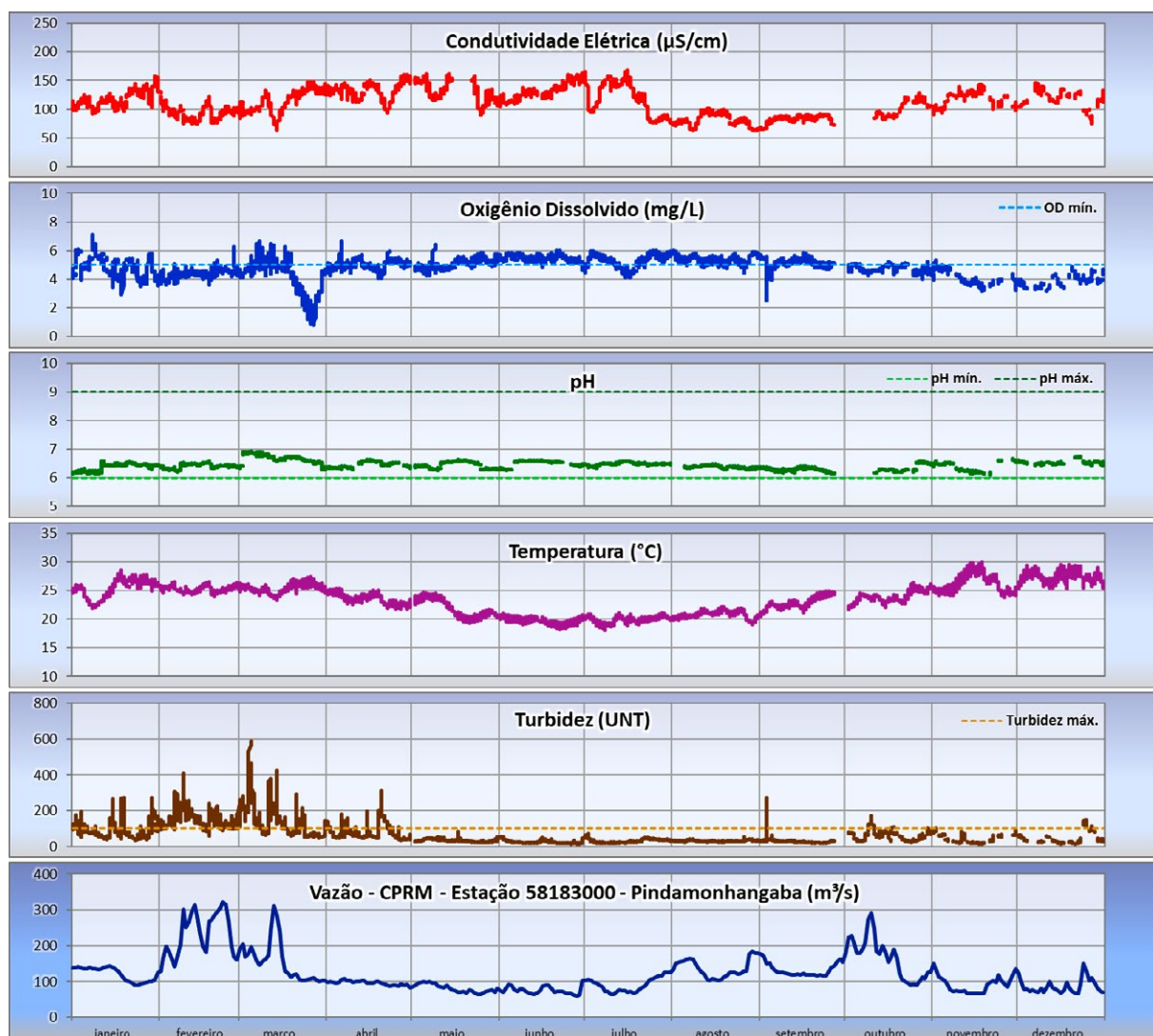
A Figura 7.1 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Santa Branca em 2023.

Figura 7.1 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Santa Branca de janeiro a dezembro de 2023.



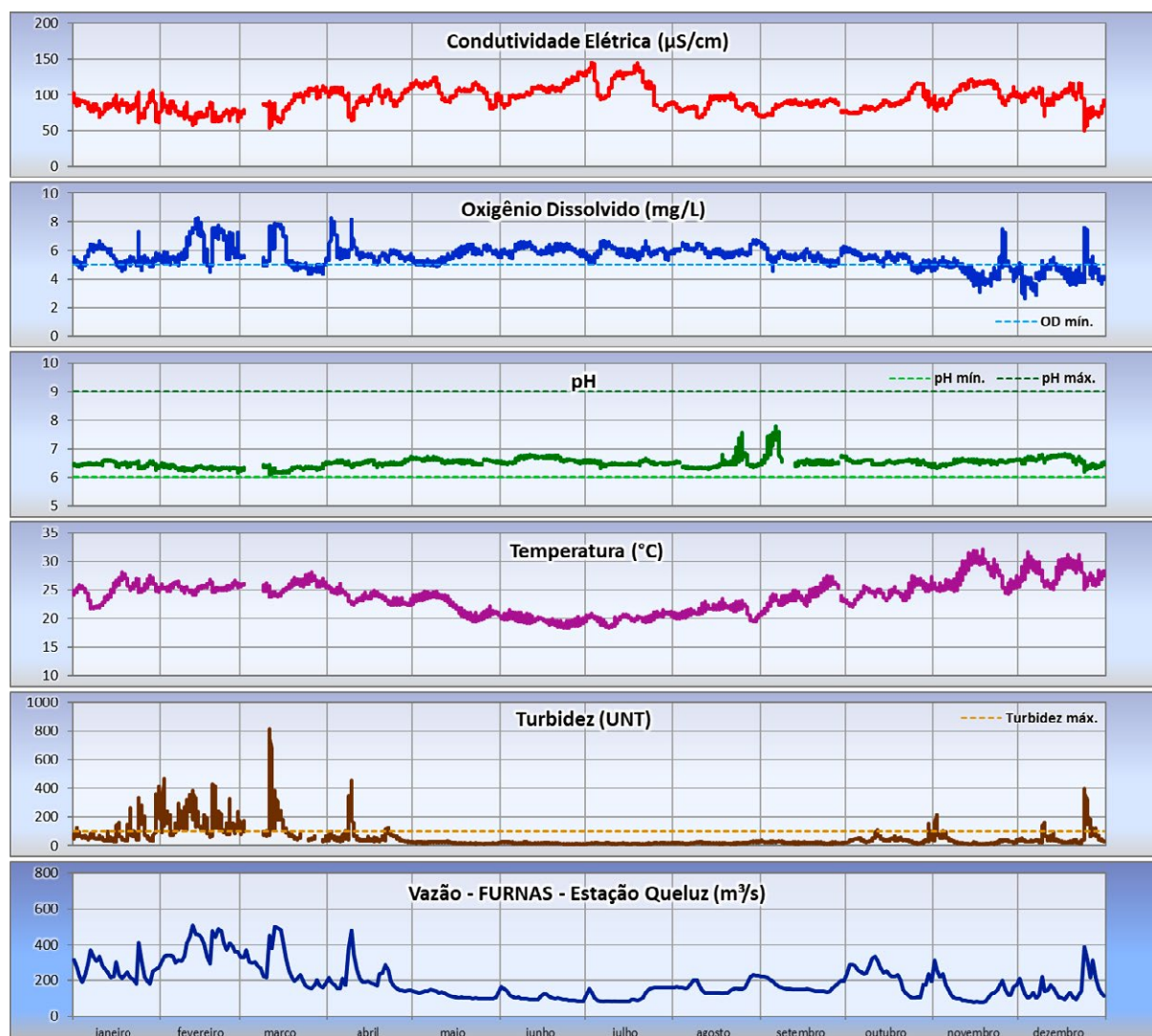
A Estação Automática Santa Branca monitora a qualidade das águas do Rio Paraíba do Sul no trecho imediatamente a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica de Santa Branca, ou seja, em sua cabeceira. Nesse ponto, onde a vazão é controlada pela Light, os baixos valores de Condutividade Elétrica e Turbidez demonstram que o curso de água é pouco impactado por cargas poluidoras. Em 2023, o Oxigênio Dissolvido atendeu o padrão de qualidade para rios Classe 2 em 47% do tempo. Os maiores valores de Oxigênio Dissolvido são observados entre os meses de junho e outubro, coincidindo com o aumento das descargas da barragem e, consequentemente, da vazão do rio. Os valores de pH e Turbidez atendem ao padrão de qualidade durante 87 e 99,6% do tempo, respectivamente.

A Figura 7.2 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Pindamonhangaba em 2023.

Figura 7.2 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Pindamonhangaba de janeiro a dezembro de 2023.

Implantada junto à captação de água da SABESP para tratamento na ETA Pindamonhangaba, a Estação Automática Pindamonhangaba monitora a qualidade das águas da porção central do Rio Paraíba do Sul no estado de São Paulo. Nesse trecho, o impacto das cargas poluidoras já pode ser observado nos valores de Condutividade Elétrica acima de 100 $\mu\text{S/cm}$. O Oxigênio Dissolvido atendeu o padrão de qualidade para rios Classe 2 em 49% do tempo. A Turbidez atendeu ao padrão de qualidade durante 81% do período monitorado, apesar dos picos acima de 200 UNT indicarem aporte de cargas difusas.

A Figura 7.3 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Queluz em 2023.

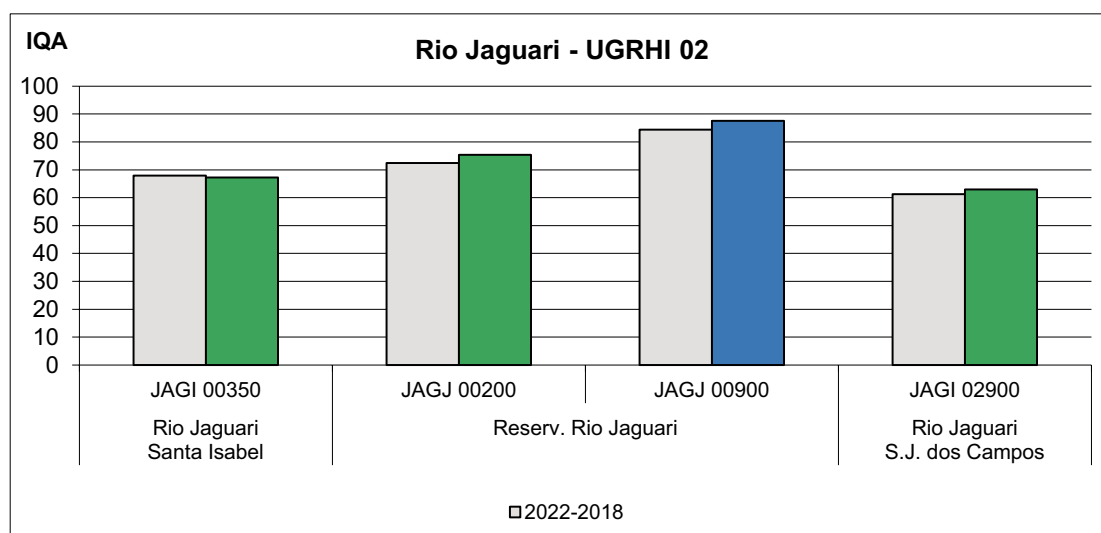
Figura 7.3 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Queluz de janeiro a dezembro de 2023.

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 atendem ao padrão de qualidade para rios Classe 2 em, respectivamente, 80 e 100% do tempo. A Condutividade Elétrica variou entre 50 e 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Apesar de atender o padrão em 87% do tempo, a Turbidez apresenta picos superiores a 400 UNT, coincidentes com os incrementos de vazão, indicativo de que a lixiviação do solo da bacia contribui para o aporte de cargas poluidoras difusas ao rio.

7.1.2 Rio Jaguari – UGRHI 2

O Gráfico 7.3 apresenta o perfil do IQA para o Rio Jaguari (montante e jusante do reservatório) e para pontos localizados no Reservatório Jaguari, objeto de transposição das águas para o Reservatório Atibainha na UGRHI 5. Em 2023, a qualidade da água apresentou classificação Boa a Ótima em todos os pontos, mantendo a qualidade observada nos últimos cinco anos.

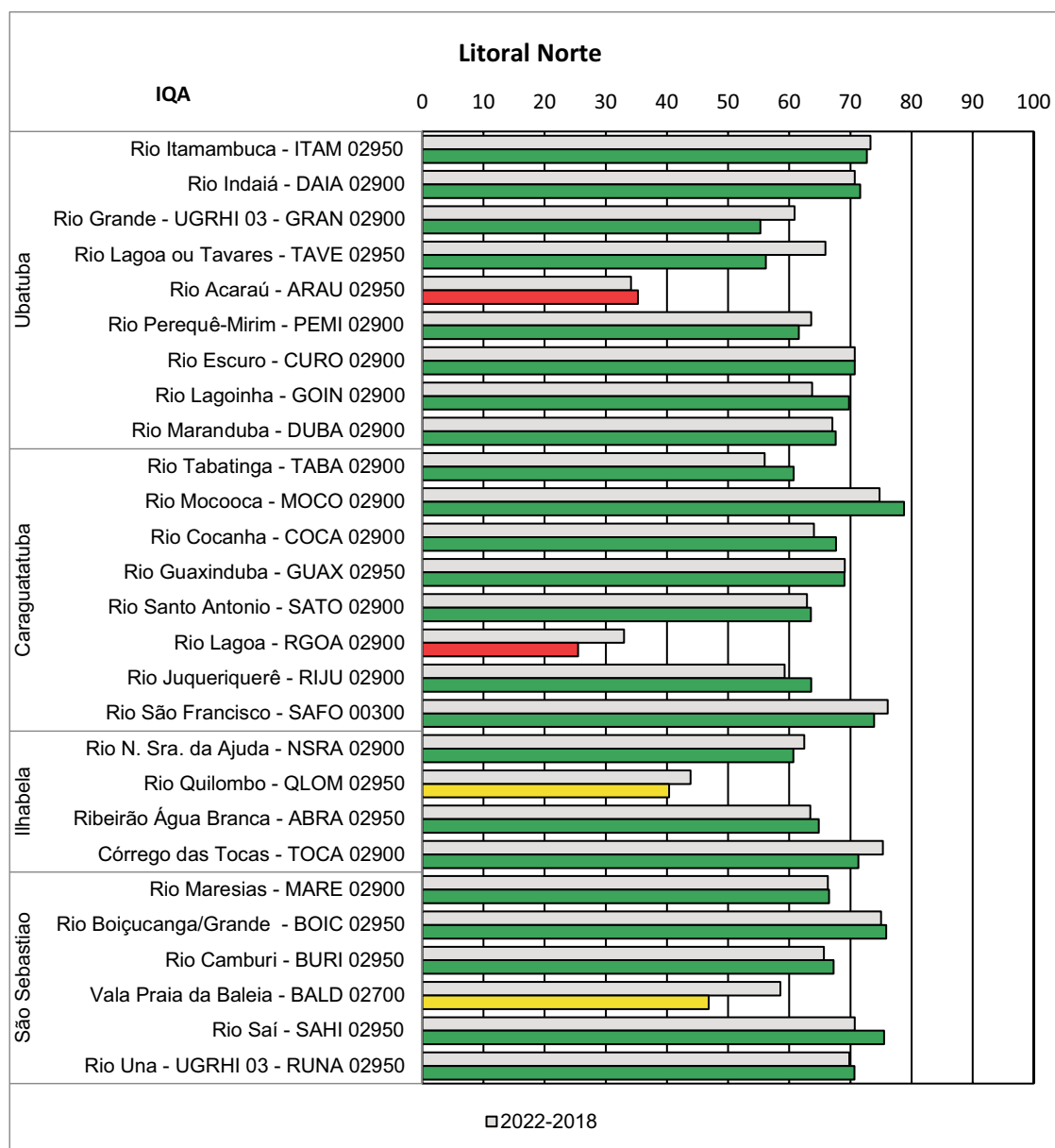
Gráfico 7.3 – Perfil do IQA ao longo do Rio Jaguari – UGRHI 2 em 2023 e nos últimos 5 anos.



7.2 UGRHI 3 – LITORAL NORTE

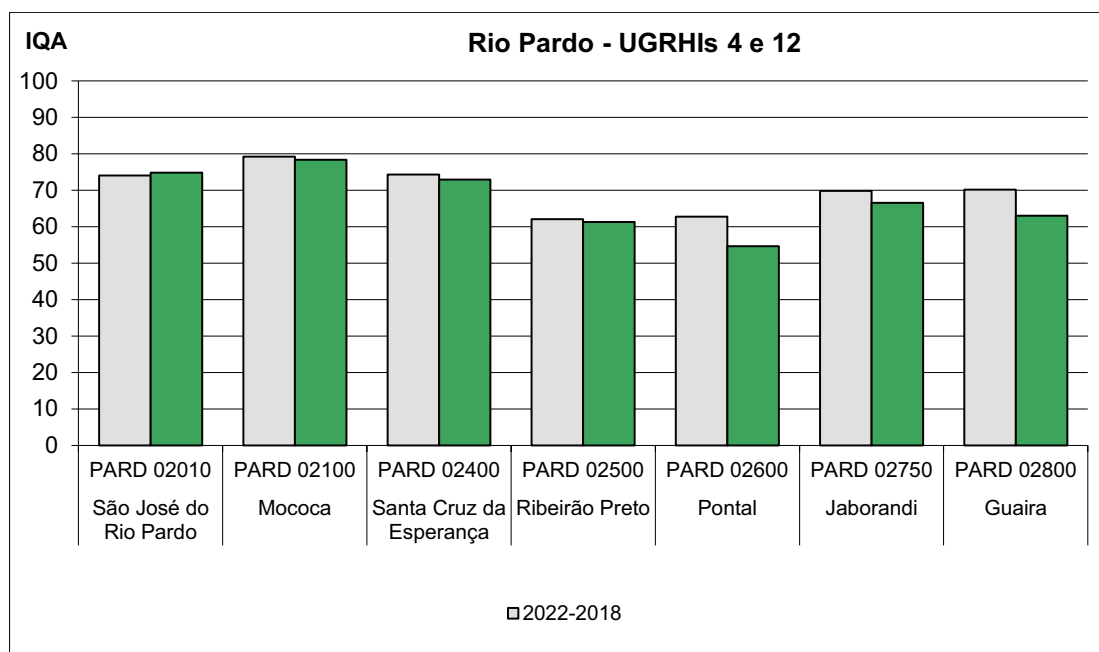
O Gráfico 7.4 apresenta o IQA dos corpos hídricos monitorados na UGRHI 3 - Litoral Norte em 2023 e nos últimos 5 anos. Dos 27 cursos de água monitorados que deságuam nas praias do Litoral Norte, apenas quatro não obtiveram qualidade Boa. São eles: Rio Acaraú, em Ubatuba, Rio Lagoa, em Caraguatatuba, Rio Quilombo, em Ilhabela e a Vala Praia da Baleia, em São Sebastião. O cenário de qualidade observado nos três primeiros pontos vem se mantendo desde 2018, enquanto a qualidade da Vala da Praia da Baleia passou de Boa para Regular. As Classificações Ruim e Regular do IQA foram influenciadas pela presença de variáveis associadas à presença de matéria orgânica (principalmente baixos níveis de OD e elevadas concentrações de Fósforo Total, COT e *E. coli*) oriunda do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento, inclusive de áreas irregularmente ocupadas.

A falta de rede de drenagem municipal associada a ocupações irregulares, além de lançamentos irregulares e o uso inadequado de fossas sépticas, representam os maiores problemas, em termos de qualidade das águas, para os municípios da UGRHI 3. Portanto, a universalização da coleta e tratamento de esgotos e soluções adequadas para o esgotamento sanitário das áreas irregulares são fundamentais para reverter esse quadro.

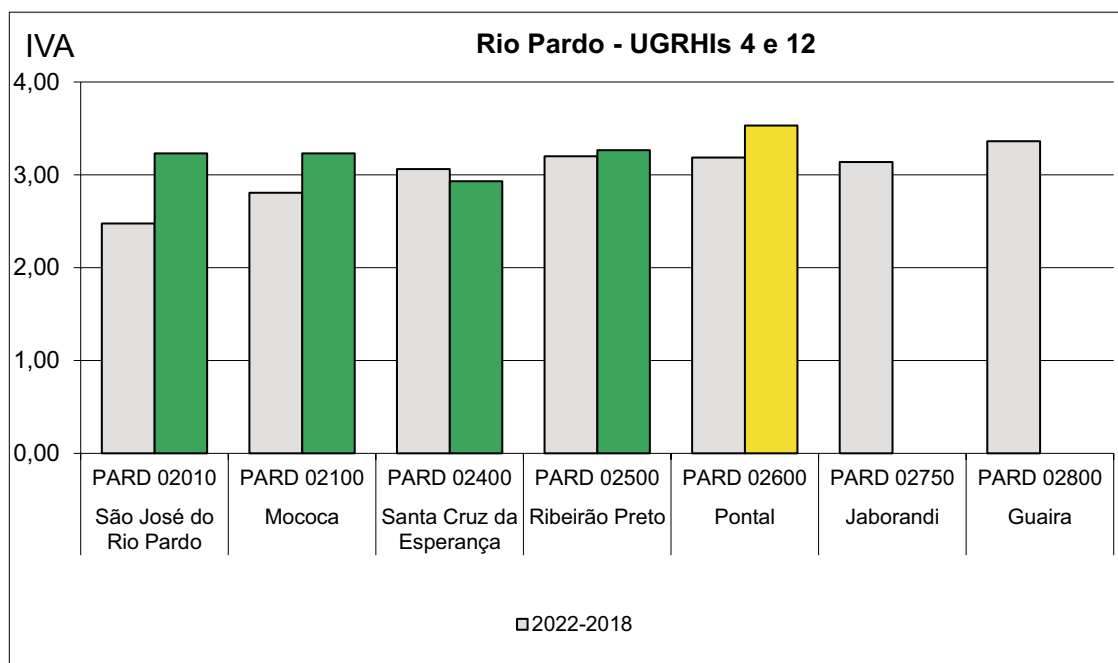
Gráfico 7.4 – Perfil do IQA ao longo dos cursos de água do Litoral Norte em 2023 e nos últimos 5 anos.

7.3 UGRHIs 4 e 12 – Rio Pardo

O Gráfico 7.5 apresenta o IQA para os pontos amostrados ao longo da calha do Rio Pardo em 2023 e nos últimos 5 anos. A qualidade das águas no Rio Pardo apresentou classificação Boa do IQA em 2023 e próxima da média histórica dos últimos cinco anos. Entretanto, nota-se ligeira piora dos resultados nos trechos entre Pontal e Guaira.

Gráfico 7.5 – Perfil do IQA ao longo do Rio Pardo – UGRHs 4 e 12 em 2023 e nos últimos 5 anos.

O Gráfico 7.6 apresenta o IVA para os pontos amostrados ao longo da calha do Rio Pardo em 2023 e nos últimos 5 anos. A classificação do IVA permaneceu Boa até Ribeirão Preto e, em Pontal, a classificação foi Regular, influenciada pelo estado Eutrófico.

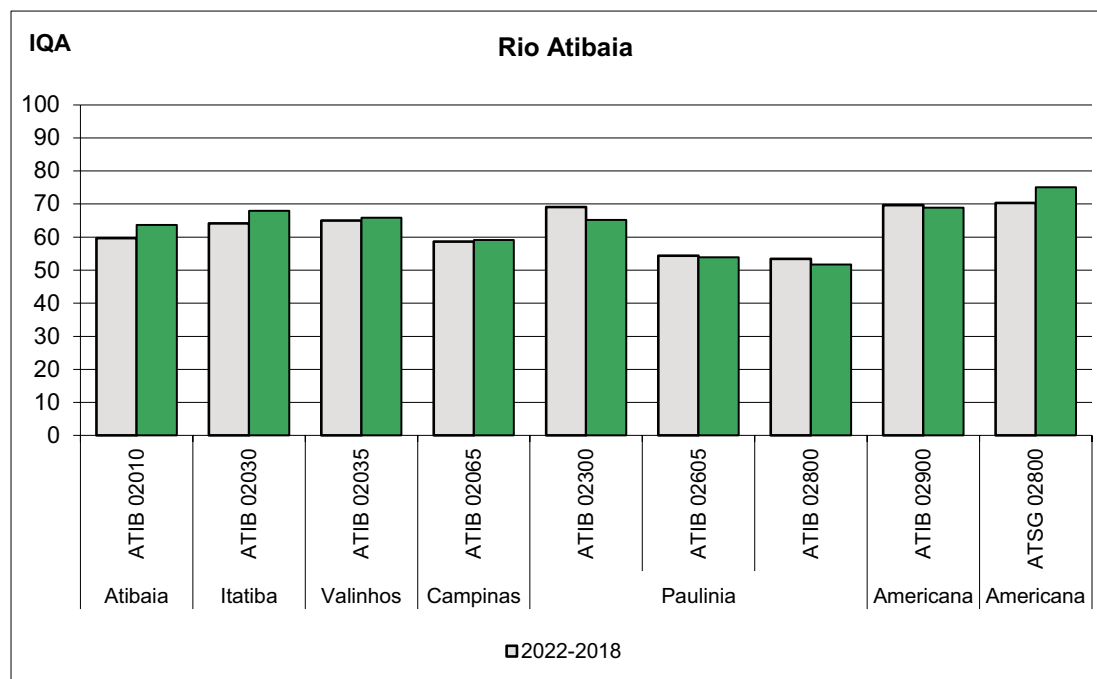
Gráfico 7.6 – Perfil do IVA ao longo do Rio Pardo – UGRHs 4 e 12 em 2023 e nos últimos 5 anos.

7.4 UGRHI 5 – PIRACICABA / CAPIVARI / JUNDIAI

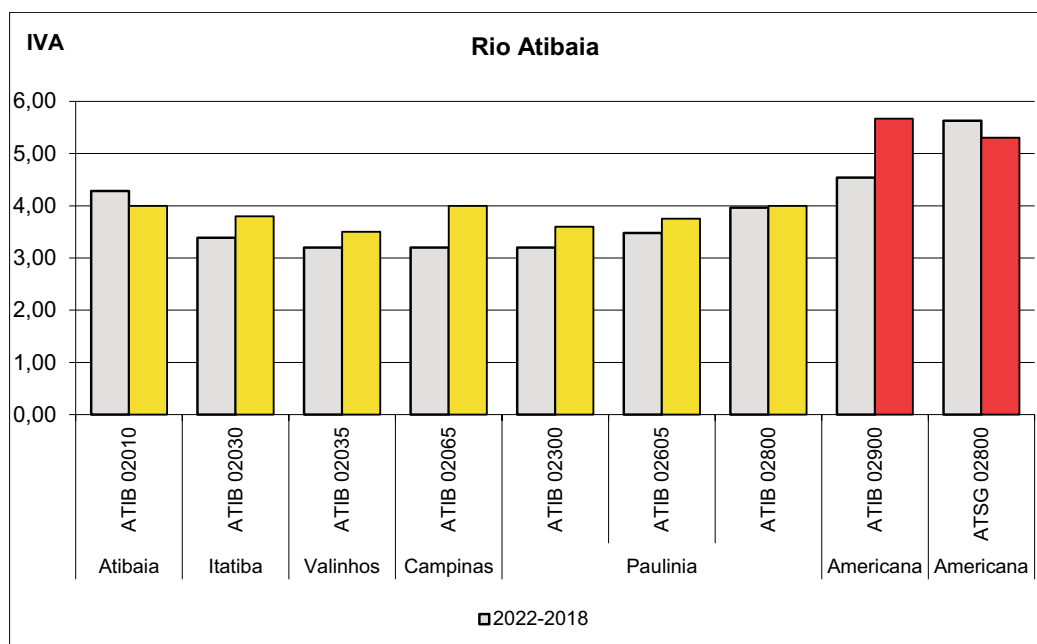
7.4.1 Rio Atibaia

O Rio Atibaia, em 2023, apresentou classificação na categoria Boa do IQA em toda a sua extensão, comportamento similar ao da média histórica (Gráfico 7.7).

Gráfico 7.7 – Perfil do IQA ao longo do Rio Atibaia em 2023 e nos últimos 5 anos.

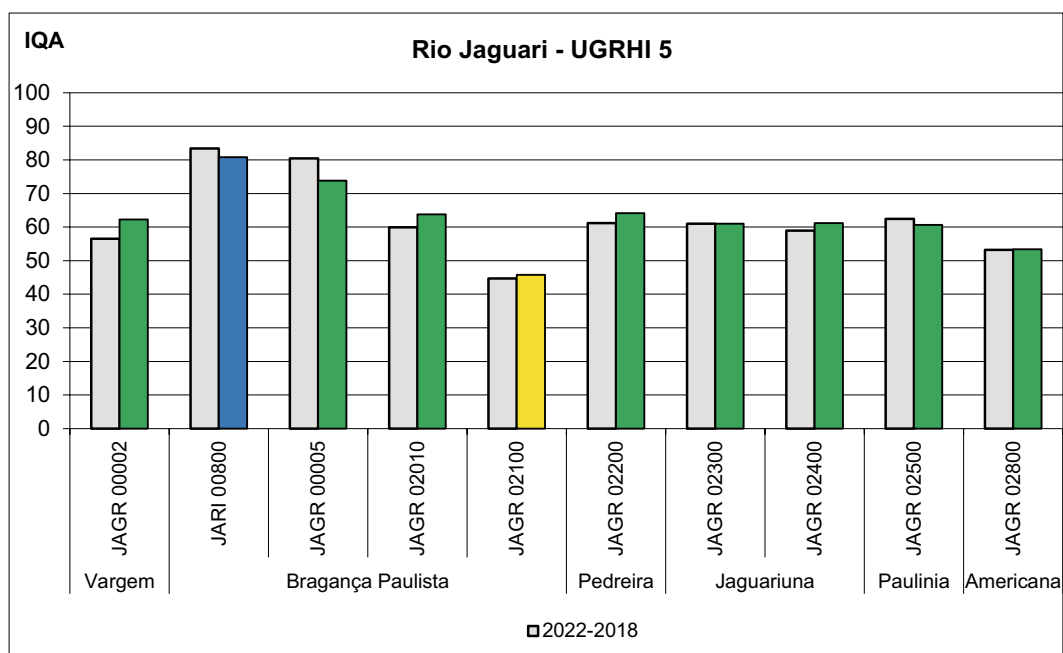


Em relação ao IVA (Gráfico 7.8), os pontos até Paulínia foram classificados na categoria Regular, em 2023, entretanto, nota-se ligeira piora em relação à média histórica, principalmente entre Valinhos e Paulínia. No trecho do rio em Americana, incluindo o Reservatório de Salto Grande, a classificação permaneceu Ruim, influenciada, principalmente, pelo estado de trofia (Eutrófico e Supereutrófico, respectivamente) ao longo do ano de 2023. Algumas ocorrências de toxicidade crônica aos organismos aquáticos também influenciaram as classificações do IVA ao longo do rio.

Gráfico 7.8 – Perfil do IVA ao longo do Rio Atibaia em 2023 e nos últimos 5 anos.

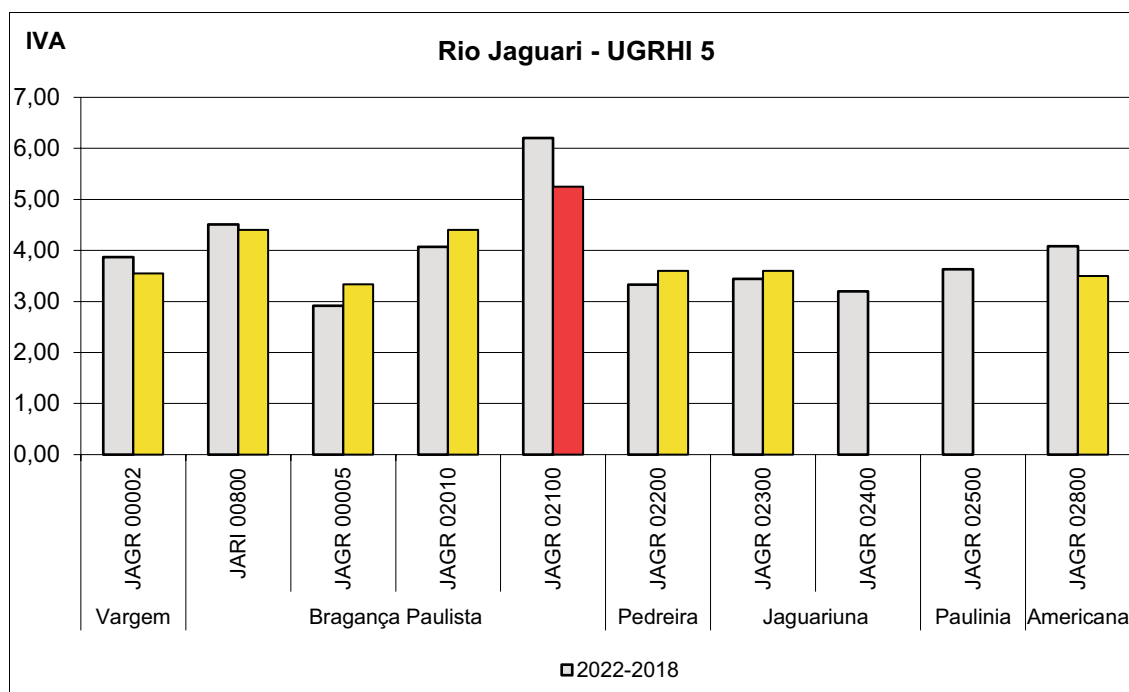
7.4.2 Rio Jaguari – UGRHI 5

Em 2023, o Rio Jaguari foi classificado na categoria Boa, com IQA próximo da média histórica em todos os trechos amostrados, com exceção no trecho a jusante de Bragança Paulista, com classificação Regular, influenciada por baixos níveis de OD e elevadas concentrações de *E. coli* nas campanhas realizadas nesse ano. Ressalta-se que esse ponto se localiza a jusante da confluência com o Ribeirão Lavapés, pertencente à Classe 4, com histórico de concentrações elevadas de matéria orgânica e de *Escherichia coli* (Gráfico 7.9). O Reservatório do Jaguari (JARI 00800) manteve a classificação na categoria Ótima e próximo da média histórica.

Gráfico 7.9 – Perfil do IQA ao longo do Rio Jaguari em 2023 e nos últimos 5 anos.

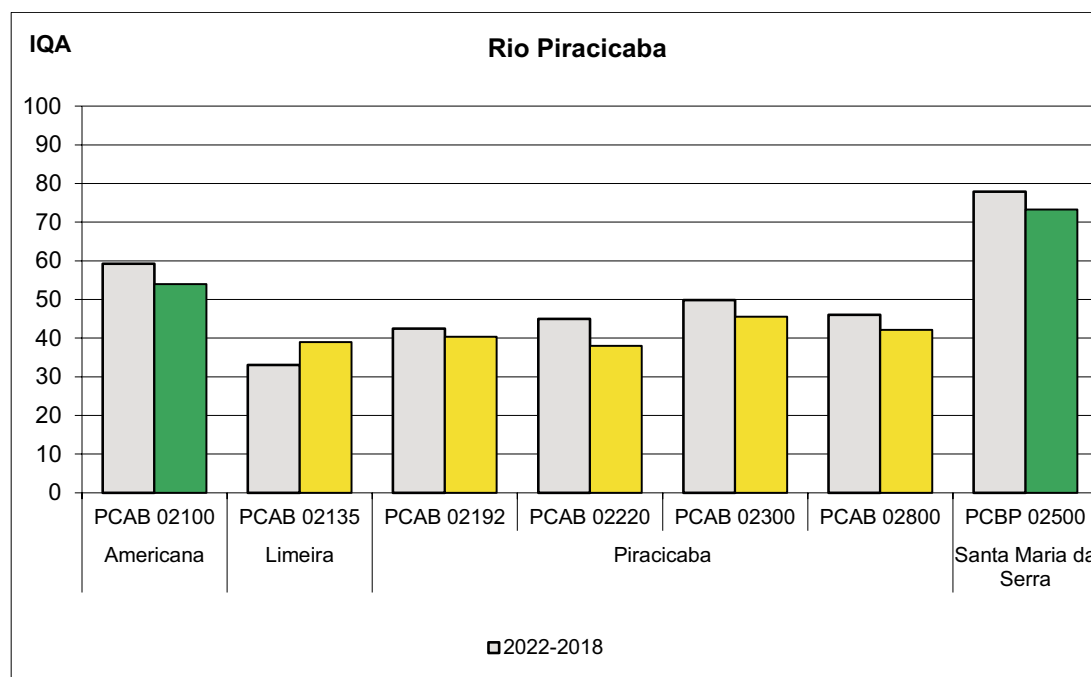
O perfil do IVA ao longo do Rio Jaguari, em 2023, foi próximo da média histórica, conforme observado no Gráfico 7.10. O JAGR 02100, classificado na categoria Ruim, apresentou baixas concentrações de Oxigênio Dissolvido ao longo de 2023 e toxicidade crônica para organismos aquáticos em duas campanhas do ano.

Gráfico 7.10 – Perfil do IVA ao longo do Rio Jaguari em 2023 e nos últimos 5 anos.

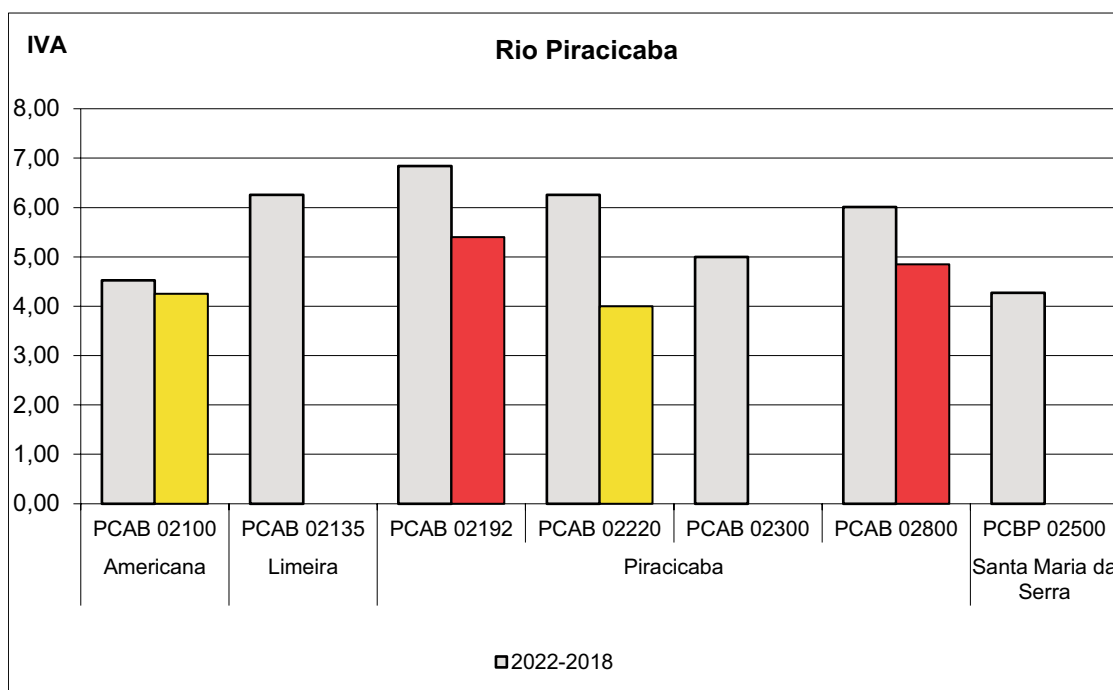


7.4.3 Rio Piracicaba

Em 2023, a qualidade do Rio Piracicaba manteve a classificação Boa no trecho a jusante do Reservatório de Salto Grande (PCAB 02100). O trecho de Limeira apontou melhora no IQA, atingindo a classificação Regular. Destaca-se que esse trecho do Rio Piracicaba recebe contribuições de montante oriundas das bacias dos Ribeirões Tatu e Quilombo, que drenam os municípios de Limeira e Sumaré, respectivamente. Já no trecho do município de Piracicaba, houve ligeira piora do resultado do IQA em relação à média histórica, com toda sua extensão classificada em Regular, principalmente no trecho na ponte do Caixão, onde observou-se aumento nos níveis médios de COT, *E. coli* e Turbidez. O Braço do Rio Piracicaba manteve a classificação Boa, embora note-se a influência do aumento na concentração média de Fósforo Total e queda na concentração média de OD no resultado do IQA de 2023 (Gráfico 7.11).

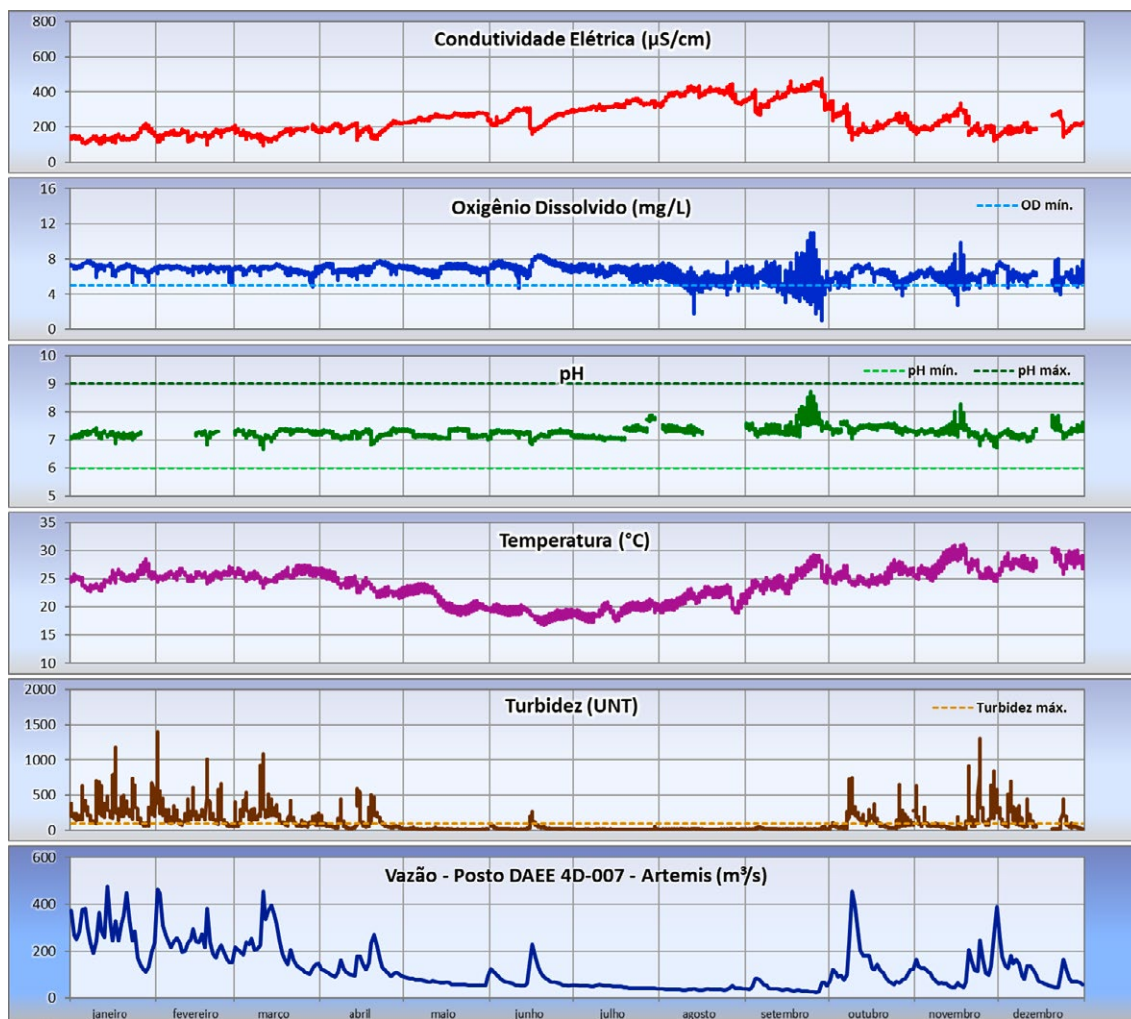
Gráfico 7.11 – Perfil do IQA ao longo do Rio Piracicaba em 2023 e nos últimos 5 anos.

O Gráfico 7.12 apresenta o perfil do IVA ao longo do Rio Piracicaba para o ano de 2023 e período histórico de 5 anos. Dentre os pontos com, pelo menos, três observações durante o ano, o PCAB 02100 e o PCAB 02200, foram classificados na categoria Regular, influenciadas por variações de Oxigênio Dissolvido e toxicidade crônica aos organismos aquáticos. Enquanto que os pontos PCAB 02192 e o PCAB 02800 mantiveram a classificação Ruim, influenciadas pela recorrente toxicidade crônica aos organismos aquáticos associada às baixas concentrações de Oxigênio Dissolvido, este último fato observado principalmente no PCAB 02192. Apesar dessa condição, observa-se uma melhoria nos resultados em relação à média dos últimos 5 anos.

Gráfico 7.12 – Perfil do IVA ao longo do Rio Piracicaba em 2023 e nos últimos 5 anos.

A Figura 7.4 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Piracicaba em 2023.

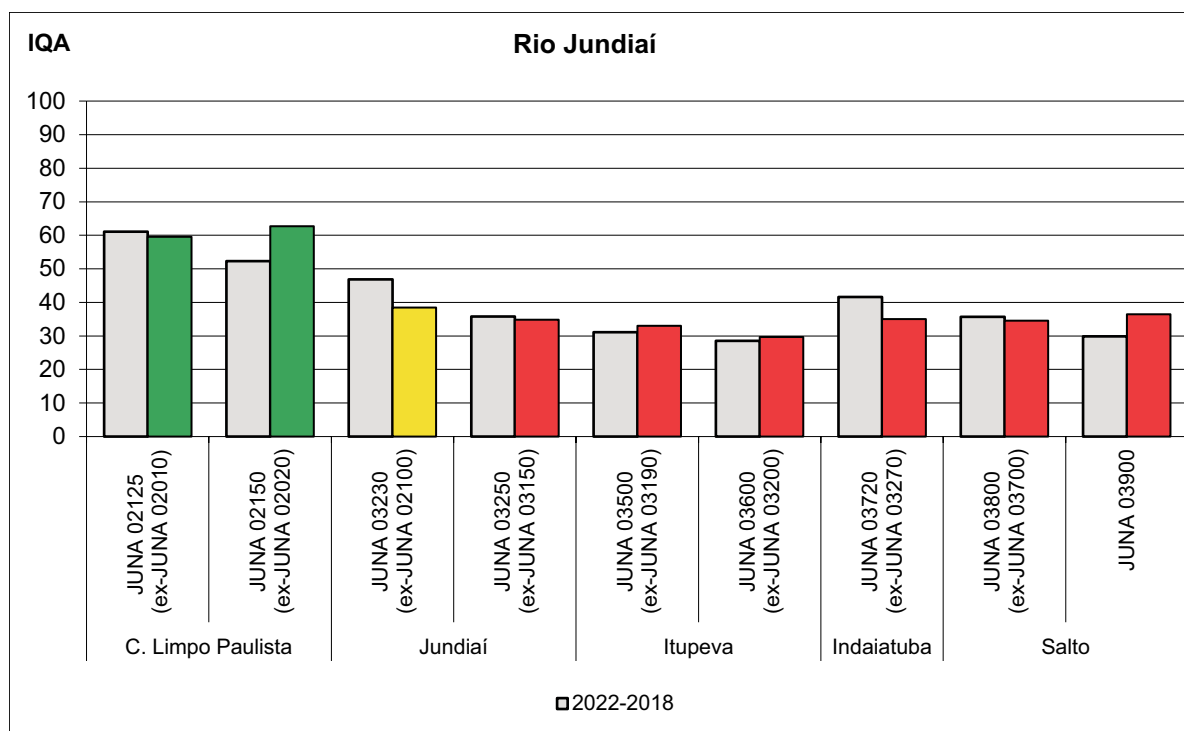
Figura 7.4 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Piracicaba de janeiro a dezembro de 2023.



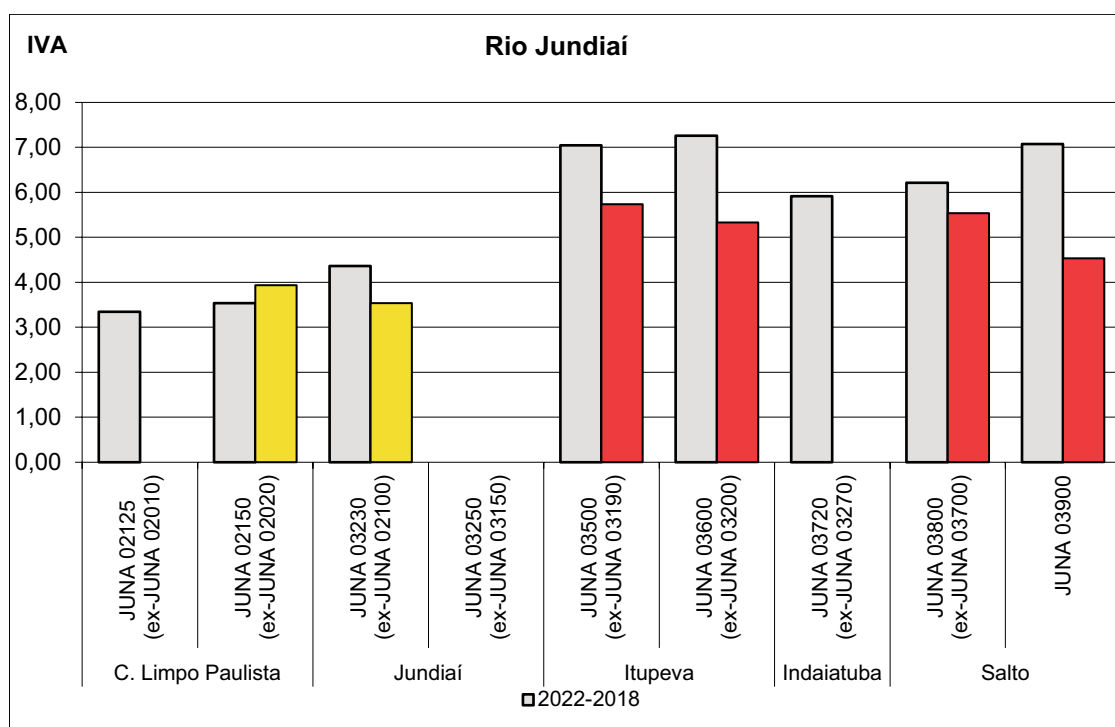
A Estação Automática Piracicaba determina a qualidade das águas de um dos mais importantes afluentes do Rio Tietê, o Rio Piracicaba, a jusante da cidade de Piracicaba e da foz do Rio Corumbataí. O Oxigênio Dissolvido atende o padrão de qualidade estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 em 94% do tempo. Em 2023, percebe-se que, ao longo do período seco, no qual o Rio Piracicaba apresentou as menores vazões, os valores de Condutividade apresentaram aumento gradativo, atingindo 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no início de agosto. Apesar de atender ao padrão em 67% do tempo, a Turbidez apresentou registros acima de 1000 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.

7.4.4 Rio Jundiáí

Em 2023, a qualidade se manteve Boa no trecho de Campo Limpo Paulista e predominantemente Ruim a partir de Jundiáí, com piora no trecho de Indaiatuba que deixa de ser classificado como Regular, ficando abaixo da média histórica. A classificação dos trechos na categoria Ruim, contam com registros de elevadas concentrações de matéria orgânica, nutrientes (Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal) e *E. coli*. (Gráfico 7.13).

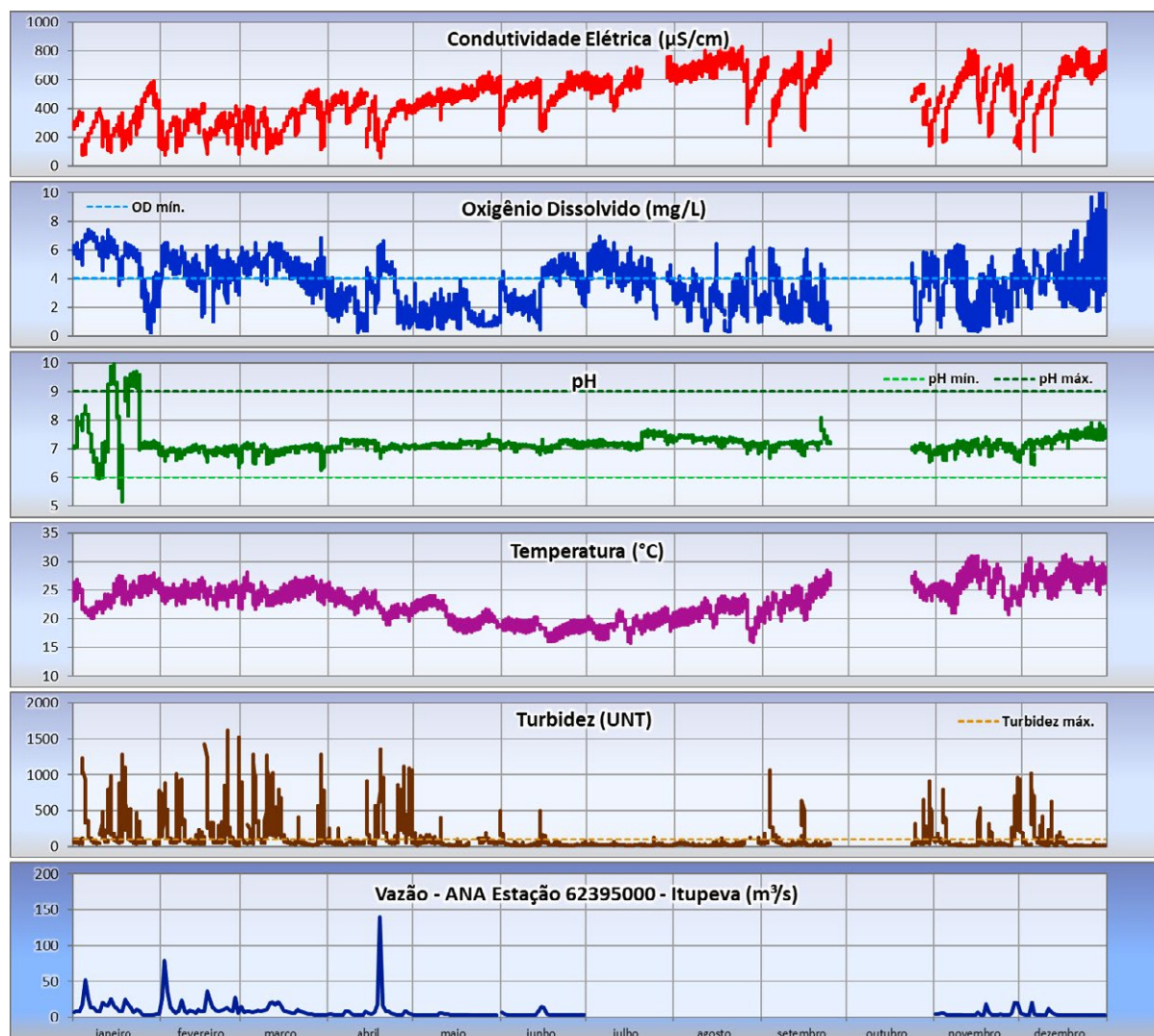
Gráfico 7.13 – Média Anual do IQA ao longo do Rio Jundiá em 2023 e nos últimos 5 anos.

Em 2023, o IVA médio anual nos pontos de monitoramento do Rio Jundiá foi classificado nas categorias Regular e Ruim (Gráfico 7.14). As classificações foram influenciadas, principalmente, pelo estado trófico do recurso hídrico, que variou de Eutrófico a Hipereutrófico, a partir de Itupeva. Os pontos com classificação Ruim, em 2023, apresentaram melhora do índice, comparados ao período histórico.

Gráfico 7.14 – Média Anual do IVA ao longo do Rio Jundiá em 2023 e nos últimos 5 anos.

A Figura 7.5 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Itupeva, no Rio Jundiá em 2023.

Figura 7.5 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Itupeva, no Rio Jundiá de janeiro a dezembro de 2023.

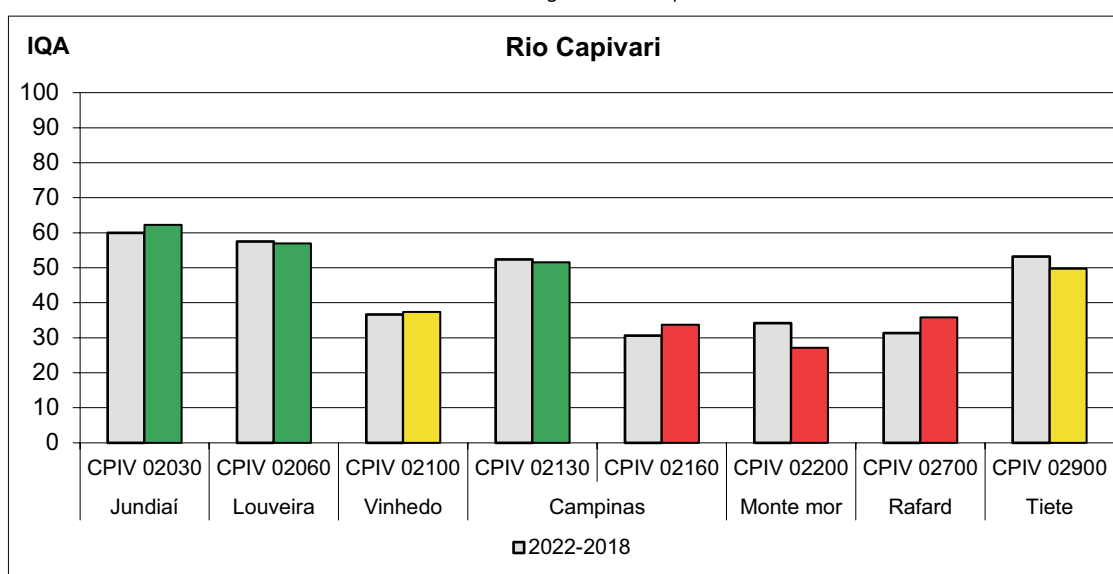


A Estação Automática Itupeva monitora a qualidade das águas do Rio Jundiá no município de Itupeva. Os altos valores de Condutividade Elétrica demonstram se tratar de um trecho bastante impactado por cargas poluidoras. O Oxigênio Dissolvido atendeu ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 para rios Classe 3 durante 46% do período monitorado. Apesar de atender ao padrão em 78% do tempo, a Turbidez apresentou registros acima de 1000 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. Da mesma forma, as quedas na Condutividade Elétrica são observadas nos momentos de maior vazão, indicando que as chuvas contribuem para a diluição da carga poluidora nesse trecho.

7.4.5 Rio Capivari

A qualidade da água, avaliada pelo IQA, no Rio Capivari apresentou a qualidade Boa no trecho a montante dos municípios de Louveira e de Campinas (CPIV 02130), com exceção do trecho de Vinhedo que exibe a categoria Regular do IQA. A qualidade manteve-se na categoria Ruim, no mesmo patamar dos últimos 5 anos, nos trechos em Campinas (CPIV 02160), Monte Mor e Rafard, que estão a jusante do ponto de lançamento das ETEs de Vinhedo e de Campinas. Ressalta-se que parte dos efluentes tratados do município de Campinas são lançados nesse corpo de água, influenciando negativamente a qualidade da água até o trecho de Tietê, que este ano denotou piora, decaindo da categoria Boa para Regular, onde foi registrado aumento nas concentrações de *E. coli* em relação à média histórica (Gráfico 7.15).

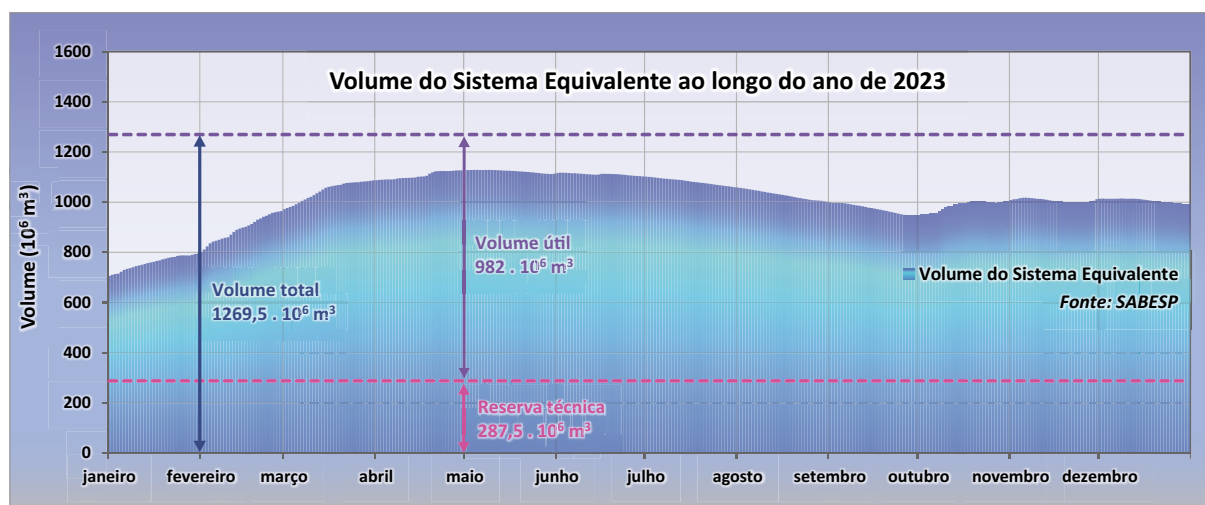
Gráfico 7.15 – Média Anual do IQA ao longo do Rio Capivari em 2023 e nos últimos 5 anos.



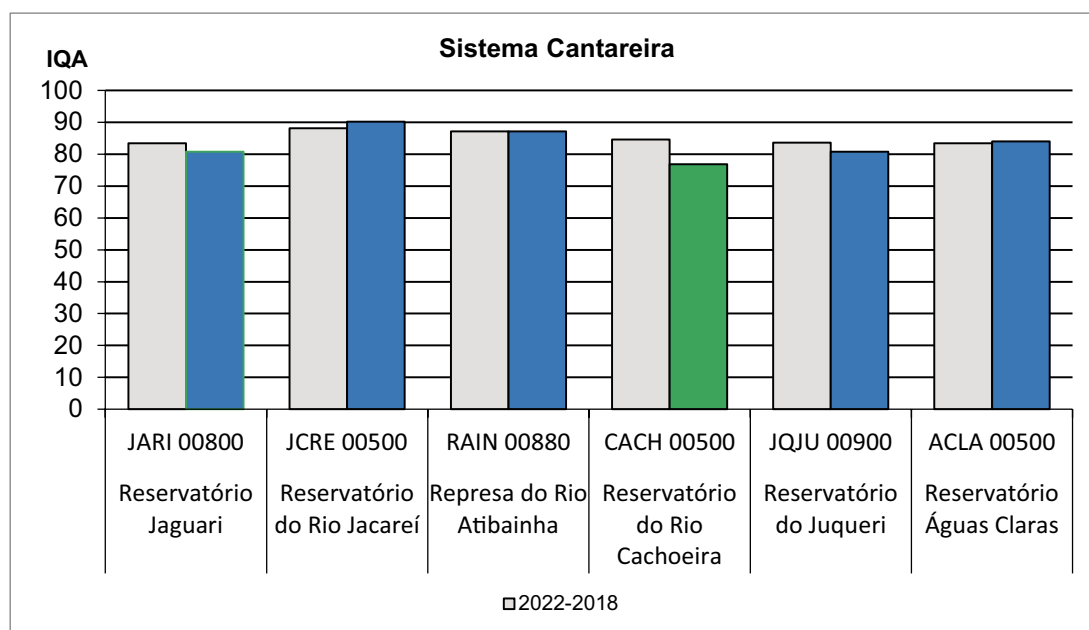
7.5 SISTEMA CANTAREIRA – UGRHs 5 e 6

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 dos mesmos 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.

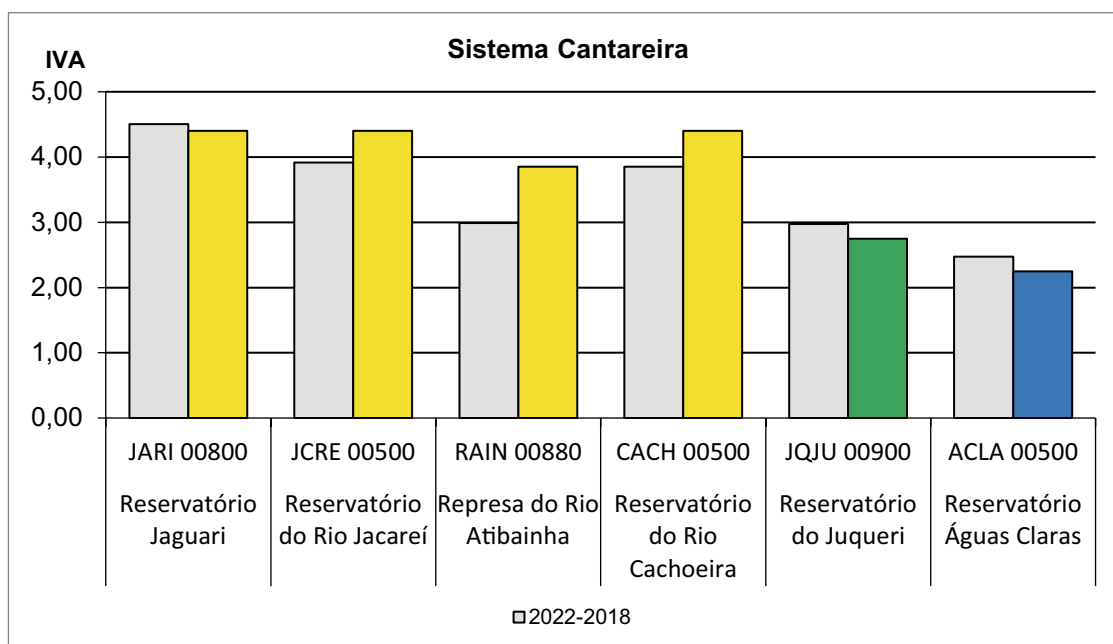
O Gráfico 7.16 apresenta a evolução do volume do Sistema Equivalente ao longo de 2023. De janeiro a março, houve aumento significativo do seu volume útil, que ultrapassou 80% no fim do período chuvoso. De abril a outubro, observou-se gradativa redução no volume do Sistema Equivalente, que chegou próximo de 70%, patamar mantido até o fim de dezembro.

Gráfico 7.16 – Evolução do volume do Sistema Equivalente ao longo de 2023

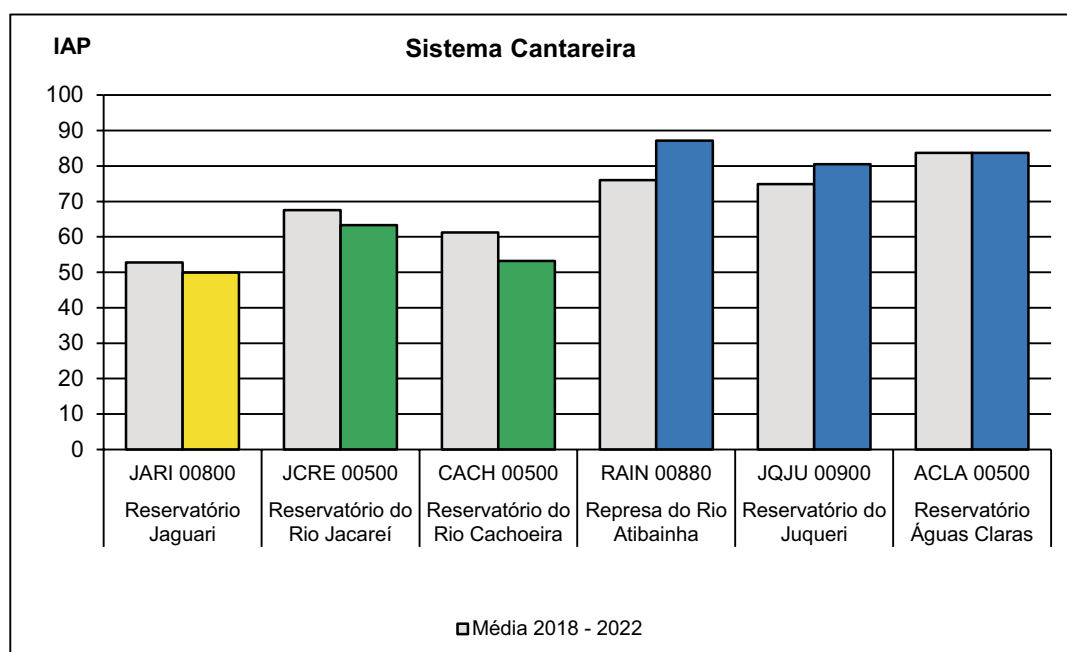
O Gráfico 7.17 apresenta o perfil do IQA para os reservatórios do Sistema Cantareira, seguindo o caminho das águas desde o Reservatório Jaguari até o Reservatório Águas Claras, onde é feita a adução para a ETA do Guaraú. Em 2023, a qualidade da água da maioria dos reservatórios desse sistema foi classificada na categoria Ótima e próxima da média histórica, exceto o Reservatório do Rio Cachoeira que teve um declínio na qualidade, passando a ser classificado na categoria Boa.

Gráfico 7.17 – Perfil do IQA nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2023 e nos últimos 5 anos.

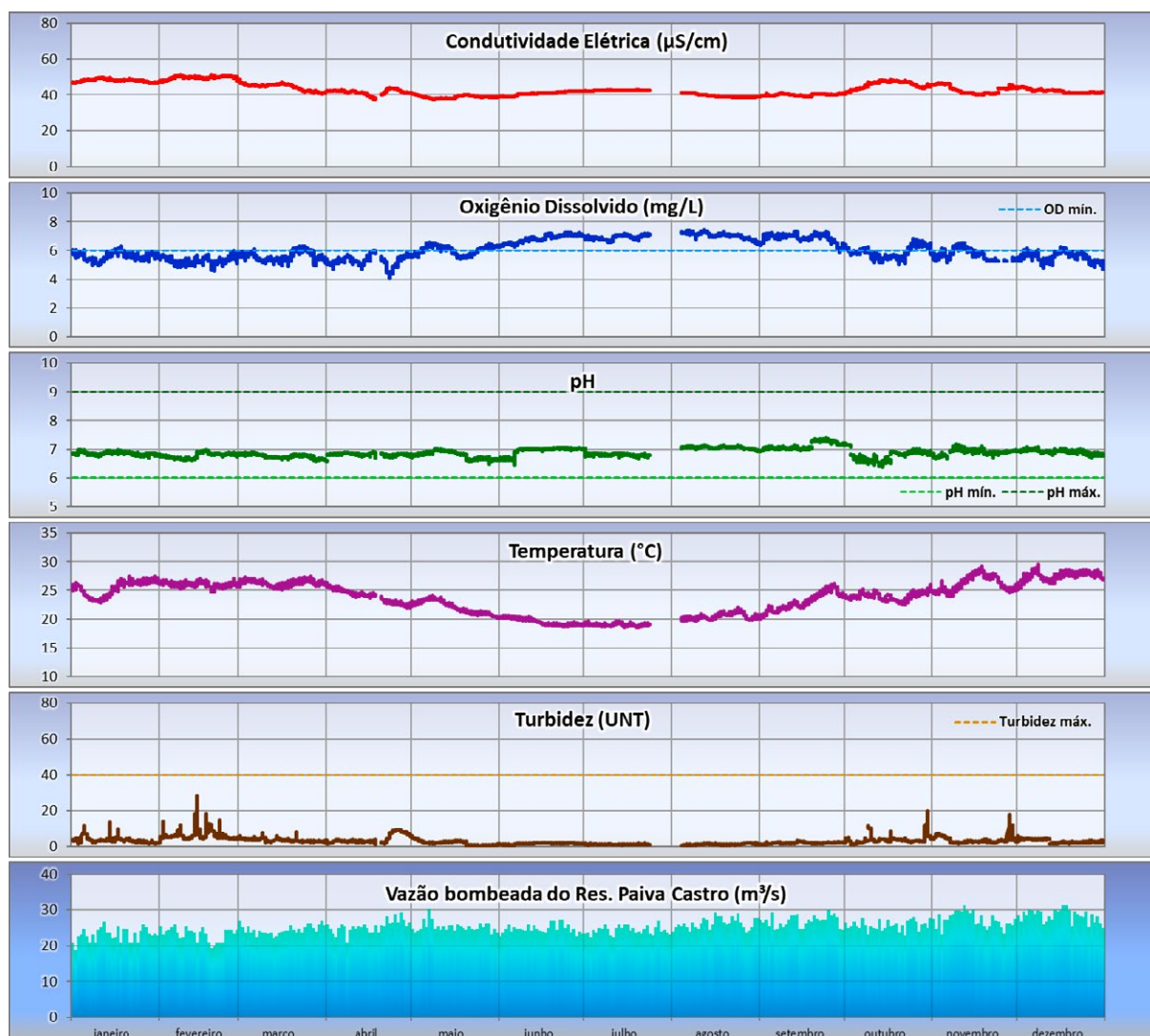
Em relação ao IVA médio anual, apresentado no Gráfico 7.18, o Reservatório Águas Claras apresentou classificação Ótima, o Reservatório do Juqueri, classificação Boa, e os demais apresentaram classificação Regular influenciadas pela toxicidade crônica aos organismos aquáticos, observada durante todas ou quase todas as campanhas de amostragem ao longo do ano de 2023. Nos Reservatórios do Rio Jacaré e Jaguari, o IVA também foi influenciado pelo registro de efeitos tóxicos agudos, ambos na campanha de dezembro. Verifica-se ligeira piora nos resultados do IVA dos reservatórios Atibainha e Cachoeira em relação à média histórica.

Gráfico 7.18 – Perfil do IVA nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2023 e nos últimos 5 anos.

O Gráfico 7.19 apresenta o perfil do IAP para os reservatórios do Sistema Cantareira. O IAP anual se manteve na categoria Boa e Ótima em 2023, se mantendo próximo dos patamares dos últimos 5 anos, exceto no Reservatório Jaguarí que passou de Boa para Regular em 2023, influenciado pelo Número de Células de Cianobactérias.

Gráfico 7.19 – Perfil do IAP nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2023 e nos últimos 5 anos.

A Figura 7.6 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Águas Claras em 2023.

Figura 7.6 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Águas Claras de janeiro a dezembro de 2023.

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 26,6 m³/s nesse ano. Esse reservatório recebe as águas bombeadas do Reservatório Paiva Castro, que operou, em média, com 22% da sua capacidade durante o ano de 2023. A Condutividade Elétrica entre 40 e 50 µS/cm denota que as águas são pouco contaminadas por poluentes. Entretanto, o Oxigênio Dissolvido atendeu o padrão de qualidade estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos de água Classe 1 em apenas 45% do tempo. Isso pode ser reflexo de cargas poluidoras difusas afluentes aos mananciais do Sistema Cantareira, principalmente na época chuvosa, que implicam depleção da concentração de OD. A Turbidez e o pH atendem o padrão de qualidade ao longo de todo o ano.

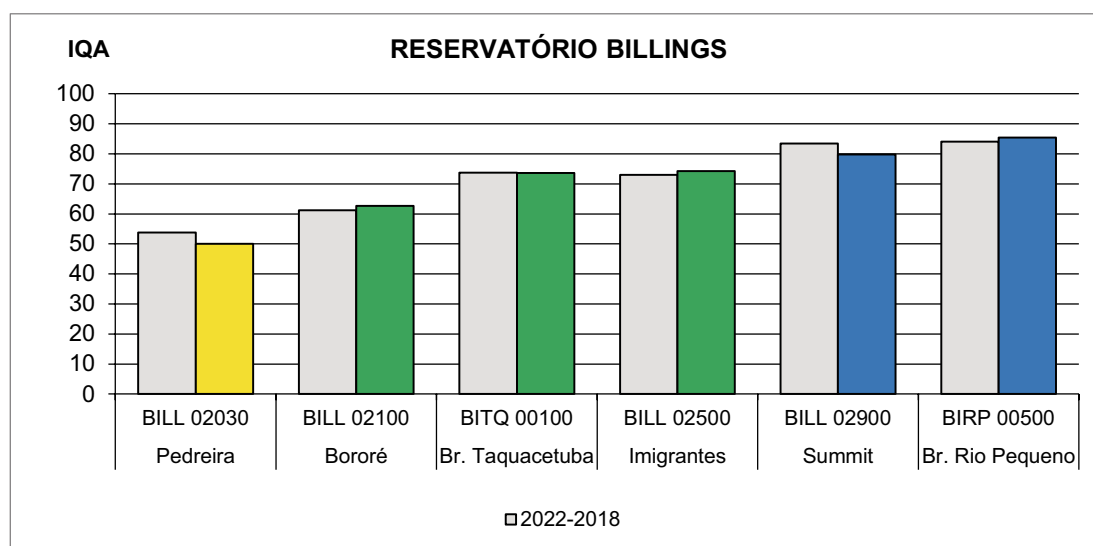
7.6 RESERVATÓRIOS DA UGRHI 6 – ALTO TIETÊ

7.6.1 Reservatório Billings

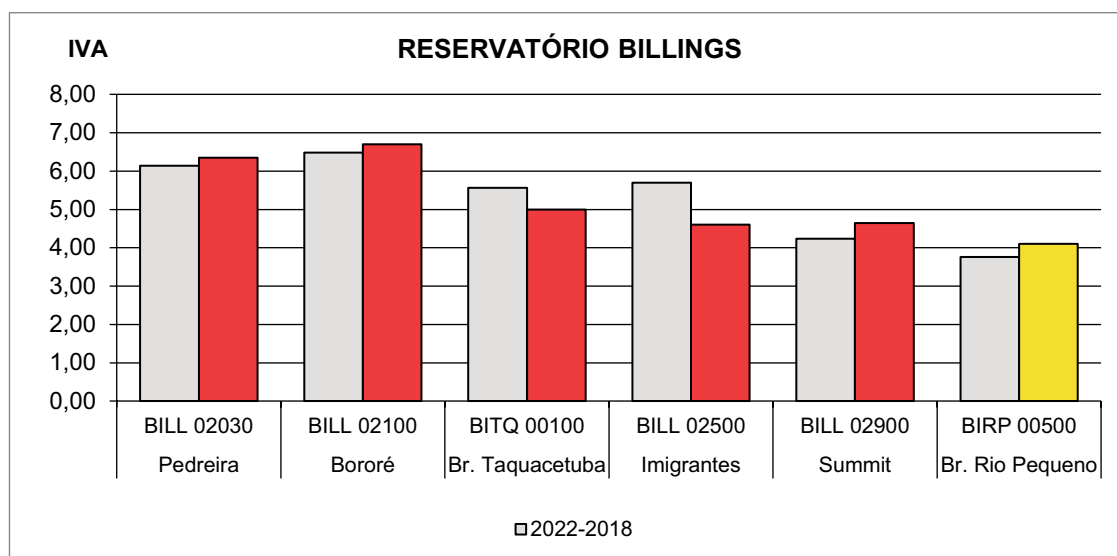
São monitorados seis pontos de amostragem no Reservatório Billings: BILL 02030, BILL 02100, BILL 02500, BITQ 00100, BILL 02900 e BIRP 00500. O ponto BILL 02030 indica a condição de qualidade da água na entrada do reservatório; o ponto seguinte BILL 02100, a aproximadamente 7 km da barragem de Pedreira, 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. Os pontos BITQ 00100 e BILL 02900 representam a qualidade da água nas saídas do reservatório: reversão do Braço do Taquacetuba para o Reservatório Guarapiranga e o *Summit Control*, respectivamente. 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 processo de autodepuração dessas cargas sofre influência do afunilamento existente na altura da Rodovia Imigrantes (ponto BILL 02500). O ponto BIRP 00500, localizado no Braço do Rio Pequeno, inserido no ano de 2015, representa a qualidade da água no ponto de transferência da água do Reservatório Billings para o Reservatório do Rio Grande.

O Gráfico 7.20 apresenta os valores do IQA em 2023 e as médias históricas, indicando piora no trecho da Pedreira em comparação com a média dos últimos 5 anos, que era Boa e passou para Regular. Os trechos de Bororé, Braço do Taquacetuba e Imigrantes se mantiveram com a qualidade na categoria Boa, semelhante à média histórica. Os trechos a jusante de Imigrantes continuaram com a classificação Ótima.

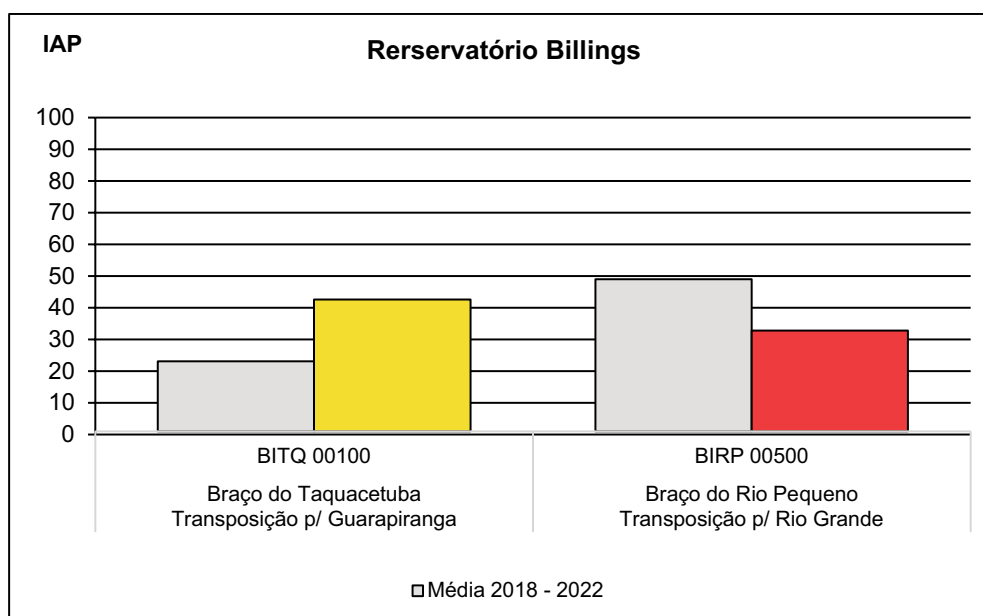
Gráfico 7.20 – Perfil do IQA – Reservatório Billings em 2023 e nos últimos 5 anos.



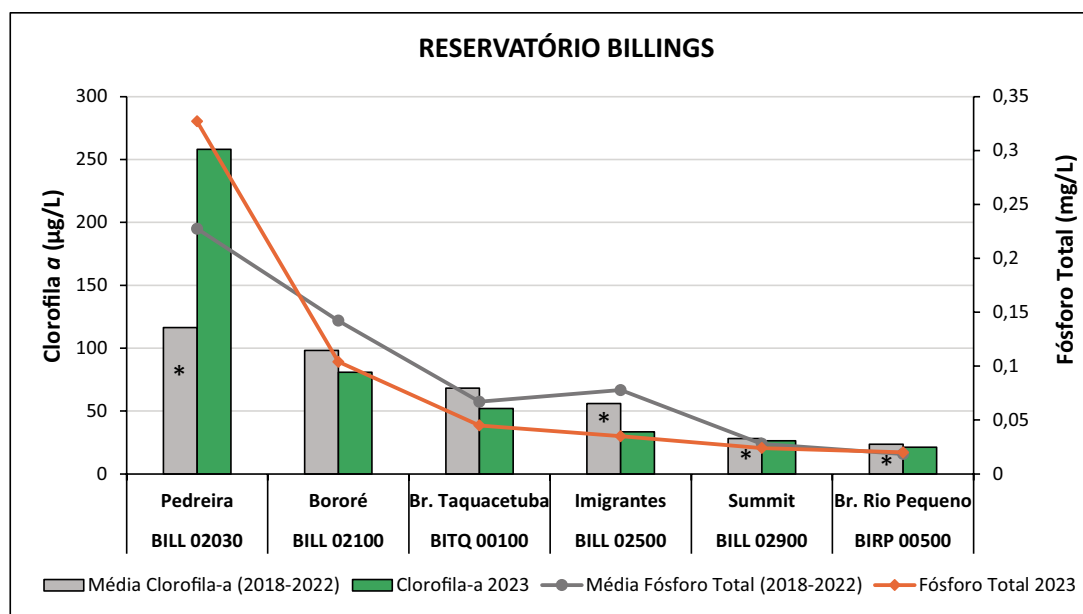
Os valores do perfil do IVA no Reservatório Billings estão apresentados no Gráfico 7.21. Os pontos foram classificados predominantemente na categoria Ruim, exceto para o Braço do Rio Pequeno, classificado como Regular e próximo a média histórica. Os pontos em Pedreira e Bororé foram influenciados, principalmente, pelo elevado estado trófico registrado ao longo do ano (Eutrófico à Hipereutrófico). Os pontos na Imigrantes e Summit, influenciados pela predominância de registros de toxicidade crônica aos organismos aquáticos nas amostras de 2023. No Braço do Taquacetuba, o estado Eutrófico e a toxicidade crônica nas amostras de março e dezembro, influenciaram na classificação Ruim. A classificação Regular para o Braço do Rio Pequeno foi influenciada pelo menor estado trófico (Mesotrófico) em comparação aos outros pontos do sistema hídrico.

Gráfico 7.21 – Perfil do IVA – Reservatório Billings em 2023 e nos últimos 5 anos.

A classificação média do IAP em 2023 no ponto de transferência da água no Braço do Taquacetuba e no Braço do Rio Pequeno pode ser visualizada no Gráfico 7.22. A qualidade da água para fins de abastecimento público, no Braço do Taquacetuba, melhorou a classificação para Regular, quando comparada aos últimos 5 anos (Ruim), influenciada pelas menores densidades de Cianobactérias, entre 92 e 200 mil cél/mL. Já no Braço do Rio Pequeno, houve piora da qualidade em relação à média histórica, que foi classificada na categoria Ruim, influenciada pelos resultados elevados para a densidade de Cianobactérias, entre 135 e 250 mil cél/mL, e pelo Potencial de Formação de Trihalometanos, com concentrações de 560 e 457 µg/L nos meses de junho e setembro, respectivamente.

Gráfico 7.22 – IAP anual no ponto BITQ 00100 e BIRP 00500 em 2023 e nos últimos 5 anos.

O Gráfico 7.23 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total, em 2023 e a média do período de 2018 a 2022 no Reservatório Billings, para os pontos BILL 02030, BILL 02100, BILL 02500, BITQ 00100, BILL 02900 e BIRP 00500.

Gráfico 7.23 – Perfil da média anual da Clorofila *a* e Fósforo Total no Reservatório Billings em 2023 e nos últimos 5 anos

Observação: * Em 2020, nos pontos BILL 02030, BILL 02500, BILL 02900 e BIRP 00500 as amostragens foram inferiores a 3 (valor mínimo para calcular o IET do Ano) devido a pandemia do COVID 19, assim, os valores de 2020 não foram incluídos nas médias de 5 anos.

	Clorofila <i>a</i> – Alterações pouco significativas entre os valores de 2023 e a média histórica, exceto para o Ponto BILL 02030, para o qual também foi registrado o pior valor.
	Fósforo Total – Alterações pouco significativas entre os valores de 2023 e a média histórica. Pior valor no ponto BILL 02030.

A Tabela 7.1 apresenta a média anual das porcentagens de atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005 para Clorofila *a* e Fósforo Total em 2023 e a média do período de 2018 a 2022 no Reservatório Billings.

Tabela 7.1 – Média das porcentagens de atendimento a Resolução CONAMA nº 357/2005 da Clorofila *a* e Fósforo Total no Reservatório Billings em 2023 e nos últimos 5 anos

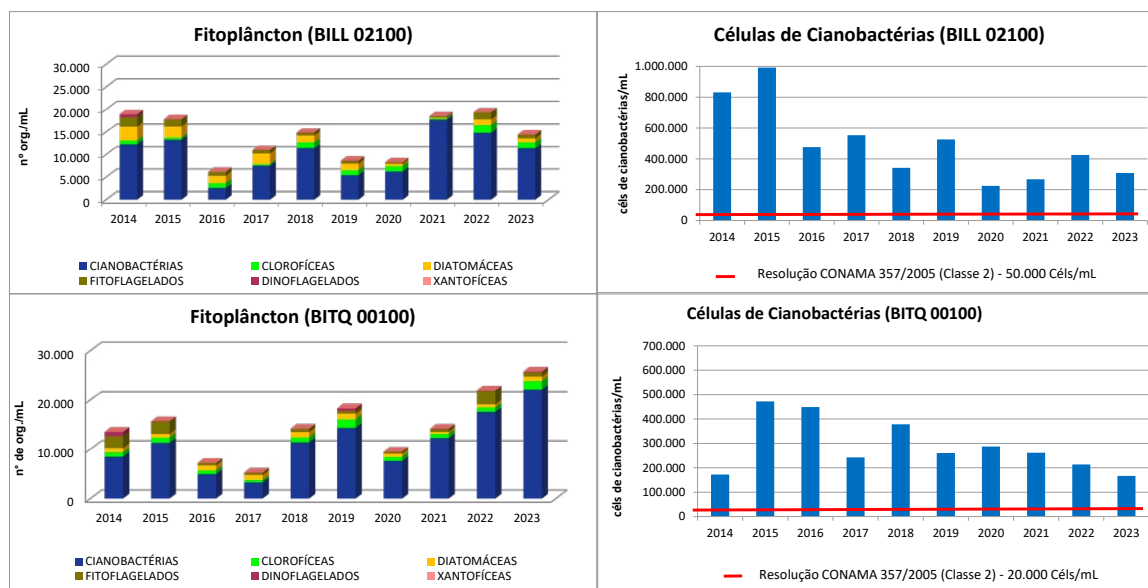
	Média CL (2018-2022)	Clorofila <i>a</i> 2023	Média PT (2018-2022)	Fósforo Total 2023
BILL 02030	6	0	0	0
BILL 02100	10	25	4	0
BILL 02500	18	25	10	50
BILL 02900	65	75	81	100
BITQ 00100	0	0	0	0
BIRP 00500	5	0	95	100

Porcentagem de Atendimento da Clorofila *a* à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe Especial- 10 µg /L para os pontos BIRP 00500 e BITQ 00100 e Classe 2 - 30 µg /L para os demais) – O ponto com maior atendimento foi o BILL 02900.

Porcentagem de Atendimento do Fósforo Total à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe Especial - 0,020 mg /L para os pontos BIPR 00500 e BITQ 00100 e Classe 2 – 0,03 µg /L para os demais) – O ponto com maior atendimento foi o BIRP 00500 e o BILL 02900 (100%).

A Figura 7.7 apresenta os gráficos de Densidades médias anuais da Comunidade Fitoplantônica e do Número de Células de Cianobactérias em dois pontos do Reservatório Billings, o Braço do Bororé (BILL 02100) e o Braço do Taquacetuba (BITQ 00100), no período de 2014 até 2023.

Figura 7.7 – Média anual da composição da Comunidade fitoplantônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Billings – 2014 a 2023.



Nos dois pontos, não houve alteração significativa na distribuição dos grupos, seguindo o padrão de dominância de cianobactérias. Entretanto, para o braço do Bororé, observou-se uma melhora sutil em relação ao ano anterior, com queda na densidade de organismos e no número de Células de Cianobactérias. Já no braço do Taquacetuba houve aumento na densidade de organismos e uma pequena diminuição do número de células de cianobactérias, devido à ocorrência de colônias com poucas células por organismo. Nos últimos dez anos as médias anuais do Número de Células de Cianobactérias ficaram acima do estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 nos dois pontos.

O Quadro 7.1 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplantônica e Número de Células de Cianobactérias nos pontos do Reservatório Billings, registro de presença/ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e as considerações relevantes em 2023.

Quadro 7.1 – Resultados das médias anuais de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (cél/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de *Ceratium*. Comparação entre 2022 e 2023. Reservatório Billings.

Ponto	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (cél/mL)	Maior valor NCC do ano (cél/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	<i>Ceratum</i>	Considerações
BILL 02030	2022						Piora Em relação ao NCC e à densidade de organismos.
	4	13.952	335.145	861.913 (outubro) 91% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	25	A	
	2023						
	4	94.091	3.790.517	14.452.092 (outubro) 97% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	A	
BILL 02500	2022						Melhora Sutil em relação à NCC.
	4	15.738	193.278	321.437 (dezembro) 78% das células – <i>Microcystis</i> ⁽²²⁾	0	P	
	2023						
	4	17.800	175.188	383.231 (dezembro) 68% das células – <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	P	
BILL 02900	2022						Melhora Em relação à NCC
	4	22.133	215.305	504.253 (dezembro) 60% das células – <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	A	
	2023						
	4	28.924	165.722	212.824 (Setembro) 43% das células – <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	P	
BIRP 00500	2022						Piora Em relação à NCC
	3	52.853	95.726	150.783 (outubro) 34% das células – <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	A	
	2023						
	4	49.946	184.455	258.677 (dezembro) 71% das células – <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	A	

Legenda: org/mL – Organismos por mL; NCC – Número de Células de Cianobactérias; células/mL – células por mL; *Ceratium* – dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 células/mL). Para o BIRP, o Limite da Conama é de 20.000 células/mL

⁽²⁾ Ver **Apêndice C** – item 1.4.2.

O Quadro 7.2 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2022 e 2023 no Reservatório Billings (BILL 02030, BITQ 00100 e BIRP 00500). Utilizaram-se os valores estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para água tratada como referência comparativa para avaliar as concentrações encontradas nas amostras de água bruta, uma vez que não existem padrões de qualidade para essa matriz. Os destaques em vermelho e verde indicam, respectivamente, se os valores utilizados como referência para cianotoxinas foram superados ou não.

Quadro 7.2 – Concentração de cianotoxinas – Reservatório Billings – 2022 e 2023

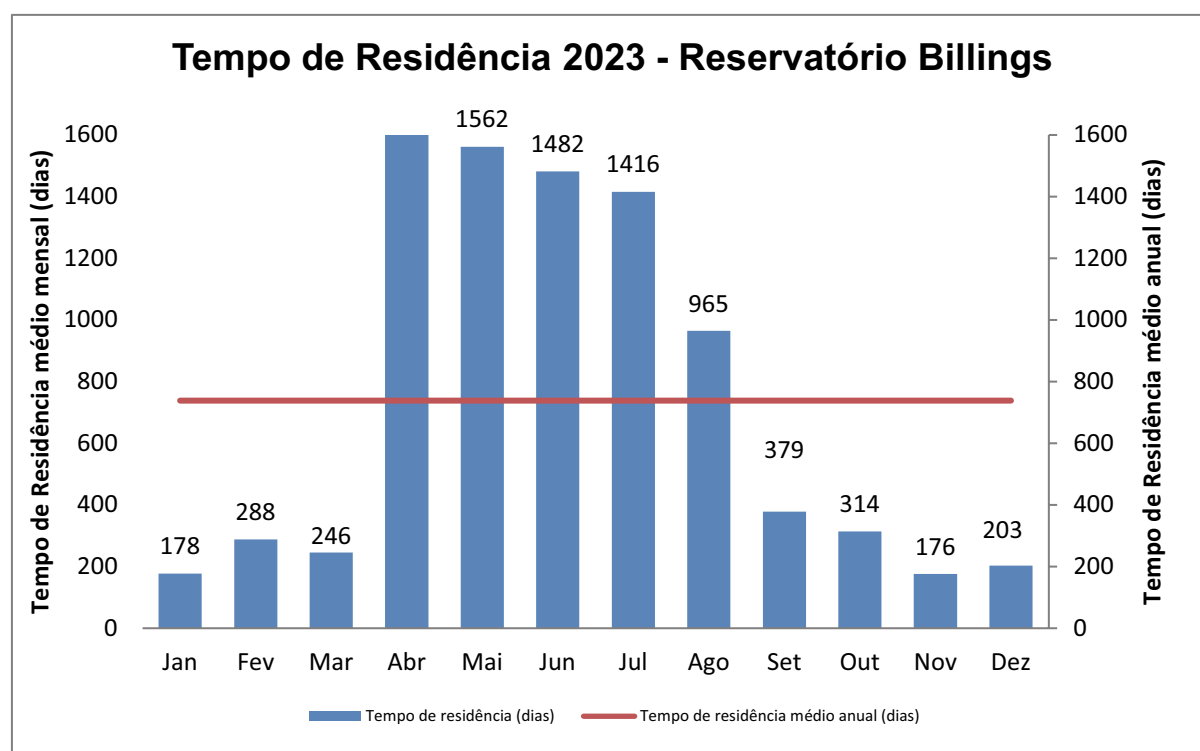
	MC (µg/L)				STX (µg/L)				CYN (µg/L)			
	BILL 02030											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2022	9,50	7,95	72,90	2,99	0,18	0,09	0,04	0,04	< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05
2023	NA	NA	NA	804,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	BITQ 00100											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2022	4,00	3,41	3,71	9,05	0,08	0,17	0,08	0,24	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
2023	2,78	0,36	2,75	3,26	0,14	0,13	0,28	0,21	< 0,54	< 0,54	< 0,54	< 0,54
	BIRP 00500											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
2022	0,36	0,22	< 0,15	< 0,15	0,18	0,14	0,19	0,17	< 0,05	0,07	< 0,05	< 0,05
2023	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,15	0,15	0,20	0,28	< 0,54	< 0,54	< 0,54	< 0,54

Limite de quantificação: MC <0,15 µg/L; STX <0,02 µg/L (2022) e <0,05 µg/L (2023); CYN <0,05 µg/L (2022) e <0,54 µg/L (2023)

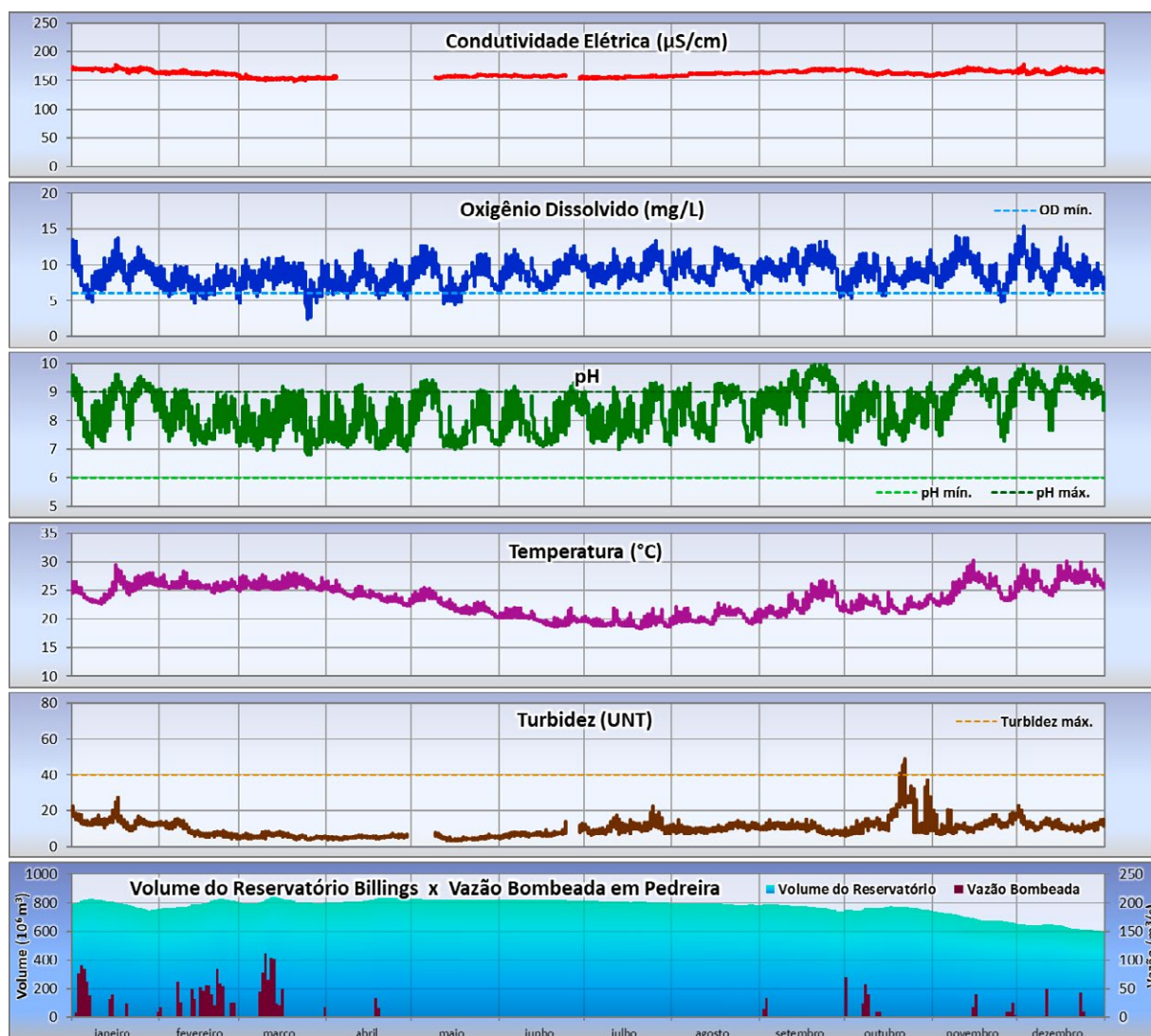
Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 µg/L; CYN 1,0 µg/L; STX 3,0 µg/L

■ Não Superou / ■ Superou; NA: Não analisado

Em 2023 o tempo de residência médio do Reservatório Billings foi de 739 dias, inferior ao valor de 2022, que foi de 880 dias (Gráfico 7.24)

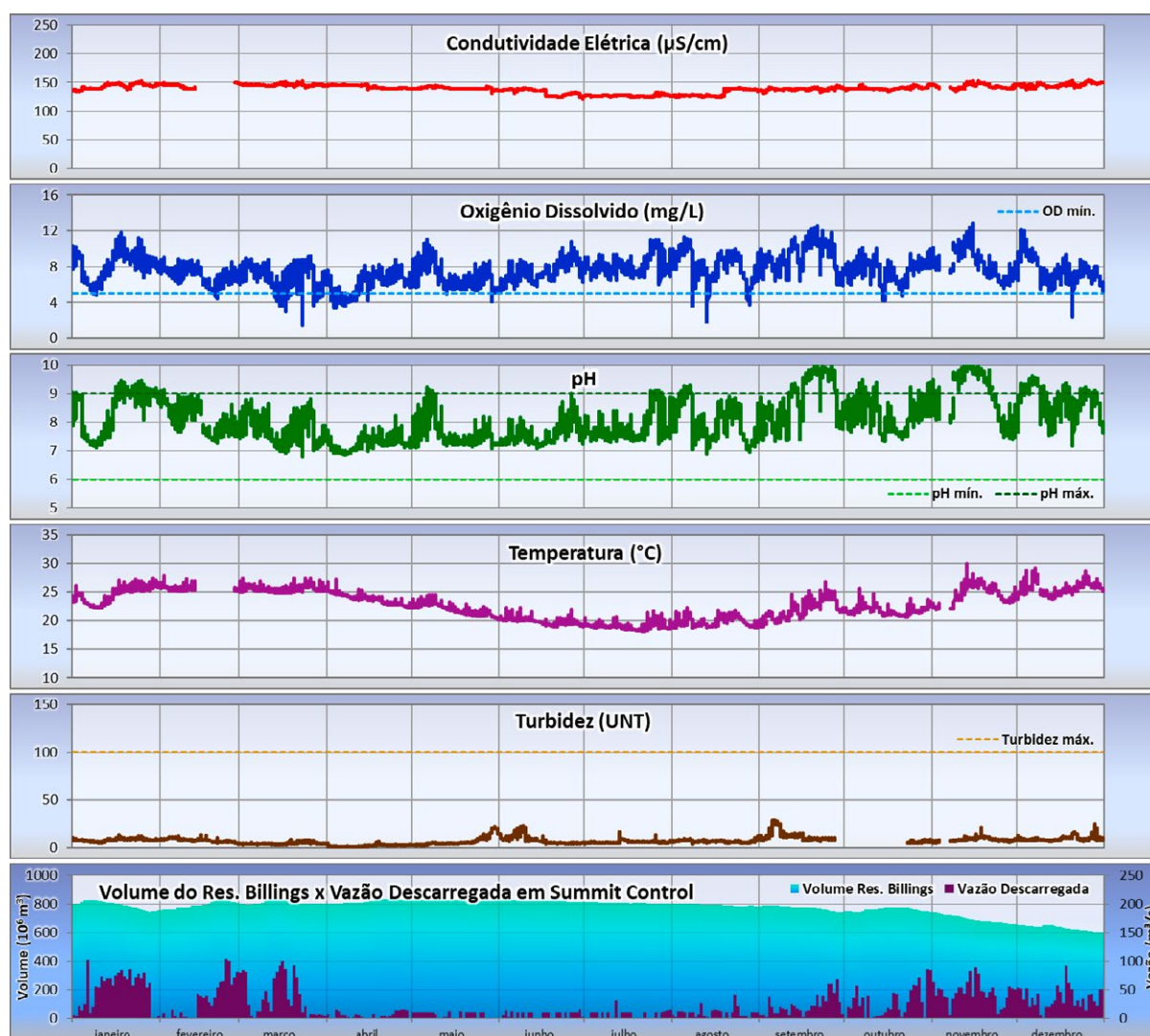
Gráfico 7.24 – Tempo de residência (dias) do Reservatório Billings em 2023

A qualidade da água no Braço do Taquacetuba pode ser acompanhada através dos dados horários da Estação Automática Taquacetuba apresentados na Figura 7.8.

Figura 7.8 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Taquacetuba de janeiro a dezembro de 2023.

A Estação Automática Taquacetuba determina a qualidade das águas revertidas do Reservatório Billings para o Reservatório Guarapiranga. O Oxigênio Dissolvido atende ao padrão de qualidade em 96% do tempo, apresentando grande variabilidade e atingindo valores superiores a 10 mg/L. Contudo, altas concentrações de oxigênio são devidas a eventos de *bloom* de algas e indicam estado de eutrofização do corpo de água. Esse quadro é favorecido pelas cargas poluidoras afluentes ao Reservatório Billings através do bombeamento das águas do Rio Pinheiros para controle de cheias. O pH acompanha o comportamento observado para o Oxigênio Dissolvido, com valores que excedem o padrão de qualidade em 24% do tempo. A Turbidez atendeu ao padrão de qualidade para corpos de água Classe 1 em quase 99,9% do tempo.

A Figura 7.9 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Summit Control em 2023.

Figura 7.9 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Summit Control de janeiro a dezembro de 2023.

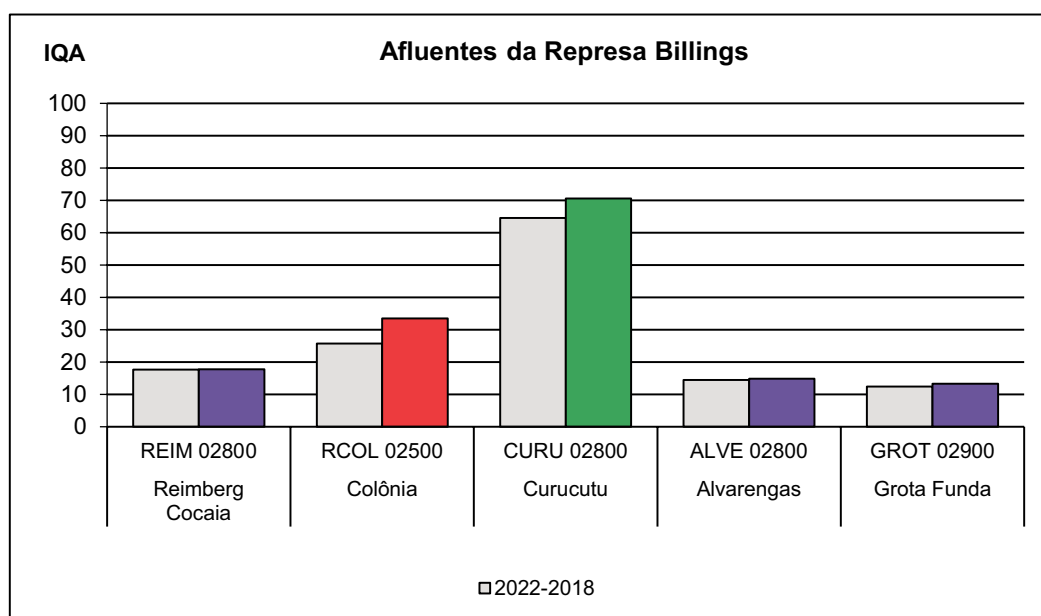
A Estação Automática Summit Control localiza-se junto à saída das águas do Reservatório Billings para a geração de energia na Usina Hidrelétrica Henry Borden. Dessa forma, essa Estação permite acompanhar a qualidade das águas que vão da UGRHI 6 – Alto Tietê para a UGRHI 7 – Baixada Santista. A Condutividade Elétrica permaneceu em torno de 150 $\mu\text{S/cm}$ durante todo o ano. O Oxigênio Dissolvido apresentou grande variabilidade, atingindo valores tanto acima de 10 mg/L, quanto abaixo do padrão (4% do tempo) para corpos de água Classe 2. Os valores de OD que extrapolam a saturação podem ser atribuídos a eventos de bloom de algas decorrentes da eutrofização. Acompanhando o comportamento do OD, o pH também apresentou grande variabilidade, excedendo o limite superior em 15% do tempo. Os valores baixos de Turbidez, que atendem ao padrão em 100% do tempo, são devidos ao fato de a água apresentar um tempo de residência bastante significativo no reservatório, o que favorece a sedimentação da maior parte dos sólidos no percurso em direção à barragem.

Para aprimoramento do diagnóstico da qualidade da água da represa Billings, a CETESB manteve a continuidade do monitoramento de alguns afluentes desse reservatório selecionados no âmbito do Projeto FEHIDRO – Mananciais.

A média anual do IQA desses afluentes é apresentada no Gráfico 7.25. Para o ano de 2023, todos os 5 (cinco) afluentes monitorados, não apresentaram mudanças significativas na sua qualidade, mantendo assim a média histórica do período de 2018 a 2022, com classificações predominantemente Ruim e Péssima. Destaca-se, no entanto, a classificação Boa do Córrego Curucutu.

Cabe reforçar que a classificação Ruim e Péssima do IQA dos demais afluentes foi influenciada por parâmetros associados à presença de esgoto sanitário, a exemplo de concentrações elevadas *E. coli*, Fósforo Total 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 da Billings – PDPA Billings.

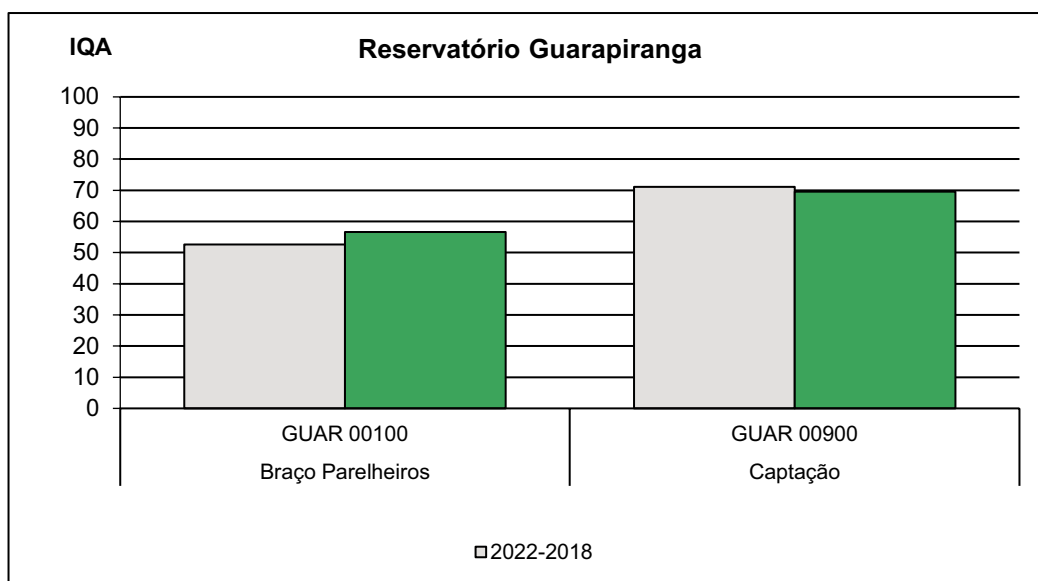
Gráfico 7.25 – IQA dos afluentes do Reservatório Billings – 2023



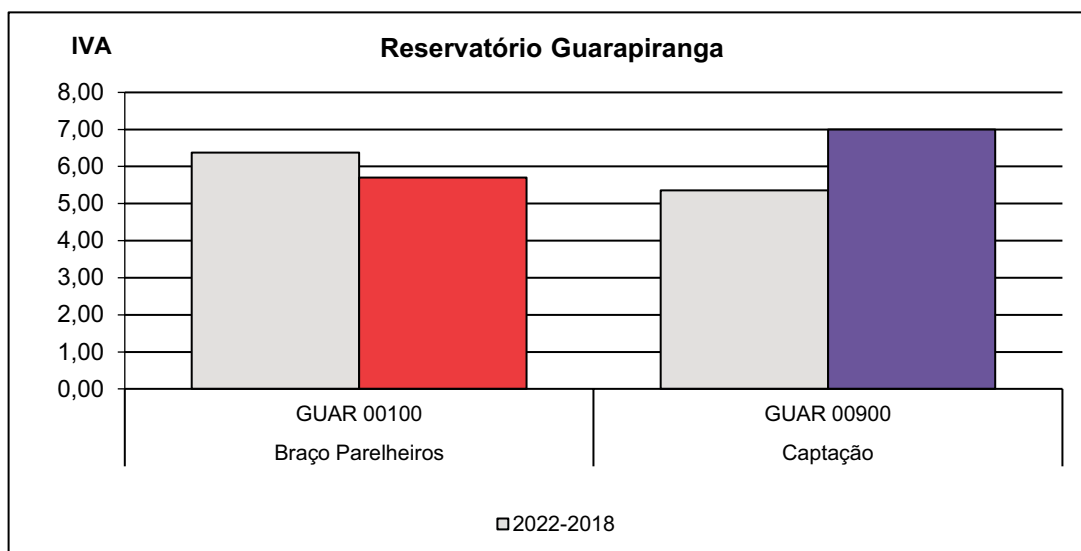
7.6.2 Reservatório Guarapiranga

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 a qualidade da água próxima à foz do Rio Parelheiros, influenciada pela diluição da água transferida do Reservatório Billings (Braço do Taquacetuba) para este reservatório.

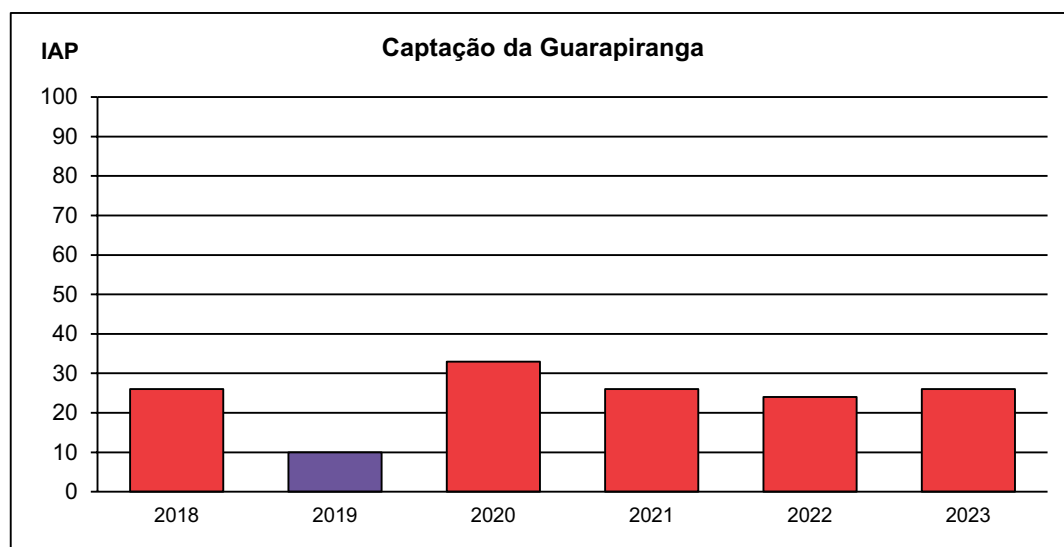
Em 2023, a qualidade das águas no braço de Parelheiros (GUAR 00100) e na captação da SABESP, foi classificada na categoria Boa do IQA, mantendo a média histórica (Gráfico 7.26). É importante ressaltar que a qualidade das águas no ponto GUAR 00100, que se localiza a jusante da várzea do Rio Parelheiros, 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.

Gráfico 7.26 – Perfil do IQA no Reservatório Guarapiranga em 2023 e nos últimos 5 anos.

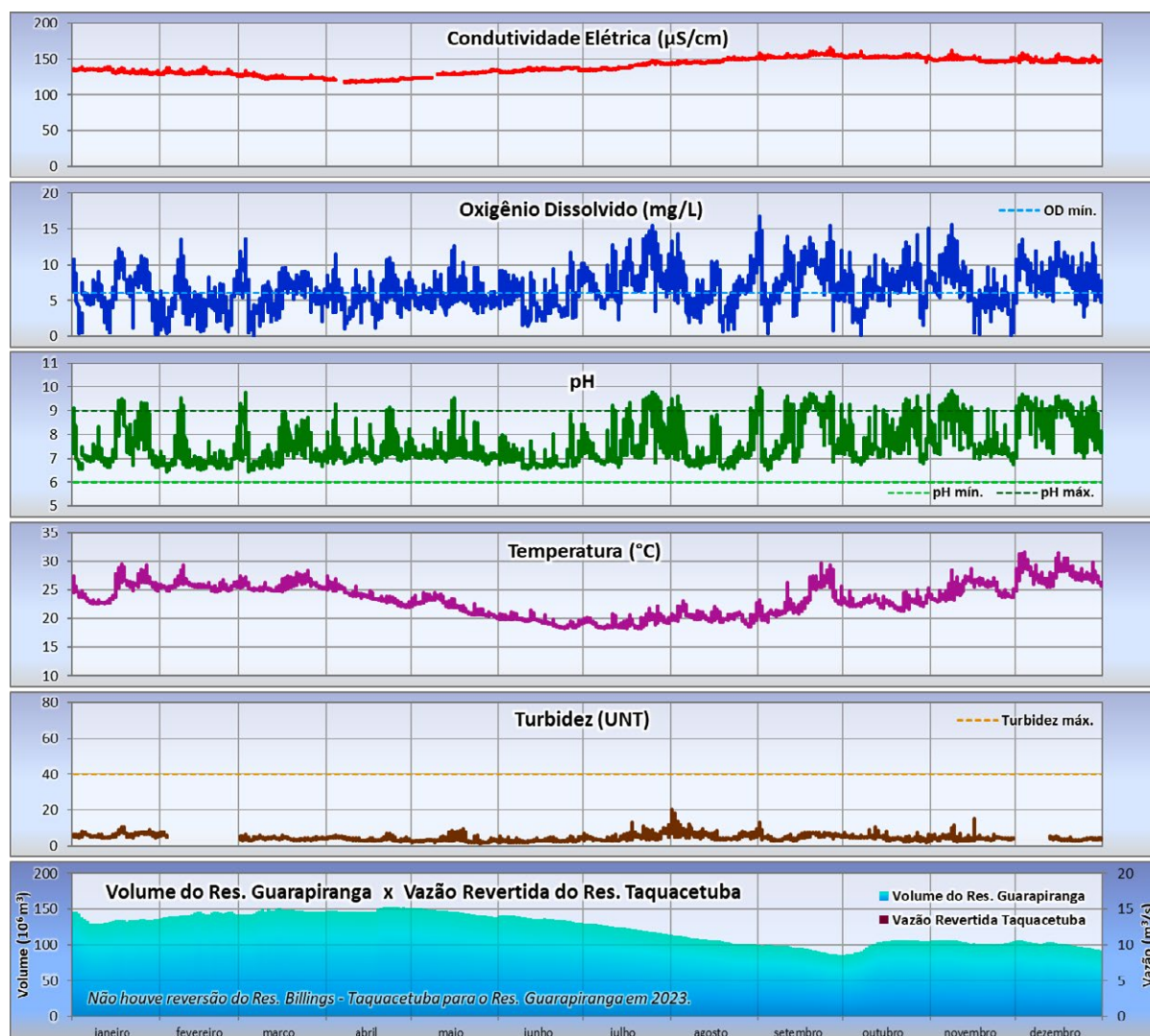
No Braço do Parelheiros, o IVA manteve a classificação histórica na categoria Ruim, enquanto na captação a classificação piorou, passando para Péssima (Gráfico 7.27). Essas classificações são influenciadas pelos estados Hipereutrófico (GUAR 00100) e Supereutrófico (GUAR 00900) desse corpo hídrico, ao longo do ano de 2023, além do efeito tóxico crônico para os organismos aquáticos na amostra coletada do GUAR 00900, nos meses de junho e setembro.

Gráfico 7.27 – Perfil do IVA no Reservatório Guarapiranga em 2023 e nos últimos 5 anos.

A qualidade da água utilizada para fins de abastecimento público (IAP) no ponto GUAR 00900 no período de 2018 a 2023 é apresentada no Gráfico 7.28. Observa-se qualidade predominantemente Ruim nesse período. A qualidade da água para fins de abastecimento público neste ponto é influenciada principalmente pelo Potencial de Formação de Trihalometanos e pelas densidades de cianobactérias, que vem se mantendo em patamares elevados desde 2016. Em 2023, foram registradas nesse ponto densidades de cianobactérias entre 20.866 e 82.954 céls/mL e valores de PFTHM de 410 a 545 µg/L.

Gráfico 7.28 – Média Anual do IAP no ponto GUAR 00900 – Reservatório Guarapiranga.

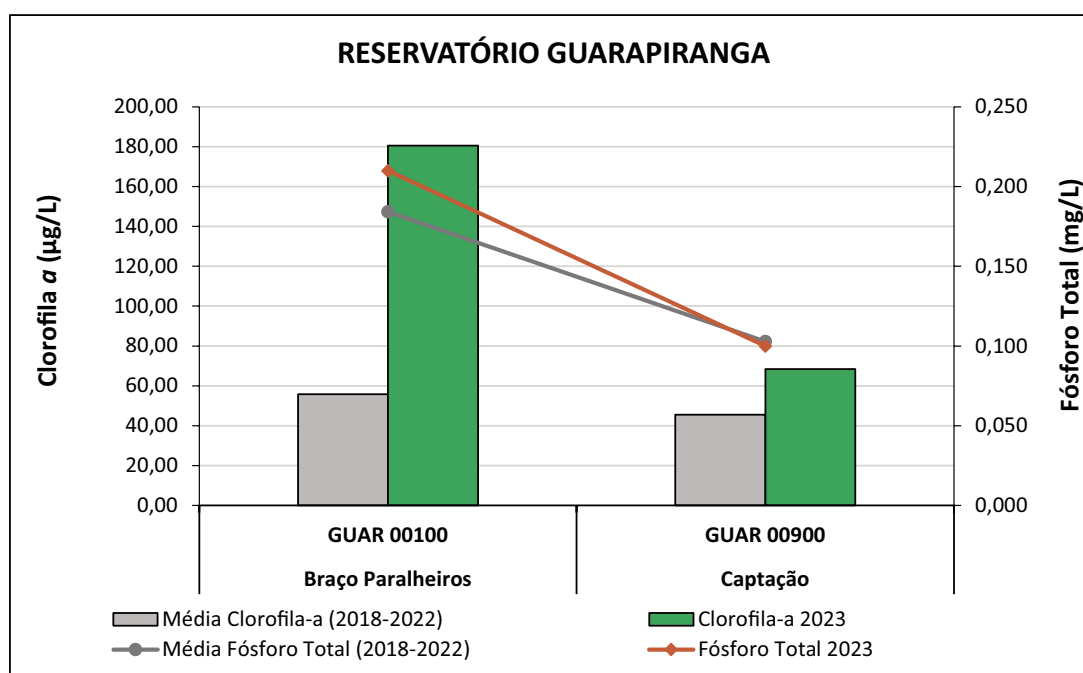
A Figura 7.10 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Guarapiranga em 2023.

Figura 7.10 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Guarapiranga de janeiro a dezembro de 2023.

A Estação Automática Guarapiranga localiza-se junto à captação da SABESP para a ETA Rodolfo José Costa e Silva, localizada no Alto da Boa Vista, que tratou a vazão média de 13,1 m³/s em 2023. O Oxigênio Dissolvido atende o padrão de qualidade para corpos de água Classe 1 em 55% do tempo e apresenta grande variabilidade, com eventos tanto de valores próximos de zero quanto acima de 15 mg/L. Os valores próximos de zero são associados a quebras da estratificação térmica do corpo de água que causa inversão das camadas de água de fundo e de superfície. Os valores que extrapolam a saturação podem ser atribuídos ao *bloom* de algas decorrente da eutrofização. O pH acompanha as variações observadas para o Oxigênio Dissolvido, encontrando-se acima do limite máximo estabelecido pela legislação em 12% do tempo. No período em que o volume do reservatório estava mais baixo, a Condutividade Elétrica apresentou-se mais alta, indicando menor diluição da carga poluidora afluente ao manancial.

O Gráfico 7.29 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total em 2023 e a média do período de 2018 a 2022 no Reservatório Guarapiranga para os pontos GUAR 00100 e GUAR 00900.

Gráfico 7.29 – Perfil da média anual da Clorofila *a* e Fósforo Total no Reservatório Guarapiranga em 2023 e nos últimos 5 anos



	Clorofila <i>a</i> – Aumento considerável em 2023 em relação à média histórica no braço Paraleiros (GUAR 00100).
	Fósforo Total – Alterações pouco significativas entre os valores de 2023 e a média histórica.

A Tabela 7.2 apresenta a média anual das porcentagens de atendimento a Resolução CONAMA nº 357/2005 para Clorofila *a* e Fósforo Total em 2023 e a média do período de 2018 a 2022 no Reservatório Guarapiranga.

Tabela 7.2 – Média das porcentagens de Atendimento a Resolução CONAMA nº 357/2005 da Clorofila *a* e Fósforo Total no Reservatório Guarapiranga em 2023 e nos últimos 5 anos

	Média CL (2018-2022)	Clorofila <i>a</i> 2023	Média CL (2018-2022)	Fósforo Total 2023
GUAR 00100	0%	0%	0%	0%
GUAR 00900	0%	0%	0%	0%

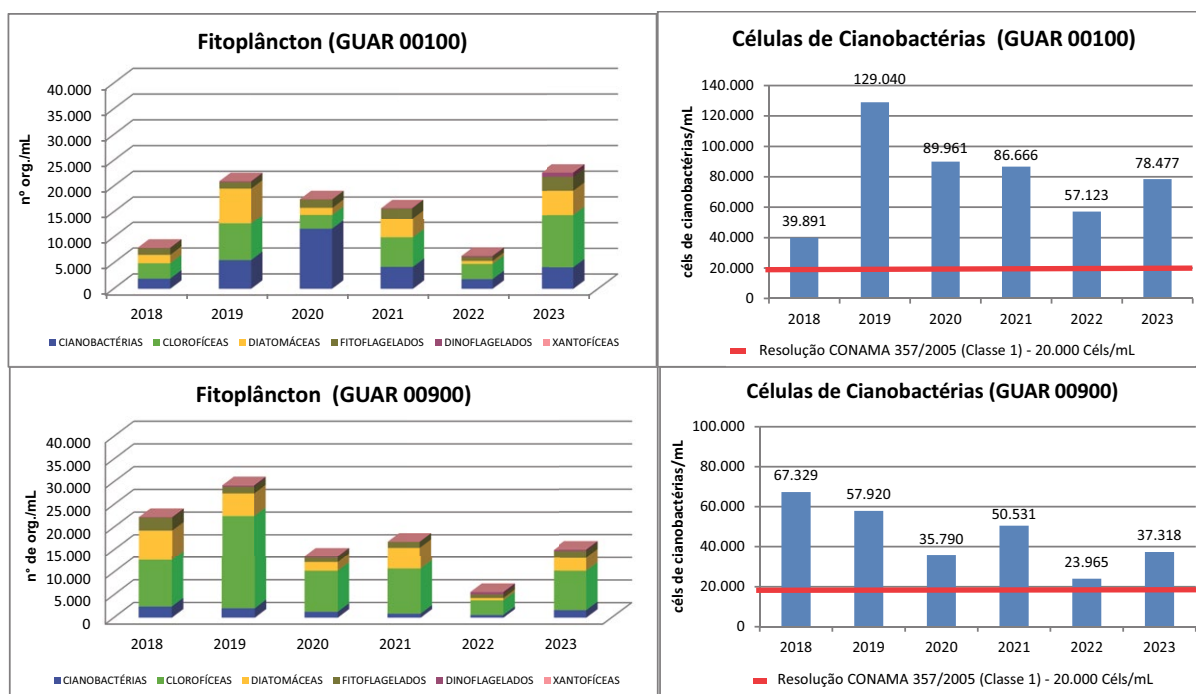
- **Porcentagem de Atendimento da Clorofila *a* à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 1- 10 µg /L)** – Não houve atendimento em nenhum dos pontos de 2018 a 2023.

- **Porcentagem de Atendimento do Fósforo Total à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 1 - 0,020 mg /L)** - Não houve atendimento em nenhum dos pontos de 2018 a 2023.

- **Qualidade da água do reservatório em relação à trofia** – Ruim. Reservatório extremamente eutrofizado. Nesse reservatório há aplicação de agentes químicos para controle de microalgas e cianobactérias, fato que pode interferir no resultado de Clorofila.

A Figura 7.11 apresenta os gráficos das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplanctônica e de Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Guarapiranga no período de 2018 a 2023. De modo geral, os grandes grupos da comunidade fitoplanctônica estiveram bem distribuídos, com dominância do grupo das clorofíceas. Entretanto, de 2022 para 2023 observa-se um aumento na média anual de densidade de organismos e Número de Células de Cianobactérias. Nos últimos anos, as médias anuais do Número de Células de Cianobactérias ficaram acima do valor recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 7.11 – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Guarapiranga – 2018 a 2023.



O Quadro 7.3 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Guarapiranga em 2022 e 2023, registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e outras considerações relevantes.

Quadro 7.3 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (céls/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de *Ceratium*. Comparação entre 2022 e 2023. Reservatório Guarapiranga.

Ponto	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (céls/mL)	Maior valor NCC do ano (céls/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	<i>Ceratum</i>	Considerações
GUAR 00100	2022						Aumento da média anual de organismos e do número de células de cianobactérias.
	4	6.330	57.123	124.952 (março) 45% das células <i>Raphidiopsis</i> e 32% <i>Merismopedia</i> ⁽²⁾	0	P	
	2023						
	4	22.572	78.477	122.625 (dezembro) 47% das células <i>Raphidiopsis</i> e 33% <i>Aphanocapsa</i> ⁽²⁾	0	P	
GUAR 00900	2022						Piora Aumento do NCC e Densidade da comunidade e não atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005.
	4	5.608	23.965	58.503 (março) 72% das células <i>Aphanocapsa</i> ⁽²⁾	50	P	
	2023						
	4	14.973	37.318	82.954 (dezembro) 93% das células <i>Aphanocapsa delicatissima</i> ⁽²⁾	0	P	

Legenda: org/mL – Organismos por mL; NCC – Número de Células de Cianobactérias; céls/mL – células por mL; *Ceratium* – dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾**Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls/mL).

⁽²⁾ Ver **Apêndice C** – item 1.4.2.

O Quadro 7.4 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2022 e 2023 no Reservatório Guarapiranga (GUAR 0100 e GUAR 0900). Utilizou-se os valores estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para água tratada como referência comparativa para avaliar as concentrações encontradas nas amostras de água bruta, uma vez que não existem padrões de qualidade para água bruta. Os destaques em vermelho e verde indicam, respectivamente, se os valores utilizados como referência para cianotoxinas foram superados ou não.

Quadro 7.4 – Concentração de cianotoxinas – Reservatório Guarapiranga – 2022 e 2023

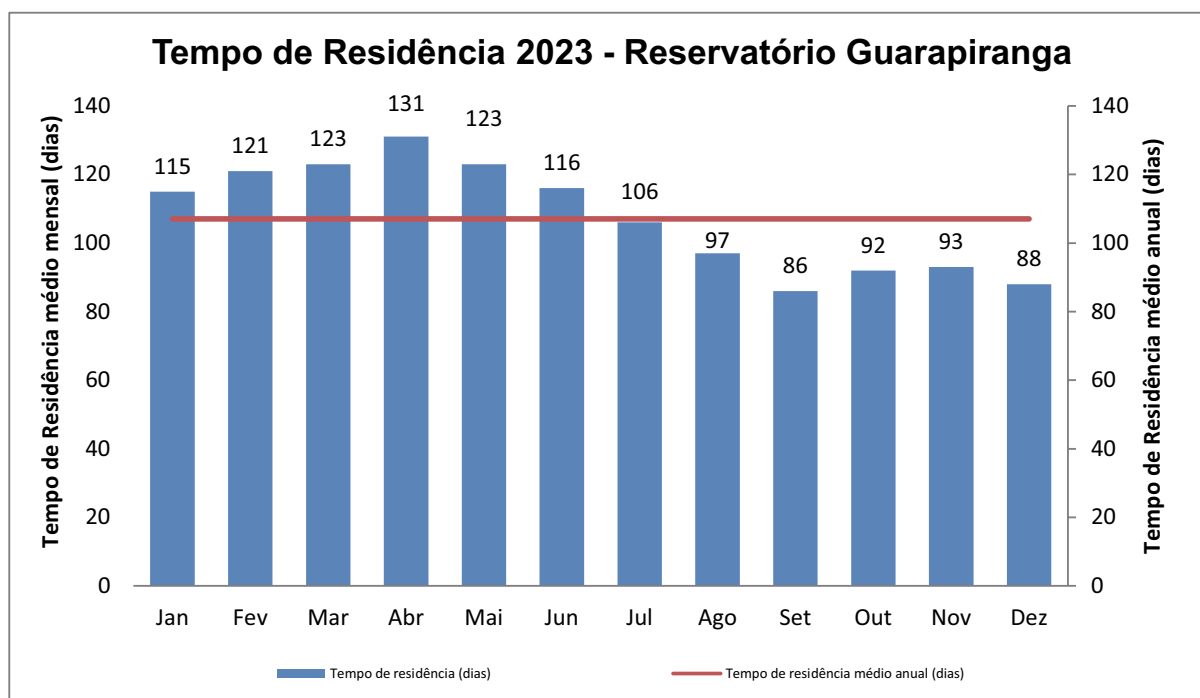
Ano	MC (µg/L)				STX (µg/L)				CYN (µg/L)			
Campanha	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
GUAR 0100												
2022	< 0,15	< 0,15	3,09	< 0,15	0,20	0,08	0,04	< 0,02	0,06	0,08	0,07	< 0,05
2023	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,02	NA	< 0,05	0,26	< 0,54	NA	< 0,54	< 0,54
GUAR 0900												
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,04	0,04	NA	< 0,02	NA	0,10	NA	< 0,05
2023	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,02	NA	< 0,05	NA	< 0,54	NA	< 0,54	NA

Limite de quantificação: MC <0,15 µg/L; STX <0,02 µg/L (2022) e <0,05 µg/L (2023); CYN <0,05 µg/L (2022) e <0,54 µg/L (2023)

Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 µg/L; CYN 1,0 µg/L; STX 3,0 µg/L

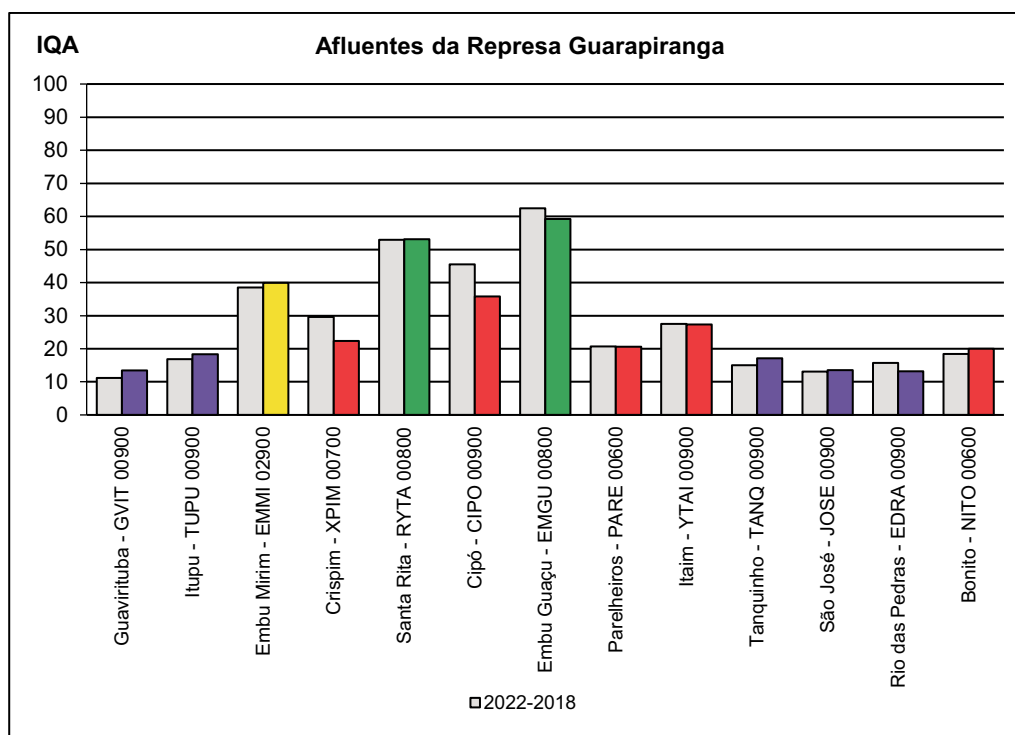
■ Não superou / ■ Superou; NA: Não analisada

Em 2022 e 2023, o tempo de residência médio do Reservatório Guarapiranga foi de 107 dias. (Gráfico 7.30).

Gráfico 7.30 – Tempo de residência médio mensal e anual em dias do Reservatório Guarapiranga – 2023.

Para aprimoramento do diagnóstico da qualidade da represa Guarapiranga, são monitorados os afluentes desse reservatório: 13 pontos pertencentes à Rede Básica realizados em conjunto com o Projeto FEHIDRO-Mananciais.

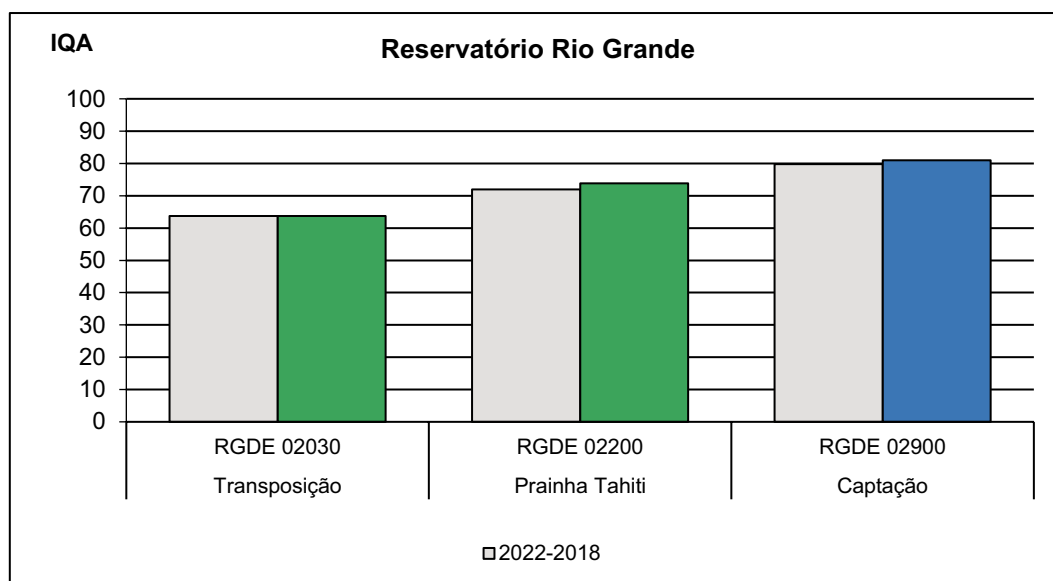
O Gráfico 7.31 apresenta o IQA médio anual dos afluentes monitorados do Reservatório Guarapiranga.

Gráfico 7.31 – IQA dos afluentes do Reservatório Guarapiranga – 2023.

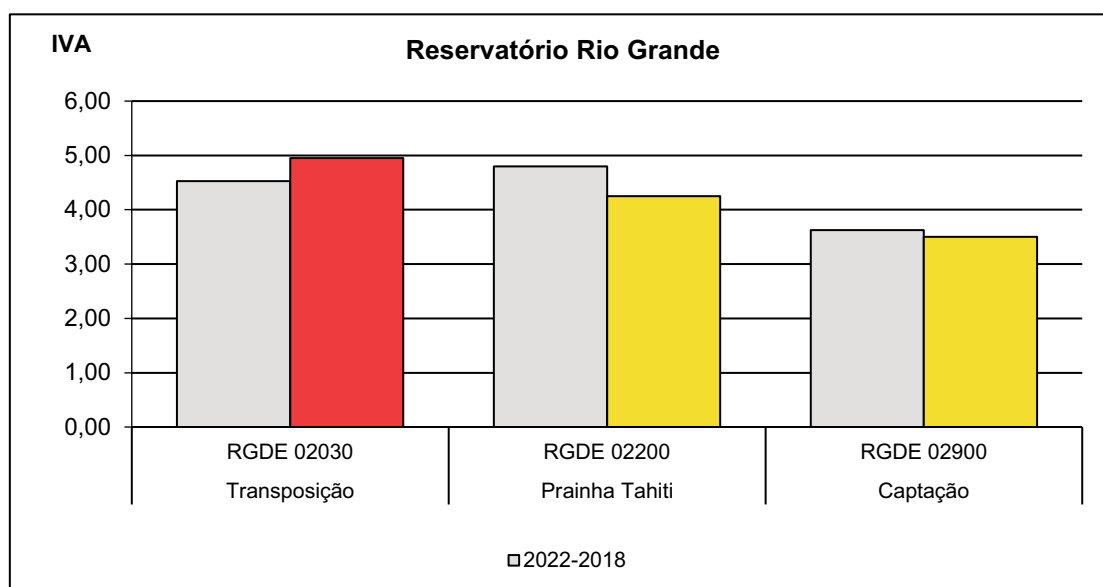
Em 2023, o Rio Embu-Mirim, Santa Rita e Embu-Guaçu, foram classificados nas categorias Boa e Regular do IQA, mantendo a classificação dos últimos 5 anos. Destacaram-se o Córrego Santa Rita e o Rio Embu-Guaçu que vêm mantendo a qualidade Boa da água na bacia do Guarapiranga, mesmo com elevada população e ocupação desordenada e irregular. O Rio Cipó apresentou significativa piora na qualidade, decaindo da categoria Regular para Ruim, influenciado por aumento das concentrações de COT e *E. coli* e redução dos níveis de OD. Os afluentes classificados na categoria Péssima mantiveram o patamar da média histórica, com exceção do Rio Bonito, que apontou melhora na qualidade, evoluindo da categoria Péssima para Ruim. Os demais afluentes foram classificados na categoria Ruim. A qualidade da água dos demais afluentes reflete os problemas dessa ocupação, com IQA classificado nas categorias Ruim e Péssima, influenciados pelo excesso de matéria orgânica, concentrações elevadas de *E. coli*, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, Turbidez e baixos níveis de OD. Esses resultados indicam a necessidade de melhorias no saneamento nas respectivas sub-bacias deste reservatório de forma a possibilitar 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

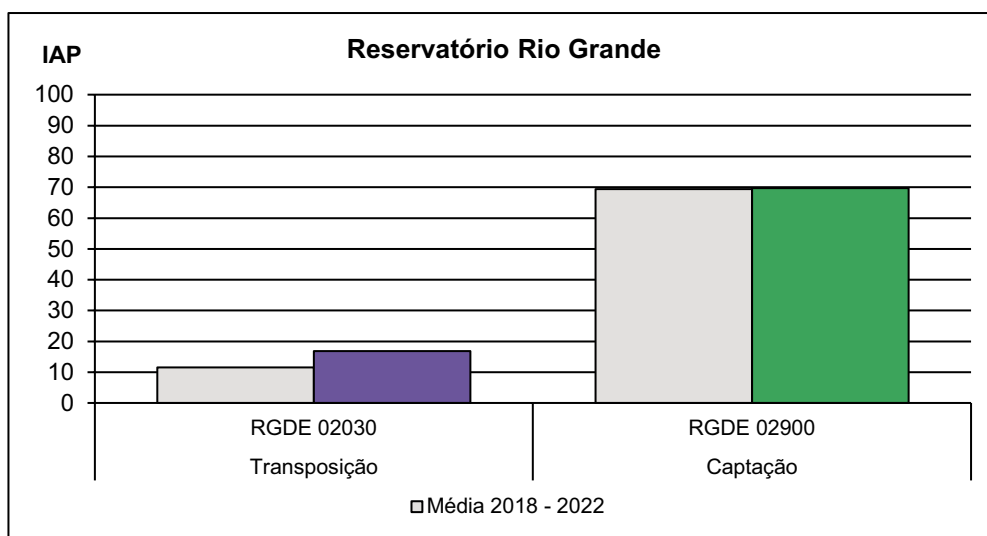
O Reservatório Rio Grande foi monitorado em três pontos: RGDE 02030 (Foz do Rio Grande), RGDE 02200 (Prainha Tahiti) e RGDE 02900 (Captação). Em 2023, a qualidade da água nos três pontos monitorados nesse reservatório foi classificada na categoria Boa e Ótima do IQA, mantendo o mesmo patamar da média histórica (Gráfico 7.32).

Gráfico 7.32 – Perfil do IQA no Reservatório Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.

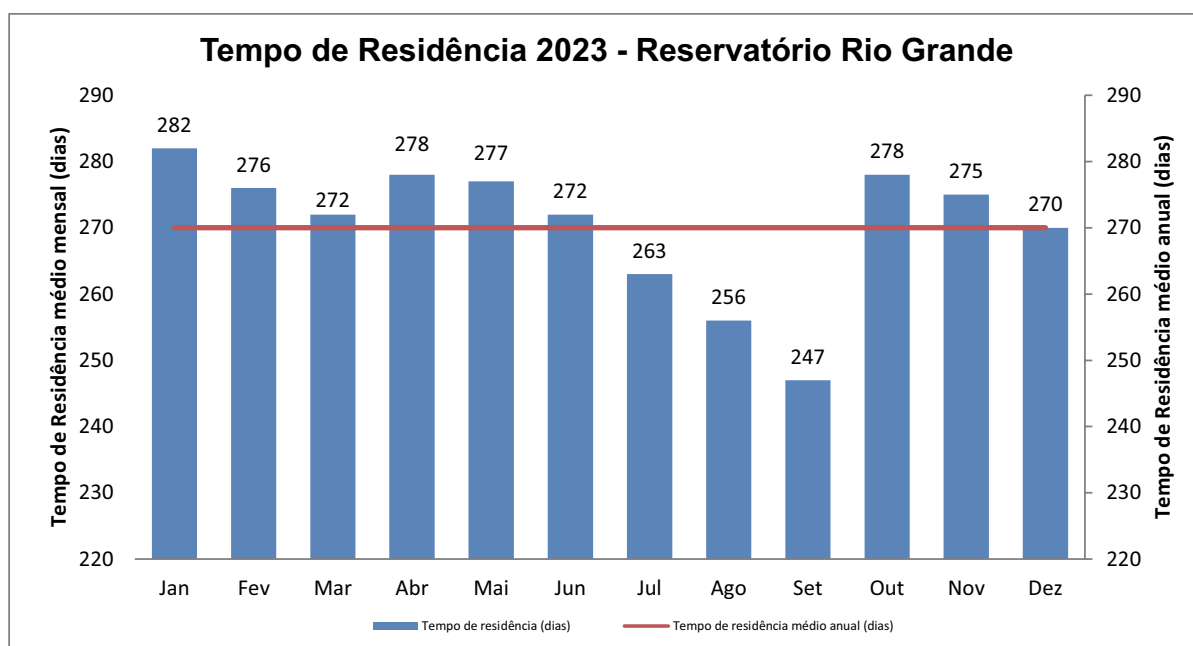
Em 2023, o IVA nos pontos monitorados no Reservatório Rio Grande permaneceu semelhante ao período histórico, com melhora para a Prainha do Tahiti, classificada na categoria Regular (Gráfico 7.33). Na transposição, é registrada a pior classificação (Ruim), influenciada pelos baixos níveis de Oxigênio Dissolvido.

Gráfico 7.33 – Perfil do IVA no Reservatório Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.

A classificação do índice que avalia a qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público (IAP) no ponto de transposição manteve a qualidade Péssima, com média do IAP no mesmo patamar dos últimos 5 anos. Essa classificação foi influenciada por valores elevados de PFTHM em 100% das campanhas realizadas nesse ano. Já na captação da SABESP, o IAP manteve a categoria Boa (Gráfico 7.34), com pontuação similar à média histórica.

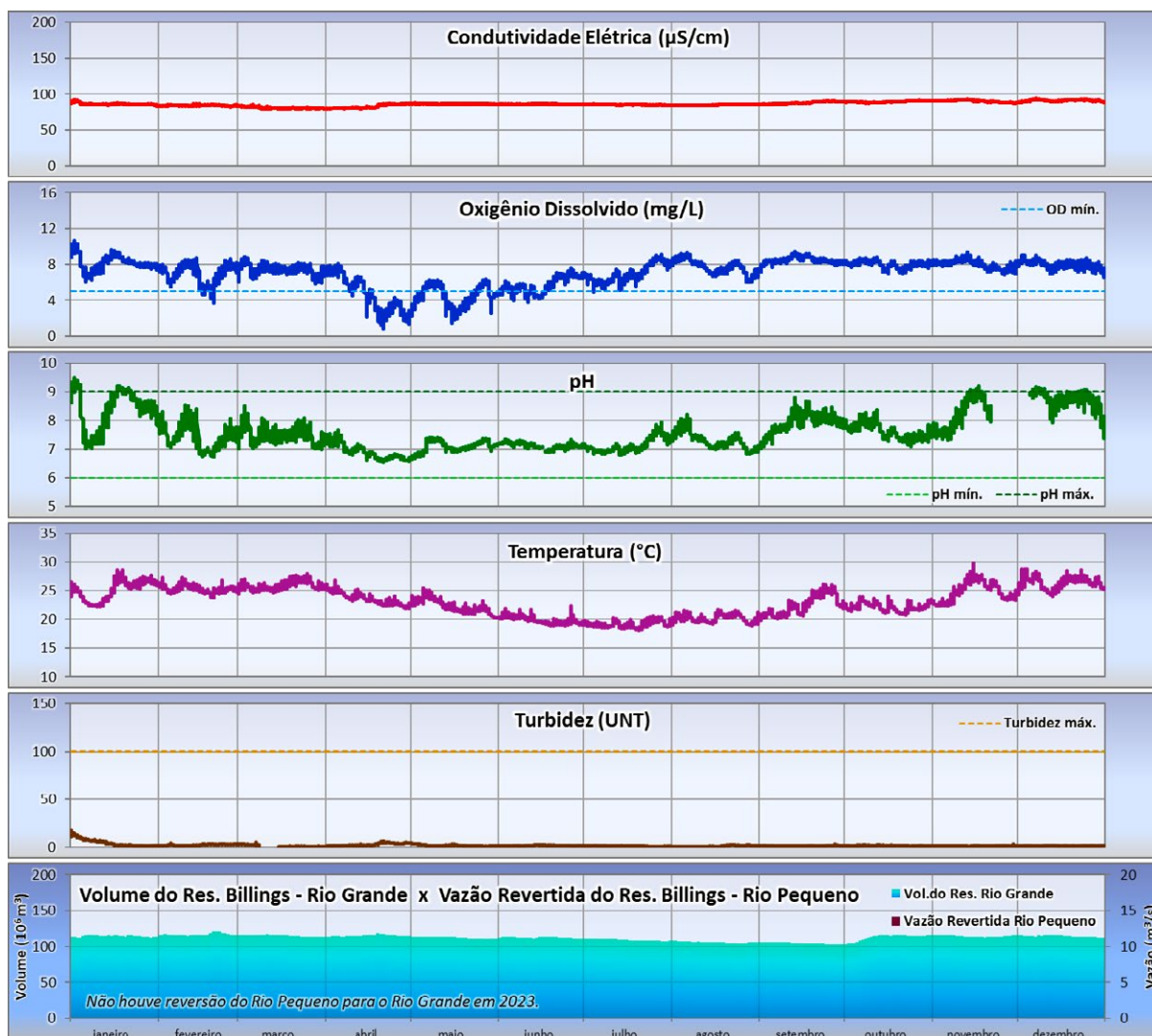
Gráfico 7.34 – Perfil do IAP no Reservatório Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.

Em 2022, o tempo de residência médio do Reservatório Rio Grande foi de 263 dias e em 2023 esse valor aumentou para 270 dias (Gráfico 7.35).

Gráfico 7.35 – Tempo de residência (dias) do Reservatório Rio Grande – 2023

A Figura 7.12 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rio Grande, na captação, em 2023.

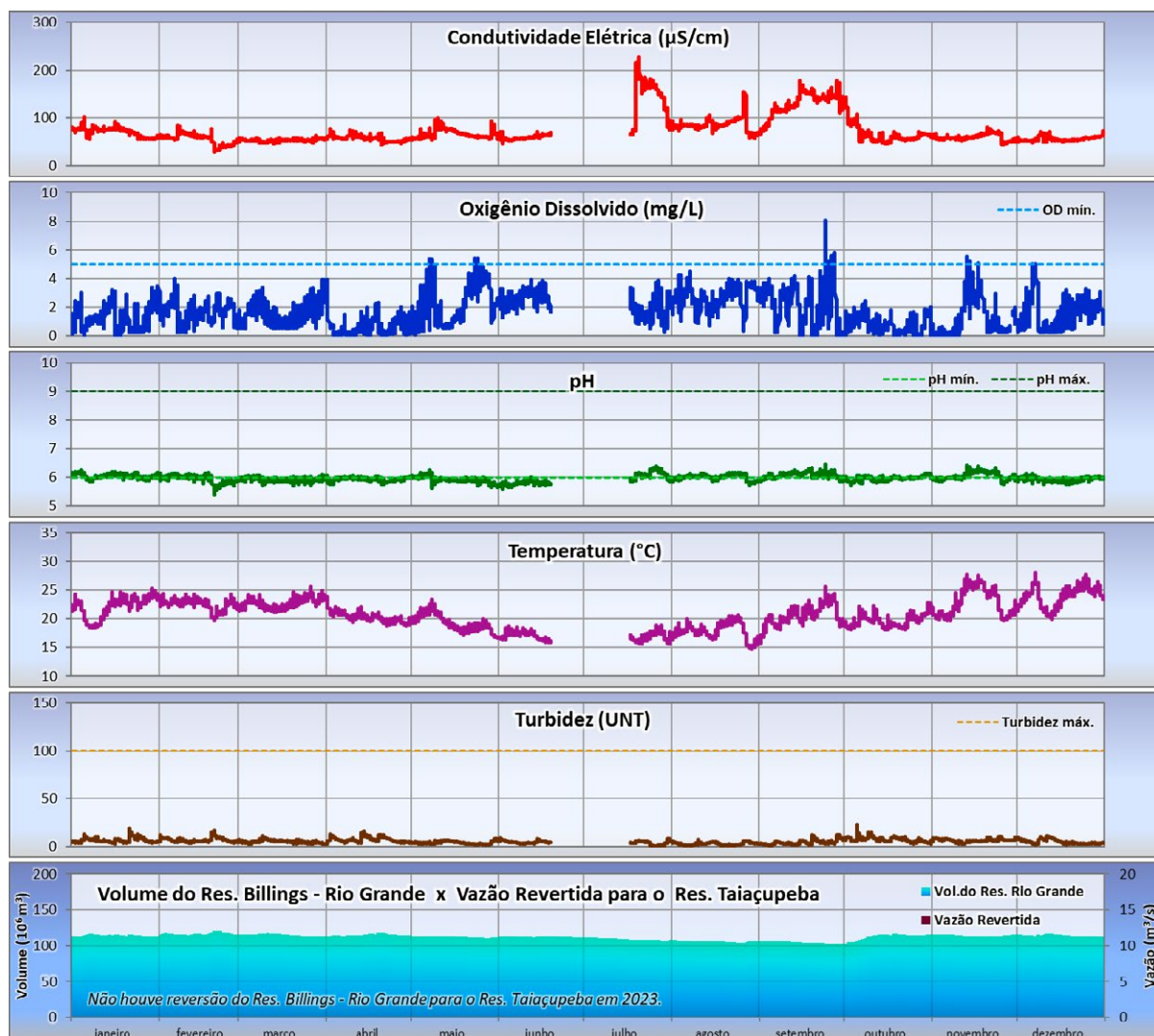
Figura 7.12 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rio Grande de janeiro a dezembro de 2023.



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, que tratou a vazão média de 4,6 m³/s em 2023. O Oxigênio Dissolvido e o pH atenderam o padrão de qualidade estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos de água Classe 2 em 97% e 92% do tempo, respectivamente. Valores muito altos de OD, que extrapolam a saturação, são indicativos do fenômeno de eutrofização, que causa crescimento desordenado (*bloom*) de algas. O pH acompanha as variações do Oxigênio Dissolvido, ultrapassando, em alguns momentos, o limite máximo previsto na legislação. Não houve reversão das águas do Braço do Rio Pequeno para o Reservatório Rio Grande. A Condutividade Elétrica manteve-se em torno de 100 µS/cm ao longo de todo o ano.

A Figura 7.13 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rio Grande Transposição em 2023.

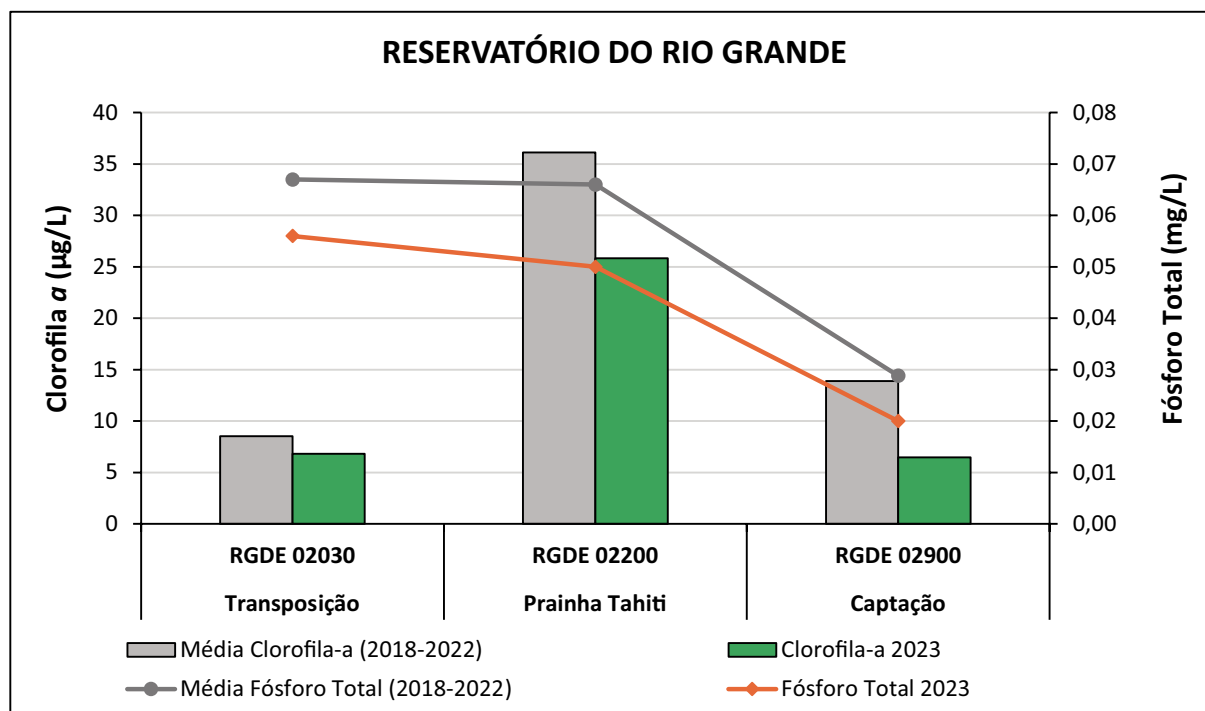
Figura 7.13 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rio Grande Transposição de janeiro a dezembro de 2023.



A Estação Automática Rio Grande Transposição foi implantada em março de 2023 com o objetivo de monitorar a qualidade das águas transpostas do sistema Rio Grande para o Sistema Produtor Alto Tietê (Reservatório Taiapuêba). A Condutividade Elétrica manteve-se abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na maior parte do tempo. O Oxigênio Dissolvido atendeu o padrão de qualidade estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos de água Classe 2 menos de 1% do período monitorado. Por outro lado, o comportamento do Oxigênio Dissolvido e do pH não apontam para a ocorrência de *bloom* de algas, fenômeno indicativo da eutrofização do corpo de água. O pH e a Turbidez atenderam ao padrão em 44% e 100%, respectivamente.

O Gráfico 7.36 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total em 2023 e a média do período de 2018 a 2022 no Reservatório do Rio Grande para os pontos RGDE 02030, RGDE 02200 e RGDE 02900.

Gráfico 7.36 – Perfil da média anual da Clorofila *a* e Fósforo Total no Reservatório do Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos



Observação 1: As médias anuais de Clorofila *a* e Fósforo Total foram obtidas das médias geométricas dos dados mensais.

Observação 2: Em 2020, foram realizadas 3 amostragens nos pontos RGDE 02200 e RGDE 02900, e 5 amostragens no ponto RGDE 02030.

	Clorofila <i>a</i> – Constatou-se melhora da variável nos 3 pontos com destaque para os pontos RGDE 02200 e RGDE 02900 em relação à média histórica dos últimos 5 anos.
	Fósforo Total – Constatou-se melhora da variável nos 3 pontos em relação à média histórica dos últimos 5 anos.

A Tabela 7.3 apresenta a média anual das porcentagens de atendimento a Resolução CONAMA nº 357/2005 para Clorofila *a* e Fósforo Total em 2023 e a média do período de 2018 a 2022 no Reservatório do Rio Grande para os pontos RGDE 02030, RGDE 02200 e RGDE 02900.

Tabela 7.3 – Média das porcentagens de Atendimento a Resolução CONAMA nº 357/2005 da Clorofila *a* e Fósforo Total no Reservatório do Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos

	Média CL (2018-2022)	Clorofila <i>a</i> 2023	Média PT (2018-2022)	Fósforo Total 2023
RGDE 02030	88	100	13	0
RGDE 02200	30	75	4	25
RGDE 02900	96	100	78	100

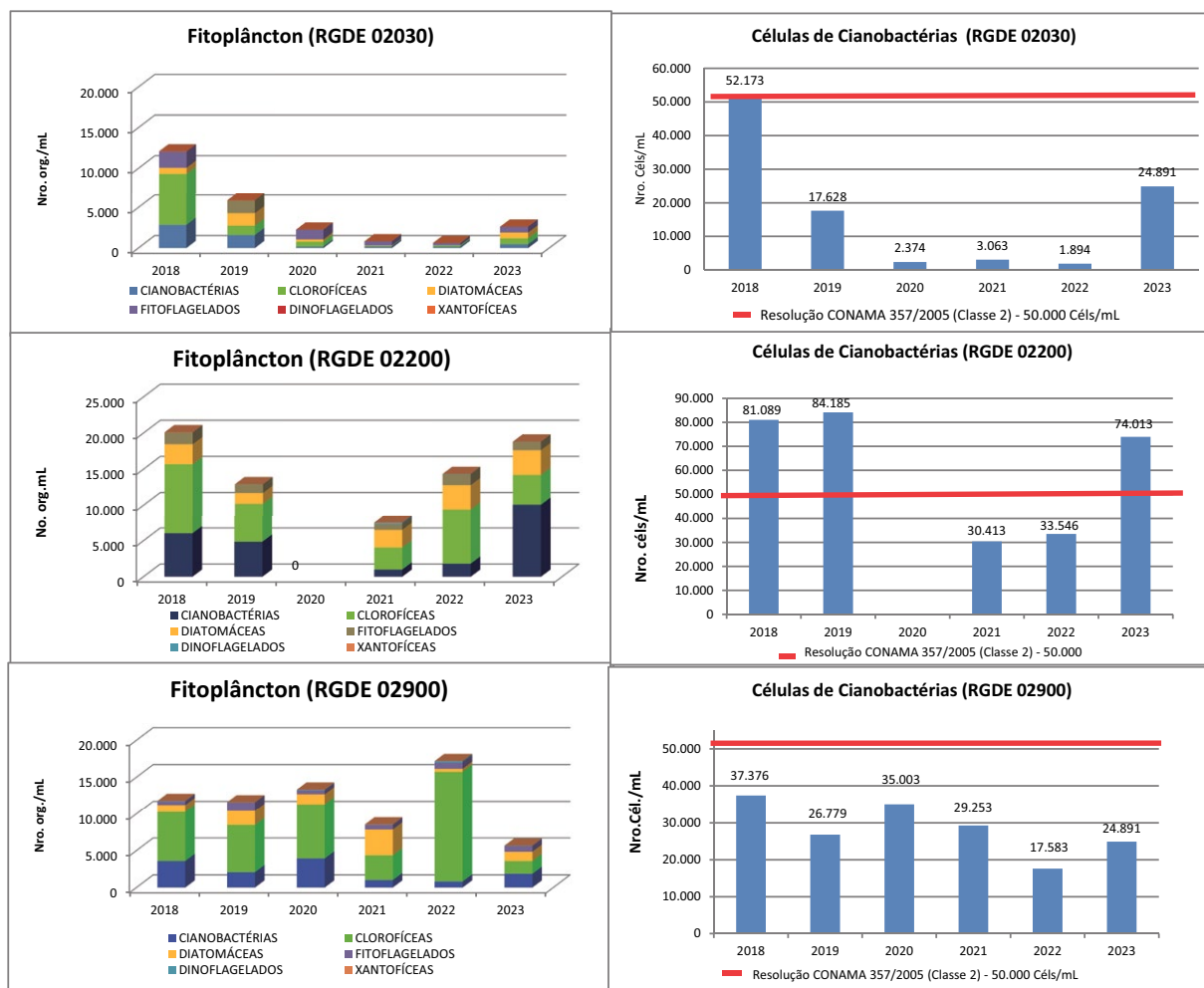
- **Porcentagem de Atendimento da Clorofila *a* à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2- 30 µg /L)** – Houve aumento da porcentagem de atendimento nos três pontos em 2023.

- **Porcentagem de Atendimento do Fósforo Total à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2 - 0,030 mg /L)** – As porcentagens de atendimento variaram amplamente entre os pontos.

- **Qualidade da água do reservatório em relação à trofia** – Ruim. Grau de trofia variado de Mesotrófico a Eutrófico. O ponto mais crítico é o RGDE 02200, com maiores valores de Clorofila *a* e Fósforo Total e menor atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005 para as duas variáveis. Nesse reservatório há aplicação de agentes químicos para controle de microalgas e cianobactérias, fato que pode interferir no resultado de Clorofila.

A Figura 7.14 apresenta os gráficos das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplanctônica e de Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Rio Grande no período de 2018 a 2023. De modo geral a distribuição dos grandes grupos não sofreu alteração significativa.

Figura 7.14 – Média anual da composição da Comunidade fitoplancônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Rio Grande – 2018 a 2023.



Observação: No ponto RGDE 02200 não houve coleta em 2020 em função da pandemia de COVID-19.

Observou-se que houve aumento da densidade da comunidade fitoplancônica em dois pontos, principalmente para o ponto RGDE 02200 onde o grupo das cianobactérias foi dominante. Já para o ponto RGDE 02900 houve uma diminuição, principalmente para o grupo das clorofíceas. Em 2023, a média anual do Número de Células de Cianobactérias ficou acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em apenas um ponto.

O Quadro 7.5 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplancônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Rio Grande em 2023, os registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e outras Considerações relevantes.

Quadro 7.5 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (céls/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2022 e 2023. Reservatório Rio Grande.

Ponto	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (céls/mL)	Maior valor NCC do ano (céls/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	<i>Ceratium</i>	Considerações
RGDE 02030	2022						Aumento nas densidades da comunidade fitoplanctônica e de cianobactérias.
	4	626	1.894	2.772 (setembro) 76% das células <i>Pseudanabaena</i> ⁽²⁾	100	A	
	2023						
	4	2.621	6.911	13.953 (dezembro) 37% das células <i>Cyanogranis</i> e 15% <i>Dolichospermum</i>	100	A	
RGDE 02200	2022						Piora Aumento das densidades médias da comunidade e de NCC.
	5	14.984	41.751	71.498 (junho) 73% das células <i>Aphanocapsa</i> ⁽²⁾	60	P	
	2023						
	4	18.795	74.013	210.935 (março) 95% das células <i>Cyanogranis</i>	67	P	
RGDE 02900	2022						Apesar da melhora em relação à média da comunidade, com melhor distribuição dos grupos, houve aumento de NCC e diminuição de atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005.
	5	15.525	17.464	28.102 (dezembro) 84% das células - <i>Woronichinia</i>	100	P	
	2023						
	4	5.653	24.891	69.422 (dezembro) 92% <i>Epigloephaera/Lemmermaniella</i>	75	P	

Legenda: org/mL - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; céls/mL - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 céls/mL).

⁽²⁾ Ver **Apêndice C** – item 1.4.2.

O Quadro 7.6 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2022 e 2023 no Reservatório Rio Grande (RGDE 02030 e RGDE 02900). Utilizou-se os valores estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para água tratada como referência comparativa para avaliar as concentrações encontradas nas amostras de água bruta, uma vez que não existem padrões de qualidade para água bruta. Os destaques em vermelho e verde indicam, respectivamente, se os valores utilizados como referência para cianotoxinas foram superados ou não.

Apenas em dezembro de 2023, no ponto RGDE 02900, a densidade de Células de Cianobactérias esteve acima do limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021 de 20.000 céls/mL, que define a obrigatoriedade de determinação semanal de cianotoxinas na água bruta. No entanto, mesmo com a alta densidade de cianobactérias, as concentrações de cianotoxinas permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela mesma portaria.

Quadro 7.6 – Concentração de cianotoxinas - Reservatório Rio Grande - 2022 e 2023

Ano/Campanha	MC (µg/L)				STX (µg/L)				CYN (µg/L)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
RGDE 02030												
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	NA	< 0,02	NA	< 0,02	NA	< 0,05	NA	< 0,05
2023	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,54	< 0,54	< 0,54	< 0,54
RGDE 02900												
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,02	NA	0,06	NA	0,07	NA	0,05	NA
	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,02				< 0,05			
2023	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,02	< 0,05	< 0,05	NA	< 0,54	NA	< 0,54	NA

Limite de quantificação: MC <0,15 µg/L; STX <0,02 µg/L (2022) e <0,05 µg/L (2023); CYN <0,05 µg/L (2022) e <0,54 µg/L (2023)

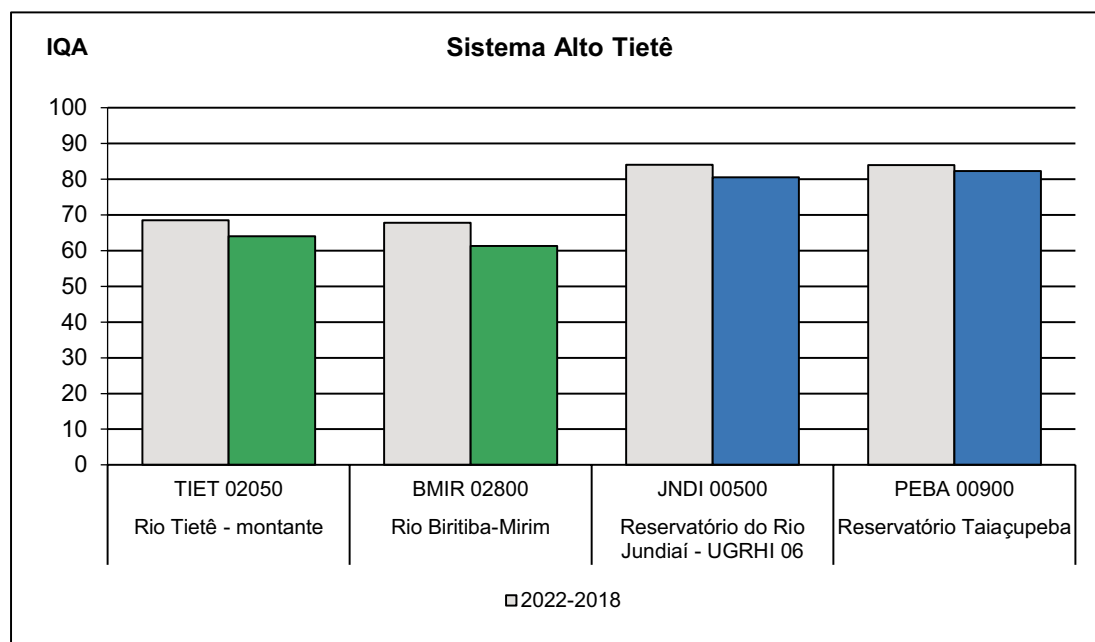
Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 µg/L; CYN 1,0 µg/L; STX 3,0 µg/L

■ Não superou / ■ Superou; NA: Não analisada

7.6.4 Sistema Alto Tietê

Os reservatórios de Ponte Nova, Biritiba-Mirim, Jundiá e Taiaçupeba, existentes na cabeceira do Rio Tietê, são utilizados no suprimento do Sistema Produtor do Alto Tietê.

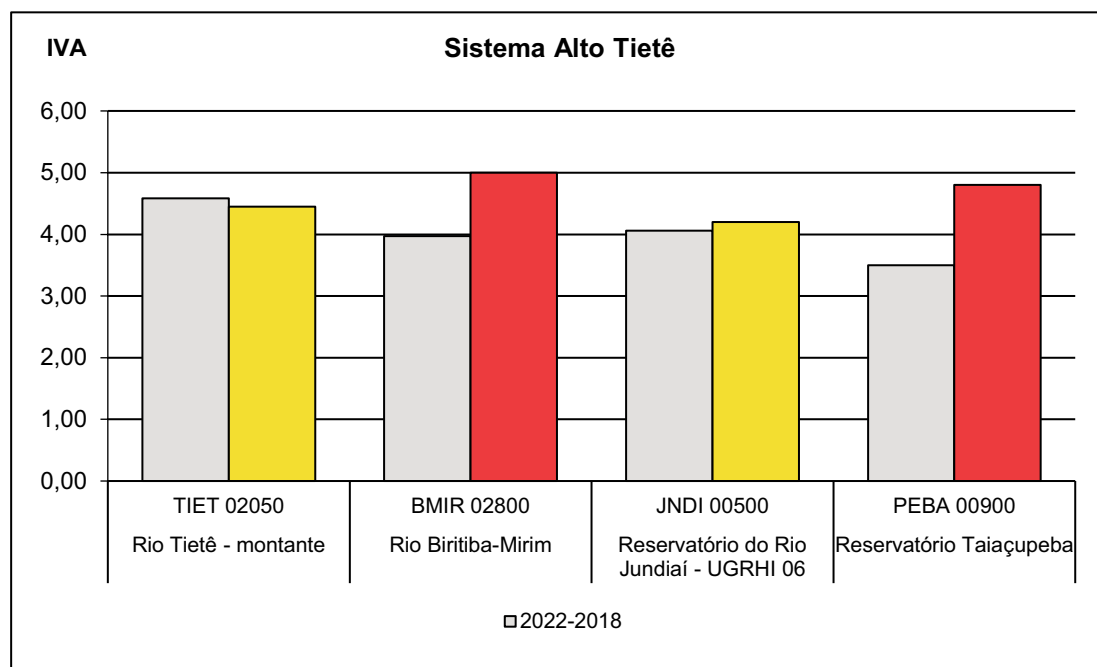
A média do IQA, em 2023, oscilou entre Boa e Ótima (Gráfico 7.37). Nos trechos de montante do Rio Tietê e do Rio Biritiba-Mirim, a classificação se manteve Boa. Os reservatórios do Rio Jundiá e de Taiaçupeba, conferiram categoria Ótima do IQA. Em todos os trechos houve variação negativa em relação à média dos últimos 5 anos, influenciada por aumento das concentrações de matéria orgânica em todos os pontos.

Gráfico 7.37 – Perfil do IQA no Sistema Alto Tietê e rios afluentes em 2023 e nos últimos 5 anos.

Em 2023, o IVA no Sistema Alto Tietê e rios afluentes foi classificado nas categorias Regular e Ruim (Gráfico 7.38). Os pontos do Rio Biritiba-Mirim e Reservatório Taiaçupeba apresentaram piora no índice, comparado à média histórica. A classificação Ruim nesses recursos hídricos foi influenciada pelo registro de

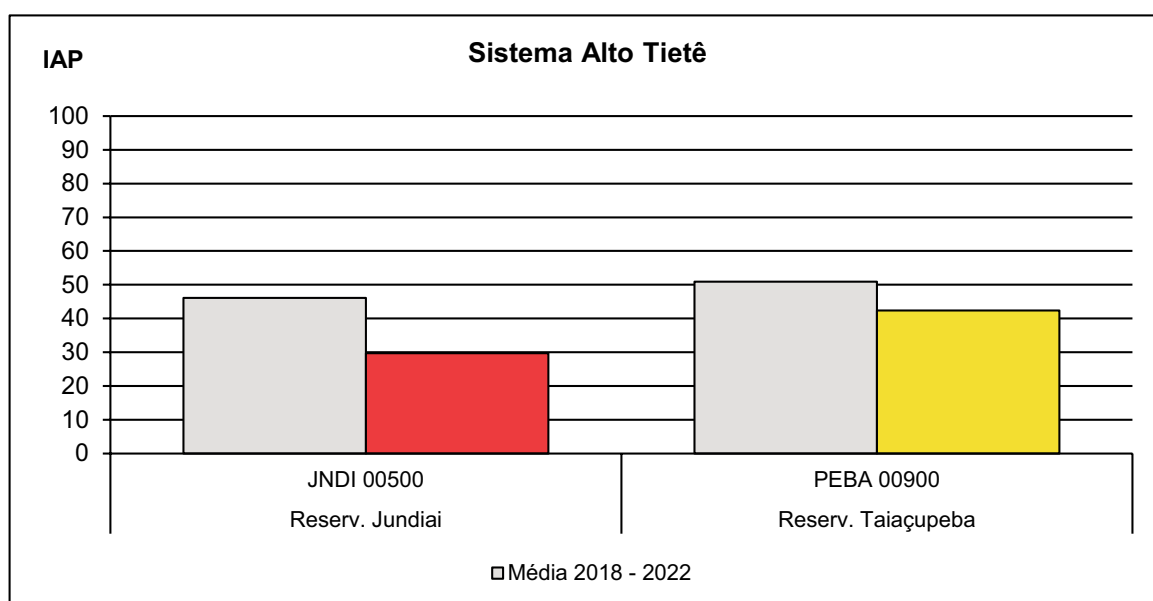
toxicidade aguda aos organismos aquáticos no mês de dezembro (PEBA 00900) e baixo nível de Oxigênio Dissolvido em fevereiro (BMIR 02800), além da classificação do estado trófico (Eutrófico).

Gráfico 7.38 – Perfil do IVA no Sistema Alto Tietê e rios afluentes em 2023 e nos últimos 5 anos.

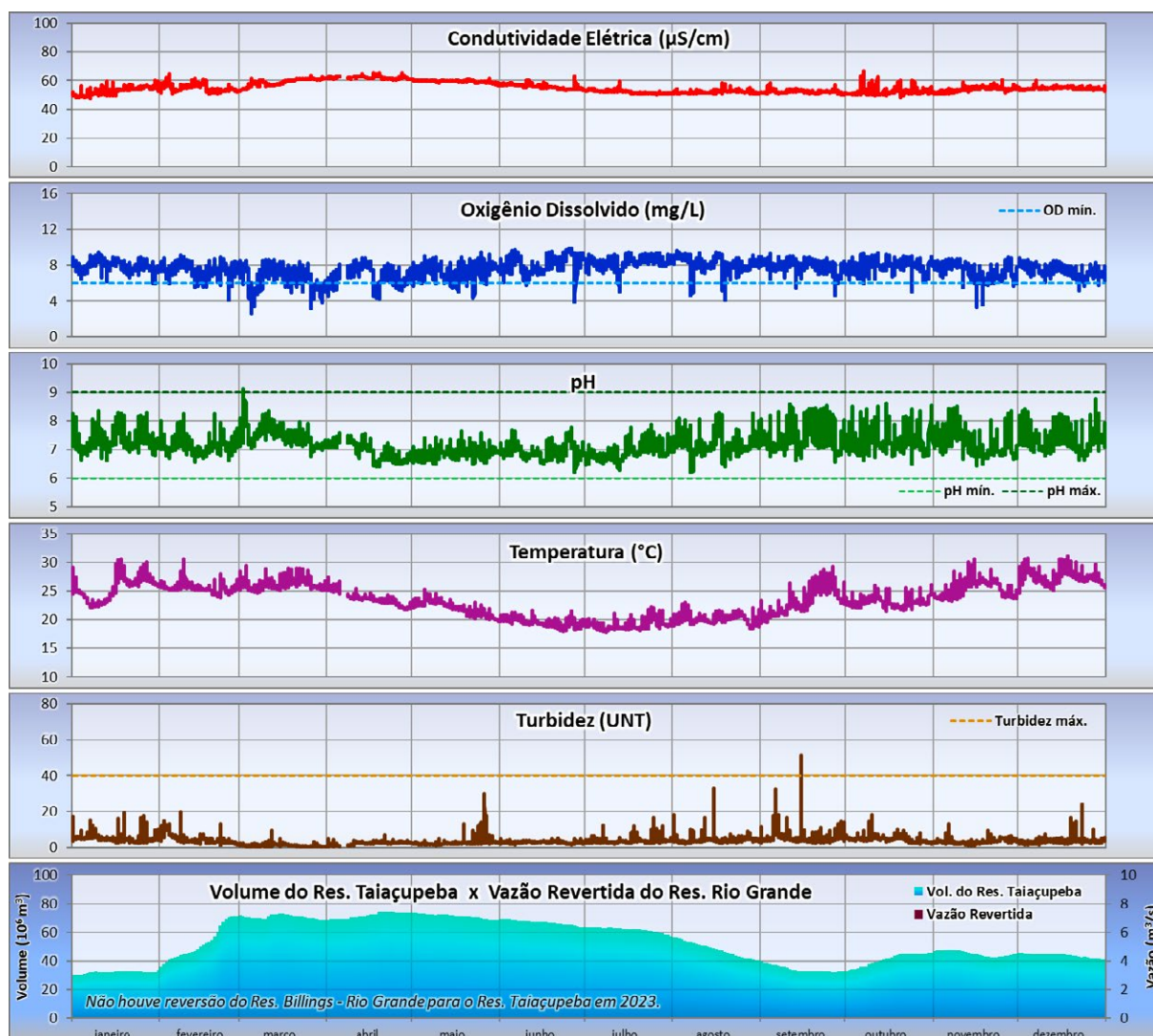


A qualidade da água para fins de abastecimento público foi avaliada nos reservatórios Jundiaí e Taiaçupeba. Ambos os reservatórios apresentaram piora na qualidade da água bruta em 2023: No Reservatório do Taiaçupeba o IAP foi classificado na Categoria Regular e o Reservatório do Jundiaí caiu para a categoria Ruim do IAP. Ambos os pontos foram influenciados por concentrações elevadas de PFTHM (Gráfico 7.39).

Gráfico 7.39 – Média Anual do IAP nos reservatórios Jundiaí e Taiaçupeba em 2023 e nos últimos 5 anos.



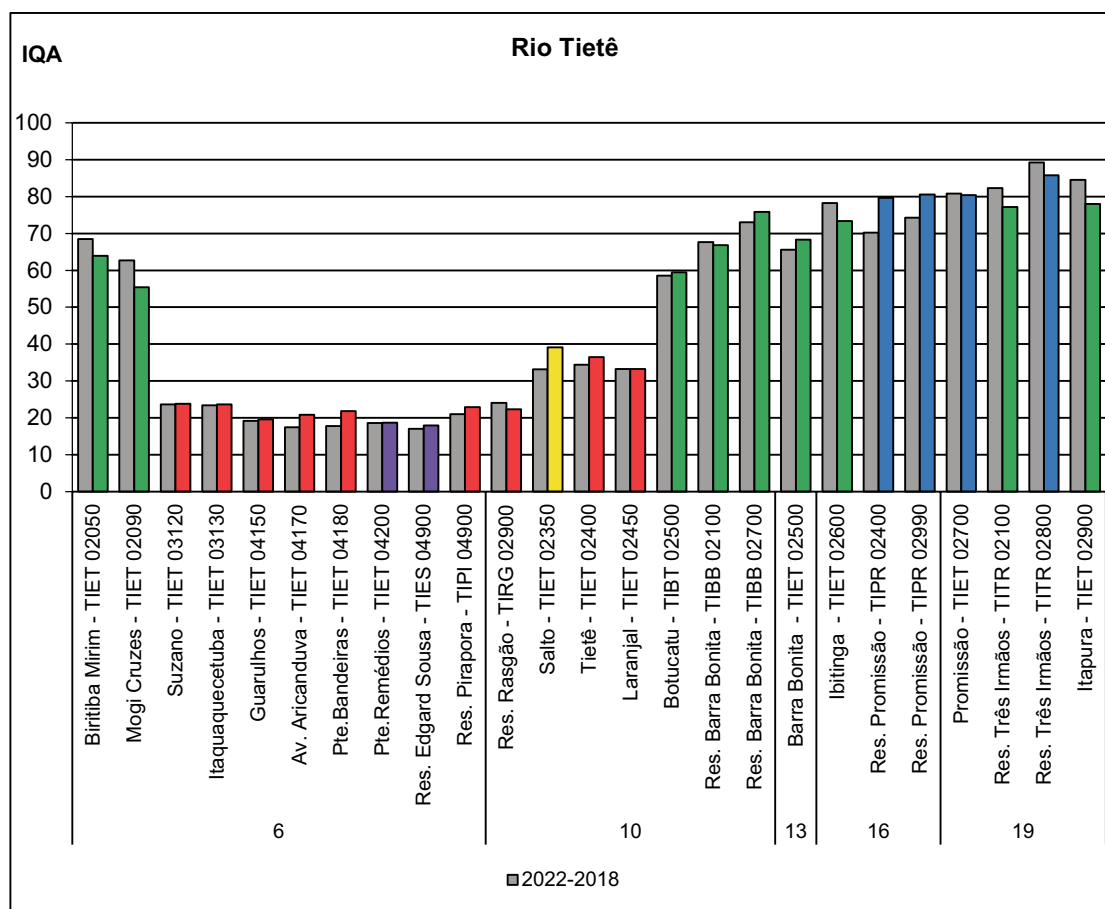
A Figura 7.15 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Taiaçupeba em 2023.

Figura 7.15 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Taiacupeba de janeiro a dezembro de 2023.

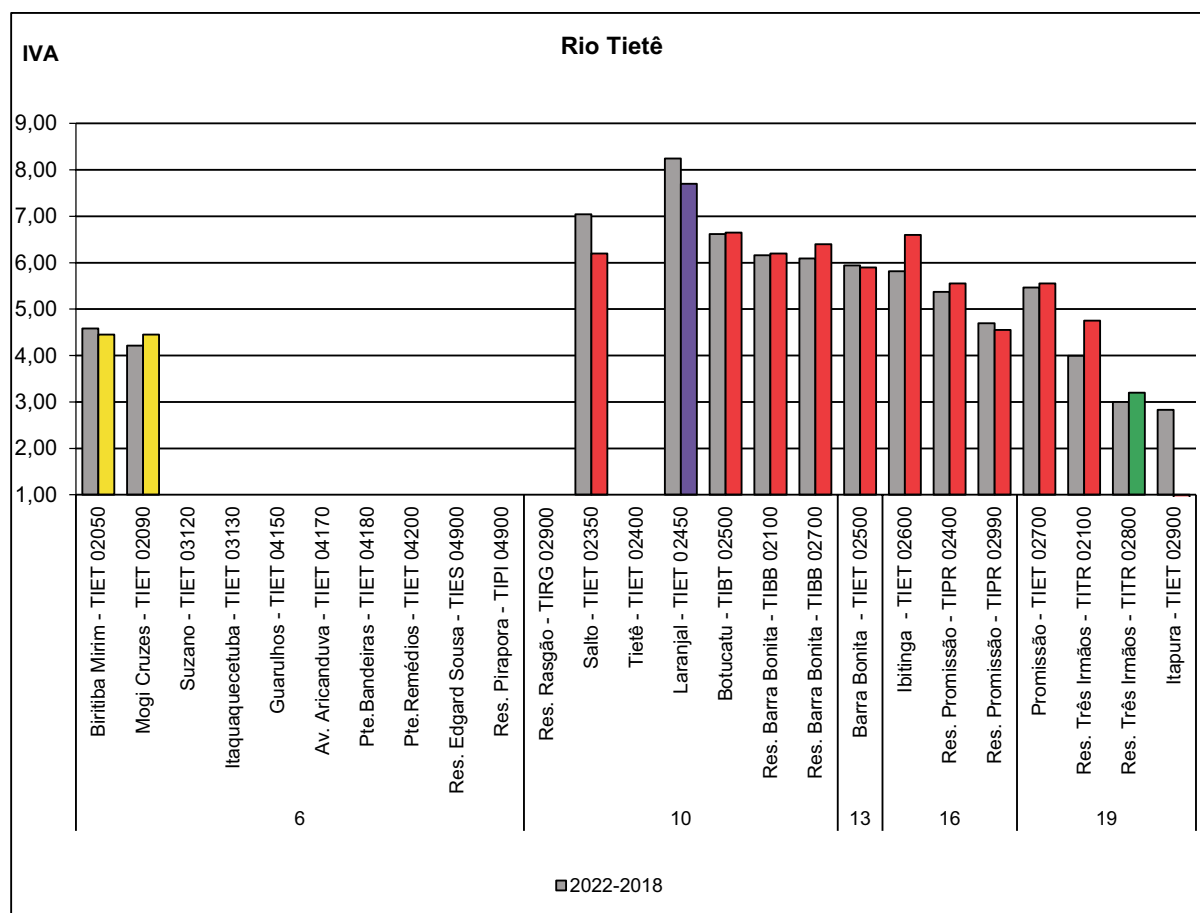
A Estação Automática Taiacupeba monitora a qualidade das águas do Reservatório Taiacupeba, integrante do Sistema Produtor Alto Tietê – SPAT, onde a SABESP captou uma vazão média de 12,4 m³/s em 2023. As águas do reservatório apresentam valores baixos de Condutividade, indicativo de águas pouco impactadas por cargas poluidoras, com o Oxigênio Dissolvido atendendo ao padrão de qualidade para corpos de água Classe 1 em 93% do tempo. Em 2023, não houve reversão das águas do Reservatório Billings – Rio Grande para o Reservatório Taiacupeba. A Turbidez apresentou grande variabilidade ao longo do ano, mas registrou valores em desacordo com o padrão de qualidade em menos de 1% do tempo.

7.7 RIO TIETÊ – UGRHIs 6, 10, 13, 16 e 19

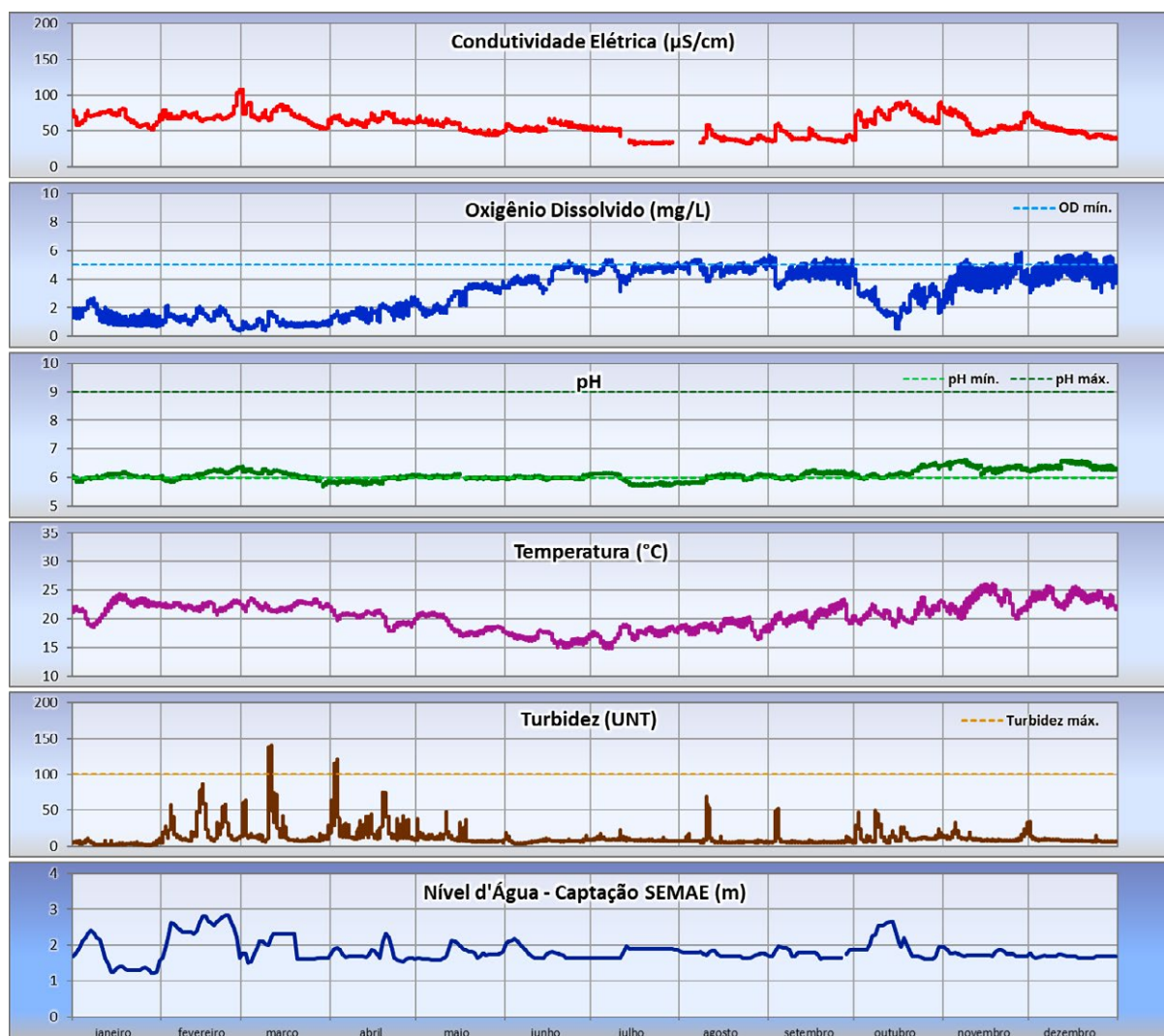
O Gráfico 7.40 , apresenta o perfil do IQA ao longo da calha do Rio Tietê, que percorre todo o estado de São Paulo e atravessa as UGRHIs 6, 10, 13, 16 e 19. **Em 2023, esse rio foi avaliado pelo IQA em 25 pontos ao longo de toda a sua extensão**, desde o trecho mais próximo da sua nascente, em Biritiba-Mirim, no Alto Tietê, até próximo da sua foz, no Baixo Tietê, em Itapura. Nas proximidades da sua nascente até Mogi das Cruzes, o Rio Tietê manteve a qualidade Boa, com IQA similar ao da média histórica. No trecho que atravessa a Região Metropolitana de São Paulo até Pirapora do Bom Jesus, que é o exutório da UGRHI 6 e onde se concentra a maior parcela da carga orgânica oriunda da RMSP, a qualidade da água variou entre Ruim e Péssima, com níveis de Oxigênio Dissolvido entre 0,21 e 4 mg/L e de Carbono Orgânico Total entre 8,05 e 34,2mg/L. Os trechos que atravessam os municípios de Guarulhos, São Paulo (Av. Aricanduva, Pte. Bandeiras) e Pirapora do Bom Jesus, expressaram melhora na qualidade, sendo classificados na categoria Péssima, na média dos últimos 5 anos, e passaram para a categoria Ruim, em 2023. Na UGRHI 10, no trecho do Rio Tietê entre Salto e Laranjal Paulista, evidencia-se um início de autodepuração da água com aumento dos níveis de OD (entre 1,8 e 8,4 mg/L) e redução das concentrações de COT (entre 7,63 e 14 mg/L), apesar do IQA classificado na categoria Ruim, porém com destaque para o trecho de Salto que evoluiu para a categoria Regular. A qualidade do Rio Tietê no trecho que atravessa Botucatu, assim como nos trechos represados do Rio Tietê, que abrangem os reservatórios de Barra Bonita e Promissão, apresentaram IQA médio nas categorias Boa e Ótima, predominantemente superando a média histórica. Destacam-se os trechos do Reservatório de Promissão (TIPR02400, TIPR02990 e TIET02700), que obtiveram melhora na qualidade, atingindo a categoria Ótima do IQA, consolidando assim, o processo de autodepuração da carga orgânica. A partir do Reservatório Três Irmãos até a foz no Rio Paraná, a qualidade da água manteve-se na categoria Boa e Ótima, embora abaixo da média histórica. No trecho em Itapura, houve piora da qualidade, passando da categoria Ótima, na média dos últimos 5 anos para Boa, em 2023, influenciado por aumento nas concentrações de COT e Fósforo Total e queda nos níveis de OD.

Gráfico 7.40 – Perfil do IQA ao longo do Rio Tietê em 2023 e nos últimos 5 anos.

O Gráfico 7.41 apresenta o perfil do IVA ao longo da calha do Rio Tietê, que percorre todo o estado de São Paulo e atravessa as UGRHIs 6, 10, 13, 16 e 19. Na UGRHI 6, os pontos de monitoramento em Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes possuem o cálculo do IVA, nos demais pontos inseridos na RMSP e pertencentes à Classe 4, não é realizada a análise do IVA. Nos trechos próximos da sua nascente, a qualidade da água foi classificada na categoria Regular, no mesmo patamar da média histórica. A partir de Salto até o município de Promissão (UGRHI 19), o perfil do IVA do Rio Tietê permaneceu nas categorias Ruim e Péssima, influenciado pelos níveis de trofia entre Eutrófico e Hipereutrófico, com sensível piora em relação à média histórica no trecho em Ibitinga, influenciado pelo efeito tóxico crônico na campanha de julho. No Reservatório Três irmãos, o IVA Ruim foi influenciado pelo nível eutrófico e pelo baixo OD na campanha de abril. Nos demais pontos, o IVA se manteve similar ao da média histórica.

Gráfico 7.41 – Perfil do IVA ao longo do Rio Tietê em 2023 e nos últimos 5 anos.

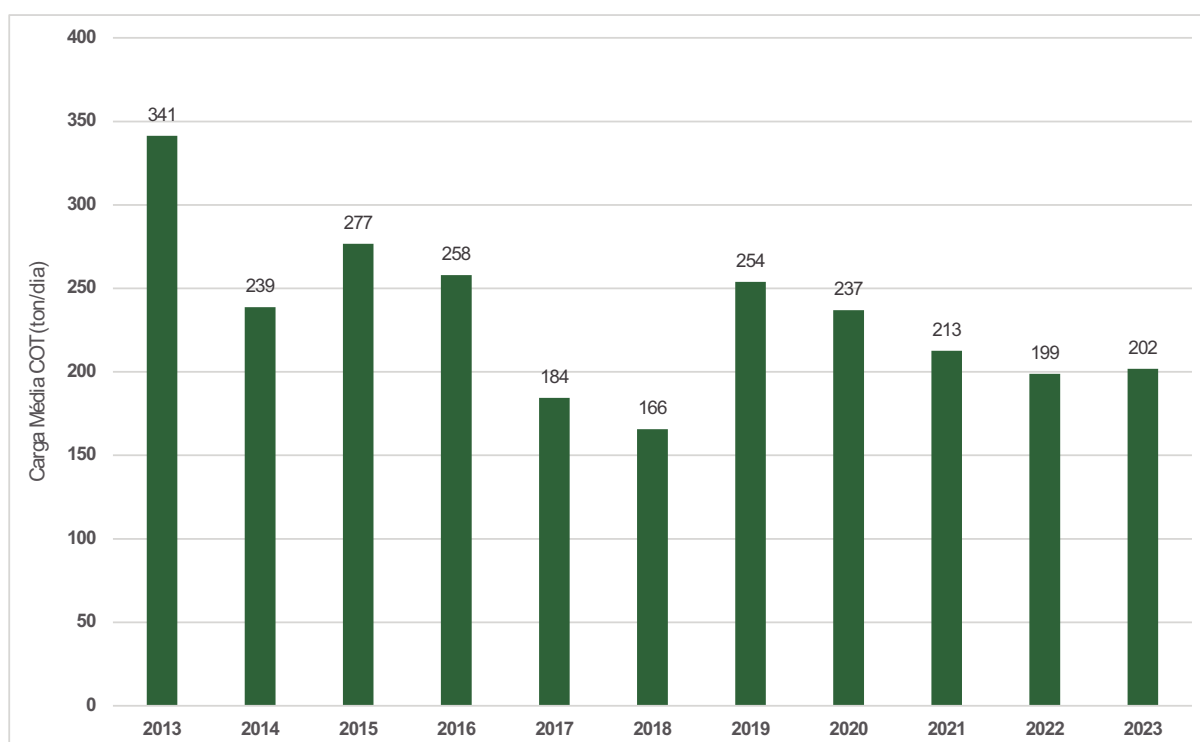
A Figura 7.16 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Mogi das Cruzes em 2023.

Figura 7.16 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Mogi das Cruzes de janeiro a dezembro de 2023.

Localizada junto à captação de água do SEMAE Mogi das Cruzes, a Estação Automática Mogi das Cruzes monitora a qualidade das águas Rio Tietê em trecho próximo à cabeceira. Apesar da 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 7% do tempo, justamente no período em que a vazão do rio é menor. O pH, tipicamente baixo, atende ao padrão de qualidade durante 71% do ano.

Em linha com o Programa IntegraTietê, lançado em março de 2023, e que prevê uma série de investimentos em curto, médio e longo prazo em prol do Rio Tietê, no qual foi adotada a carga de COT no Reservatório Edgard de Souza (TIES 04900), no trecho do Rio Tietê em Santana do Parnaíba, no exutório da bacia do Alto Tietê, para avaliar a efetividade das ações na ampliação do saneamento básico, que focalizará sobretudo a RMS, incluiu-se através do Gráfico 7.42 a evolução da carga média anual de Carbono Orgânico Total (COT) medida nesse trecho considerando um período de 11 anos, entre 2013 e 2023. Para o cálculo da carga de COT foram utilizados os dados de vazão média diária no dia da coleta. A carga anual é a média aritmética das cargas de COT obtidas em cada campanha de coleta.

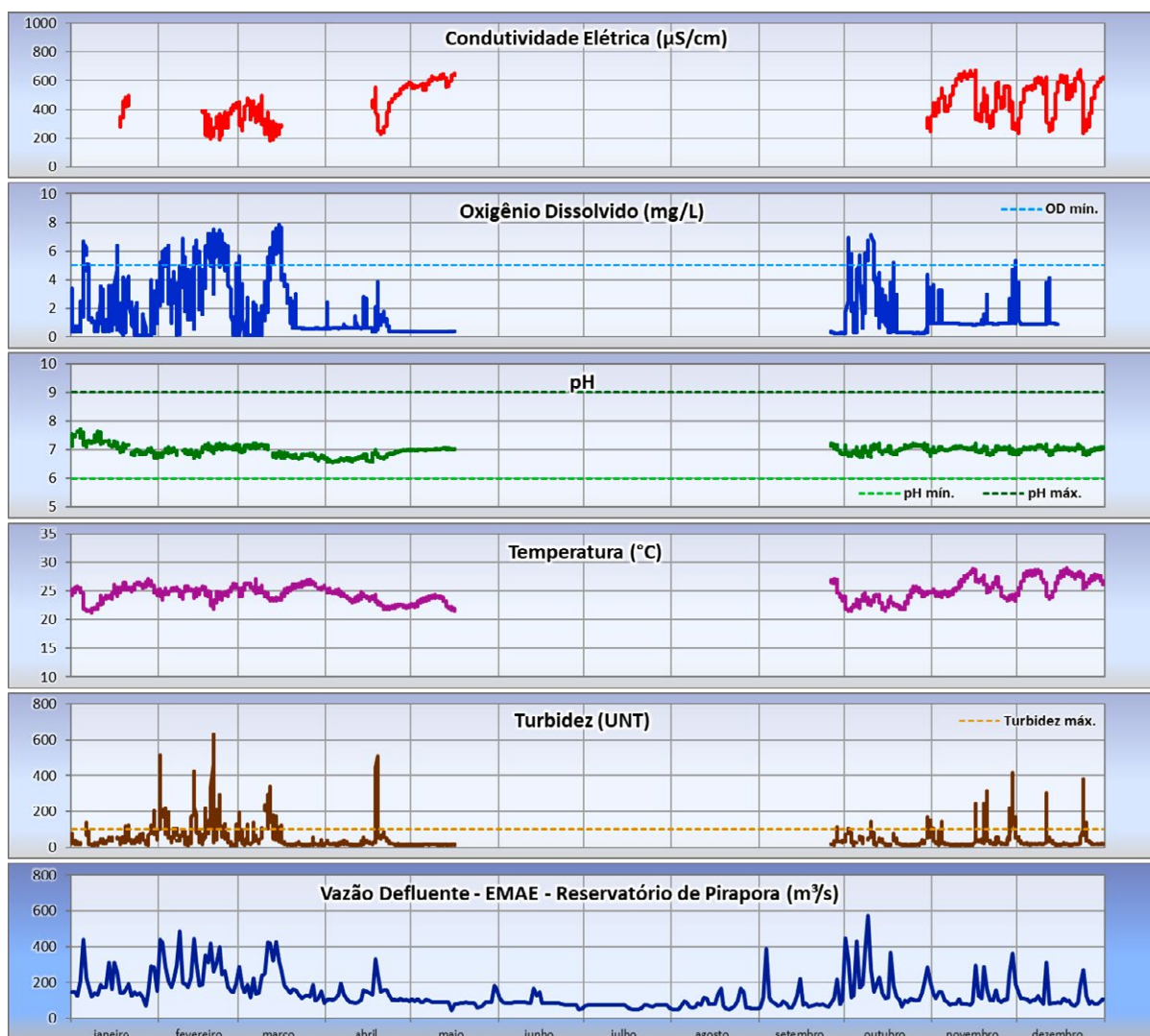
Gráfico 7.42 – Evolução da carga média anual de Carbono Orgânico Total no ponto TIES 04900.



A carga média de COT, que em 2013 foi estimada em 341 ton/dia, caiu para 202 ton/dia em 2023, representando uma redução de cerca de 40% em 10 anos (Gráfico 7.42). Esses resultados servirão como linha de base para se avaliar a efetividade das ações de saneamento a serem implementadas pelo Programa IntegraTietê.

A Figura 7.17 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rasgão em 2023.

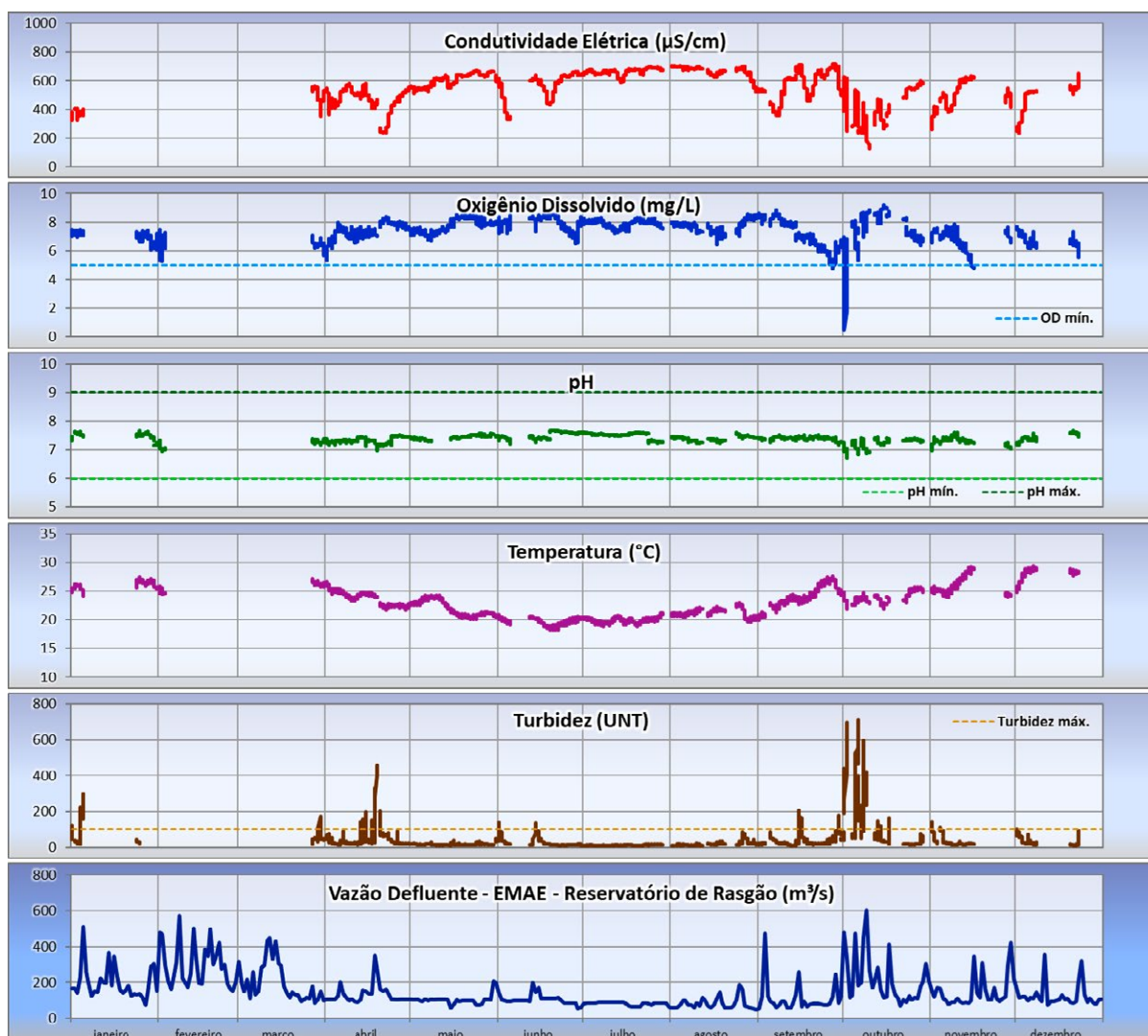
Figura 7.17 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rasgão de janeiro a dezembro de 2023.



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 na ocorrência de picos de Oxigênio Dissolvido, ainda que os valores deste último superem o padrão de qualidade apenas 11% do tempo. Nesse período úmido, observa-se também incremento da Turbidez, o que é característico do aporte de cargas difusas. No período seco, devido a manutenções na Usina Hidrelétrica Rasgão, não foi possível monitorar esse trecho do rio. A Turbidez e o pH atendem ao padrão da Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 durante 90% e 100% do ano, respectivamente.

A Figura 7.18 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Itu em 2023.

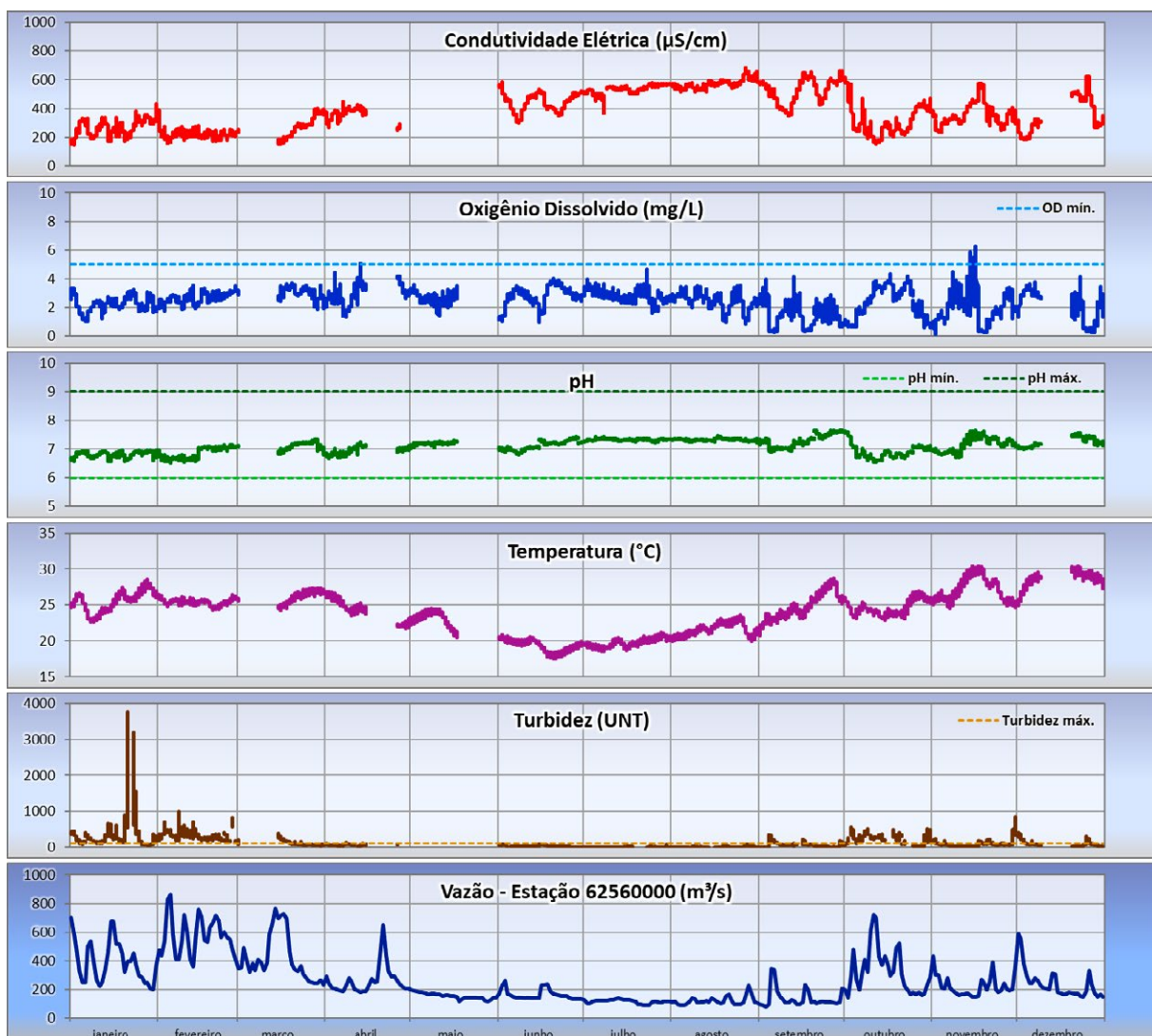
Figura 7.18 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Itu de janeiro a dezembro de 2023.



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 presença de corredeiras a montante contribui para a recuperação desse corpo hídrico, constatado pelo aumento nos níveis de Oxigênio Dissolvido, que atende o limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 em 99,6% do tempo. O pH atendeu o padrão de qualidade em 100% do tempo. Os picos de Turbidez, parâmetro que atendeu o padrão em 95% do tempo, coincidem com as elevações de vazão do rio. Da mesma forma, as quedas na Condutividade Elétrica coincidem com os aumentos de vazão, indicando que as chuvas contribuem para a diluição da carga poluidora nesse trecho.

A Figura 7.19 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Laranjal Paulista em 2023.

Figura 7.19 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Laranjal Paulista de janeiro a dezembro de 2023.

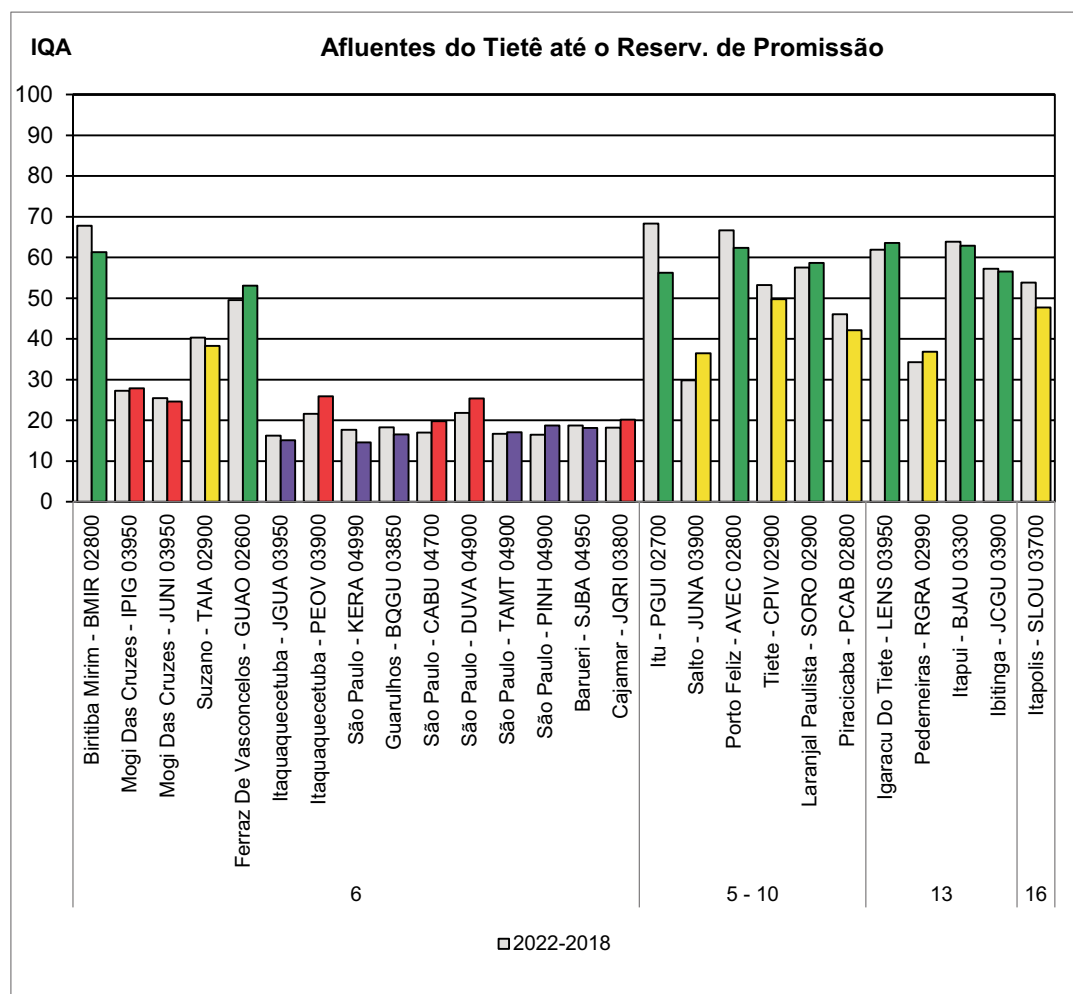


A Estação Automática Laranjal Paulista monitora a qualidade das águas do Rio Tietê a montante do Reservatório de Barra Bonita e a jusante da foz dos rios Sorocaba e Capivari. Nesse trecho, são observados sinais de recuperação desse corpo hídrico, como a diminuição dos valores de Condutividade Elétrica em relação aos observados na Estação Automática Itu. Entretanto, a concentração de Oxigênio Dissolvido mantém-se abaixo do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 durante praticamente todo o ano de 2023. Os valores de Turbidez ultrapassam o limite máximo de 100 UNT em 35% do tempo, predominantemente no período chuvoso, no qual se observam picos que superam 3000 UNT e as maiores vazões, indicando aporte de cargas difusas.

7.7.1 Afluentes do Rio Tietê – UGRHI 6 até Promissão

O Rio Tietê recebe diversos afluentes que, por sua vez, recebem contribuições significativas advindas de diversos municípios. Para avaliação dessa contribuição em 2023 e nos últimos 5 anos, foram elaborados o Gráfico 7.43, que apresenta o IQA médio anual dos afluentes monitorados pela CETESB próximos à foz no Rio Tietê e o Gráfico 7.44, que apresenta a média anual de Carbono Orgânico Total.

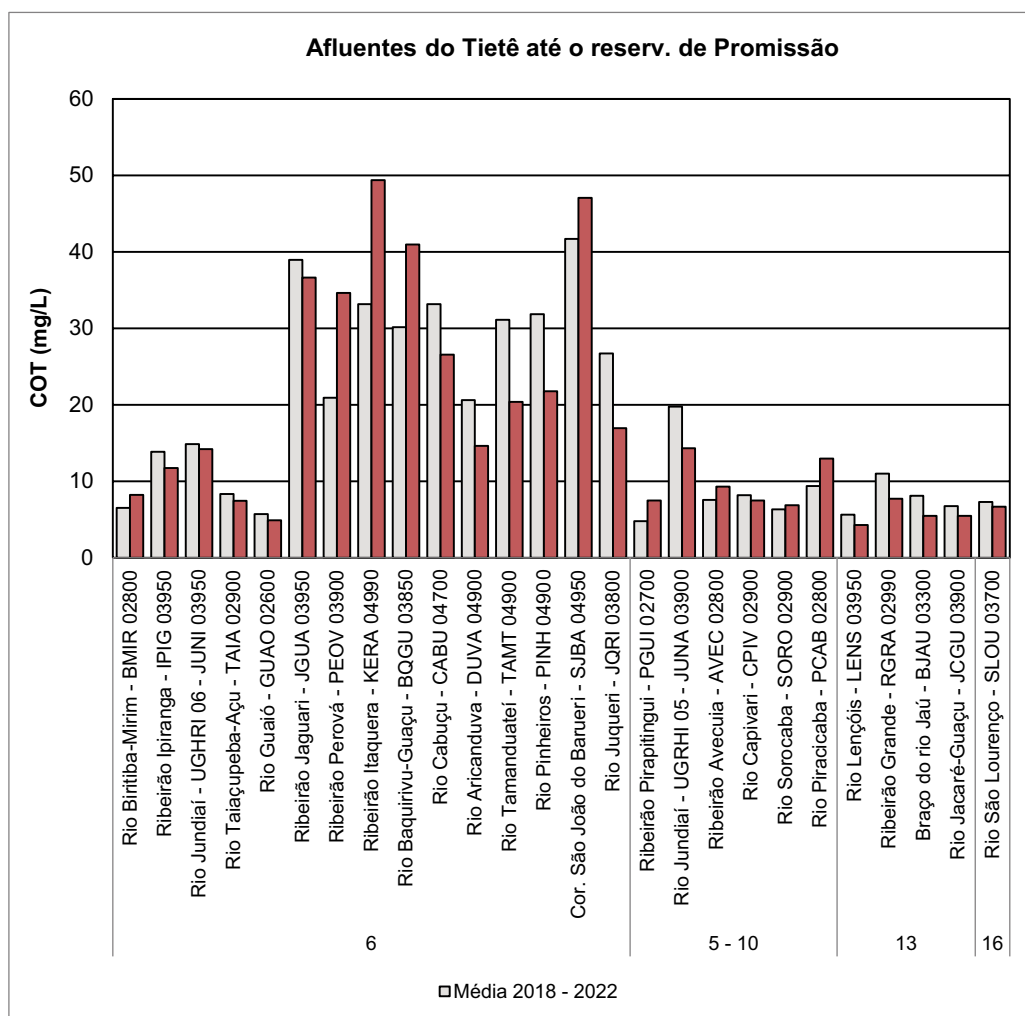
Gráfico 7.43 – Perfil do IQA nos Afluentes do Rio Tietê até o Reservatório de Promissão em 2023 e nos últimos 5 anos.



A qualidade da água dos afluentes monitorados que deságuam diretamente no Rio Tietê reflete a qualidade observada ao longo da calha do Rio Tietê, tendo Boa qualidade na UGRHI 6 apenas no Rio Biritiba-Mirim, que é o afluente próximo à cabeceira. No trecho de Mogi das Cruzes até Cajamar, os afluentes apresentam comprometimento da sua qualidade, sendo classificados na categoria Ruim e Péssima do IQA, com exceção dos rios Taiaçupeba-Açu (Regular), em Suzano e Guaió, em Ferraz de Vasconcelos (Bom), havendo melhora da qualidade para esse último afluente, em patamar acima da média histórica. A qualidade Ruim e Péssima desses afluentes é reflexo, entre outros fatores, dos baixos índices de saneamento de alguns municípios da RMSP, a exemplo de Mogi das Cruzes, Itaquaquetuba e Guarulhos e Cajamar. Portanto, o contingente populacional dos municípios citados e os seus índices de coleta e tratamento implicam em uma elevada carga orgânica remanescente sendo lançada nos afluentes do Tietê, que é ampliada expressivamente pela parcela que é oriunda do município de São Paulo, com a maior população da RMSP.

Já para os afluentes do Médio Tietê, nas UGRHs 5, 10, 13 e 16, a qualidade avaliada pelo IQA variou entre Boa e Regular, próximas da média histórica. Os trechos do Rio Jundiá (em Salto) e do Ribeirão Grande (em Pederneiras), apresentaram melhora, este último atingindo a categoria Regular do IQA, em contrapartida, os rios Pirapitingui (PGUI 02700) e Capivari, tiveram IQA abaixo da média histórica, sendo que o último decaiu da categoria Boa para Regular.

Gráfico 7.44 – Perfil de COT nos Afluentes do Rio Tietê até o Reservatório de Promissão em 2023 e nos últimos 5 anos.



Os afluentes com maiores concentrações médias anuais de COT e respectivos municípios que contribuem com lançamentos de esgotos são:

- Ribeirão Itaquera – 49,4 mg/L de COT - São Paulo (Zona Leste);
- Córrego São João do Barueri – 47 mg/L de COT - Barueri, Jandira e Itapevi
- Rio Baquirivu-Guaçu – 40,9 mg/L de COT – Guarulhos
- Ribeirão Jaguari – 36,6 mg/L de COT - Itaquaquetuba e Suzano;
- Ribeirão Perová – 34,6 mg/L de COT - Itaquaquetuba
- Rio Cabuçu de Cima – 26,5 mg/L de COT - Guarulhos e São Paulo
- Rio Pinheiros – 21,8 mg/L de COT - São Paulo.
- Rio Tamanduateí – 20,4 mg/L de COT - Mauá, Santo André, São Caetano e São Paulo;
- Rio Juqueri – 16,9 mg/L de COT - São Paulo (Zona Oeste), Caieiras, Franco da Rocha e Mairiporã

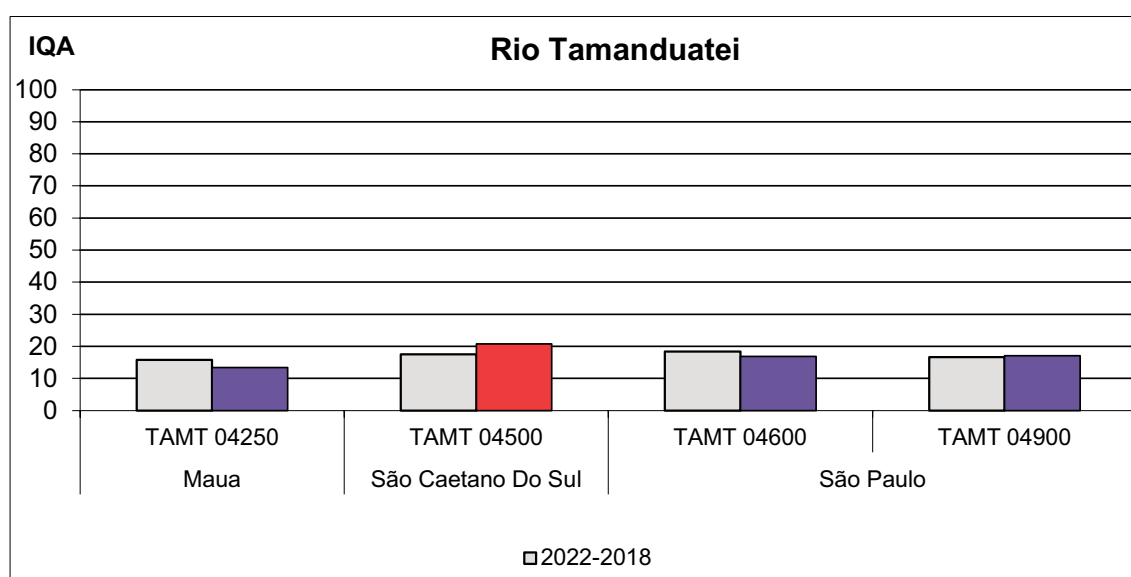
Destaca-se na UGRHI 6 a queda expressiva da concentração média de COT no Rio Pinheiros em relação à média histórica, o que pode estar relacionado às ações de saneamento da sua bacia executadas no âmbito do Programa Novo Pinheiros. Por outro lado, houve aumento considerável na média da concentração de COT no Ribeirão Itaquera, Ribeirão Perová, Rio Baquirivu-Guaçu e no Córrego São João do Barueri, em 2023, influenciada pelas concentrações elevadas de COT obtidas nas campanhas de tempo seco.

A jusante da RMSP, onde são observadas concentrações de COT em um menor patamar, destacaram-se as concentrações no Rio Piracicaba, que subiram inclusive em relação à média dos últimos 5 anos. O Rio Jundiaí, apresentou redução da concentração de COT em relação à média histórica. Cabe esclarecer que esse rio recebe contribuições expressivas de carga orgânica de municípios inseridos na sua bacia, a exemplo de Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba e Salto.

7.7.1.1 Rio Tamanduateí

O Gráfico 7.45 mostra o perfil do IQA no Rio Tamanduateí em 2023. O IQA foi avaliado em Péssimo e Ruim, abaixo da média histórica nos pontos (TAMT 04250) e (TAMT 04600). Destaca-se a melhora no trecho de São Caetano do Sul, que passou para a categoria Ruim em 2023, superando a média histórica.

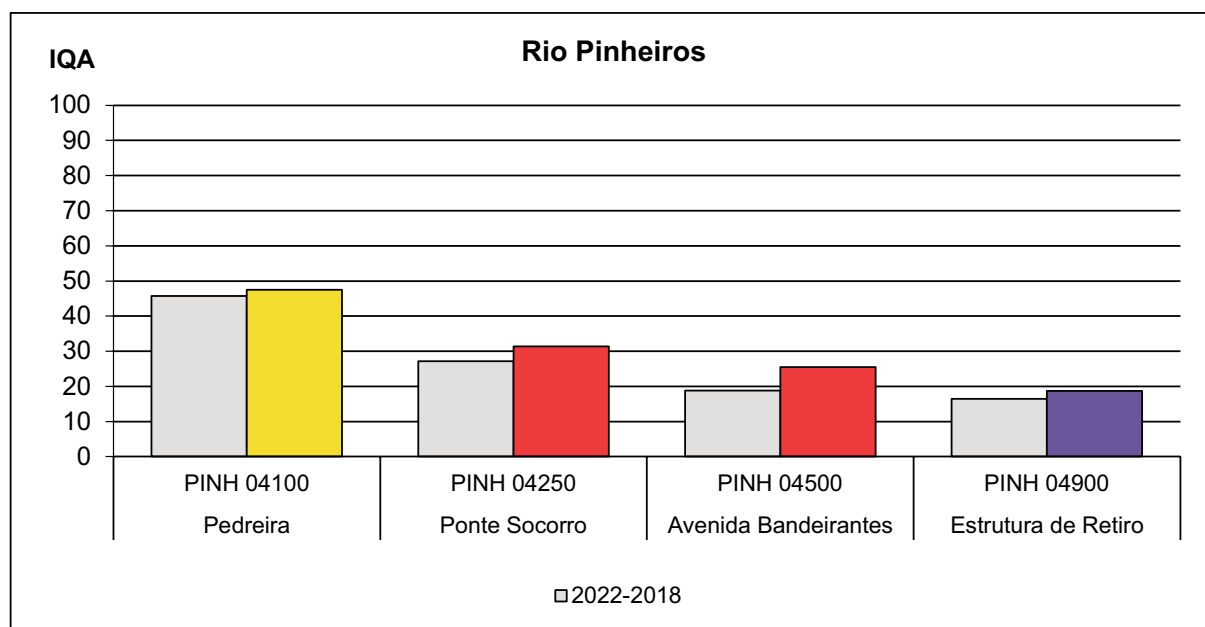
Gráfico 7.45 – Perfil do IQA no Rio Tamanduateí em 2023 e nos últimos 5 anos.



7.7.1.2 Rio Pinheiros - UGRHI 6

O Gráfico 7.46 apresenta o perfil do IQA nos quatros pontos de monitoramento na calha no Rio Pinheiros para o ano de 2023.

Gráfico 7.46 – Perfil do IQA ao longo do Rio Pinheiros em 2023 e nos últimos 5 anos.



O IQA ficou acima da média histórica dos últimos 5 anos em todos os trechos monitorados, porém manteve a classificação observada nesse período, com exceção e destaque do ponto na Av. Bandeirantes (PINH 04500), cuja média anual do IQA melhorou de Péssima, na média histórica, para Ruim em 2023, que pode ser reflexo da oxigenação artificial que está sendo realizada nesse trecho.

Na comparação com 2022, os dados de 2023 indicaram reduções nos níveis médios de OD, principalmente na Ponte do Socorro (de 6,57 mg/L em 2022 para 2,52 mg/L em 2023) apesar das concentrações de COT manterem tendência de queda (Tabela 7.4). Cabe informar que os níveis de OD podem sofrer reduções nos períodos de reversão do Rio Pinheiros para controle das cheias, o que pode explicar a queda dos níveis médios de OD, já que algumas campanhas para a coleta de amostras de água foram realizadas próximo de datas em que ocorreram a reversão do Rio Pinheiros.

Tabela 7.4 – Concentrações médias de Oxigênio Dissolvido (OD) e de Carbono Orgânico Total (COT) no Rio Pinheiros no período de 2022 e 2023.

Ponto	OD (mg/L)		COT (mg/L)	
	2022	2023	2022	2023
PINH 04100	5,85	4,54	7,51	7,48
PINH 04250	6,57	2,52	13,85	9,29
PINH 04500	1,51	1,10	20,38	10,69
PINH 04900	1,00	0,82	25,11	21,53

A CETESB vem utilizando como parâmetros de controle da melhoria da qualidade das águas do Rio Pinheiros: a Demanda Bioquímica de Oxigênio, que consiste numa medida indireta da concentração de matéria orgânica biodegradável presente na água, e o Oxigênio Dissolvido, cuja presença está associada com a vida aquática.

Para rios enquadrados na Classe 4, de acordo com o Decreto Estadual nº 10.755/1977, como é o caso do Rio Pinheiros, cujas águas se destinam à harmonia paisagística e navegação, existe padrão de qualidade na legislação federal para o parâmetro Oxigênio Dissolvido, cujo limite é de 2 mg/L (CONAMA, 2005). No caso da DBO, não existe um padrão legal para rios da Classe 4, mas a CETESB adotou como valor de referência o limite de 30 mg/L. No Gráfico 7.47 e Gráfico 7.48, é apresentada a evolução dos parâmetros Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio no Rio Pinheiros desde 2018.

Gráfico 7.47 – Evolução das concentrações de Oxigênio Dissolvido (mg/L) no Rio Pinheiros entre 2018 e 2023.

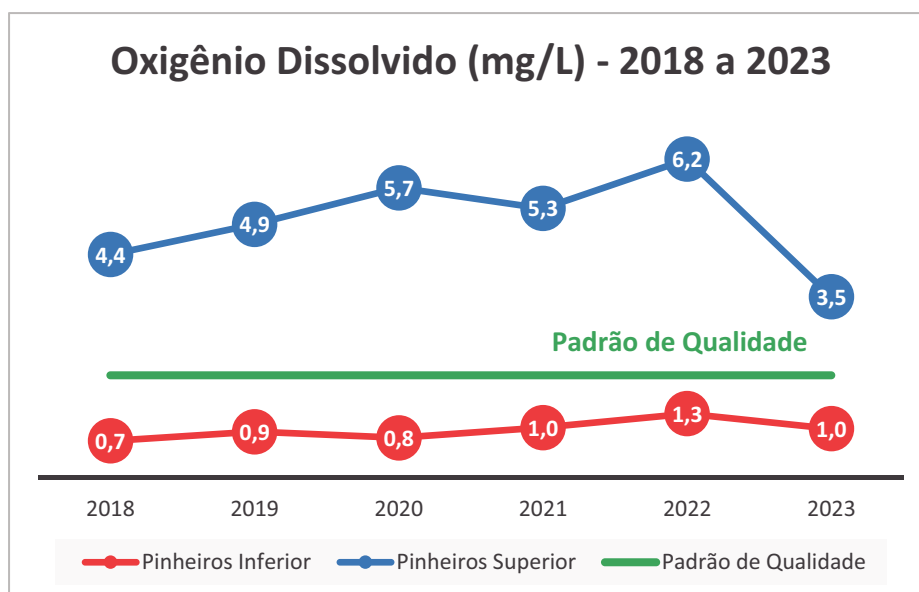
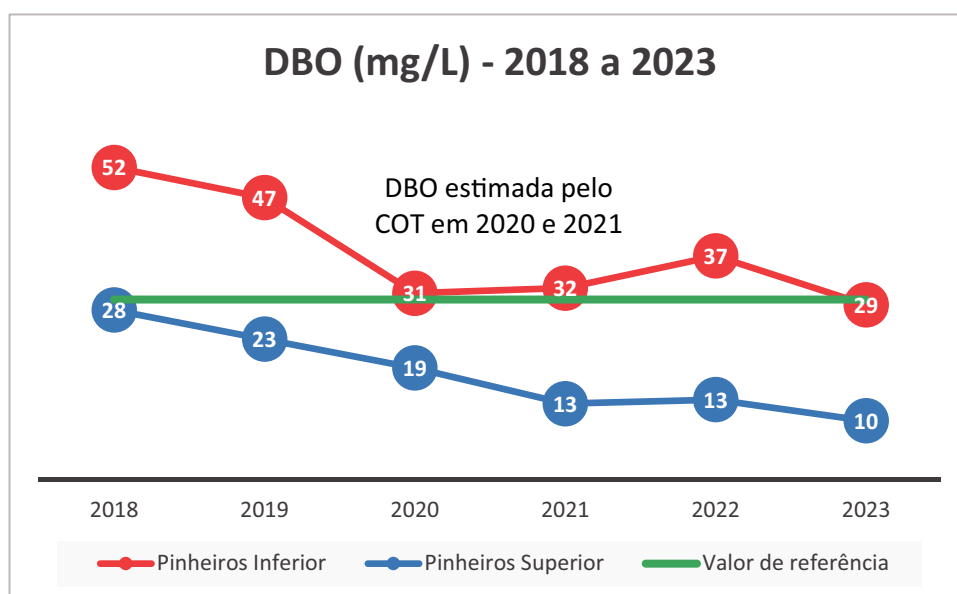


Gráfico 7.48 – Evolução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO, mg/L) no Rio Pinheiros entre 2018 e 2023.



Pinheiros Inferior: Retiro até Usina São Paulo; e Pinheiros Superior: Pedreira até Usina São Paulo.

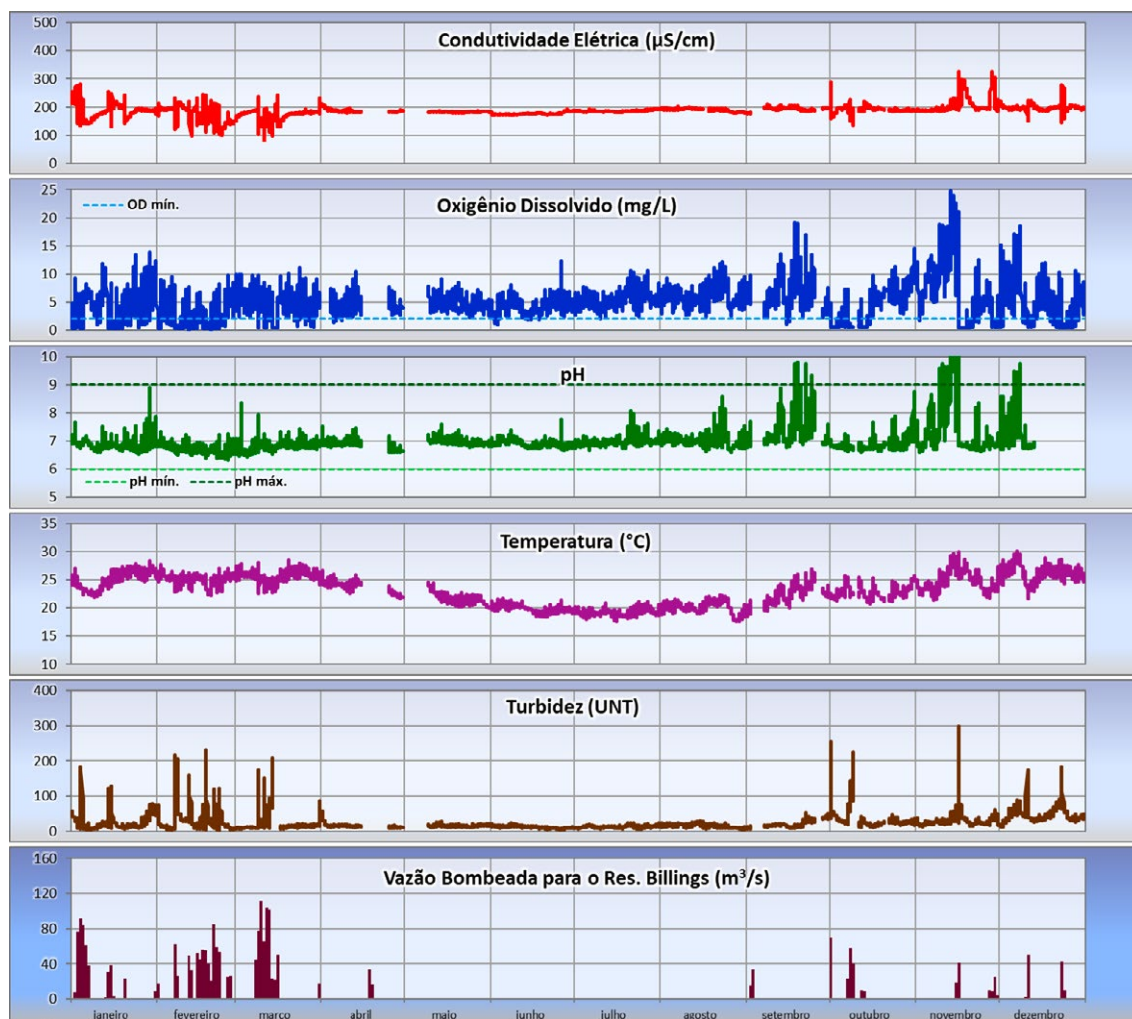
Apesar dos dados de monitoramento indicarem um aumento progressivo nos níveis médios de Oxigênio Dissolvido no trecho superior e no trecho inferior do Rio Pinheiros entre 2018 e 2022, notou-se queda expressiva da concentração no trecho superior, em 2023. Conforme salientado, algumas campanhas ocorreram logo após a reversão do Rio Pinheiros para controle de cheias, momento no qual há aporte de poluentes do trecho inferior para o superior e queda dos níveis de OD.

Destaca-se que no trecho superior a concentração mínima de OD exigida pela legislação já vem sendo atendida desde 2018. No trecho inferior, o nível de OD manteve-se estável em 2023, comparado ao período histórico, entretanto ainda abaixo da concentração mínima legislada (2 mg/L).

Para a Demanda Bioquímica do Oxigênio, os dados indicam expressiva queda das concentrações de DBO, e consequentemente das concentrações de matéria orgânica, desde 2018. O trecho superior vem mantendo uma concentração média de DBO menor do que valor de referência de qualidade desde 2018, ao passo que esse valor foi atingido no trecho inferior em 2023.

A Figura 7.20 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Pedreira em 2023.

Figura 7.20 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Pedreira de janeiro a dezembro de 2023.



Situada no canal do Rio Pinheiros, 500 m a montante da Usina Elevatória de Pedreira, a Estação Automática Pedreira determina a qualidade das águas bombeadas para o Reservatório Billings. Valores de Condutividade entre 100 e 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam tratar-se de corpo de água impactado por cargas poluidoras, mas com notável melhora que pode ser atribuída às ações de despoluição. O Rio Pinheiros 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 100 UNT, e da Condutividade Elétrica devido às variações na vazão do rio. O Oxigênio Dissolvido varia tipicamente entre 0 e 10 mg/L;
- Lêntico, na ausência de bombeamento, situação mais frequente na estiagem, quando é possível observar períodos em que o OD registra desde ausência até concentrações acima de 20 mg/L, explicadas pela ocorrência de *bloom* de algas, fenômeno indicativo da eutrofização do corpo de água.

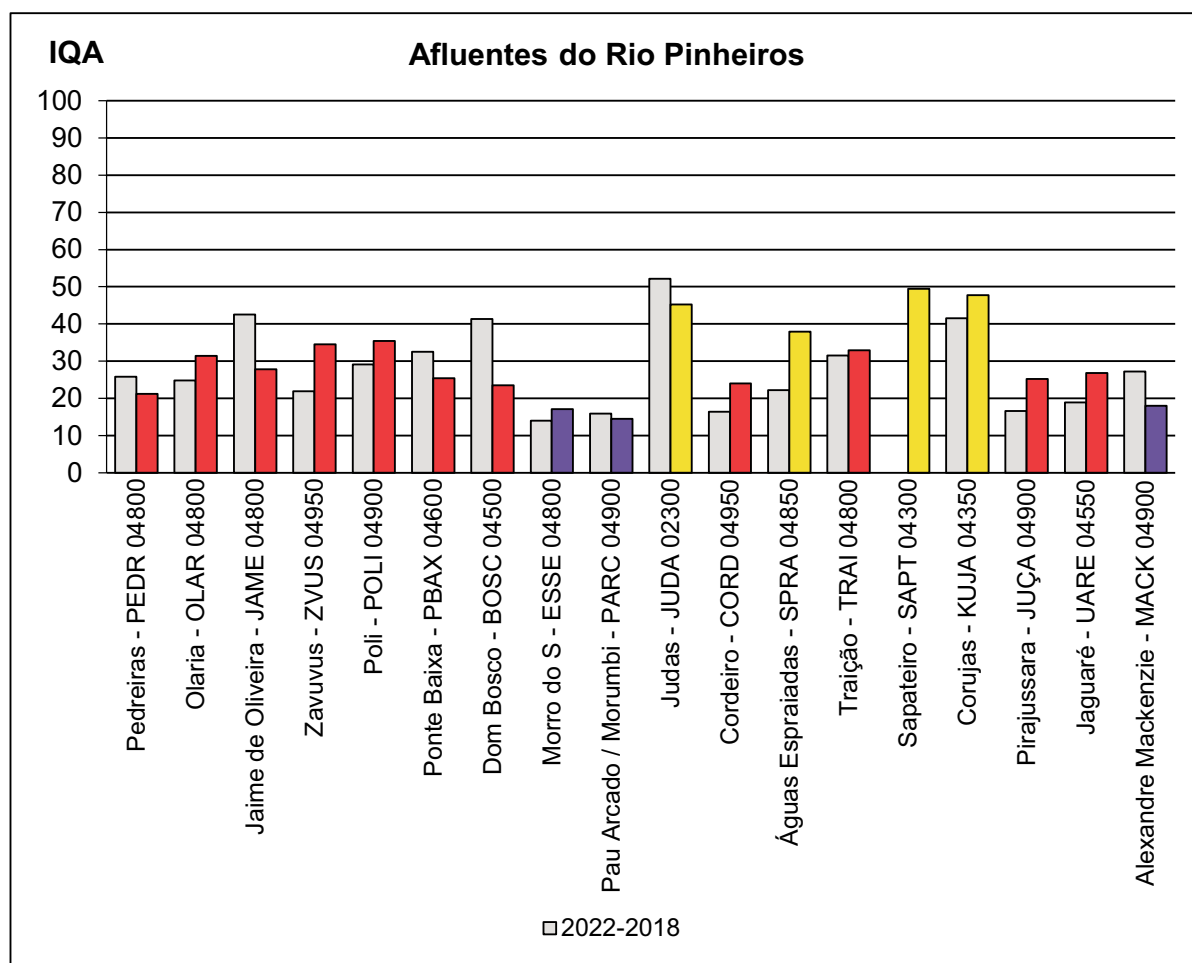
O Oxigênio Dissolvido atende ao padrão de qualidade em 85% do tempo e o pH em mais de 98%. Para rios Classe 4, como o Pinheiros, não há padrão de Turbidez estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Para aprimoramento da avaliação da qualidade da água no Rio Pinheiros, é apresentado no Gráfico 7.49 o IQA dos afluentes monitorados em 2023.

O Córrego Águas Espraiadas obteve melhora na qualidade, passando da categoria Ruim (média histórica) para Regular (em 2023), mantendo resultados bem acima da média histórica. Os córregos Cordeiro, Pirajussara, Jaguaré melhoraram a qualidade, passando da categoria Péssima para Ruim.

Houve piora em relação à média histórica nos córregos Jaime de Oliveira e Dom Bosco, que passaram da categoria Regular para Ruim; no Córrego Judas que passou da categoria Boa para Regular e no Córrego Alexandre Mackenzie que passou da categoria Ruim para Péssima.

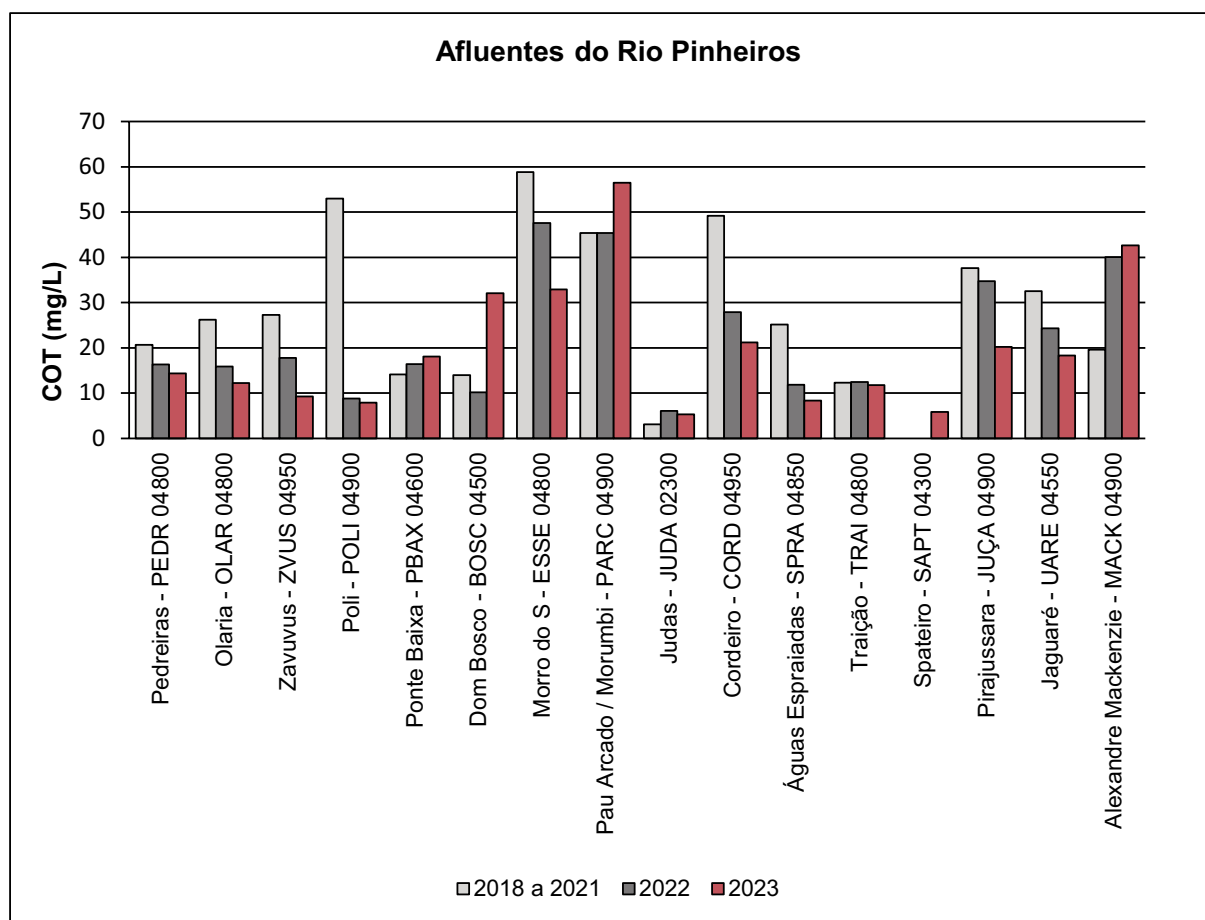
O Córrego do Sapateiro, incluído em 2023, teve classificação Regular. Os demais córregos mantiveram as classificações nas categorias Ruim e Péssima e o Córrego das Corujas manteve a classificação Regular, ainda que abaixo da média histórica.

Gráfico 7.49 – IQA dos afluentes do Rio Pinheiros em 2023 e nos últimos 5 anos.

O Gráfico 7.50, apresenta as concentrações médias de Carbono Orgânico Total nos afluentes do Rio Pinheiros em 2022 e 2023. Os corpos de água Pedreira, Olaria, Zavuvus, Poli, Morro do S, Cordeiro, Águas Espraiadas, Pirajussara e Jaguaré mostraram redução expressiva das concentrações de COT no período de 2018 a 2023. Por outro lado, nos córregos Ponte Baixa, Dom Bosco, Pau Arcado e Córrego da Av. Alexandre Mackenzie foram observadas concentrações médias de COT em 2023 maiores do que em 2022. Ao passo que, em 2023, nos córregos Judas e Traição a concentração média se manteve próxima ao ano anterior.

Em 2023, as maiores concentrações médias de COT foram quantificadas nos afluentes Córrego Pau Arcado (56,45 mg/L), Córrego da Av. Alexandre Mackenzie (42,65 mg/L), Córrego do Morro do "S" (32,88 mg/L) e Córrego Dom Bosco (32,08mg/L).

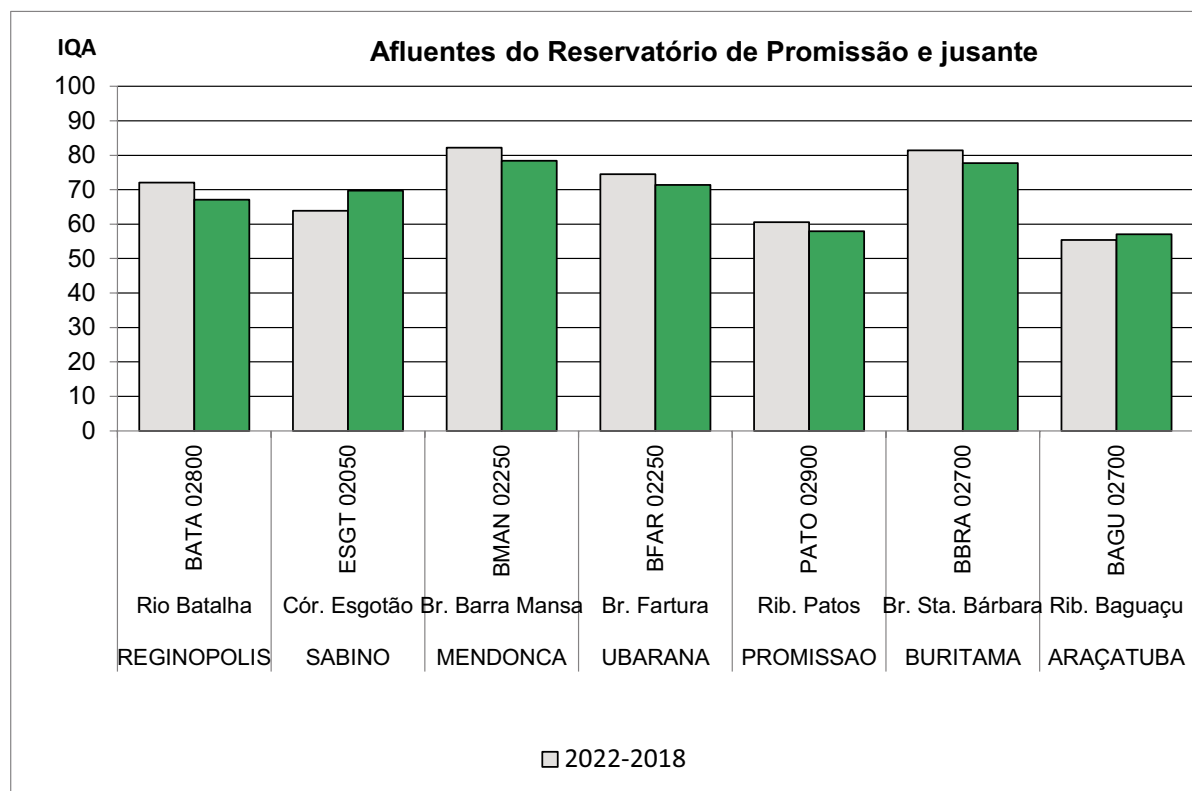
No âmbito do Programa Novo Rio Pinheiros, foram instaladas cinco Unidades Recuperadoras da Qualidade das Águas (URs) nos afluentes do Rio Pinheiros: UR Jaguaré, UR Pirajussara, UR Antonico (no afluente do Córrego Pirajussara), UR – Espraiada e UR – Cachoeira (no Córrego Morro do S). Essas unidades realizam o tratamento *in situ* das águas desses córregos, diminuindo a carga poluente que chega ao Rio Pinheiros. Dessa forma, pode-se inferir que essas estações contribuíram para a melhora da qualidade nos córregos Águas Espraiadas, Pirajussara e Morro do S, além das demais ações de melhoria sanitária que estão sendo implantadas nessa bacia.

Gráfico 7.50 – Perfil de COT nos afluentes do Rio Pinheiros em 2023 e nos últimos 5 anos.

7.7.2 Afluentes do Rio Tietê - do Reservatório de Promissão até entrada no Reservatório Três Irmãos

O Gráfico 7.51 apresenta o IQA dos braços e afluentes do Rio Tietê do Reservatório de Promissão até a entrada no Reservatório Três Irmãos. Todos esses corpos de água foram classificados na categoria Boa do IQA. No ano de 2023, os trechos do Córrego do Esgotão, Rib. Patos e Rib. Baguaçu, atingiram a categoria Boa do IQA, alcançando o patamar da média histórica, influenciados por menores concentrações de Fósforo Total (Esgotão e Patos) e Maior nível de OD (Baguaçu). No entanto o trecho do Braço do Ribeirão Santa Bárbara, passou da categoria Ótima para Boa.

Gráfico 7.51 – IQA nos braços e afluentes do Rio Tietê do Reservatório de Promissão até a entrada no Reservatório Três Irmãos.

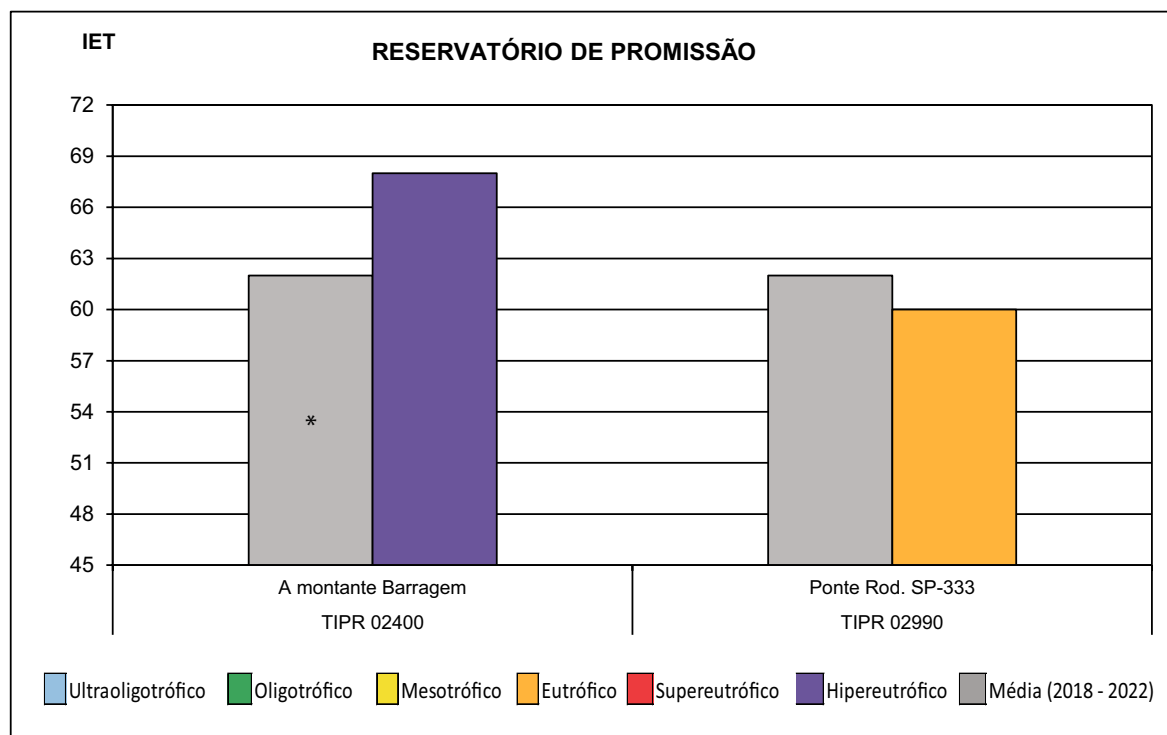


7.7.2.1 Reservatório de Promissão

O Reservatório de Promissão é monitorado em dois pontos: TIPR 02990, localizado próximo à barragem, e o ponto TIPR 02400. 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, amostrados no final de 2019 em virtude de intensas florações de Cianobactérias do gênero *Microcystis* registradas na região, foram 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).

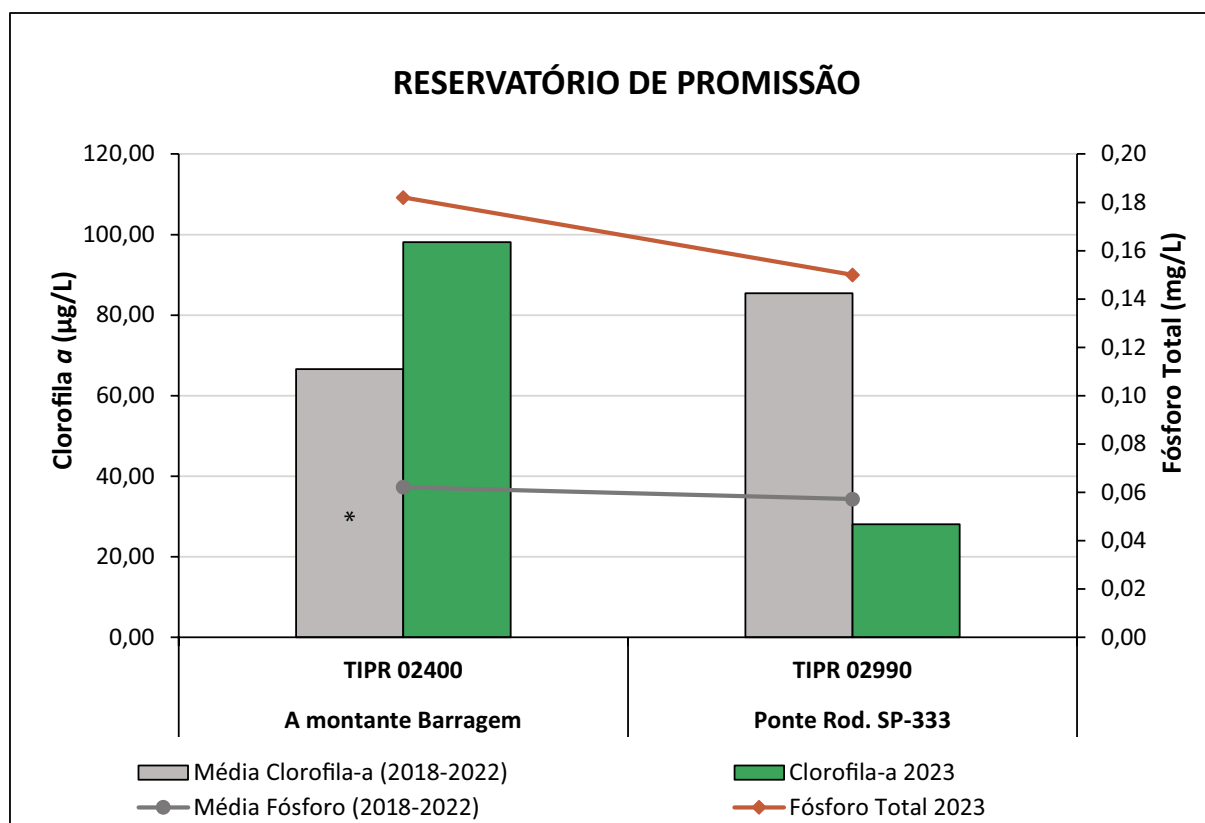
O Gráfico 7.52 apresenta a média anual do IET em 2023 e a média do período de 2018 a 2022 para o Reservatório de Promissão nos pontos TIPR 02400, localizado na ponte na rodovia SP-333, e TIPR 02990 localizado a montante da barragem de Promissão.

Gráfico 7.52 – Valor da média anual do IET no Reservatório de Promissão para os pontos TIPR 02400 e o TIPR 02990 em 2023 e a média dos últimos 5 anos



Os dois pontos monitorados no Reservatório de Promissão (TIPR 02400 e TIPR 02990), exibiram médias anuais do IET em 2023 que os classificam como ambientes eutrofizados. Destaque para a piora no ponto TIPR 02400, que passou de Supereutrófico (com base na média histórica) para Hipereutrófico de 2022 para 2023.

O Gráfico 7.53 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total em 2023 e a média do período de 2018 a 2022 no Reservatório de Promissão para os pontos TIPR 02400 e TIPR 02990.

Gráfico 7.53 – Perfil da média anual da Clorofila *a* e Fósforo Total no Reservatório de Promissão em 2023 e nos últimos 5 anos

Observação: As médias anuais de Clorofila *a* e Fósforo Total foram obtidas das médias geométricas dos dados mensais.

Observação 1: * Em 2020, no ponto TIPR 02400 as amostragens foram inferiores a 3 (valor mínimo para calcular o IET do Ano) devido a pandemia do COVID 19, assim, os valores de 2020 não foram incluídos nas médias de 5 anos.

	Clorofila <i>a</i> – <u>Piora no ponto TIPR 02400</u> , com aumento de aproximadamente 46% da média de 2023 em relação à média histórica. <u>Melhora no ponto TIPR 02990</u> , com diminuição da média anual de 2023 em relação à média histórica.
	Fósforo Total – <u>Piora no ponto TIPR 02400</u> , a média em 2023 superou em três vezes a média histórica. <u>Piora no ponto TIPR 02990</u> , média anual de 2023, bastante superior à média histórica.

A Tabela 7.5 apresenta a média anual das porcentagens de atendimento a Resolução CONAMA nº 357/2005 para Clorofila *a* e Fósforo Total, em 2023 e a média do período de 2018 a 2022 no Reservatório Promissão (pontos TIPR 02400 e TIPR 02990).

Tabela 7.5 – Média das porcentagens de Atendimento a Resolução CONAMA nº 357/2005 da Clorofila *a* e Fósforo Total no Reservatório Promissão nos pontos TIPR 02400 e TIPR 02900 em 2023 e nos últimos 5 anos

	Média CL (2018-2022)	Clorofila <i>a</i> 2023	Média PT (2018-2022)	Fósforo Total 2023
TIPR 02400	29	25	38	0
TIPR 02990	35	50	70	50

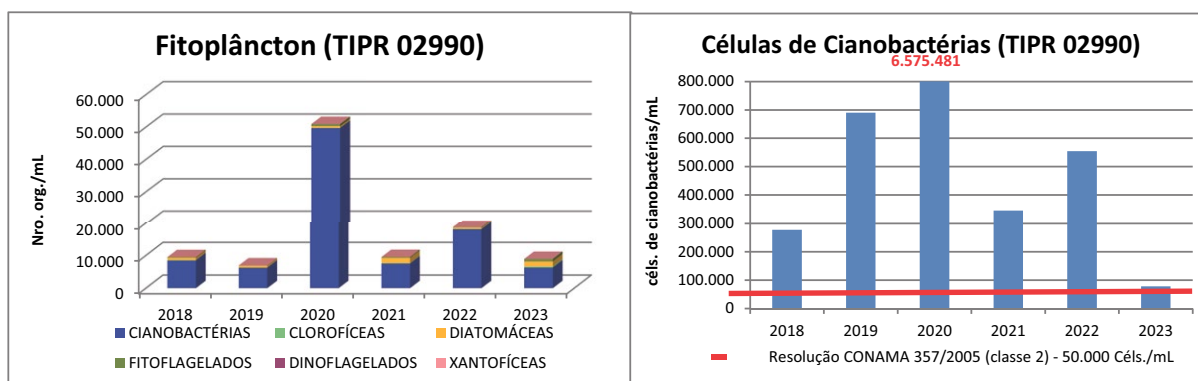
- **Porcentagem de Atendimento da Clorofila *a* à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2- 30 µg /L)** – Em ambos os pontos a média histórica de porcentagem de atendimento está abaixo de 40%. Melhora sutil no ponto TIPR 02990 em 2023.

- **Porcentagem de Atendimento do Fósforo Total à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2 - 0,030 mg /L)** – O ponto com maiores atendimentos anuais foi o TIPR 02990.

- **Qualidade da água do reservatório em relação à trofia** – Ruim. Reservatório com trofia variando de Eutrófico a Hipereutrófico. A diminuição da concentração de Clorofila *a* e de Fósforo Total no ponto TIPR 02990 não refletiram em melhora da qualidade do reservatório, uma vez que os valores dessas mesmas variáveis aumentaram consideravelmente no ponto a montante da barragem (TIPR 02400).

A Figura 7.21 apresenta os gráficos apenas do ponto TIPR 02990 das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplanctônica e de Número de Células de Cianobactérias no período de 2018 a 2023 no Reservatório Promissão. Observou-se uma diminuição das densidades, tanto de organismos fitoplanctônicos como também nas densidades de Cianobactérias, refletindo na diminuição considerável da média anual de células de cianobactérias em 2023. Apesar disso, a média anual de células de cianobactérias continua bem alta (78.385 céls/mL).

Figura 7.21 – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Promissão (TIPR 02990) – 2018 a 2023.



O Quadro 7.7 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica, Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Promissão em 2022 e 2023, registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e as Considerações relevantes.

Quadro 7.7 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (céls/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2022 e 2023.

	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (céls/mL)	Maior valor NCC do ano (céls/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	<i>Ceratium</i>	Considerações
TIPR 02990	2022						Diminuição na densidade da comunidade fitoplanctônica e da média anual de células de cianobactérias.
	4	18.699	554.668	1.012.358 (julho) 92% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	A	
	2023						
	4	8.923	78.385	183.800 (novembro) 57% das células <i>Microcystis</i> e 29% de <i>Raphidiopsis</i>	50	A	
TIPR 02400	2022						Aumento na densidade da comunidade fitoplanctônica e da média anual de células de cianobactérias.
	4	17.175	417.664	826.327 (fevereiro) 93% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	A	
	2023						
	4	38.393	1.197.657	4.586.208 (novembro) 98% das células <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	A	

Legenda: org/mL - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; céls/mL - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 céls/mL).

⁽²⁾ Ver **Apêndice C** – item 1.4.2.

O Quadro 7.8 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2022 e 2023 no Reservatório de Promissão (TIPR 02990). Utilizou-se os valores estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para água tratada como referência comparativa para avaliar as concentrações encontradas nas amostras de água bruta, uma vez que não existem padrões de qualidade para água bruta. Os destaques em vermelho e verde indicam, respectivamente, se os valores utilizados como referência para cianotoxinas foram superados ou não.

Quadro 7.8 – Concentração de cianotoxinas no Reservatório de Promissão (TIPR 02990) – 2022 e 2023

Ano	MC (µg/L)				STX (µg/L)				CYN (µg/L)			
Campanha	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TIPR 02990												
2022	4,07	36,75	8,30	1,99	0,03	< 0,02	< 0,02	0,03	NA	< 0,05	0,07	< 0,54
2023	3,23	2,02	0,65	3,28	< 0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,54	< 0,54	< 0,54	< 0,54

Limite de quantificação: MC <0,15 µg/L; STX <0,02 µg/L (2022) e <0,05 µg/L (2023); CYN <0,05 µg/L (2022) e <0,54 µg/L (2023)

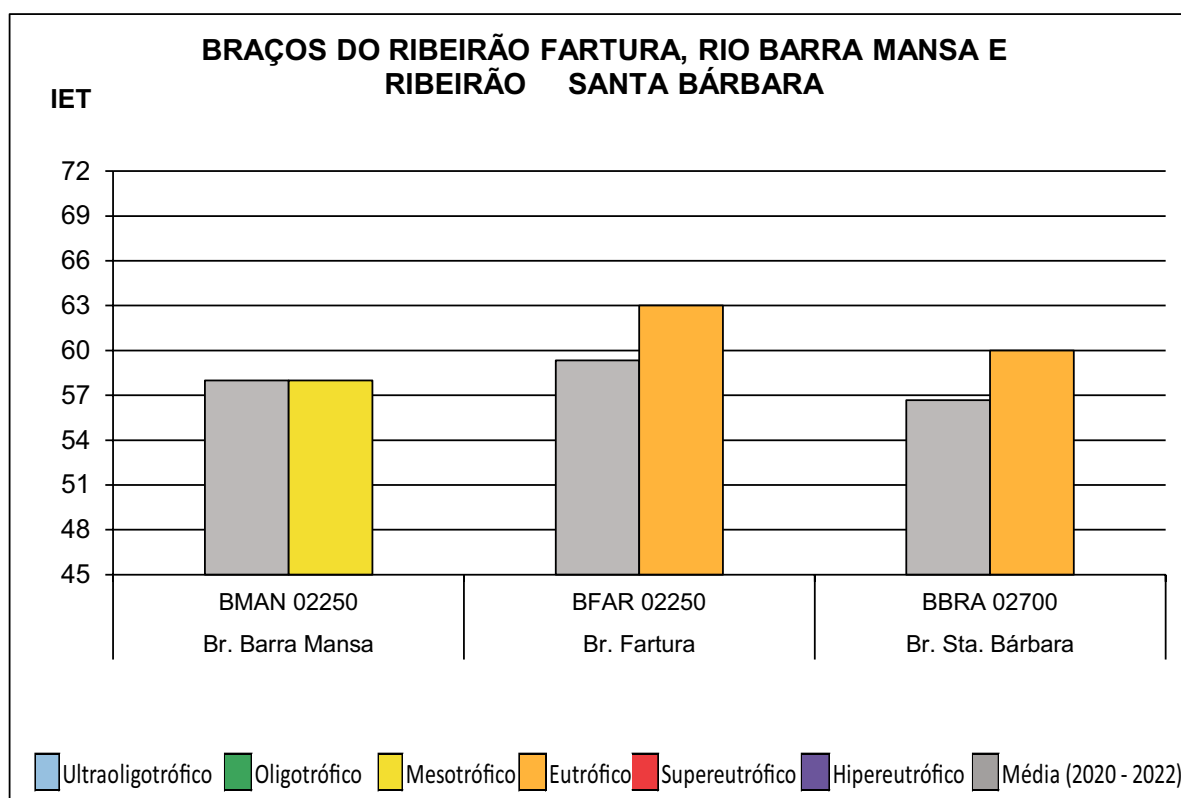
Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 µg/L; CYN 1,0 µg/L; STX 3,0 µg/L

■ Não Superou / ■ Superou; NA: Não analisado

7.7.2.2 Braços do Ribeirão Fartura, do Rio Barra Mansa e Braço do Ribeirão Santa Bárbara

O monitoramento desses pontos em relação à eutrofização iniciou-se em 2020. O Gráfico 7.54 apresenta a média anual do IET, em 2023 e a média do período de 2020 e 2022 nos braços do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Rio Barra Mansa (BMAN 02250), situados na margem direita do Reservatório de Promissão, ambos na UGRHI 16 e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700), afluente da margem direita do Reservatório Nova Avanhandava (UGRHI 19) no Baixo Rio Tietê.

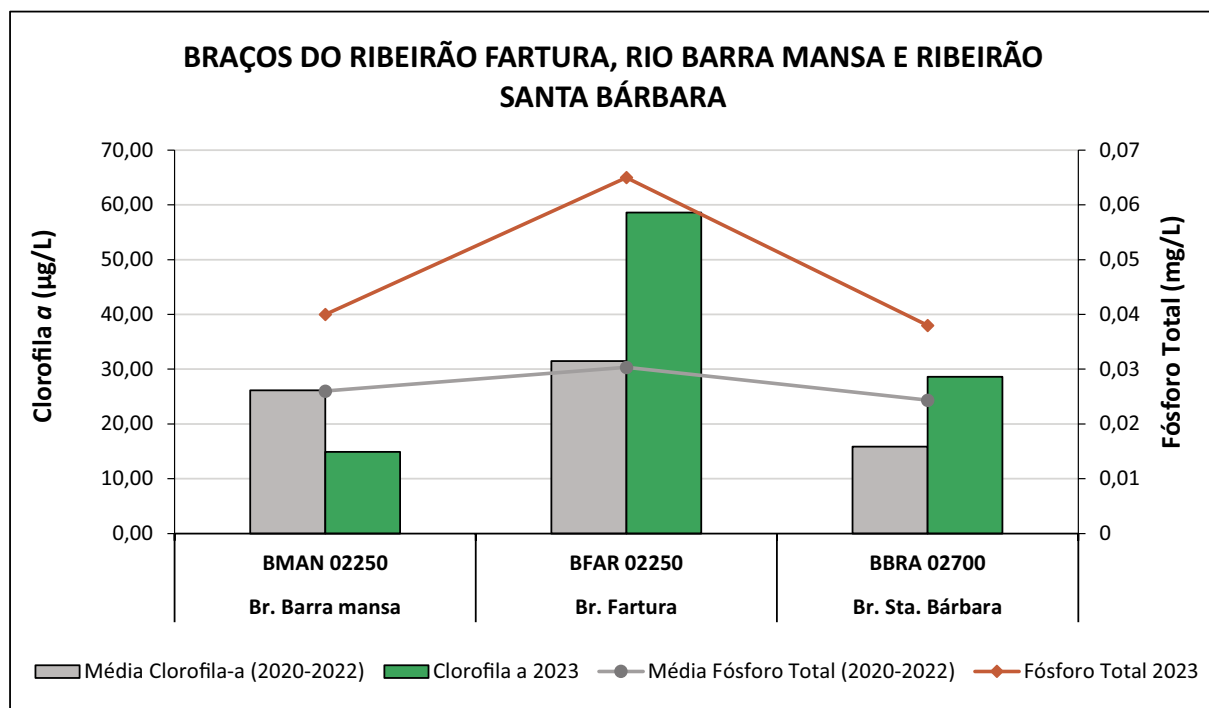
Gráfico 7.54 – Valor da média anual do IET nos braços do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) em 2023 e a média dos últimos 3 anos.



Segundo o Índice de Estado Trófico – IET, o ponto BMAN 02250 foi o único que manteve a classificação média anual igual ao da média histórica. Os outros pontos passaram de Mesotróficos (com base na média histórica) para Eutróficos.

O Gráfico 7.55 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total, em 2023 e a média dos últimos dois anos dos braços dos rios Fartura, Barra Mansa e Santa Bárbara.

Gráfico 7.55 – Perfil da média anual da Clorofila *a* e Fósforo Total nos braços do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) em 2023 e a média dos últimos 3 anos.



Clorofila *a* – O único ponto a apresentar melhora das médias anuais em relação à média histórica foi o BMAN 02250. O ponto mais crítico foi o BFAR 02250, com aumento de 86% da média anual em relação à média histórica.



Fósforo Total – Piora em relação à média nos três pontos com destaque para o Ponto BFAR 02250, que apresentou o maior valor dos últimos anos em julho de 2023 (0,09 mg/L).

A Tabela 7.6 apresenta a média anual das porcentagens de atendimento a Resolução CONAMA nº 357/2005 para Clorofila *a* e Fósforo Total, em 2023 e a média do período de 2018 a 2022 nos braços do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) em 2023.

Tabela 7.6 – Média das porcentagens de Atendimento a Resolução CONAMA nº 357/2005 da Clorofila *a* e Fósforo Total nos braços do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) em 2023 e a média dos últimos 3 anos

	Média CL (2020-2022)	Clorofila <i>a</i> 2023	Média PT (2020-2022)	Fósforo Total 2023
BMAN 02250	69	100	77	25
BFAR 02250	62	50	69	0
BBRA 02700	85	75	85	75

- Porcentagem de Atendimento da Clorofila *a* à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2- 30 µg /L) – O ponto BFAR 02250 teve menor porcentagem de atendimento em 2023, inclusive menor que a média histórica.

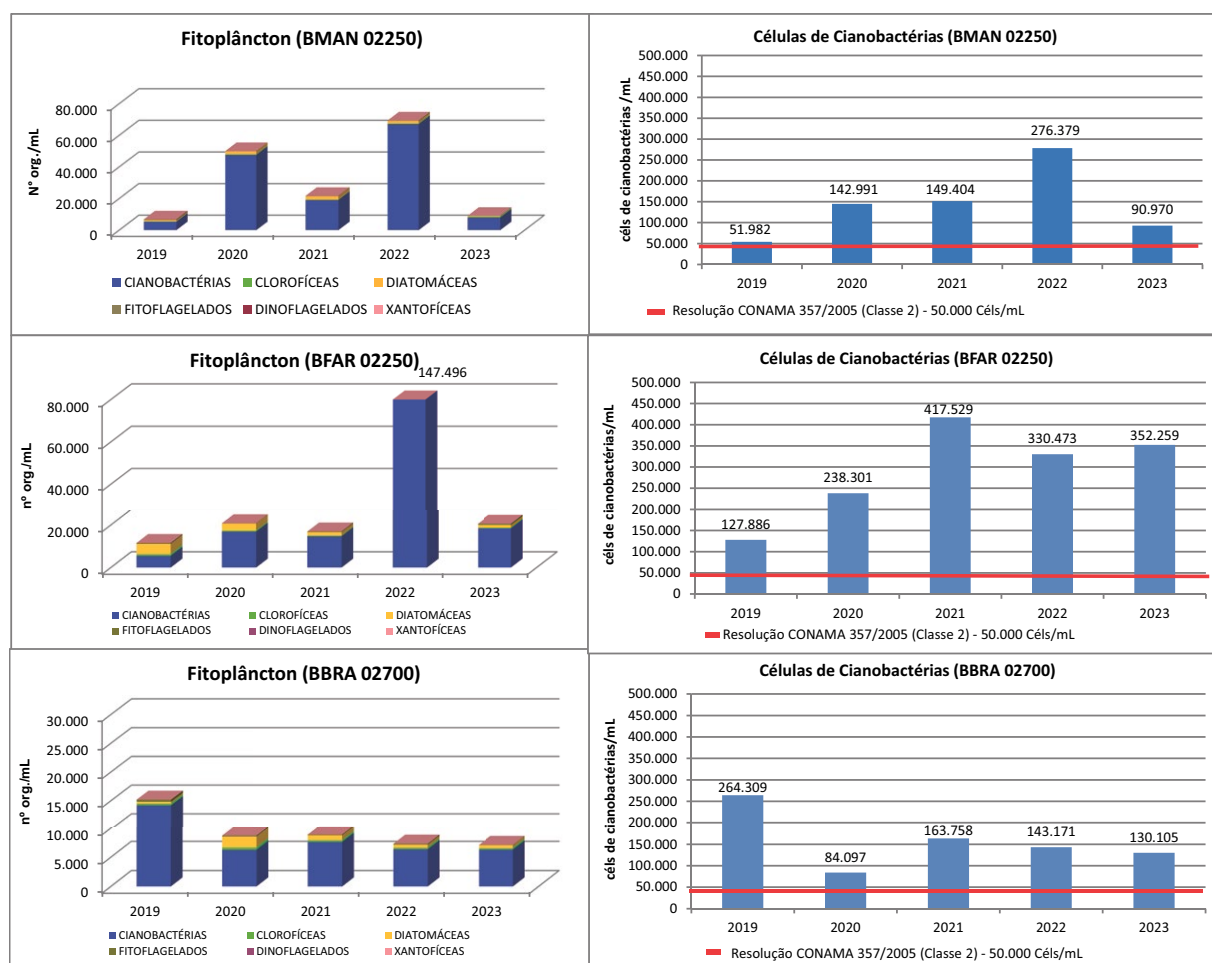
- **Porcentagem de Atendimento do Fósforo Total à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2 - 0,030 mg /L)** – O ponto BFAR 02250 foi o mais crítico pois não atendeu a legislação em nenhuma amostragem em 2023, e por apresentar a maior concentração de fósforo registrada nos 3 pontos desde 2020 (0,09 mg/L – julho de 2023).

- **Qualidade da água em relação à trofia** – Braços com trofia variando de Mesotrófica a Eutrófica. O pior ambiente é o Ribeirão da Fartura (BFAR 02250). Elevados valores de Fósforo Total potencializam o crescimento de microalgas e especialmente as cianobactérias, que são mais adaptadas a ambientes eutrofizados.

A Figura 7.22 apresenta os gráficos das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplantônica e de Número de Células de Cianobactérias nos três Braços no período de 2019 a 2023. Vale ressaltar que em 2019 a média foi calculada com apenas duas amostragens, pois o monitoramento teve início em outubro. De modo geral, a distribuição dos grandes grupos não sofreu alteração significativa ao longo dos cinco anos, com dominância de cianobactérias durante todo o ano, mas as médias anuais diminuíram bastante no Braço do Rio Barra Mansa e no Braço do Ribeirão Fartura.

As médias anuais do Número de Células de Cianobactérias estiveram acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em todos os anos amostrados, nos três pontos.

Figura 7.22 – Média anual da composição da Comunidade fitoplantônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Braço do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Braço do Rio Barra Mansa (BMAN 02250), Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) – 2019 a 2023.



O Quadro 7.9 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica, Número de Células de Cianobactérias nos pontos do Braço do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Braço do Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) entre 2022 a 2023, registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e as considerações relevantes.

Quadro 7.9 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (céls/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de *Ceratium*. Comparação entre 2022 e 2023.

	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (céls/mL)	Maior valor NCC do ano (céls/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	<i>Ceratium</i>	Considerações
BMAN 02250 - UGRHI - 16	2022						Diminuição importante da média anual de densidade de organismos e do número de células de cianobactérias.
	4	69.373	276.379	358.546 (janeiro) 57% das células - Filamentosa ni ⁽²⁾	0	A	
	2023						
	4	9.020	90.970	162.041 (maio) 44,5% de <i>Microcystis</i> spp e 39% de <i>Raphidiopsis</i> sp.	50	P	
BFAR 02250 -UGRHI - 16	2022						Diminuição importante da média anual de densidade de organismos.
	4	147.496	330.473	606.084 (janeiro) 82% das células - Filamentosa ni ⁽²⁾	0	P	
	2023						
	4	20.565	352.259	802.660 (julho) 51% de <i>Raphidiopsis</i> sp.	0	A	
BBRA 02700 - UGRHI - 19	2022						Diminuição da média anual de NCC
	5	7.295	202.771	441.173 (janeiro) 95% das células - <i>Aphanocapsa</i> ⁽²⁾	0	A	
	2023						
	5	7.082	130.105	199.280 (agosto) 58% de <i>Microcystis</i> spp	0	A	

Legenda: org/mL - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; céls/mL - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 céls/mL).

⁽²⁾ Ver **Apêndice C** – item 1.4.2.

O Quadro 7.10 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2022 e 2023 no Braço do Rio Barra Mansa (BMAN 02250), no Braço do Ribeirão Fartura (BFAR 02250) e no Braço do Ribeirão Sta. Bárbara (BBRA 02700).

Utilizou-se os valores estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para água tratada como referência comparativa para avaliar as concentrações encontradas nas amostras de água bruta, uma vez que não existem padrões de qualidade para água bruta. Os destaques em vermelho e verde indicam, respectivamente, se os valores utilizados como referência para cianotoxinas foram superados ou não.

Quadro 7.10 – Concentração de cianotoxinas no Braço do Rio Barra Mansa, no Braço do Ribeirão Fartura e no Braço do Ribeirão Santa. Bárbara – 2022 e 2023

Ano / Campanha	MC (µg/L)				STX (µg/L)				CYN (µg/L)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
BMAN 02250												
2022	0,15	3,12	0,98	0,16	0,32	0,02	<0,02	0,07	< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05
2023	< 0,15	0,55	1,36	< 0,15	0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,54	NA	< 0,54	< 0,54
B FAR 02250												
2022	0,16	6,60	3,50	0,34	0,10	0,02	< 0,02	0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
2023	< 0,15	23,20	27,00	0,23	0,02	< 0,05	< 0,05	0,09	< 0,54	NA	< 0,54	< 0,54
BBRA 02700												
2022	0,33	2,28	1,73	2,07	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,04	0,05	0,06	NA	0,06
2023	3,01	11,10	2,70	0,62	0,03	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,54	NA	< 0,54	< 0,54
			4,95				0,07				< 0,54	

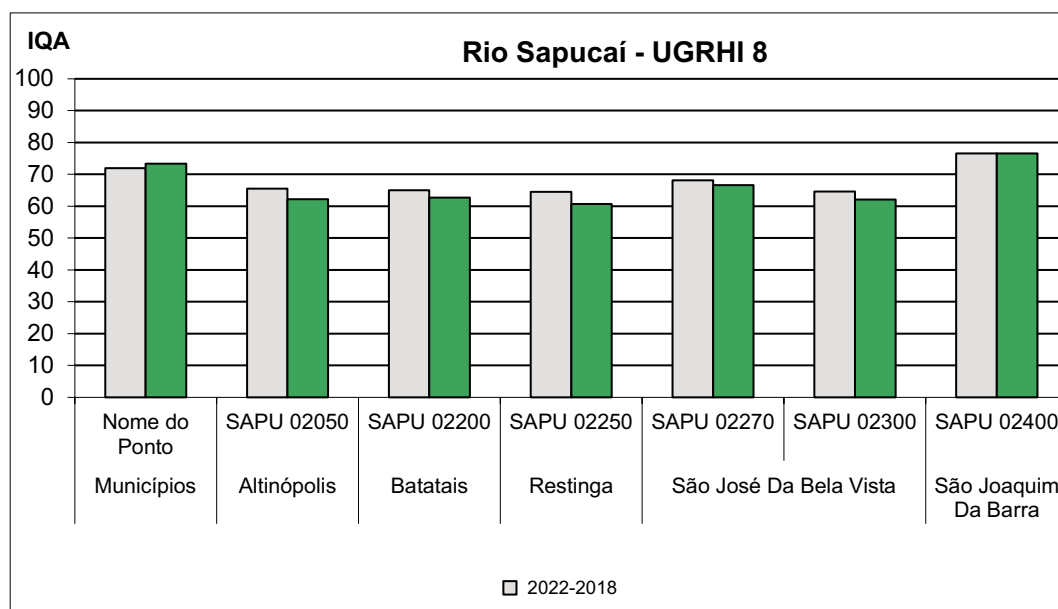
Limite de quantificação: MC <0,15 µg/L; STX <0,02 µg/L (2022) e <0,05 µg/L (2023); CYN <0,05 µg/L (2022) e <0,54 µg/L (2023)

Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 µg/L; CYN 1,0 µg/L; STX 3,0 µg/L

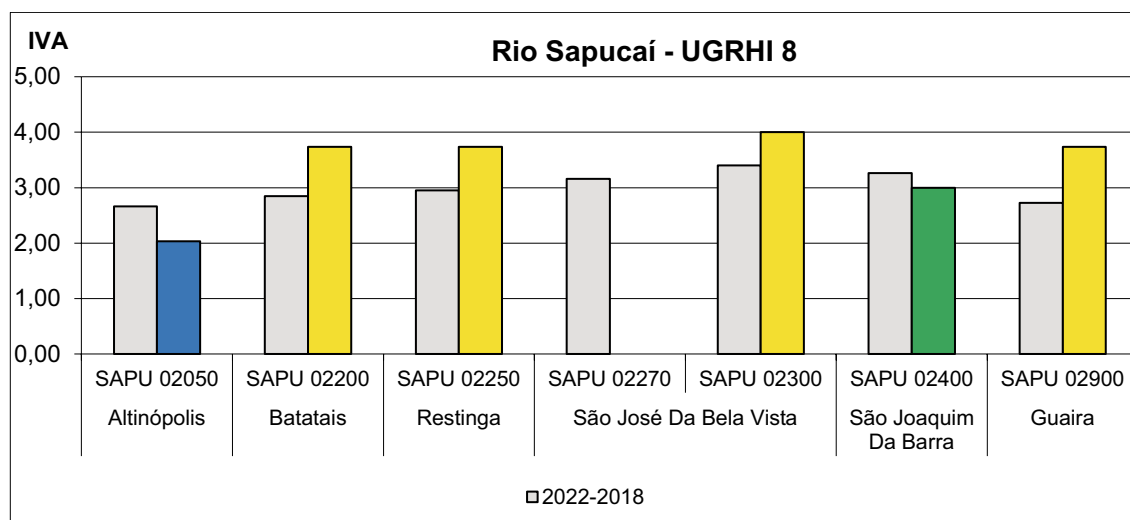
■ Não Superou / ■ Superou; NA: Não analisada

7.8 UGRHI 8 – SAPUCAÍ / GRANDE

O perfil do IQA do Rio Sapucaí em 2023 pode ser visualizado no Gráfico 7.56. A classificação do IQA manteve a categoria Boa em todos os trechos, igualmente ao observado nos últimos 5 anos.

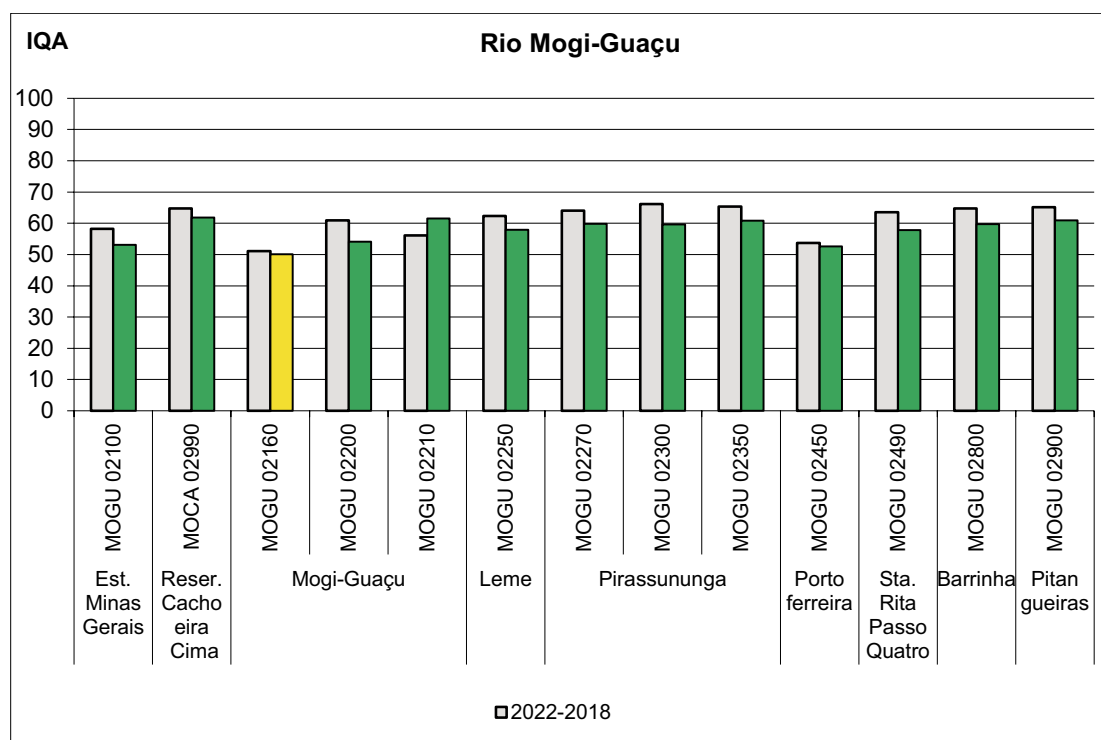
Gráfico 7.56 – Perfil do IQA no Rio Sapucaí em 2023 e nos últimos 5 anos.

Em relação ao IVA, a classificação em 2023 variou ao longo do trecho monitorado, conforme observado no Gráfico 7.57. Em Altinópolis, a classificação foi Ótima, apresentando melhora em relação à média histórica, e em São Joaquim da Barra, manteve a classificação Boa. Em Batatais e Restinga, a classificação passou de Boa (média histórica) para Regular e os demais pontos mantiveram a classificação Regular, influenciada principalmente pelo efeito de toxicidade crônica aos organismos aquáticos.

Gráfico 7.57 – Perfil do IVA no Rio Sapucaí em 2023 e nos últimos 5 anos.

7.9 UGRHI 9 – MOGI-GUAÇU

A qualidade da água no Rio Mogi-Guaçu, avaliada pela média anual IQA, foi classificada predominantemente na categoria Boa em 2023, com exceção do ponto MOGU 02160, a jusante de Mogi-Guaçu, que foi classificado na categoria Regular, influenciado por aumento da concentração de matéria orgânica nesse ano. A maioria dos trechos mantém um patamar do IQA um pouco abaixo da média histórica, desde a nascente no estado de Minas Gerais até a foz, no município de Pitangueiras (Gráfico 7.58).

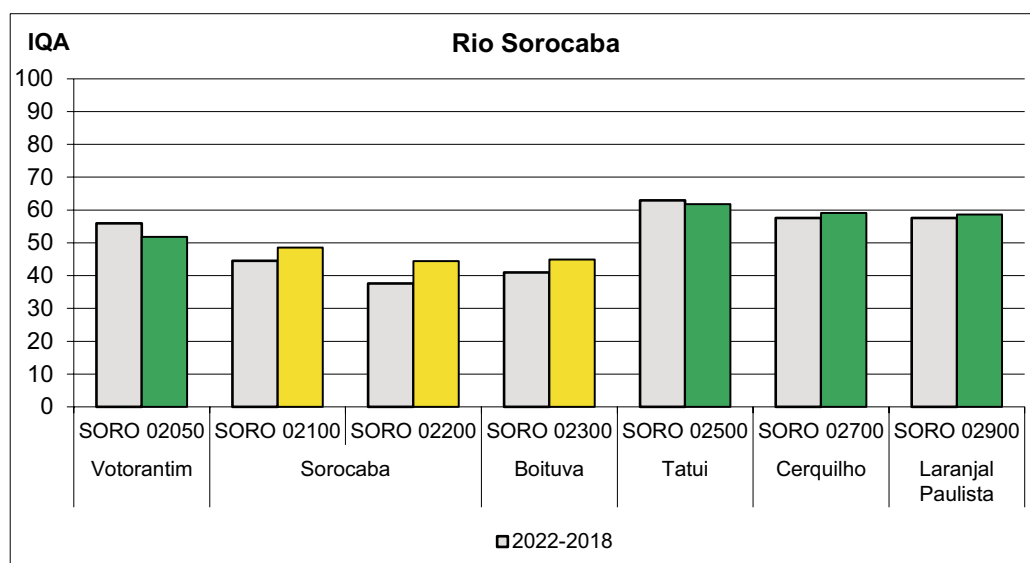
Gráfico 7.58 – Perfil do IQA no Rio Mogi-Guaçu em 2023 e nos últimos 5 anos.

7.10 UGRHI 10 – SOROCABA / MÉDIO TIETÊ

7.10.1 Rio Sorocaba

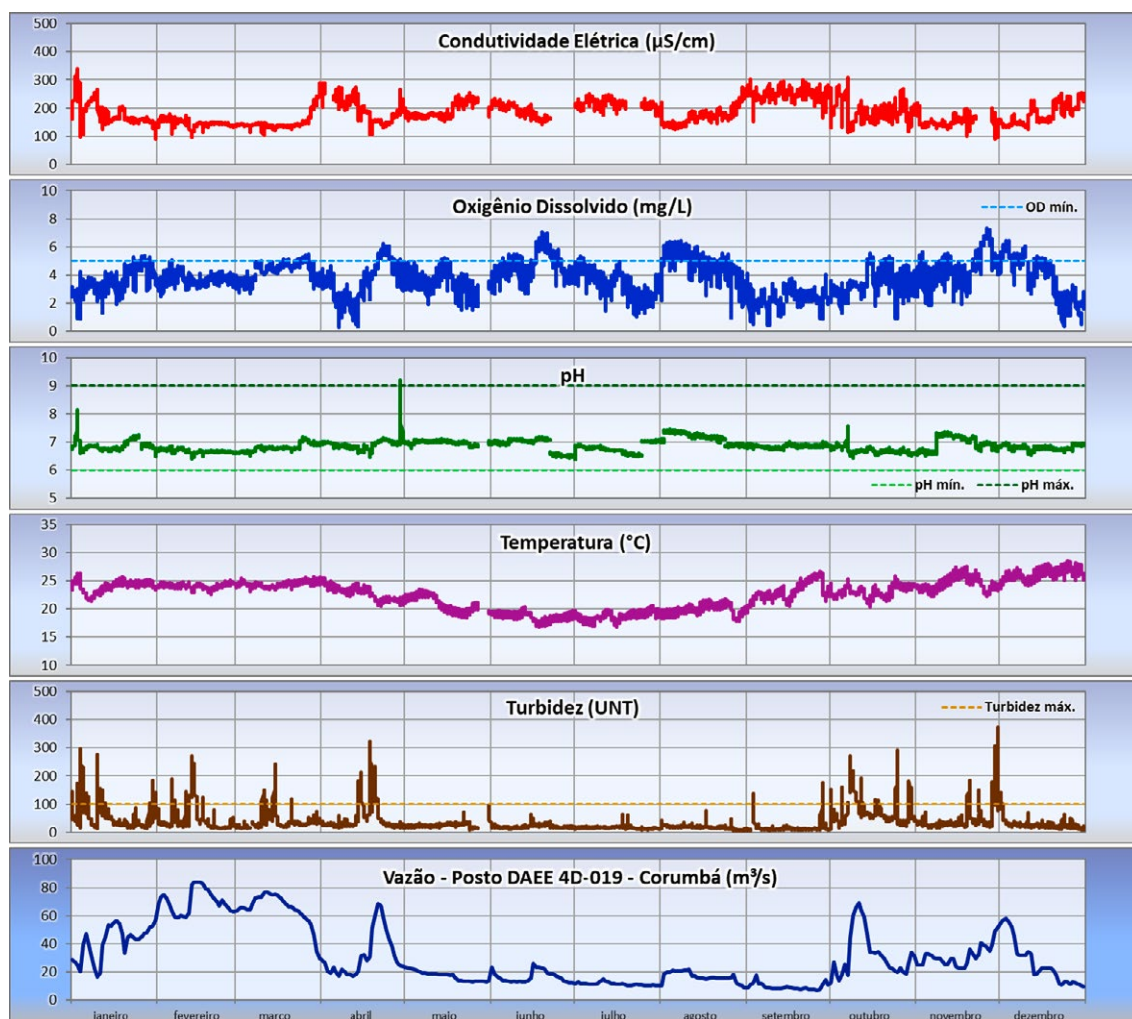
O perfil do IQA do Rio Sorocaba em 2023 pode ser visualizado no Gráfico 7.59. A classificação do IQA manteve a categoria Boa e Regular em todos os trechos, igualmente ao observado nos últimos 5 anos. Os trechos classificados em Regular expressaram melhora, superando a média histórica, o que indica tendência de melhora na qualidade da água.

Gráfico 7.59 – Perfil do IQA no Rio Sorocaba em 2023 e nos últimos 5 anos.



A Figura 7.23 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Sorocaba em 2023.

Figura 7.23 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Sorocaba de janeiro a dezembro de 2023.

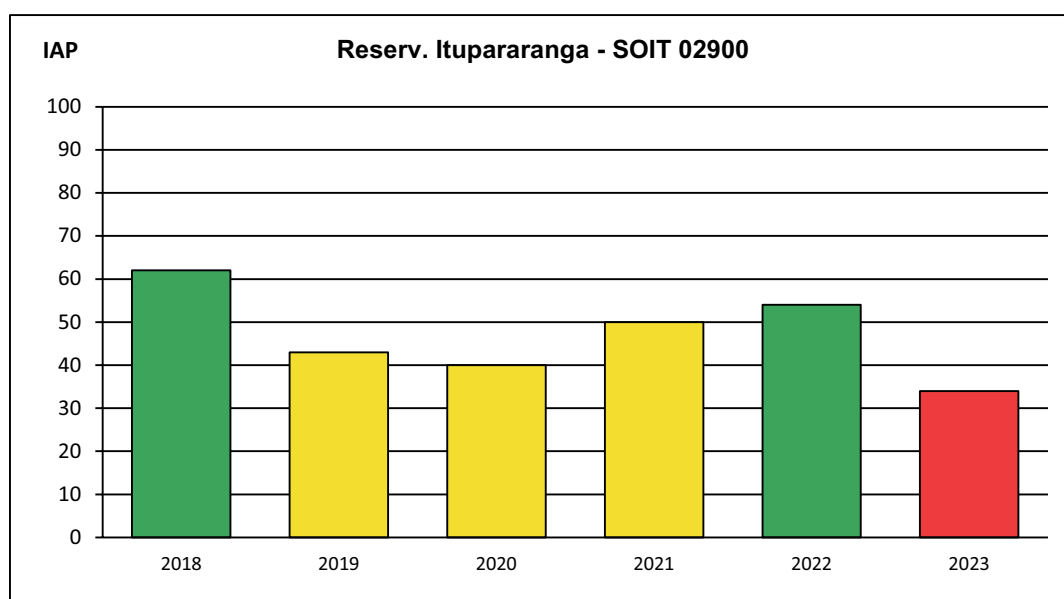


A Estação Automática Sorocaba monitora a qualidade das águas do Rio Sorocaba, importante contribuinte do Rio Tietê. A estação está localizada junto à captação do SAAE para tratamento da água bruta na ETA Vitória Régia e abastecimento do município de Sorocaba. Os altos valores de Condutividade Elétrica demonstram tratar-se de um curso d'água impactado por cargas poluidoras. O Oxigênio Dissolvido encontra-se abaixo do padrão de qualidade para rios Classe 2 durante 84% do período medido. Apesar de atender ao padrão em 94% do tempo, a Turbidez, com picos superiores a 100 UNT, geralmente coincidentes com eventos de maior vazão, indicam que a lixiviação do solo da bacia contribui para o aporte de cargas difusas. As quedas na Condutividade Elétrica também coincidem com os aumentos de vazão, indicando que as chuvas contribuem para a diluição da carga poluidora nesse trecho.

7.10.2 Reservatório Itupararanga

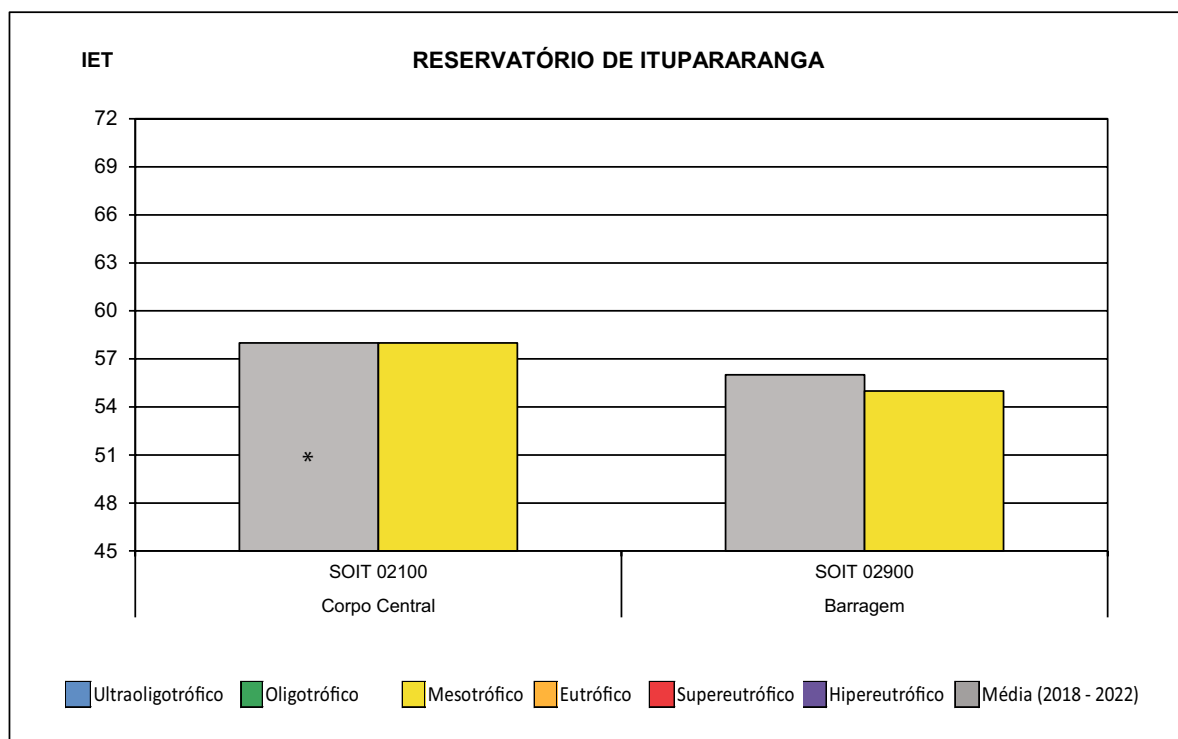
O Gráfico 7.60 apresenta o histórico, do período de 2018 a 2023, das médias anuais do IAP no Reservatório Itupararanga, localizado na UGRHI 10, no ponto SOIT 02900, próximo à barragem. A qualidade da água em Itupararanga, que se manteve na categoria Regular e Boa no período de 2018 a 2022, passou para a classificação Ruim em 2023. A piora na classificação foi influenciada pelo elevado número de células de cianobactérias ao longo do ano, que variou entre 55.242 a 180.130 cél/mL, associado ao elevado Potencial de Formação de THM na amostragem de março, que atingiu 1.770 µg/L.

Gráfico 7.60 – Classificação do IAP no Reservatório de Itupararanga entre 2018 a 2023.



O Gráfico 7.61 apresenta a média anual do IET em 2023 e do período de 2018 a 2022 no Reservatório Itupararanga para os pontos SOIT 02100 e SOIT 02900.

Gráfico 7.61 – Valor da média anual do IET no Reservatório de Itupararanga em 2023 e a média dos últimos 5 anos

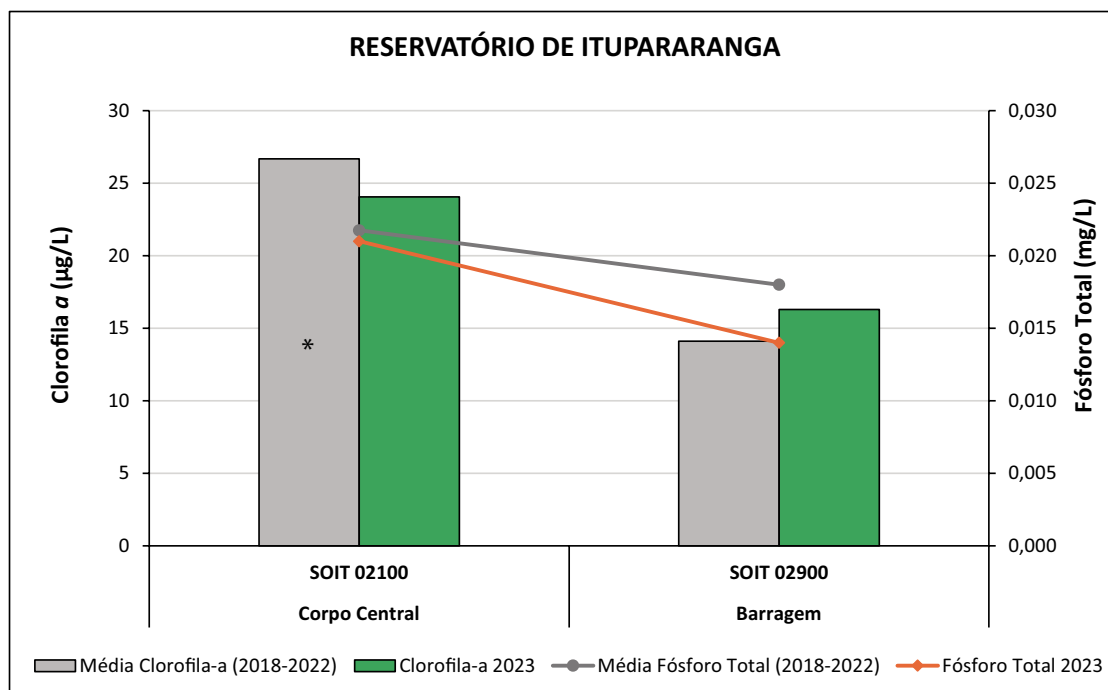


Observação: * Em 2020, foram realizadas menos de 3 amostragens no ponto SOIT 02100 (valor mínimo para calcular o IET do Ano) devido a pandemia de COVID 19, assim, os valores de 2020 não foram incluídos nas médias de 5 anos.

Não houve mudanças significativas nas Classificações das médias anuais do IET em 2023 em relação às médias históricas.

O Gráfico 7.62 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total, em 2023 e no período de 2018 a 2022 no Reservatório Itupararanga.

Gráfico 7.62 – Perfil da média anual da Clorofila *a* e Fósforo Total no Reservatório de Itupararanga em 2023 e nos últimos 5 anos



	Clorofila <i>a</i> – Alterações pouco significativas entre a média anual de 2023 e a média histórica.
	Fósforo Total – Alterações pouco significativas entre a média anual de 2023 e a média histórica.

A Tabela 7.7 apresenta a média anual das porcentagens de atendimento a Resolução CONAMA nº 357/2005 para Clorofila *a* e Fósforo Total, em 2023 e a média do período de 2018 a 2022 no Reservatório Itupararanga.

Tabela 7.7 – Média das porcentagens de Atendimento a Resolução CONAMA nº357/2005 da Clorofila *a* e Fósforo Total no Reservatório Itupararanga e a média dos últimos 3 anos.

	Média CL (2018-2022)	Clorofila <i>a</i> 2023	Média PT (2018-2022)	Fósforo Total 2023
SOIT 02100	65	100	86	100
SOIT 02900	100	100	92	100

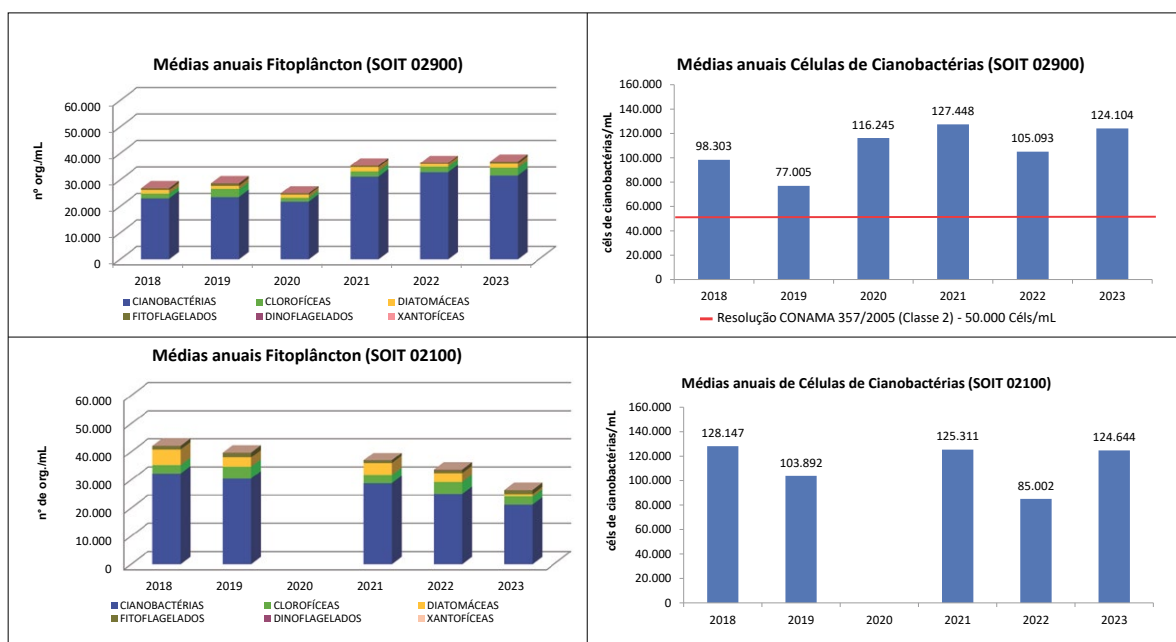
- **Porcentagem de Atendimento da Clorofila *a* à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2- 30 µg /L)** – Apesar da porcentagem anual de atendimento ter sido de 100% em ambos os pontos, é importante considerar que as cianobactérias dominantes nesse reservatório pertencem ao gênero *Raphidiopsis*, conhecido por ter pouca concentração de Clorofila *a*.

- **Porcentagem de Atendimento do Fósforo Total à Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2 - 0,030 mg/L)** - As maiores porcentagens médias anuais de atendimento foram encontradas no ponto SOIT 02900.

- **Qualidade da água** – Regular. Reservatório com grau de trofia calculado como Mesotrófico. Entretanto, é importante salientar que esse reservatório apresenta elevada densidade de Células de Cianobactérias do gênero *Raphidiopsis*, conhecida por ter pouca quantidade de Clorofila *a* (podendo interferir no cálculo do IET), ser altamente adaptada a diversos tipos de ambientes, sendo capaz de estocar Fósforo e usá-lo quando esse nutriente estiver em baixas concentrações no ambiente.

A Figura 7.24 apresenta os gráficos das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplanctônica e de Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Itupararanga no período de 2018 a 2023. De modo geral a distribuição dos grandes grupos não sofreu alteração significativa. As médias anuais do Número de Células de Cianobactérias continuam acima do estabelecido para Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 7.24 – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Itupararanga – 2018 a 2023.



Observação: No ponto SOIT 02100, em 2020, houve coleta apenas em março em função da Pandemia do COVID 19.

O Quadro 7.11 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica, Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Itupararanga em 2023, comparado ao ano anterior, registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e as considerações relevantes.

Quadro 7.11 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (céls/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de *Ceratium*. Comparação entre 2022 e 2023. Reservatório Itupararanga

	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (céls/mL)	Maior valor NCC do ano (céls/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	<i>Ceratium</i>	Considerações
SOIT 02100	2022						Aumento do NCC, com permanência do gênero <i>Raphidiopsis</i> .
	4	33.645	85.002	111.778 (março) 41% das células - <i>Raphidiopsis</i> e 39% filamentosa ni. ⁽²⁾	0	P	
	2023						
	4	27.384	124.644	160.816 (setembro) 59% das células de <i>Raphidiopsis</i> e 23% de <i>Cyanogranis</i> ⁽²⁾	0	P	
SOIT 02900	2022						Sem alterações significativas
	4	36.290	105.093	210.854 (março) 52% das células - <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	P	
	2023						
	4	36.290	105.093	151.992(setembro) 49% das células – <i>Raphidiopsis</i> e 32% <i>Cyanogranis</i> ⁽²⁾	0	A	

Legenda: org/mL - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; céls/mL - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 céls/mL).

⁽²⁾ Ver **Apêndice C** – item 1.4.2.

O Quadro 7.12 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2022 e 2023 no ponto do Reservatório Itupararanga, SOIT 02900. Utilizou-se os valores estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para água tratada como referência comparativa para avaliar as concentrações encontradas nas amostras de água bruta, uma vez que não existem padrões de qualidade para água bruta. Os destaques em vermelho e verde indicam, respectivamente, se os valores utilizados como referência para cianotoxinas foram superados ou não.

Foram ultrapassados os limites de número de células de cianobactérias, notadamente do gênero *Raphidiopsis* (potencial produtor de saxitoxina e cilindrospermopsina) no Reservatório Itupararanga em 2023, sendo observada a presença constante de saxitoxina, embora em concentrações abaixo de 1,0 µg/L.

Quadro 7.12 – Concentração de cianotoxinas – Reservatório Itupararanga - 2022 e 2023

Ano / Campanha	MC (µg/L)				STX (µg/L)				CYN (µg/L)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SOIT 02100												
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,20	0,36	0,42	0,30	< 0,05	< 0,05	0,07	< 0,05
2023	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,21	0,25	0,29	0,26	< 0,54	< 0,54	< 0,54	< 0,54
SOIT 02900												
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,32	0,23	0,40	0,28	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05
2023	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,23	0,21	0,23	0,34	< 0,54	< 0,54	< 0,54	< 0,54

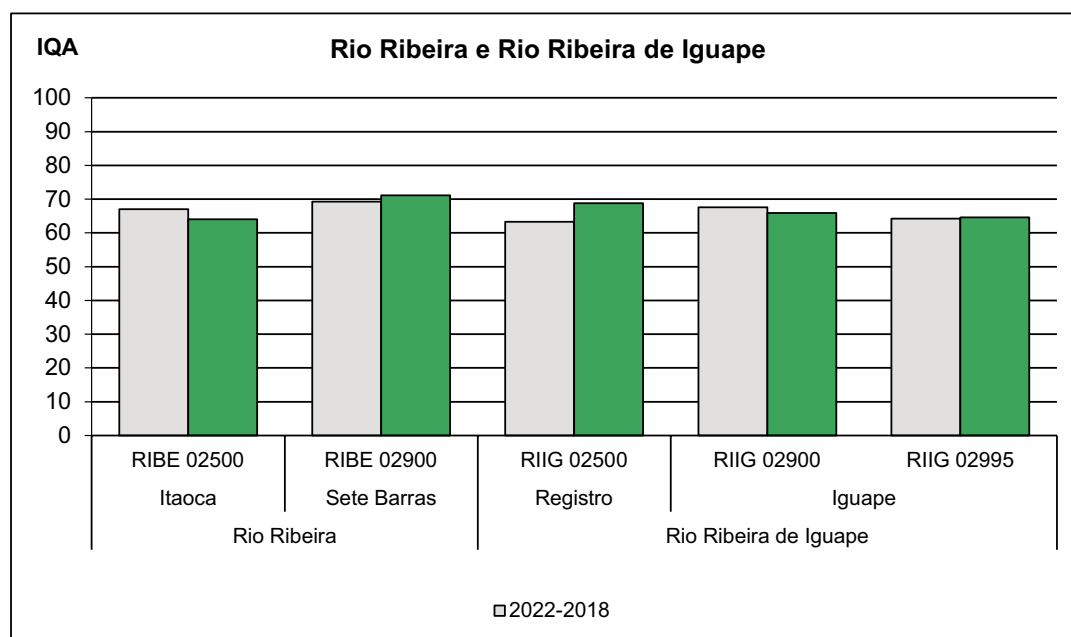
Limite de quantificação: MC <0,15 µg/L; STX <0,02 µg/L (2022) e <0,05 µg/L (2023); CYN <0,05 µg/L (2022) e <0,54 µg/L (2023)

Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 µg/L; CYN 1,0 µg/L; STX 3,0 µg/L

■ Não Superou / ■ Superou; NA: Não analisado

7.11 UGRHI 11 – RIBEIRA DE IGUAPE/LITORAL SUL

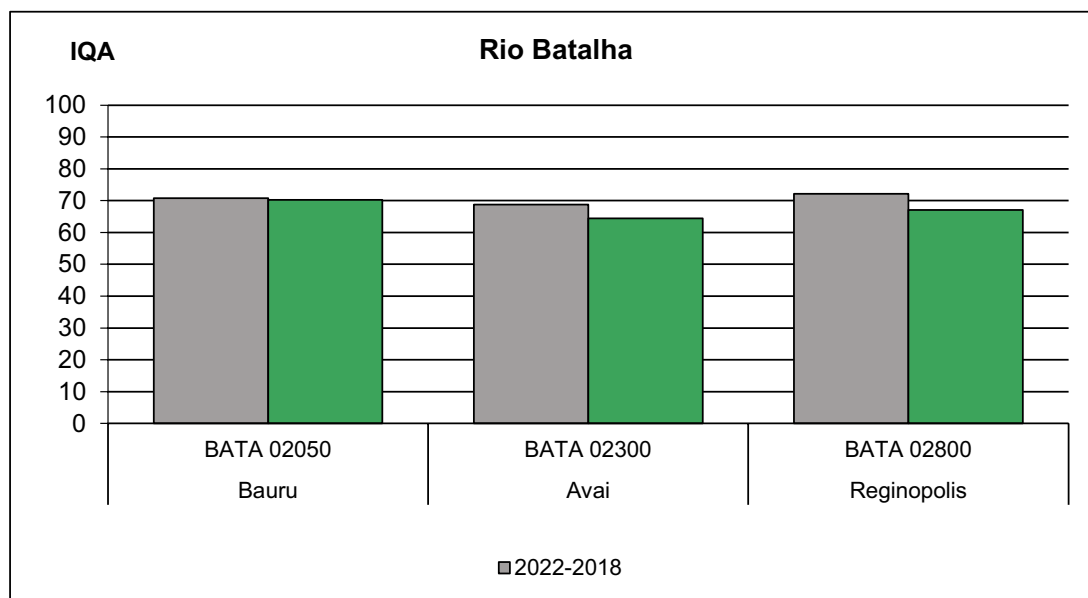
O perfil do IQA nos rios Ribeira e Ribeira de Iguaape em 2023 e nos últimos 5 anos pode ser visualizado no Gráfico 7.63. A qualidade da água manteve a classificação Boa nos trechos monitorados de ambos os corpos de água, mantendo a classificação de 2023 no mesmo patamar da média histórica.

Gráfico 7.63 – Perfil do IQA nos rios Ribeira e Ribeira de Iguaape em 2023 e nos últimos 5 anos.

7.12 UGHRI 16 – TIETÊ/BATALHA

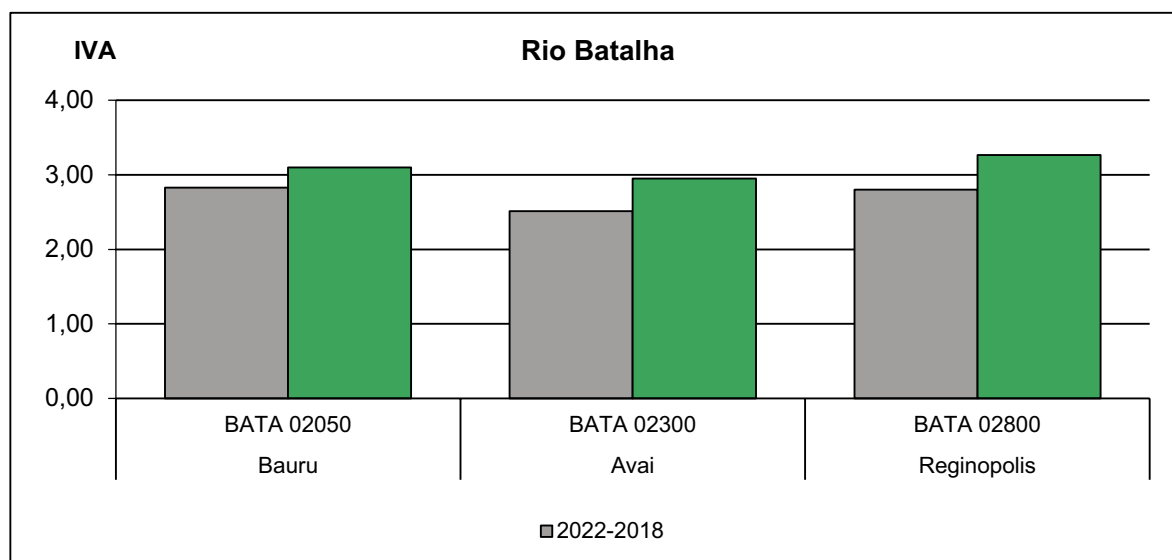
O perfil do IQA em 2023 e nos últimos 5 anos no Rio Batalha pode ser visualizado no Gráfico 7.64. A qualidade da água ao longo da calha desse rio manteve-se na categoria Boa e próxima da média histórica.

Gráfico 7.64 – Perfil do IQA em 2023 e nos últimos 5 anos no Rio Batalha.



O perfil do IVA em 2023 e nos últimos 5 anos no Rio Batalha pode ser visualizado no Gráfico 7.65. A qualidade da água ao longo da calha desse rio manteve-se na categoria Boa e próxima da média histórica.

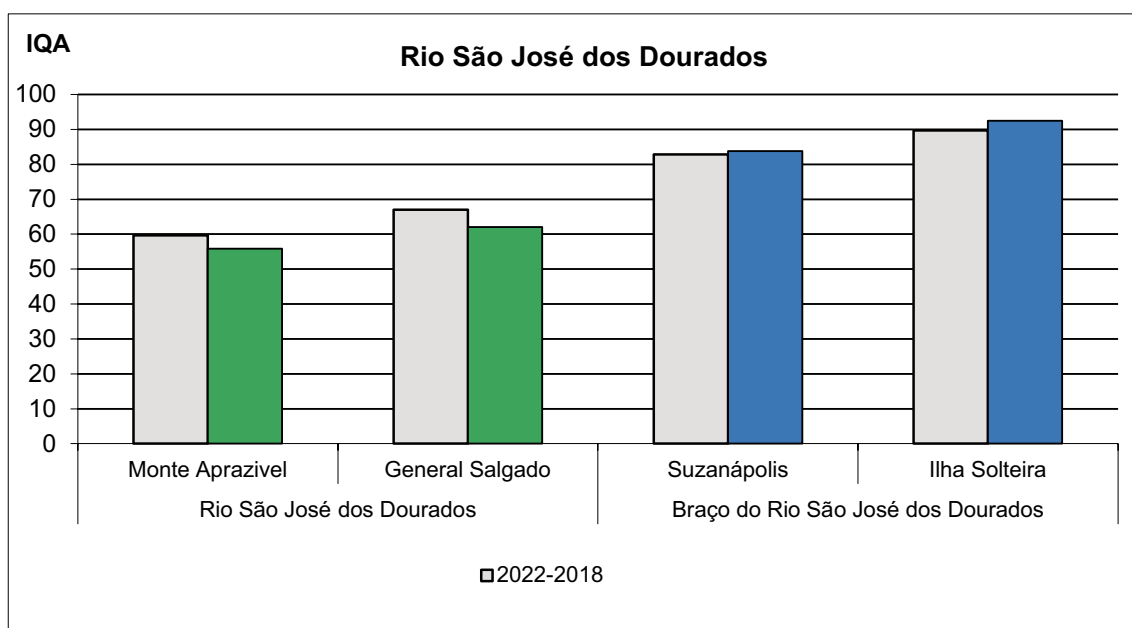
Gráfico 7.65 – Perfil do IVA em 2023 e nos últimos 5 anos no Rio Batalha.



7.13 UGRHI 18 – SÃO JOSÉ DOS DOURADOS

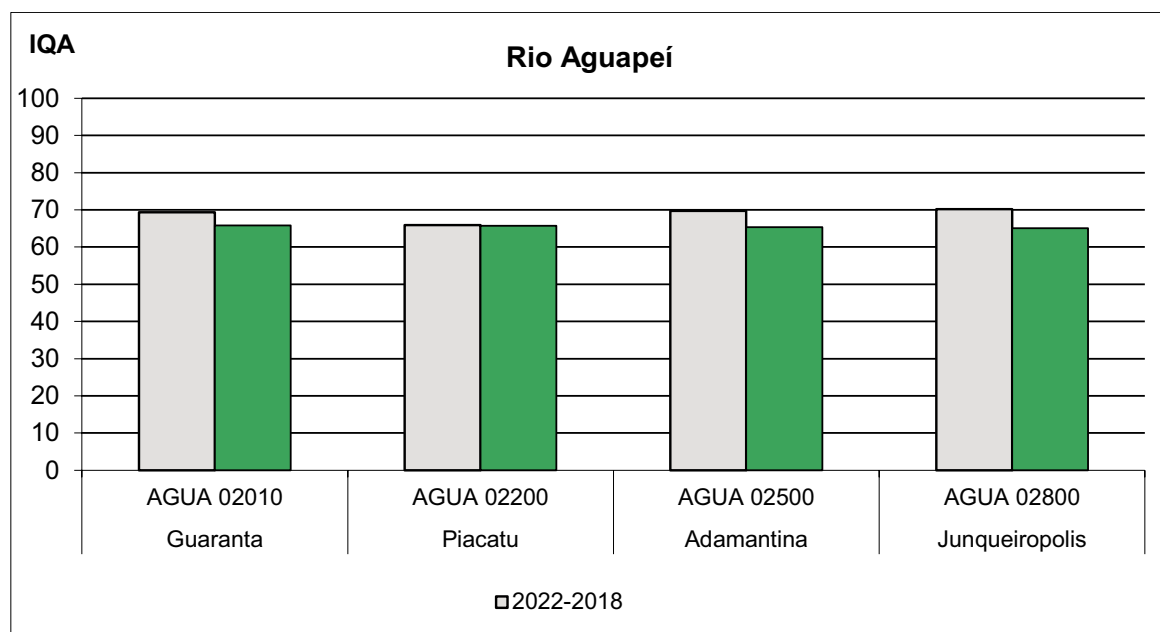
O perfil do IQA no Rio São José dos Dourados em 2023 e nos últimos 5 anos pode ser visualizado no Gráfico 7.66. A qualidade ao longo da calha, assim como nos braços variou entre as categorias Boa e Ótima, mantendo-se próximo da média histórica dos últimos cinco anos.

Gráfico 7.66 – Perfil do IQA no Rio São José dos Dourados em 2023 e nos últimos 5 anos.



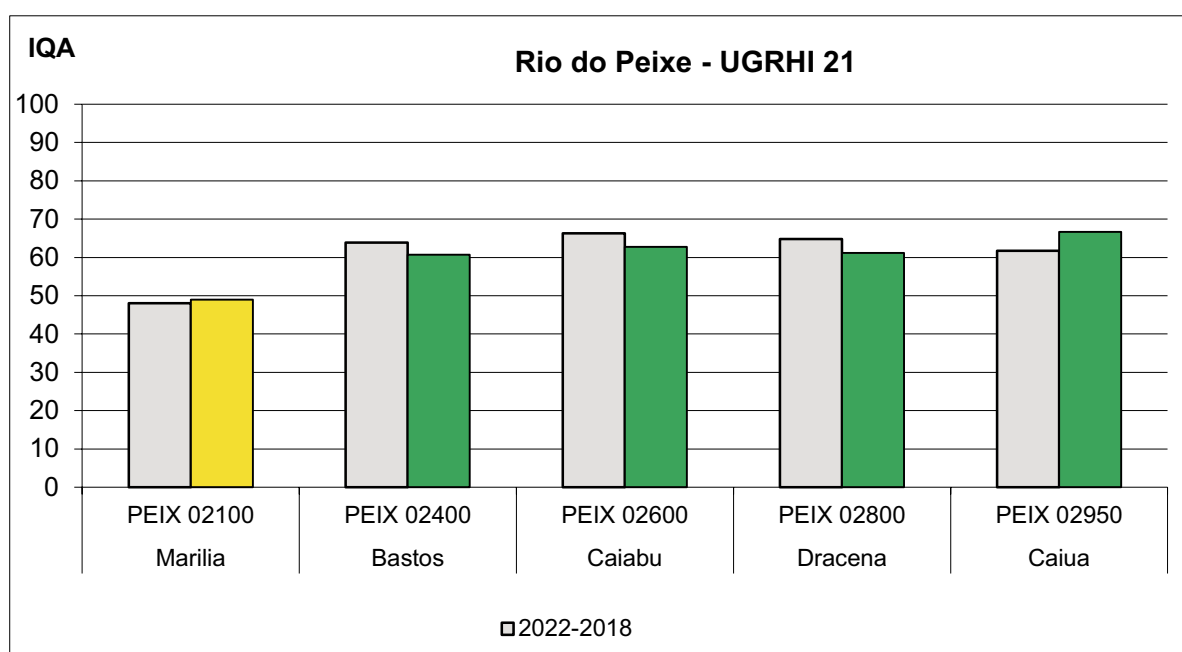
7.14 UGRHI 20 – AGUAPEÍ

A qualidade da água ao longo do trecho monitorado em 2023 foi classificada na categoria Boa, de acordo com o IQA, se mantendo próxima à média dos últimos 5 anos (Gráfico 7.67).

Gráfico 7.67 – Perfil do IQA no Rio Aguapeí em 2023 e nos últimos 5 anos.

7.15 UGRHI 21 – PEIXE

O perfil do IQA no Rio do Peixe em 2023 pode ser visualizado no Gráfico 7.68. A qualidade da água nos trechos que atravessam os municípios de Bastos, Caiabu, Dracena e Caiua manteve a categoria Boa, e próxima da média dos últimos 5 anos. Já no trecho em Marília, a qualidade manteve a categoria Regular, porém superando a média do ano de 2022 e atingindo patamar próximo ao da média histórica, indicando ligeira melhora na qualidade da água.

Gráfico 7.68 – Perfil do IQA no Rio do Peixe em 2023 e nos últimos 5 anos.

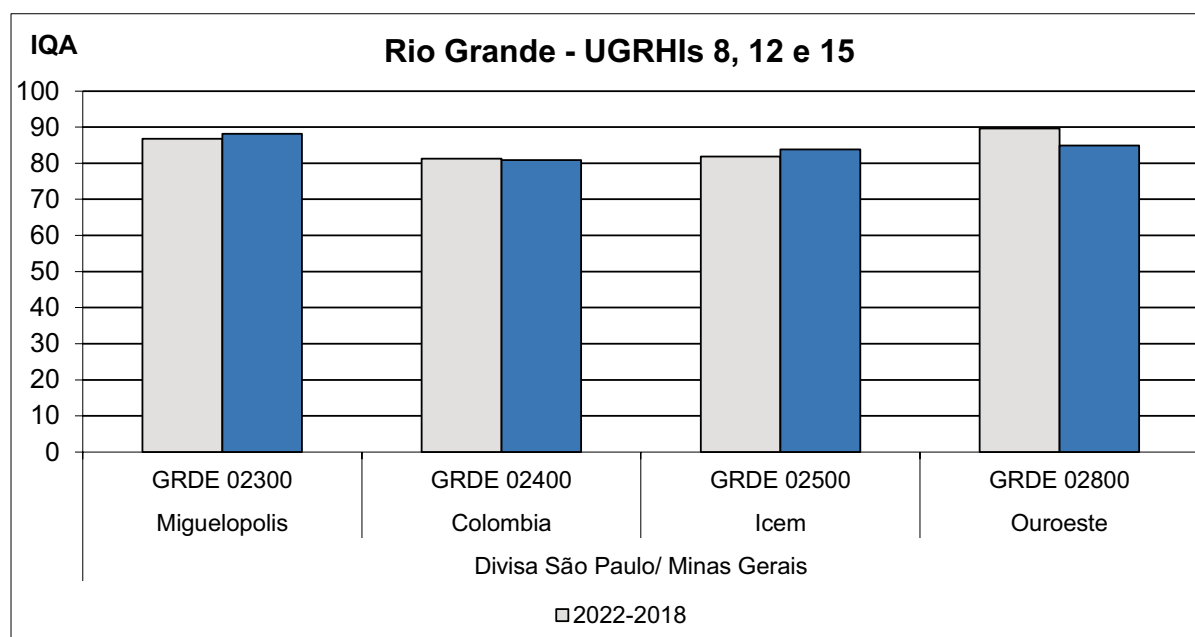
7.16 DIVISAS DO ESTADO

7.16.1 Rio Grande – UGRHs 08, 12 e 15

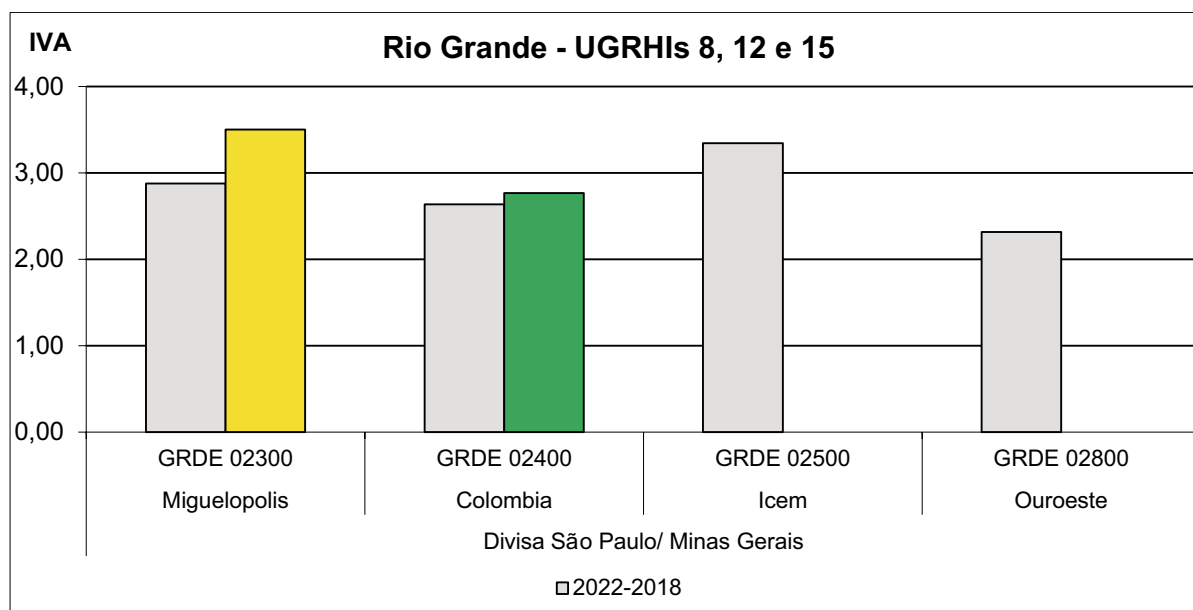
O perfil do IQA em 2023 no Rio Grande, na divisa com o estado de Minas Gerais, pode ser visualizado no Gráfico 7.69.

A qualidade da água desse rio, de acordo com o IQA, obteve a classificação na categoria Ótima em todos os trechos, e no mesmo patamar da média histórica.

Gráfico 7.69 – Perfil do IQA no Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.

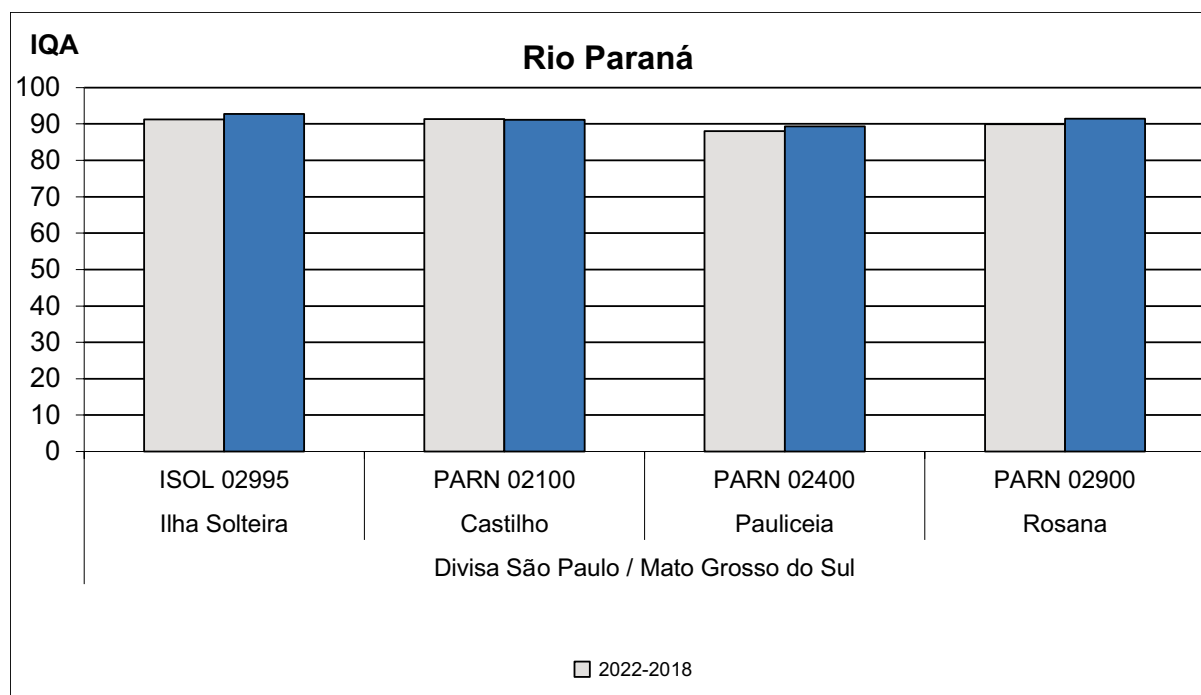


O IVA no Rio Grande foi classificado na categoria Regular, em Miguelópolis, influenciado pela toxicidade crônica aos organismos aquáticos identificada nos meses de maio e agosto, ocasionando a piora da classificação, em relação à média histórica. Enquanto, o ponto localizado em Colombia (GRDE 02400) manteve a classificação na categoria Boa (Gráfico 7.70). Nos demais pontos não foram realizadas o mínimo de três amostragens em 2023 necessárias para o cálculo da média anual do IVA.

Gráfico 7.70 – Perfil do IVA no Rio Grande em 2023 e nos últimos 5 anos.

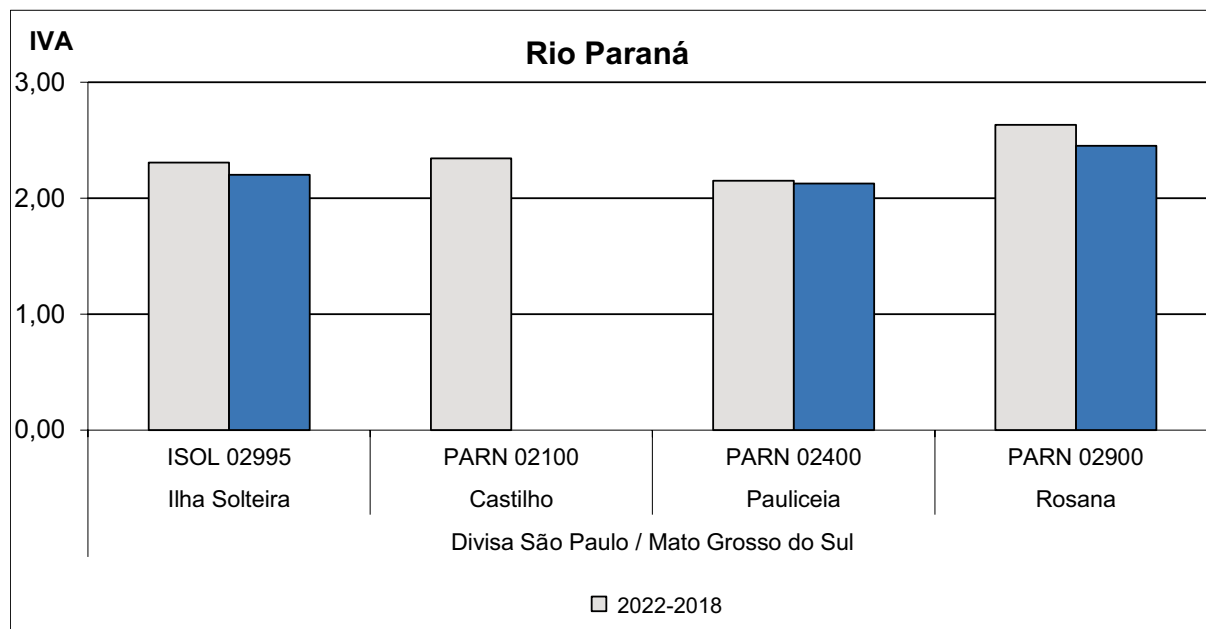
7.16.2 Rio Paraná- UGRHs 18,19 e 22

O perfil do IQA em 2023 no Rio Paraná, na divisa com o estado de Mato Grosso do Sul, pode ser visualizado no Gráfico 7.71. A qualidade da água desse rio apresentou categoria Ótima em todos os trechos monitorados, mantendo-se próxima da média histórica.

Gráfico 7.71 – Perfil do IQA no Rio Paraná em 2023 e nos últimos 5 anos.

O perfil do IVA em 2023 nesse mesmo sistema hídrico pode ser visualizado no Gráfico 7.72. Os valores médios se mantiveram na categoria Ótima e próximo da média histórica. No ponto PARN 02100, em Castilho, não foram realizadas o mínimo de três amostragens em 2023 necessárias para o cálculo da média anual do IVA.

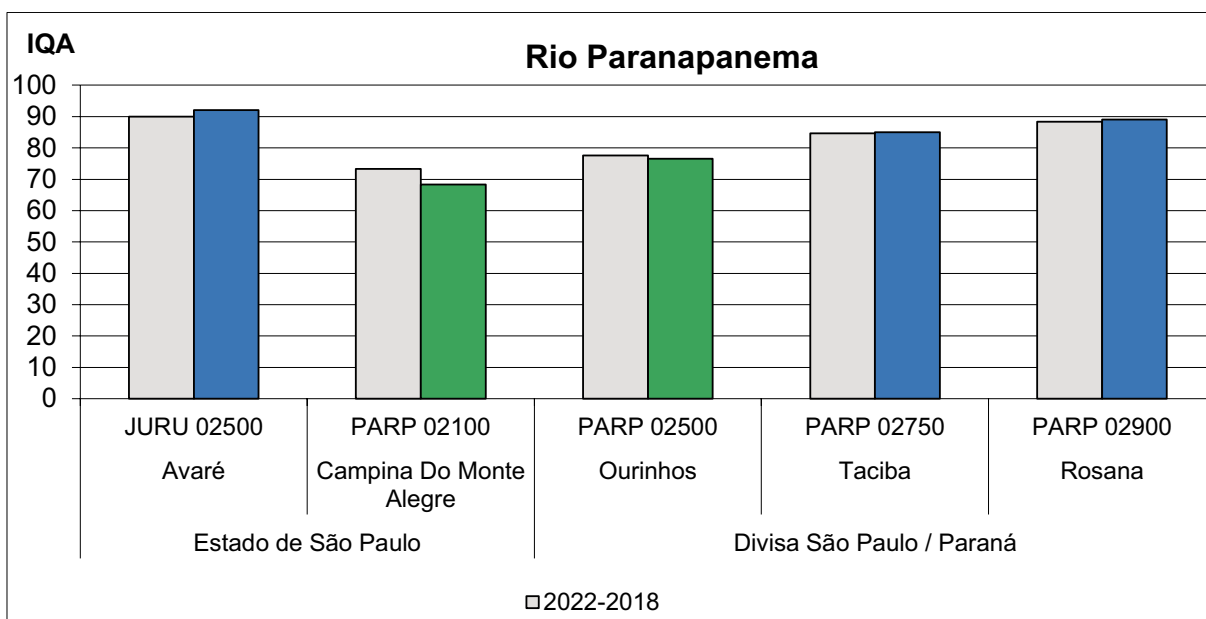
Gráfico 7.72 – Perfil do IVA no Rio Paraná em 2023 e nos últimos 5 anos.



7.16.3 Rio Paranapanema – UGRHs 14, 17 e 22

O perfil do IQA em 2023 no Rio Paranapanema, na divisa com o estado do Paraná, pode ser visualizado no Gráfico 7.73. A qualidade da água no Rio Paranapanema, avaliada pelo IQA foi classificada nas categorias Boa e Ótima em todos os trechos monitorados, mantendo praticamente a mesma média dos últimos 5 anos.

Gráfico 7.73 – Perfil do IQA no Rio Paranapanema em 2023 e nos últimos 5 anos.



8 • Qualidade dos sedimentos

Em 2023, a avaliação da qualidade do sedimento foi realizada em 30 pontos, sendo 14 em rios e 16 em reservatórios, distribuídos em oito UGRHs com diferentes usos predominantes do solo (Mapa 8.1).

A análise dos resultados do monitoramento do sedimento é realizada com base em diversas linhas de evidência: química (concentração), ecológica (comunidade bentônica), ecotoxicológica (ensaios com *Hyaella azteca* e *Chironomus sancti-caroli*), de mutagenicidade (Teste de Ames), de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* (Microtox®), de deformidade (*Chironomus*), de eutrofização (Fósforo Total) e microbiológica (*Clostridium perfringens* e *Escherichia coli*), para identificar as potenciais fontes de contaminação por esgotos nas bacias. Os critérios utilizados no diagnóstico são apresentados no [Apêndice D](#).

As tabelas com a descrição dos pontos de amostragem, os dados brutos das análises do sedimento e os diagnósticos pelas variáveis de sedimento estão nos [Apêndices A, B e L](#), respectivamente.

Não foram realizadas as análises de contaminantes inorgânicos, pesticidas organoclorados e PCBs no ponto NUMA 04200, no Ribeirão Anhumas. Os limites de detecção das análises de HPA nos pontos NUMA 04200, NUMA 04999 e TIET 04185 foram mais altos do que as concentrações de referência. Também não foram realizadas análises de substâncias orgânicas no ponto TAMT 04350, no Rio Tamanduateí.

A Tabela 8.1 apresenta os diagnósticos da qualidade dos sedimentos e seus históricos por ponto e faz uma avaliação geral da qualidade dos ambientes, integrando as informações obtidas com as análises de água.

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos (continua)

UGRHI	Ponto	Análise	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2023
									Comentários
3	BOIC 02970 Rio Boicunganga	Substâncias químicas							Ambiente oligotrófico com substrato muito arenoso (95% de areia) e inorgânico, não propício à retenção de contaminantes. Foi observada toxicidade crônica na água superficial no período chuvoso.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico							
5	IRIS 02900 Rio Pirai	Substâncias químicas							Ambiente mesotrófico de substrato areno-argiloso com acúmulo de fósforo e contaminantes.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico							
		Ecotoxicidade							
		Bentos							

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos (continua)

UGRHI	Ponto	Análise	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2023
									Comentários
5	NUMA 04200 Ribeirão das Anhumas	Substâncias químicas							Substrato arenoso, que não favorece o acúmulo de contaminantes e nutrientes. Mesmo assim os resultados microbiológicos mostram forte influência de esgotos domésticos. O diagnóstico de substâncias químicas baseia-se apenas nas concentrações de dioxinas e furanos.
		Fósforo total							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
	NUMA 04999 Ribeirão das Anhumas	Substâncias químicas							Ambiente hipereutrófico e sob leve influência de esgotos domésticos. O substrato arenoso não favorece o acúmulo de contaminantes e nutrientes.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
6	GUAR 00502 Reservatório Guarapiranga	Substâncias químicas							Ambiente hipereutrófico de substrato silto-argiloso e orgânico com acúmulo de fósforo, provavelmente provenientes de esgotos domésticos, e contaminantes. O fósforo nos sedimentos atua como fonte secundária mantendo o grau de trofia do reservatório, o que acarreta a proliferação das algas e cianobactérias, controlada pela aplicação de sulfato de cobre. Consequentemente as concentrações de cobre nos sedimentos superaram em aproximadamente cinco vezes o valor de PEL neste trecho do reservatório.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
	GUAR 00611 Reservatório Guarapiranga	Substâncias químicas							Ambiente supereutrófico de substrato argilo-siltoso e orgânico com acúmulo de fósforo, provavelmente relacionado ao esgoto doméstico. O fósforo nos sedimentos atua como fonte secundária mantendo o grau de trofia do reservatório, o que acarreta a proliferação das algas e cianobactérias, controlada pela aplicação de sulfato de cobre. Consequentemente as concentrações de cobre nos sedimentos superaram em 28 vezes o valor de PEL neste trecho do reservatório. Na água superficial foi observada toxicidade crônica, no período seco, possivelmente relacionada a uma fonte ativa destes contaminantes.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
	JNDI 00450 Reservatório do Rio Jundiá	Substâncias químicas							Ambiente eutrófico cujas características físicas do sedimento (fino e orgânico) favorecem o acúmulo de contaminantes e nutrientes. As concentrações elevadas de fósforo no sedimento indicam que essa matriz já pode ser considerada fonte secundária e atuar na manutenção ou piora do grau de trofia na água superficial. O efeito observado na biota provavelmente está associado ao grau de trofia, uma vez que o organismo dominante é tolerante ao enriquecimento orgânico.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sanctacarli</i>						
		Bentos							

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos (continua)

UGRHI	Ponto	Análise	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2023
									Comentários
6	NOVA 00800 Reservatório Ponte Nova	Substâncias químicas							Sedimento fino e orgânico com concentrações de contaminantes que, apesar de serem baixas, estavam biodisponíveis e podem estar relacionadas aos efeitos observados nos ensaios de toxicidade em laboratório e à alteração na biota. As concentrações de chumbo e cromo provavelmente estão relacionados à formação de solo da região.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticaroli</i>						
	Bentos								
	PEBA 00900 Reservatório Taiáupeba	Substâncias químicas							Ambiente eutrófico com concentrações elevadas de fósforo no sedimento e cujas características físicas (fino e orgânico) favorecem o acúmulo de contaminantes potencialmente biodisponíveis uma vez que foram observados efeitos nos ensaios de laboratório. A alteração da biota decorre tanto desta toxicidade quanto do enriquecimento orgânico do ambiente.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticaroli</i>						
	Bentos								
	PINH 04500 Rio Pinheiros	Substâncias químicas							Ambiente supereutrófico de substrato areno-argilo-siltoso e orgânico com influência de esgoto doméstico, provavelmente relacionado ao acúmulo de fósforo. Os contaminantes presentes estavam biodisponíveis, uma vez que foram observados efeitos tóxicos em laboratório. Estas condições somadas à hipóxia de fundo não favoreceram a biodiversidade da biota local.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticaroli</i>						
	Bentos								
	PINH 04900 Rio Pinheiros	Substâncias químicas							Ambiente hipereutrófico de substrato argilo-silte-arenoso e orgânico com acúmulo de fósforo e contaminantes (arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel, HPA, dioxinas e furanos, PCB e DDT em concentrações entre TEL e PEL e zinco e DDT acima de PEL). As concentrações de cádmio, cobre, mercúrio e zinco são de origem antrópica. A fonte do fósforo é esgoto doméstico. A presença de DDT indica uso recente deste pesticida organoclorado persistente, proibido pela Lei 11.936/09.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
	TAMT 04350 Rio Tamanduaí	Substâncias químicas							Ambiente hiperutrófico de substrato areno-siltoso, que não propicia o acúmulo de nutrientes e contaminantes. A concentração elevada de fósforo e o baixo teor de oxigênio dissolvido na água superficial tem origem nos esgotos domésticos.
Fósforo total									
Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>									
Microbiológico		<i>Escherichia coli</i>							
		<i>Clostridium perfringens</i>							

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos (continua)

UGRHI	Ponto	Análise	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2023
									Comentários
6	TIET 02050 Rio Tietê	Substâncias químicas							Ambiente mesotrófico com substrato arenoso (89% de areia) e inorgânico, não favorável à retenção de nutrientes e contaminantes. Foi observada toxicidade crônica na água superficial no mês anterior e posterior à amostragem de sedimento, que juntamente com o tipo de substrato podem ter afetado a biota local.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sanctlicaroli</i>						
		Bentos							
	TIET 02090 Rio Tietê	Substâncias químicas							Ambiente mesotrófico com substrato areno-argiloso e orgânico, com presença de contaminantes em baixas concentrações. Embora tenha influência de fonte de esgoto remota, há boa condição para o desenvolvimento da biota aquática, com a presença de várias espécies de macrófitas aquáticas.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sanctlicaroli</i>						
		Bentos							
	TIET 04160 Rio Tietê	Substâncias químicas							Ambiente hipereutrófico de substrato areno-siltoso e inorgânico com influência de esgoto doméstico e acúmulo de fósforo e de contaminantes. Com destaque para os metais de origem antrópica, cádmio, chumbo, cobre níquel e zinco, estando os dois últimos em concentrações acima de PEL. Dentre os compostos orgânicos, foram observados dioxinas e furanos em concentrações entre TEL e PEL e HPA, acima de PEL. Estes contaminantes devem estar biodisponíveis, uma vez que foram observados efeitos tóxicos em laboratório e ausência da comunidade bentônica, embora a anoxia observada na água de fundo também iniba o estabelecimento de populações bentônicas.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sanctlicaroli</i>						
		Bentos							
	TIET 04185 Rio Tietê	Substâncias químicas							Ambiente hipereutrófico de substrato areno-argilo-siltoso e inorgânico com acúmulo de fósforo, provavelmente proveniente de esgotos domésticos, e contaminantes.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos (continua)

UGRHI	Ponto	Análise		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2023
										Comentários
6	TIPI 04750* Reservatório de Pirapora	Substâncias químicas								Ambiente hipereutrófico com substrato argilo-siltoso e orgânico, com fonte de esgoto doméstico e acúmulo de nutrientes e contaminantes. Os efeitos tóxicos observados em laboratório indicam a biodisponibilidade destes contaminantes no ambiente. Estas condições somadas à anoxia de fundo impedem o estabelecimento da biota local.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Mutagenicidade								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>							
			<i>Chironomus sancticaroli</i>							
Bentos										
10	AVEC 02800 Ribeirão Aveçuia	Substâncias químicas								Ambiente eutrófico com substrato argilo-arenoso e inorgânico, que não favorece o acúmulo de nutrientes e contaminantes.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
	TIBB 02900 Reservatório Barra Bonita	Substâncias químicas								Ambiente supereutrófico de substrato argilo-siltoso e orgânico com acúmulo de fósforo e contaminantes. A biota reflete o enriquecimento orgânico, cuja fonte provém tanto do esgoto doméstico como de fertilizantes usados na agricultura.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Mutagenicidade								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>							
			<i>Chironomus sancticaroli</i>							
Bentos										
13	BJAU 03500 Braço do Rio Jaú (Res. de Bariri)	Substâncias químicas								Ambiente supereutrófico de substrato argiloso com acúmulo de fósforo e contaminantes. A fonte de fósforo é o esgoto doméstico.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
	TIBA 02800 Reservatório de Bariri	Substâncias químicas								Sedimento argiloso e orgânico com acúmulo de fósforo, que tem como fonte provavelmente o esgoto doméstico e contaminantes.
		Fósforo total								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos (continua)

UGRHI	Ponto	Análise	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2023
									Comentários
13	TIBI 02900 Reservatório de Ibitinga	Substâncias químicas							Sedimento silto-argilo-arenoso e inorgânico, com acúmulo de fósforo e baixas concentrações de contaminantes. A biota indicou condições restritivas ao seu desenvolvimento.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticarioli</i>						
		Bentos							
15	BMAR 02800 Braço do Ribeirão do Marinheiro (Reservatório Água Vermelha)	Substâncias químicas							Sedimento argilo-siltoso e orgânico com acúmulo de fósforo e contaminantes. A observação de toxicidade em laboratório indicou que estes contaminantes estão biodisponíveis. Esta condição, somada à hipóxia de fundo, provavelmente impediram a colonização de populações bentônicas. A fonte do fósforo pode ser tanto de esgoto doméstico como da aquicultura.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticarioli</i>						
		Bentos							
16	BFAR 02250 Br. do Ribeirão da Fatura (Res. Promissão)	Substâncias químicas							Ambiente eutrófico de substrato areno-argiloso e orgânico com acúmulo de contaminantes.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
	BMAN 02250 Braço do Rio Barra Mansa (Res. Promissão)	Substâncias químicas							Ambiente mesotrófico de substrato argilo-arenoso e orgânico com acúmulo de fósforo e contaminantes.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
	ESGT 02050 Córrego do Esgotão (Res. Promissão)	Substâncias químicas							Ambiente hipereutrófico de substrato areno-siltoso e inorgânico com acúmulo de contaminantes em baixas concentrações. A análise microbiológica evidenciou uma fonte de esgoto doméstico na bacia.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
	QUEX 02950 Ribeirão Queixada (Res. Promissão)	Substâncias químicas							Sedimento argilo-siltoso e orgânico com acúmulo de fósforo e contaminantes.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos (conclusão)

UGRHI	Ponto	Análise		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2023
										Comentários
19	Braço do Ribeirão Santa Bárbara (Res. Nova Avanhandava)	Substâncias químicas								Ambiente eutrófico de substrato argilo-siltoso e orgânico com acúmulo de fósforo e contaminantes. A detecção de toxicidade em ensaio de laboratório indicou a biodisponibilidade dos contaminantes que, juntamente com a hipóxia de fundo, provavelmente foi responsável pela alteração observada na biota. A fonte do fósforo pode ser tanto de esgoto doméstico como da aquicultura.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Mutagenicidade								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>							
			<i>Chironomus sanctycaroli</i>							
	Bentos									
	Reservatório Nova Avanhandava	Substâncias químicas								Sedimento areno-argiloso e inorgânico com acúmulo de contaminantes.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
	Reservatório de Três Irmãos	Substâncias químicas								Ambiente eutrófico de substrato argilo-siltoso e orgânico com acúmulo de fósforo e contaminantes. A alteração da biota aquática deveu-se provavelmente ao baixo teor de oxigênio na água de fundo.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Mutagenicidade								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>							
			<i>Chironomus sanctycaroli</i>							
	Bentos									

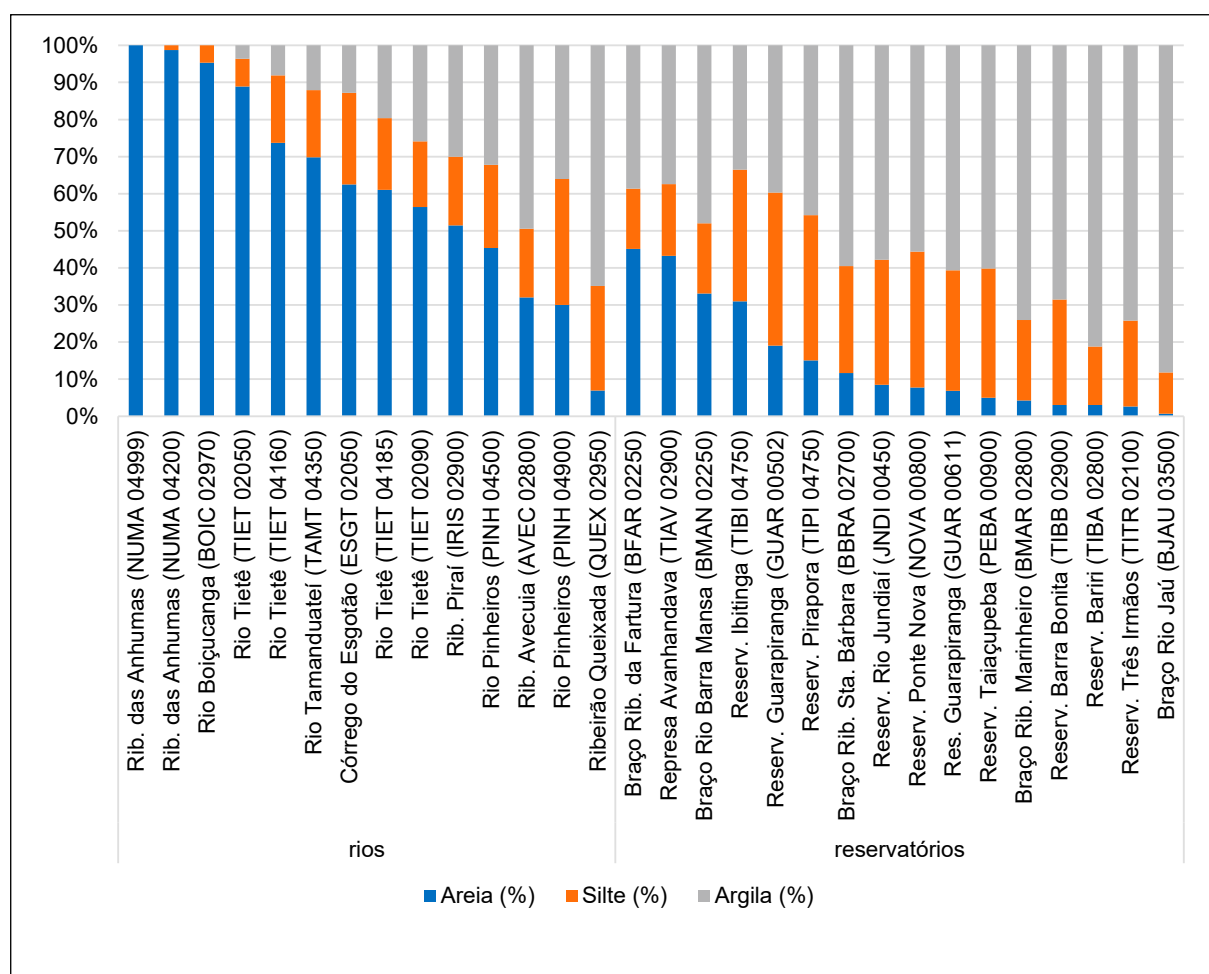
* TIPI 04750 - dados de 2022 referentes ao ponto TIPI 04850

	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Muito Ruim	Péssima
Bentos						
Demais variáveis					n.a.	

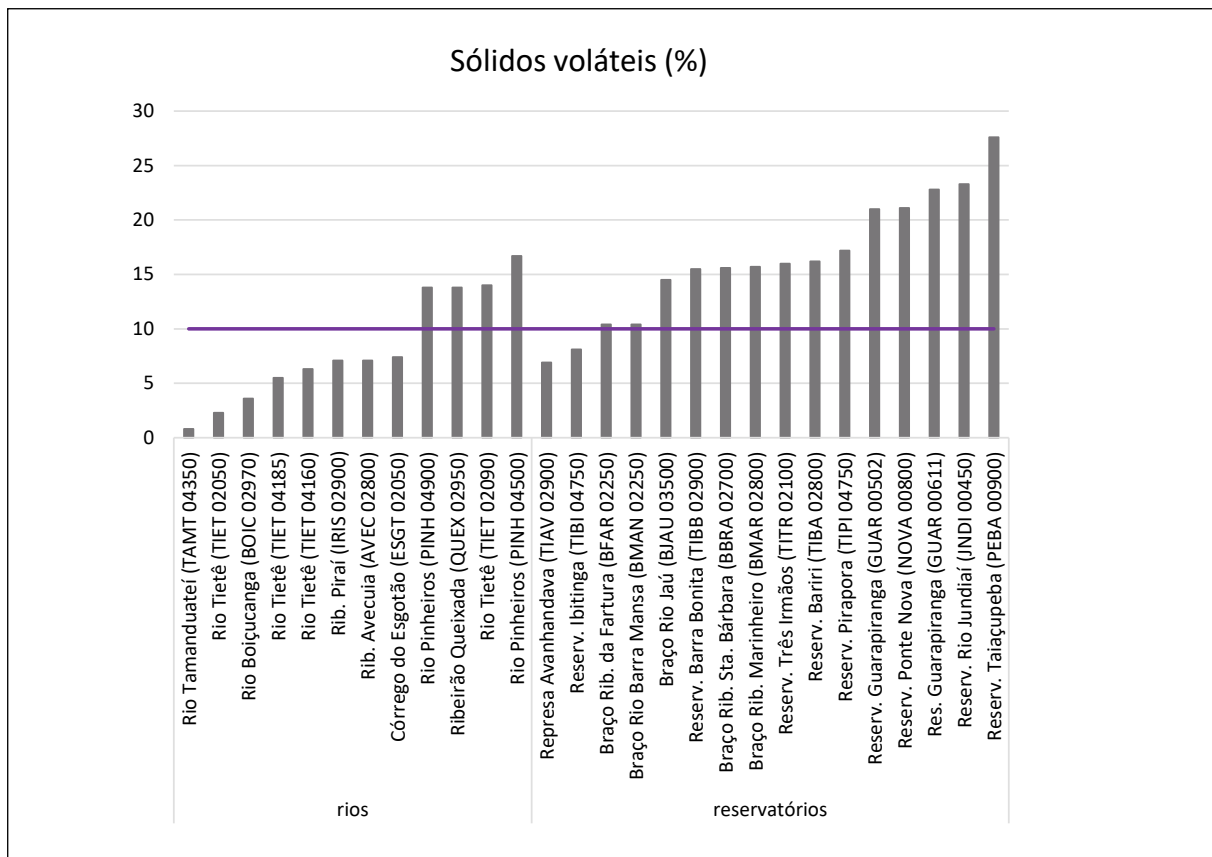
n.a. - não se aplica

Os sedimentos em ambientes hídricos podem ser classificados de acordo com os diferentes diâmetros de grãos, variando entre um sedimento mais grosso, arenoso, com baixa capacidade de retenção de contaminantes e nutrientes, e o mais fino, argiloso, com alta capacidade de retenção de contaminantes e nutrientes. Em geral, ambientes lóticos, pela dinâmica de suas águas, tendem a ter substratos mais grossos, estando os mais finos restritos às margens de deposição, nem sempre disponíveis nos trechos investigados, como foram os casos, neste ano, dos dois pontos do Ribeirão das Anhumas, do Rio Boiçucanga e do Rio Tietê, em Biritiba Mirim (Gráfico 8.1). Por outro lado, todos os ambientes lênticos apresentaram sedimentos mais finos, com características físicas propícias ao acúmulo de contaminantes e nutrientes.

Gráfico 8.1 – Características físicas dos sedimentos analisados



Outra característica importante dos sedimentos, associada a retenção de nutrientes e contaminantes, especialmente os orgânicos, é o teor de matéria orgânica, que define a matriz como orgânica (com fração de Sólidos Voláteis superior a 10%) ou inorgânica (ESTEVES, 2011). Da mesma forma que a correnteza dificulta o acúmulo de grânulos finos nos sedimentos de ambientes lóticos, também o faz para a matéria orgânica. Em 2023, apenas quatro ambientes lóticos foram observados com sedimentos orgânicos, enquanto para ambientes lênticos, apenas dois foram observados com sedimentos inorgânicos (Gráfico 8.2).

Gráfico 8.2 – Teor de matéria orgânica (%) nos sedimentos analisados.

As maiores concentrações de Fósforo foram observadas nos trechos lênticos da bacia do Rio Tietê, entre os municípios de São Paulo e Bariri. Nestes ambientes o sedimento atua como depósito e ao mesmo tempo fonte secundária de fósforo, liberando-o para a coluna d' água, perpetuando o grau de trofia da água.

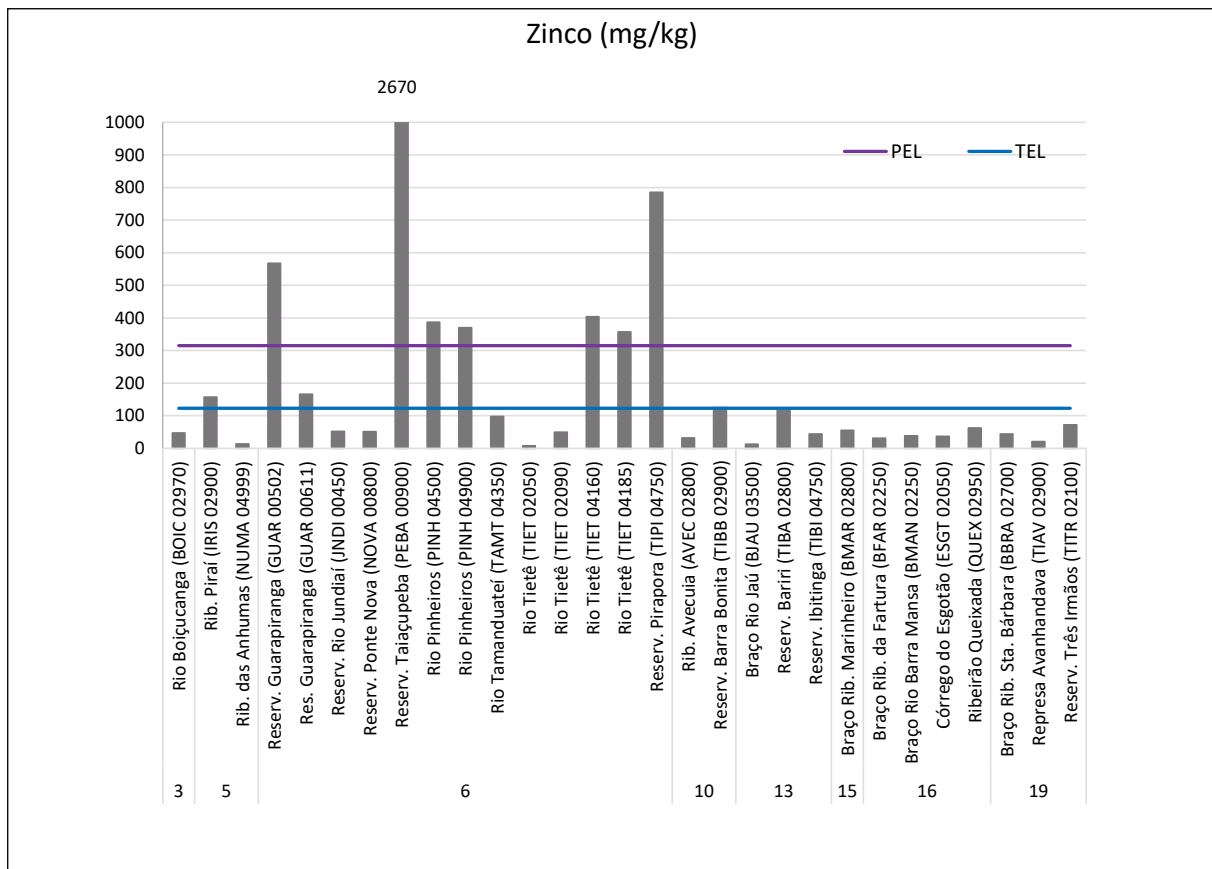
As concentrações dos contaminantes orgânicos e inorgânicos foram comparadas com os limites em que há baixa (TEL) e alta (PEL) probabilidade de ocorrência de efeitos adversos à biota aquática, o que permite a classificação dos sedimentos em cinco categorias ([Apêndice D](#)). Alguns elementos em concentrações iguais ou acima de TEL ou PEL podem estar associadas ao tipo de solo da região geológica em que a bacia hidrográfica está inserida, mas, ainda assim, causar efeito, especialmente em ensaios de laboratório. A origem natural, ou não, desses elementos foi inferida por estudos existentes de perfil sedimentar e informações sobre a formação geológica regional, por meio do cálculo do fator de enriquecimento ([Apêndice P](#)). Nos locais onde estudos de perfil sedimentar não foram realizados, foram utilizados como referência dados das características do solo de regiões próximas. É preciso ressaltar, que atividades antrópicas, como o desmatamento e a mineração, expõem elementos abundantes na composição original de determinados tipos de solo ao transporte, por escoamento superficial, para o ambiente aquático, muitas vezes em concentrações superiores às que a biota local pode estar adaptada, impactando-a. A Tabela 8.2 apresenta os pontos nos quais as concentrações ultrapassaram os limites TEL e PEL.

Tabela 8.2 – Elementos (metais e semimetais) e compostos orgânicos em concentrações iguais ou acima dos critérios TEL e PEL.

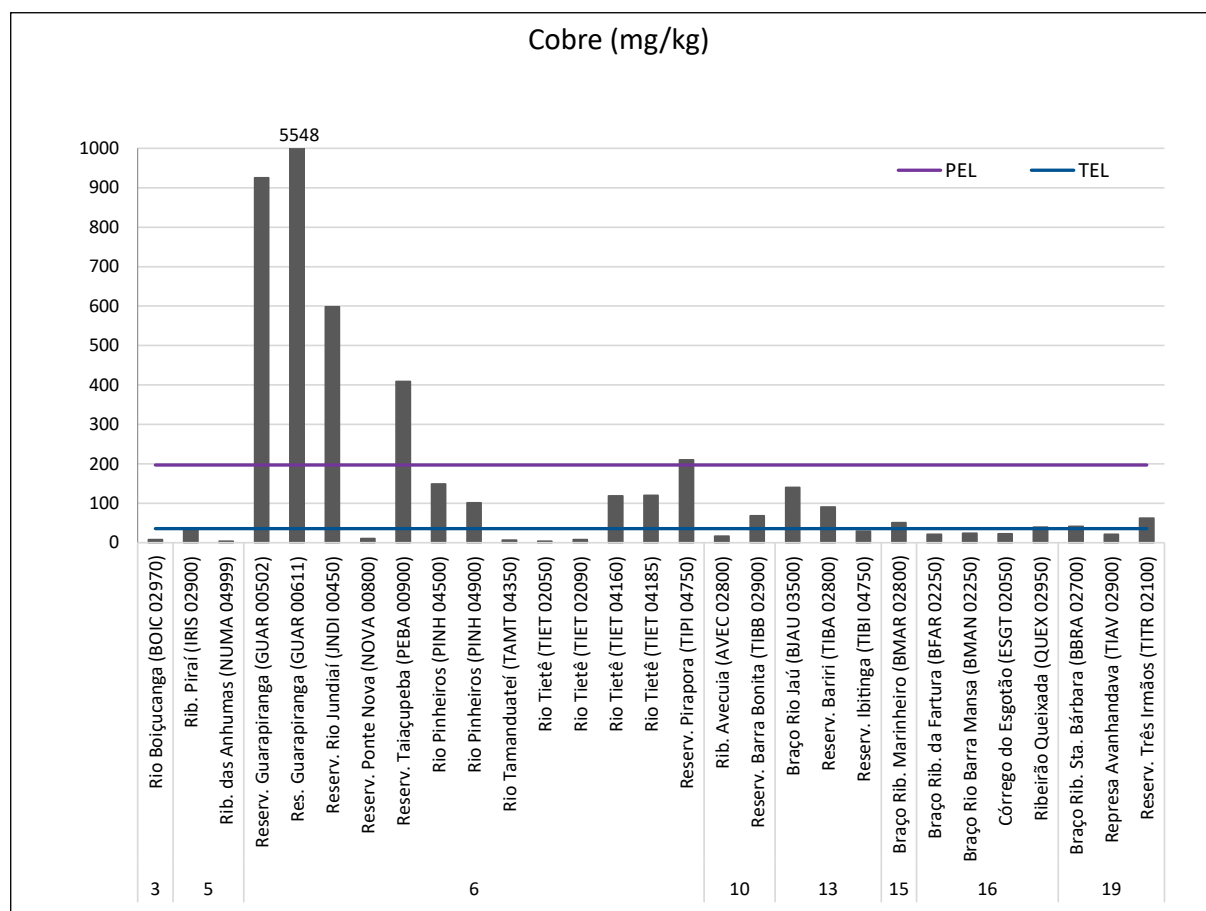
UGRHI	Corpo Hídrico	PONTOS	entre TEL e PEL	acima de PEL	Indicação de presença natural no solo local
UGRHI 3	Rio Boiçucanga	BOIC 02970			
UGRHI 5	Rio Pirai	IRIS 02900	As, Cr, Ni, Zn, D&F		As, Cr, Ni
	Ribeirão das Anhumas	NUMA 04999			
UGRHI 6	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00502	As, Cd, Pb, Cr, Hg, HPA, D&F	Cu, Zn	As, Pb
	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00611	As, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, D&F	Cu, HPA	As, Pb, Cr, Ni
	Reservatório do Rio Jundiá	JNDI 00450	As, Pb, Cr, HPA, DDE	Cu	Pb, Cr
	Reservatório Ponte Nova	NOVA 00800	As, Pb, Cr, HPA, D&F		As, Pb, Cr
	Reservatório Taiaçupeba	PEBA 00900	As, Cd, Pb, Cr, Ni, HPA, D&F, DDE	Cu, Zn	Pb, Cr, Ni
	Rio Pinheiros	PINH 04500	Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni, HPA, D&F	Zn	Pb, Ni
	Rio Pinheiros	PINH 04900	As, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni, HPA, D&F, PCB, DDD	Zn, DDT	As, Ni
	Rio Tamanduateí *	TAMT04350			
	Rio Tietê	TIET 02050			
	Rio Tietê	TIET 02090	DDE, HPA		
	Rio Tietê	TIET 04160	Cd, Pb, Cu, Cr, D&F	Ni, Zn, HPA	
	Rio Tietê	TIET 04185	Cd, Pb, Cu, Cr, Ni, D&F	Zn	
	Reservatório de Pirapora	TIPI 04750	As, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, HPA, D&F, PCB	Cr, Ni, Zn	As, Pb
UGRHI 10	Ribeirão Avecuia	AVEC 02800	HPA		
	Reservatório Barra Bonita	TIBB 02900	As, Cu, Cr, Zn, HPA	Ni	As, Cu, Cr
UGRHI 13	Braço do Rio Jaú (Res. Bariri)	BJAU 03500	As, Cu, Cr	Ni	As, Cr, Ni
	Reservatório de Bariri	TIBA 02800	As, Cu, Cr, D&F	Ni	As, Cr, Ni
	Reservatório de Ibitinga	TIBI 02900	Ni, DDE		Ni
UGRHI 15	Braço Rib. do Marinheiro (Res. Água Vermelha)	BMAR 02800	As, Cu, DDE	Cr, Ni	As, Cu, Cr, Ni
UGRHI 16	Braço do Ribeirão da Fatura (Res. Promissão)	BFAR 02250	Ni	Cr	Cr, Ni
	Braço do Rio Barra Mansa (Res. Promissão)	BMAN 02250	As, Ni	Cr	As, Cr, Ni
	Córrego do Esgotão (Res. Promissão)	ESGT 02050	Cr, Ni, HPA		Cr, Ni
	Ribeirão Queixada (Res. Promissão)	QUEX 02950	As, Cu, Cr, HPA	Ni	As, Cu, Cr, Ni
UGRHI 19	Braço Rib. Santa Bárbara (Represa Avanhandava)	BBRA 02700	As, Cu, DDE	Cr, Ni	As, Cu, Cr, Ni
	Represa de Avanhandava	TIAV 02900	Cr, HPA	DDE	
	Reservatório de Três Irmãos	TITR 02100	As, Cu, HPA, DDE	Cr, Ni	As, Cu, Cr, Ni

* Sem análise das Substâncias Orgânicas

Com relação aos metais, o Zinco foi frequentemente detectado em concentrações superiores ao limite TEL e, nestas concentrações, apresentou grande dispersão espacial (UGRHIs 5, 6, 10 e 13), considerando o universo de ambientes analisados. Os valores encontrados para esse metal foram associados a origem antrópica nessas bacias, mas apenas em corpos de água localizados na UGRHI 6 suas concentrações ultrapassaram os limites PEL, especialmente no Reservatório Taiaçupeba, onde a concentração observada superou em 8,5 vezes este valor (Gráfico 8.3).

Gráfico 8.3 – Concentrações de Zinco nos sedimentos analisados em 2023

O Cobre foi observado acima de TEL em corpos de água das UGRHs 6 e 13, também associado a origem antrópica, mas apenas na primeira em concentrações que superaram PEL, especialmente em reservatórios utilizados para o abastecimento público (Jundiá, Taiaçupeba e Guarapiranga) (Gráfico 8.4). Nesses locais, as concentrações ultrapassaram 10 vezes o valor de TEL, chegando a 155 vezes esse valor no caso do Reservatório Guarapiranga. Estas ocorrências evidenciam a relação destes valores elevados com a aplicação de sulfato de cobre para o controle de algas nesses mananciais.

Gráfico 8.4 – Concentrações de Cobre nos sedimentos analisados em 2023

O Cádmiu foi o terceiro metal mais frequentemente relacionado às atividades humanas encontrado nos sedimentos, mas apenas na UGRHI 6 e sempre em concentrações inferiores a PEL.

Concentrações dos metais Crômio e Níquel superiores a PEL e considerados de origem antrópica só foram observadas na UGRHI 6, com exceção do Níquel no Reservatório de Barra Bonita (UGRHI 10). Por outro lado, as ocorrências acima de PEL para Crômio e Níquel na UGRHI 13, para o Níquel, e nas UGRHIs 15, 16 e 19, para ambos, podem estar relacionadas à constituição do solo na região centro-oeste do estado (), mas que podem, muito provavelmente, causar toxicidade para organismos que vivem nos sedimentos.

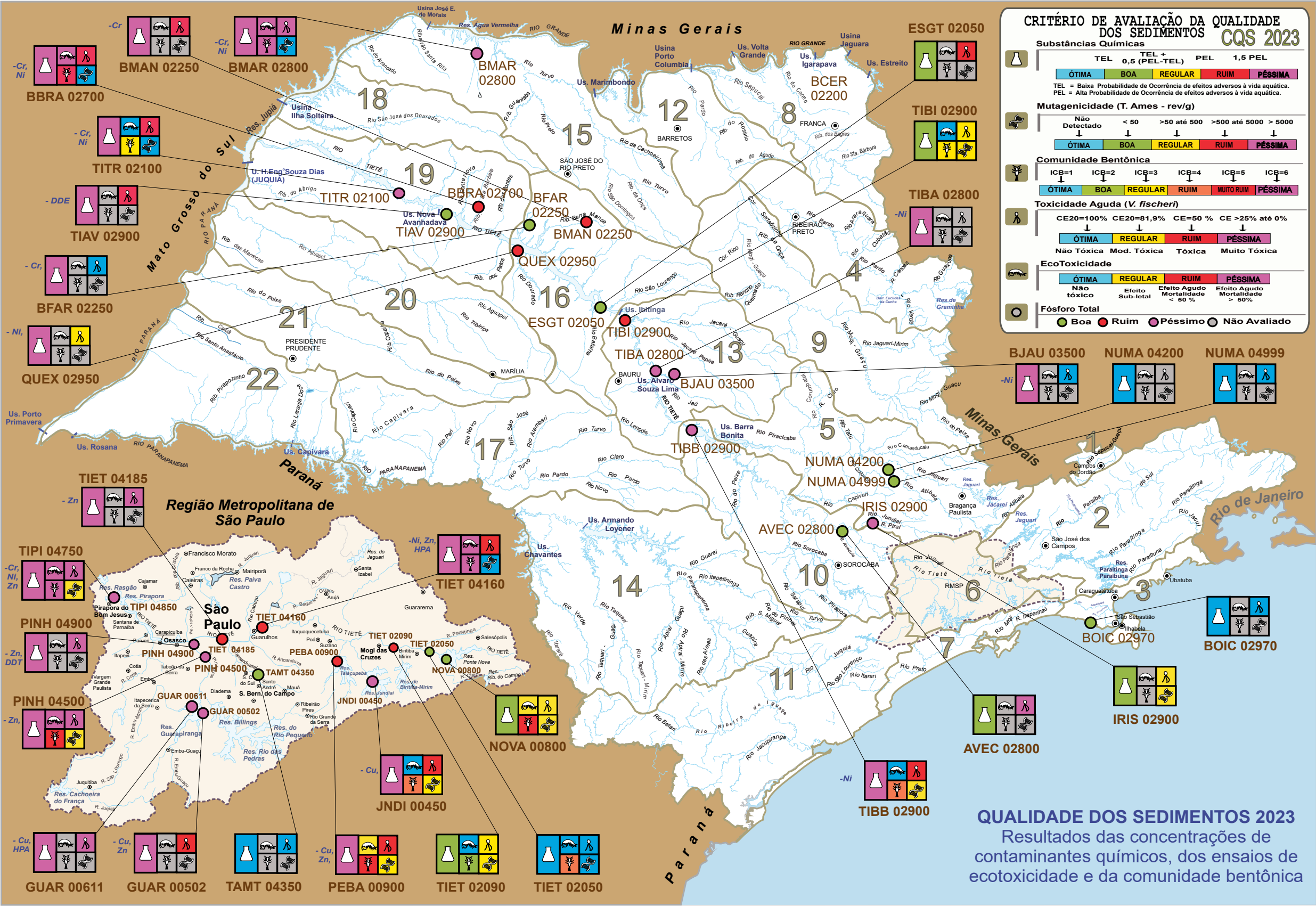
Com relação aos contaminantes químicos orgânicos, PCBs e dioxinas e furanos foram detectados em concentrações entre TEL e PEL em algumas localidades. O primeiro, no Rio Pinheiros, próximo a sua foz no Rio Tietê (PINH 04900) e no Reservatório de Pirapora. Dioxinas e furanos, nas UGRHI 5 (Rio Pirai), 6 (Reservatórios Ponte Nova, Taiaçupeba, Guarapiranga e Pirapora e nos rios Tietê e Pinheiros) e 13 (Reservatório de Bariri). HPAs ocorreram nesta faixa de concentração em um maior número de localidades: na UGRHI 6 (Rio Tietê – Mogi-Guaçu, Rio Pinheiros – Usina São Paulo e foz no Rio Tietê e nos reservatórios Ponte Nova, Jundiá, Taiaçupeba, Guarapiranga - GUAR 00502 e Pirapora). Apenas no Rio Tietê, a jusante do Parque Ecológico, e no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00611), foram encontrados valores de Naftaleno e Pireno (HPAs), respectivamente, acima de PEL. O DDT e um de seus derivados, o DDE, foram os únicos pesticidas organoclorados a ocorrer acima dos limites PEL, no Rio Pinheiros – foz no Rio Tietê (UGRHI 6) e no Reservatório Nova Avanhandava (UGRHI 19), respectivamente. O DDE também foi mais amplamente detectado, em concentrações entre TEL e PEL, em

corpos de água da UGRHI 6 (reservatórios Jundiá e Taiaçupeba, e Rio Tietê – Mogi das Cruzes), da UGRHI 13 (Reservatório de Ibitinga), da UGRHI 15 (Água Vermelha/Braço do Ribeirão Marinheiro) e da UGRHI 19 (no Braço do Ribeirão Santa Bárbara do Reservatório Nova Avanhandava e no Reservatório Três Irmãos). O DDD, outro derivado do DDT, ocorreu em concentração entre TEL e PEL apenas no Rio Pinheiros – foz no Rio Tietê. Ressalta o fato de que o DDT tem seu uso proibido no país, desde 2009.

Nos 13 pontos em que foram realizadas simultaneamente avaliações químicas, ecotoxicológicas e biológicas, em 54 % das localidades observaram-se efeitos tanto na biota local como nos ensaios ecotoxicológicos, indicando biodisponibilidade de contaminantes, mesmo em concentrações em que a probabilidade de efeito é baixa. Outros fatores que podem estar associados à alteração da biota local são enriquecimento orgânico e baixa oxigenação da água de fundo.

Em relação aos resultados de mutagenicidade das amostras de sedimento dos 14 pontos analisados em 2023 com o Teste de *Salmonella*/microsoma, cinco apresentaram qualidade Ótima (TIET 02050, TIET 04160, BMAR 02800, BBRA 02700 e TITR 02100). Nos outros nove pontos (IRIS 02900, NOVA 00800, JNDI 00450, PEBA 00900, TIET 02090, PINH 04500, TIPI 04850, TIBB 02900 e TIBI 02900), a qualidade do sedimento foi classificada como Regular. Os resultados positivos foram detectados exclusivamente pela linhagem TA98 de *Salmonella* Typhimurium. Com exceção do PEBA 00900, onde a resposta foi tanto direta quanto indireta, nos demais pontos a resposta foi predominantemente direta, ou seja, os compostos mutagênicos presentes na amostra não necessitam ser metabolizados para que sua atividade seja detectada. A linhagem TA98 é sensível a uma ampla gama de mutágenos ambientais, incluindo hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), nitroarenos e aminas aromáticas. Enquanto os nitroarenos e algumas aminas aromáticas atuam como mutágenos diretos, os HPAs necessitam de ativação metabólica para se tornarem reativos. No entanto, a complexidade das amostras de sedimento e as possíveis interações sinérgicas entre os compostos dificultam a atribuição dos efeitos mutagênicos a classes específicas de contaminantes. Para uma identificação precisa, é essencial adotar uma abordagem multidisciplinar que integre o Teste de *Salmonella*/microsoma com análises químicas direcionadas.

Mapa.8.1 – Localização e diagnósticos dos pontos da rede de sedimento em 2023.



(*) Valores > PEL: As, Cd, Cr, Cu, DDE, Hg, Ni, Pb, Zn, HAP, PCB, PCDD/F (Dioxinas e Furanos)

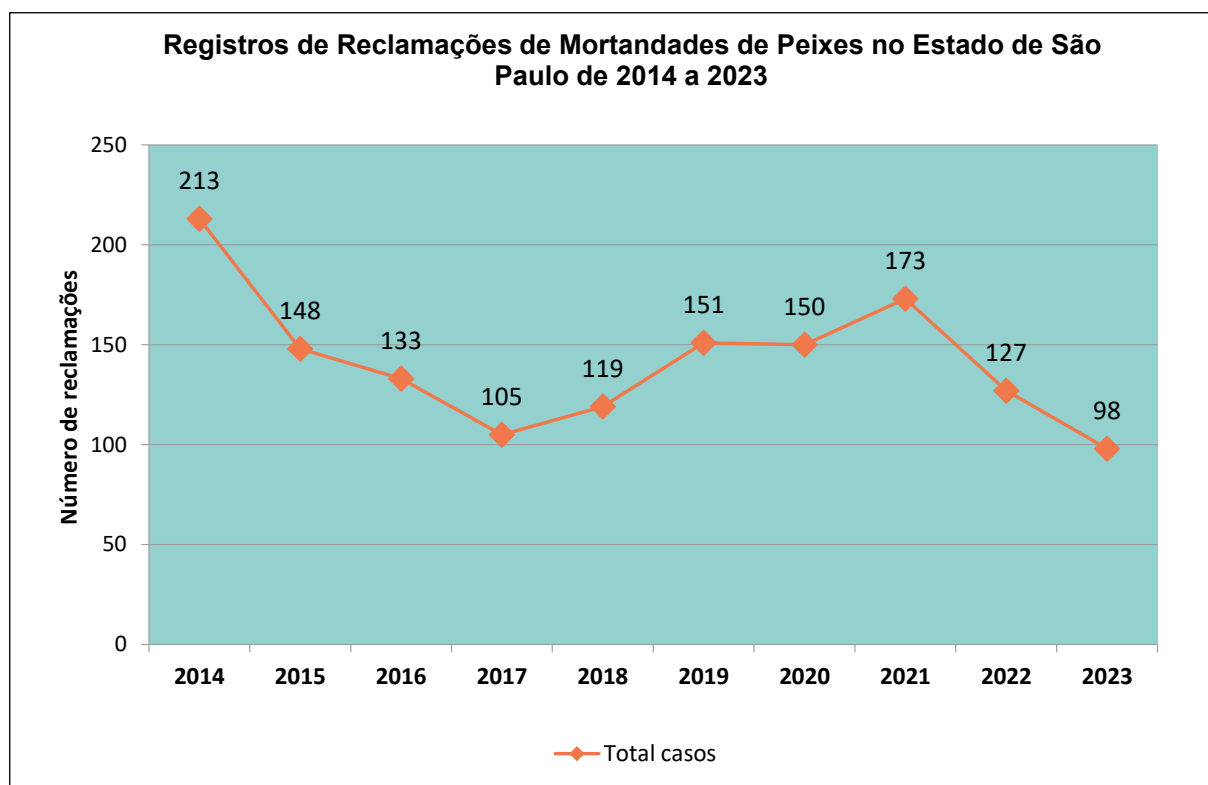
9 • Mortandades de Peixes

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 deste 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.

Em 2023, dentre os acidentes ambientais registrados, com prejuízos à qualidade dos corpos de água, foram identificadas 98 ocorrências de mortandade de peixes e/ou outros organismos aquáticos no estado de São Paulo, atendidas pela CETESB (Sede e Agências Ambientais) e registradas pela imprensa. Houve uma queda de aproximadamente 23% em relação ao número de ocorrências verificado em 2022 e de 43% a 2021. Os registros do ano de 2023 foram inferiores aos do ano de 2017, até então o ano com menor número de registros desde 2005. Considerando o ano de 2014, quando ocorreu um pico no número de ocorrências associado à crise hídrica, o ano de 2023 apresentou 54% menos registros de mortandades de peixes. A evolução no número de atendimentos às reclamações de ocorrências de mortandades de peixes no período de 2014 a 2023 pode ser vista no Gráfico 9.1.

Gráfico 9.1 – Evolução dos registros de Mortandades de Peixes de 2014 a 2023 no Estado de São Paulo

Levando-se em conta os dados compreendidos entre 2014 a 2023, verifica-se que após os períodos de estresse hídrico e pico de ocorrências dos anos 2014 e 2021, houve queda nos registros de mortandades de peixes, indicando que a baixa vazão em rios é um fator crítico para essas ocorrências.

A Tabela 9.1 apresenta o número de casos de mortandade de peixes atendidos pela CETESB em 2023 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 2023.

UGRHI	Registros
UGRHI 01 – Mantiqueira	0
UGRHI 02 – Paraíba do Sul	0
UGRHI 03 – Litoral Norte	2
UGRHI 04 – Pardo	8
UGRHI 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí	14
UGRHI 06 – Alto Tietê	8
UGRHI 07 – Baixada Santista	5
UGRHI 08 – Sapucaí/Grande	6
UGRHI 09 – Mogi-Guaçu	9
UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê	11
UGRHI 11 – Ribeira do Iguape/Litoral Sul	0
UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande	4
UGRHI 13 – Tietê/Jacaré	4
UGRHI 14 – Alto Paranapanema	2
UGRHI 15 – Turvo/Grande	9
UGRHI 16 – Tietê/Batalha	6
UGRHI 17 – Médio Paranapanema	2
UGRHI 18 – São José dos Dourados	0
UGRHI 19 – Baixo Tietê	0
UGRHI 20 – Aguapeí	4
UGRHI 21 – Peixe	2
UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema	2

O número de ocorrências por UGRHI ao longo do ano de 2023 está discriminado no **Apêndice Q**, assim como o registro dos atendimentos feitos pelas Agências Ambientais e/ou Setor de Comunidades Aquáticas ou outras instituições.

9.2 Ocorrências nas UGRHIs

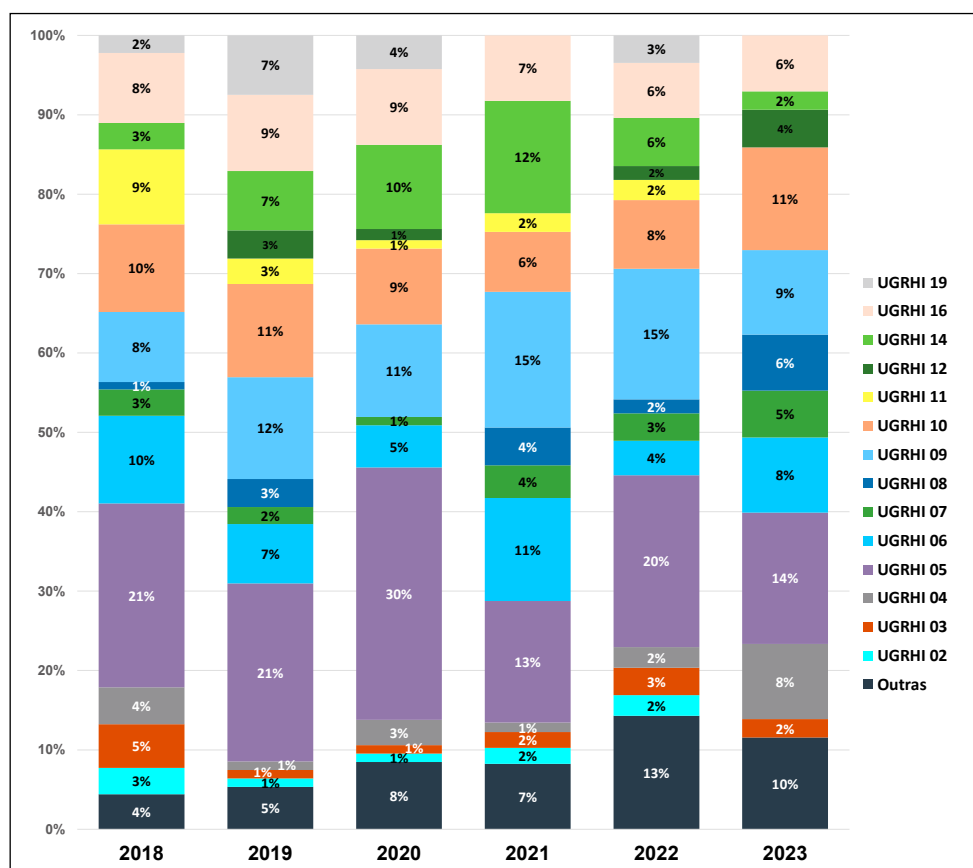
Entre os atendimentos realizados pela CETESB em 2023, oito (8) UGRHIs responderam por 73% dos registros. A UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí teve a maior proporção de casos registrados no estado (14%), um cenário já apresentado em anos anteriores. A UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê ficou em segundo lugar em registro de ocorrências no estado, sendo responsável por 11% dos registros. Em terceiro lugar, respondendo por 9% das ocorrências no estado de São Paulo, ficaram as UGRHIs 9 – Mogi-Guaçu e 15 – Turvo/Grande. Essas quatro UGRHIs concentraram aproximadamente 44% dos registros.

As UGRHIs 4 – Pardo e 6 – Alto Tietê ficaram em quarto lugar na proporção de registros de casos de mortandades, sendo responsáveis por 8% dos registros no estado. Em seguida, as UGRHIs 8 – Sapucaí/Grande e 16 – Tietê/Batalha responderam por 6% dos registros de ocorrências.

As UGRHIs 1 – Mantiqueira, 02 – Paraíba do Sul, 11 – Ribeira do Iguape/Litoral Sul, 18 – São José dos Dourados e 19 – Baixo Tietê, não apresentaram registro de mortandade de peixes em 2023.

O Gráfico 9.2 apresenta a distribuição proporcional das ocorrências no estado de São Paulo, no período de 2018 a 2023 por UGRHI. As UGRHIs destacadas apresentam elevada participação em algum ano, ou crescimento em ocorrências de mortandades de peixes ao longo do período monitorado.

Gráfico 9.2 – Distribuição proporcional das ocorrências de mortandades de peixes no Estado de São Paulo, por UGRHI de 2018 a 2023.



9.3 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 2018 e 2023 a fim de verificar a existência de tendência histórica de piora ou melhora ao longo deste período.

Assim como em 2022, UGRHI 11 – Ribeira do Iguape/Litoral Sul novamente foi a única a apresentar cenário de tendência de melhora, sem registrar ocorrências em 2023. Três UGRHIs apresentaram tendência de piora no cenário após a análise dos registros de ocorrências considerando o período de 2018 a 2023: 7 – Baixada Santista, 20 – Aguapeí e 21 – Peixe.

A UGRHI 7 – Baixada Santista apresentou aumento nas ocorrências desde 2020 em relação aos anos anteriores, sendo que em 2023, registrou-se 33% menos chuva que a média histórica para essa bacia. A UGRHI 20 apresentou aumento de registros de mortandades no período avaliado, acarretando piora do cenário, embora não tenha superado o número de registros de 2013, historicamente o pior para esta bacia. Com

número pequeno de registros, mas demandando atenção, a UGRHI 21 apresentou também aumento de ocorrências no período, gerando uma tendência de piora no cenário das condições da UGRHI.

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 2018 a 2023.

UGRHI	Tendência
	2018 a 2023
UGRHI 01 – Mantiqueira	→
UGRHI 02 - Paraíba do Sul	→
UGRHI 03 - Litoral norte	→
UGRHI 04 – Pardo	→
UGRHI 05 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí	→
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 2023. No **Apêndice Q** podem ser consultados todos os eventos levantados em 2023.

Quadro 9.2 – Exemplos de atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes, realizados em 2023 pela CETESB (continua)

MORTANDADE DE PEIXES E/OU ORGANISMOS AQUÁTICOS - 2023– ATENDIMENTO REALIZADO PELAS AGÊNCIAS AMBIENTAIS E/OU SETOR DE COMUNIDADES AQUÁTICAS					
Data	UGRHI	Local	Organismo	Motivo	Município. Atendimento
26/1	5	Lagos Condomínio Swiss Park	Não especificado	Contaminação por etanolamina líquida devido a tombamento de caminhão	Campinas. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Campinas (CJC) com aplicação da AIIPM nº 05002563
4/2	16	Prainha de Sabino, Reservatório de Promissão	Não especificado	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água no período noturno e início da manhã em decorrência de floração de cianobactérias no reservatório	Sabino. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Marília (CFM)
21/2	7	Pier Casqueiro	Carapeba, tainha, bagre	Queda na concentração de oxigênio dissolvido em decorrência do aporte de matéria orgânica provenientes de área de estocagem de grãos	Cubatão. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Santos (CMN)
30/3	5	Lagoa do Bairro João Aranha, na Praça Waldemar Perissinot	Não especificado	Provável queda na concentração de oxigênio dissolvido na água em decorrência do quadro de eutrofização e baixa qualidade da água da lagoa	Paulínia. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Paulínia (CJU)
28/4	10	Rio Pirajubu	Não especificado	Contaminação por fluoretos	Sorocaba. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Sorocaba (CJD), aplicação da AIIPM nº 61001142 e AIIPA nº 61002655 à Companhia Brasileira de Alumínio
2/5	6	Reservatório Rio Grande	Não especificado	Provável contaminação por coagulantes à base de ferro devido a vazamento de efluente da ETA Rio Grande	São Bernardo do Campo. Atendimento realizado pelo Setor de Comunidades Aquáticas (ELHC)
20/6	15	Córrego dos Pretos, na confluência com Córrego sem denominação	Tilápias, guarus	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água em decorrência de contaminação por vinhaça	Oriundiúva. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Votuporanga (CFV) com aplicação da AIIPM nº 51000678
8/8	13	Barramento do córrego Conceição	Não especificado	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água devido ao vazamento/extravasamento de efluente industrial (vinhaça/águas residuárias) da Raizen Filial Barra	Barra Bonita. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Bauru (CGU)

Quadro 9.2– Exemplos de atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes, realizados em 2023 pela CETESB (conclusão)

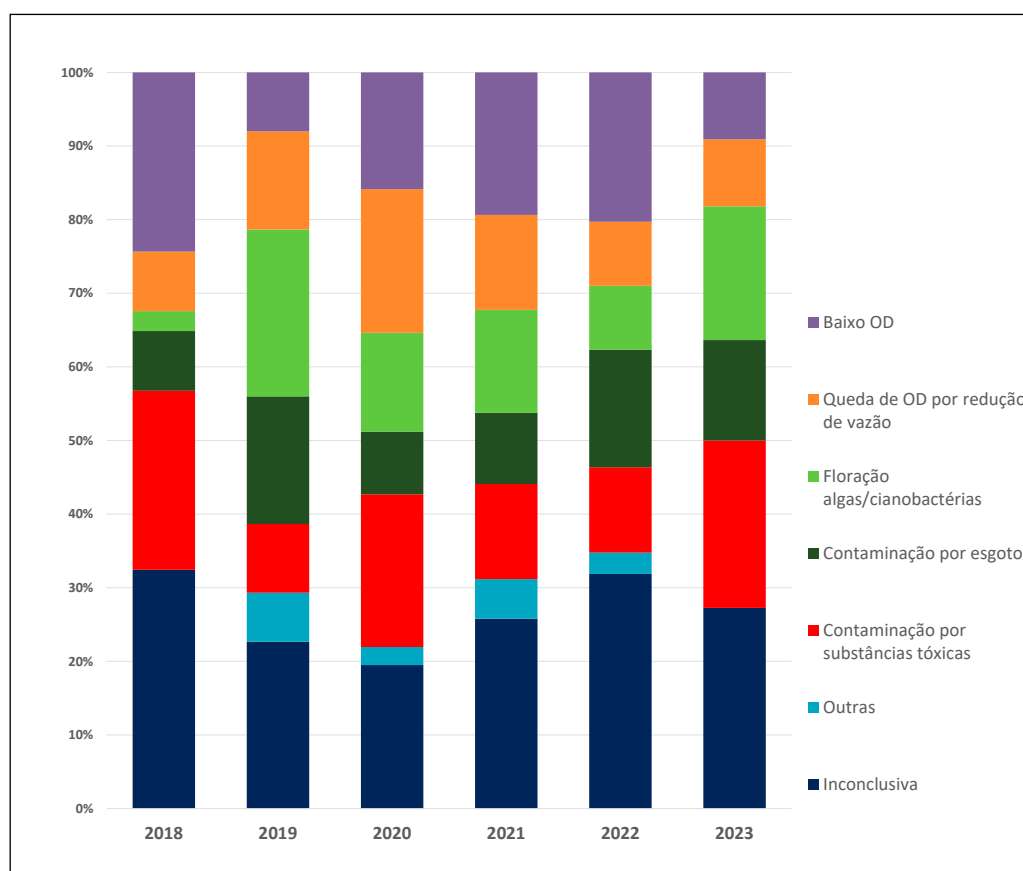
MORTANDADE DE PEIXES E/OU ORGANISMOS AQUÁTICOS - 2023– ATENDIMENTO REALIZADO PELAS AGÊNCIAS AMBIENTAIS E/OU SETOR DE COMUNIDADES AQUÁTICAS					
Data	UGRHI	Local	Organismo	Motivo	Município. Atendimento
29/9	9	Ribeirão das Onças	Não especificado	Contaminação devido ao rompimento do mangote durante o descarregamento de ácido sulfúrico 98% de caminhão para o tanque da Usina São Francisco	Sertãozinho. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Ribeirão Preto (CGR)
31/10	6	Rio Grande	Lambari	Queda na concentração de oxigênio dissolvido em decorrência de contaminação por esgoto sanitário e substâncias tóxicas	Rio Grande da Serra. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de ABC I (CLA) em conjunto com o Setor de Comunidades Aquáticas (ELHC) e a Divisão de Amostragem (ELC)
3/11	5	Lago Parque Botânico Tulipas Professor Aziz Ab'Saber	Não especificado	Contaminação pelo vazamento de 35 mil litros de óleo diesel devido a um acidente com um caminhão-tanque na Rod. dos Bandeirantes	Jundiaí. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Jundiaí (CJJ)
25/12	16	Represa Fazenda Aroeira	Tambaqui	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água em decorrência de contaminação por vinhaça	Marapoama. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Jales (CFJ) com aplicação da AIIPM nº 14003012

9.5 Causas das Mortandades de peixes

Aproximadamente 72% das ocorrências atendidas pela CETESB em 2023 puderam ser esclarecidas, porcentagem semelhante a 2021. A proporção entre as principais causas de mortandades de peixes no período de 2018 a 2023 pode ser observada no Gráfico 9.3.

Em 2023, a contaminação por substâncias tóxicas foi a causa mais frequente das mortandades de peixes no estado de São Paulo (23%). As formas de contaminação do ambiente aquático variaram de carreamento de compostos, vazamento de maquinaria ou acidente rodoviário e descarte clandestino. A concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água, incluindo a queda do OD por redução na vazão dos corpos de água, foi responsável por 18% dos diagnósticos. As mortandades resultantes de florações de algas ou cianobactérias potencialmente tóxicas responderam por 17% dos atendimentos, enquanto as ocorrências resultantes da contaminação por esgotos domésticos representaram aproximadamente 14% dos atendimentos. As ocorrências com causa inconclusiva somaram 28% dos atendimentos, sendo que em muitos desses eventos houve demora no acionamento da CETESB, dificultando a investigação do agente causador da morte dos organismos. Em 2023 não houve eventos que entrassem na classe como “outras” causas de ocorrências de mortandade de peixes diferentes das que constam no gráfico.

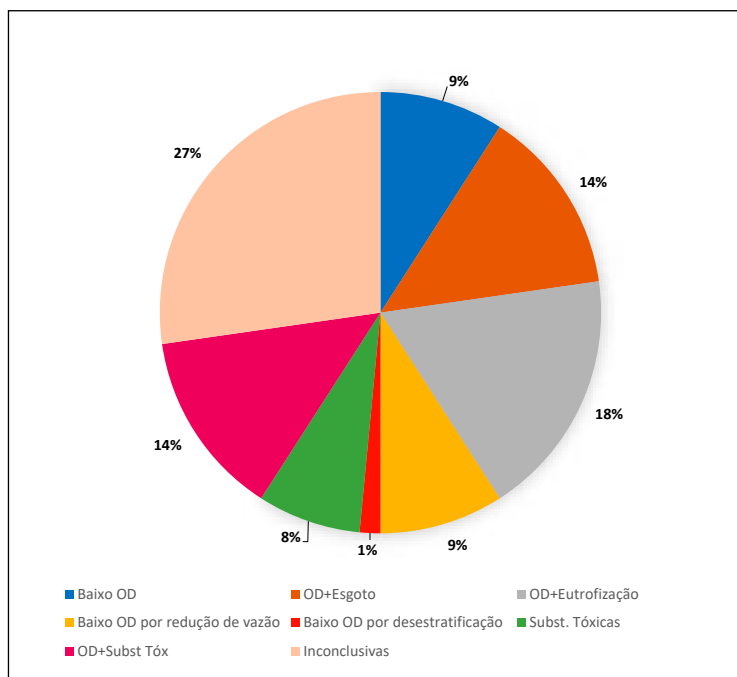
Gráfico 9.3 – Proporção entre as principais causas das ocorrências de mortandade de peixes atendidas pela CETESB no período de 2018 a 2023.



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 de água com a ocorrência de floração de cianobactérias, ou de queda no nível da água por redução na vazão, fatos que aconteceram em 2023 em várias ocasiões.

É importante considerar a influência da baixa concentração de OD junto a outras causas concorrentes, como contaminação por substâncias tóxicas (14%), por esgoto (14%) e eutrofização dos corpos de água (17%) quando a causa da morte dos organismos é avaliada. A presença da baixa concentração de OD como fator limitante esteve presente em 64% das mortandades de peixes atendidas em 2023 no estado de São Paulo.

Um detalhamento das causas das mortandades de peixes em 2023 pode ser visto no Gráfico 9.4, a seguir.

Gráfico 9.4 – Detalhamento das causas das mortandades de peixes no Estado de São Paulo em 2023.

O volume de chuvas em 2023 no estado de São Paulo foi superior à média histórica após uma sequência de anos com chuvas abaixo da média histórica, o que pode ter colaborado para a diminuição das ocorrências, em relação a anos anteriores. Dentre as ocorrências de mortandades de peixes, 56% aconteceram durante o período chuvoso, condição crítica para o carreamento de contaminantes e ressuspensão de sedimentos. Durante o período seco (abril a setembro), quando tiveram lugar 44% das mortandades, uma condição importante foi a baixa concentração de oxigênio dissolvido associada à baixa vazão em rios ou ao manejo de barragens, com a rápida alteração do volume de represas, como uma causa frequente entre os atendimentos registrados em 2023.

Quando há diminuição no nível do corpo de água, além da queda de OD, também há maior concentração de compostos prejudiciais eventualmente presentes no local. Além disso, em reservatórios dos rios Grande, Paraná e Jacaré-Guaçu, registrou-se, em 2023, operações de manejo de vazões com a rápida alteração do volume liberado, causando a rápida subida ou descida do nível da água, acarretando a formação de ilhas ou poças nas margens, onde ficam aprisionados muitos exemplares da ictiofauna que vêm a morrer na sequência. Essas manobras podem ainda facilitar a ressuspensão de sedimentos e desencadear quadros de eutrofização e queda de OD, resultando em novas ocorrências de mortes de organismos aquáticos.

A eutrofização dos corpos de água, com floração de cianobactérias, tóxicas ou não, também foi uma causa frequente de morte de peixes em 2023. 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, como também para a preservação da vida aquática, levando à morte de organismos no local. A alteração na qualidade da água causada pelas florações de algas e cianobactérias pode demandar ajustes nos processos das Estações de Tratamento de Água (ETAs).

A queda de OD e a contaminação por esgoto também são indissociáveis, já que esse tipo de contaminação tem alta carga orgânica e leva ao consumo do oxigênio disponível no local, podendo também ter ação tóxica. A contaminação por substâncias tóxicas foi, em parte, decorrente de acidentes rodoviários e de contaminação em virtude de atividades agrícolas (ex. vinhaça e pesticidas), mas principalmente da entrada de esgotos sanitários, inclusive com falha em equipamentos com consequente vazamento para os corpos de água.

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 2023 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 2023, o volume anual de chuvas no estado de São Paulo (ESP) foi de 1.409mm, próximo à média dos 28 anos anteriores. Oito das 22 UGRHIs (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos) do estado apresentaram volumes anuais de chuva inferiores às respectivas médias históricas, com destaque para a região do litoral e da Mantiqueira, sendo os meses de maio, julho, setembro e dezembro os mais críticos, com um déficit mais pronunciado, em torno de 30%, pelo segundo ano consecutivo, na UGRHI 7.

A qualidade das águas avaliada pelo Índice de Qualidade das Águas - IQA, que considerou o mesmo universo de pontos do período de 2018 a 2023 (394 pontos), apresentou as classificações Ótima, Boa e Regular em 84% dos pontos monitorados, mantendo o patamar de qualidade dos últimos 5 anos. Por outro lado, 16% dos pontos foram classificados nas categorias Ruim e Péssima desse índice, os quais estão concentrados principalmente no trecho do Rio Tietê situado na UGRHI 6, cuja qualidade da água ainda se mostrou bastante alterada pela presença de carga orgânica oriunda principalmente do lançamento de efluentes domésticos. Esses dados reforçam a necessidade da ampliação da infraestrutura de tratamento de esgotos de alguns municípios dessa UGRHI.

Em linha com o Programa IntegraTietê, lançado em março de 2023, e que prevê uma série de investimentos em curto, médio e longo prazo em prol do Rio Tietê, foi estimada a carga de Carbono Orgânico Total (COT), no trecho do Rio Tietê em Santana do Parnaíba, no exutório da bacia do Alto Tietê, utilizada como indicadora da efetividade das ações na ampliação do saneamento básico, que focalizará sobretudo a RMSP. A carga média de COT estimada nesse ponto em 2023 foi de cerca de 200 ton/dia, representando uma redução de cerca de 40% em relação a 2013.

No Rio Pinheiros, um dos principais afluentes do Rio Tietê, a qualidade da água em 2023, avaliada pelo IQA, mostrou uma situação estável, com uma leve piora no ponto de Pedreira, que retornou à categoria Regular. Em relação aos parâmetros de controle de acompanhamento, utilizados no Programa Novo Pinheiros, os níveis médios de OD no trecho superior, em 2023, apesar da queda em relação ao ano anterior, vem mantendo uma média superior ao padrão de 2,0 mg/L desde 2018. Já, o COT registrou queda de sua concentração média, ficando abaixo de 20 mg/L nos trechos inferior e superior.

Do ponto de vista dos parâmetros legislados, as maiores porcentagens de não atendimento aos padrões de qualidade de rios e reservatórios da Classe 2, observadas em 2023, foram relativas: às variáveis sanitárias (entre 21 e 61% para *E. coli*, Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido e Nitrogênio Amoniacal), aos metais associados a composição do solo (entre 31 e 65% para Ferro Dissolvido, Alumínio Dissolvido e Manganês Total) e ao Número de Células de Cianobactérias (31%), esse último refletindo o aporte de nutrientes, principalmente o Fósforo Total nos corpos de água lênticos, como os reservatórios. A indicação da presença de matéria orgânica foi evidenciada pelas medições do Oxigênio Dissolvido, cujo déficit está associado com níveis elevados de Carbono Orgânico Total. Para o Carbono Orgânico Total não há cálculo de grau de atendimento, pois até o momento não há padrão legal estabelecido.

A análise espacial do estado mostrou que as UGRHIs 5 e 6, onde existem as maiores densidades populacionais, foram responsáveis por aproximadamente a metade das não conformidades registradas (cerca de 44%) nesse ano. As UGRHIs 5, 6, 10, 16 e 19 registraram as maiores porcentagens das variáveis relacionadas ao processo de eutrofização (Fósforo Total, Clorofila *a* e Número de Células de Cianobactérias), correspondendo principalmente aos ambientes lênticos, a exemplo dos reservatórios de Barra Bonita, Ibitinga e Promissão. Parcela significativa do Fósforo, que aporta nesses reservatórios da região do médio e baixo Tietê, é oriunda da carga orgânica remanescente das bacias do Alto Tietê, PCJ e Sorocaba.

As desconformidades registradas para os metais pesados nos corpos hídricos do estado não foram superiores a 4%, o que reforça a eficácia das ações de fiscalização e controle das fontes industriais. No entanto, destacaram-se as desconformidades para o Cobre Dissolvido, registradas em 75% das amostras coletadas ao longo do tempo no Reservatório Guarapiranga, as quais estão associadas à aplicação do algicida Sulfato de Cobre para controle das florações de cianobactérias.

O Índice de Qualidade da Água Bruta para Fins de Abastecimento Público (IAP), que avalia a qualidade da água bruta de mananciais, teve 72% dos pontos avaliados classificados nas categorias Ótima, Boa e Regular, apresentando distribuição semelhante ao ano anterior. A evolução histórica desse índice vem mantendo a faixa de 25 a 28% dos pontos nas categorias Ruim e Péssima desde 2019. Essa situação é fortemente influenciada pelos resultados do Potencial de Formação de THM, associados ao incremento de matéria orgânica no período chuvoso, assim como pelas elevadas densidades de Células de Cianobactérias, principalmente em reservatórios, registradas inclusive no período seco.

Na avaliação da qualidade microbiológica dos mananciais, a maioria dos pontos avaliados atendeu ao critério estabelecido pela Portaria nº 888/2021/GM/MS, para a concentração de *Cryptosporidium* spp., exceto a captação de Jaguariúna (JAGR 02300) com média anual acima de 1 oocisto/L. Neste ponto, assim como nas captações de Cajamar (CRIS 03400), Boituva/Iperó (SORO 02300), Campo Limpo Paulista/Várzea Paulista (JUNA 02125) e Araçoiaba da Serra (PORA 02700) também foram observadas elevadas concentrações de *Giardia* spp., o que reforça a importância de ações integradas de prevenção e controle do impacto das cargas poluidoras de esgotos domésticos nesses sistemas de abastecimento de água, os quais incluem os mananciais.

No que se refere à qualidade da água para a proteção da vida aquática (IVA), dos 217 pontos em que esse índice foi calculado em 2023, 75% foram classificados nas categorias Ótima, Boa e Regular. As classificações Ruim e Péssima foram influenciadas, principalmente, pelos seguintes fatores: grau de trofia, déficit de Oxigênio Dissolvido e presença de Toxicidade. As UGRHIs com melhores condições para proteção da vida aquática foram 1, 3, 11, 14, 17, 18 e 22, uma vez que não apresentaram pontos classificados nas categorias Ruim e Péssima em 2023. Dentre os rios enquadrados na Classe 4, destacou-se a ausência de efeitos adversos agudos ou crônicos à vida aquática na UGRHI 6, no Rio Tietê (TIET 04150) e Ribeirão Vermelho (VEME 04200) e na UGRHI 22, no Rio Santo Anastácio (STAN 04400), e Ribeirão Vai-e-Vem (VVEM 04700). Os percentuais de toxicidade para *Ceriodaphnia dubia* observados em 2023 foram maiores do que no ano anterior, sendo que em 34% das amostras analisadas foram observados efeitos adversos à vida aquática. Já a toxicidade aguda para *Vibrio fischeri* indicou uma pequena melhora com o aumento de 16% dos resultados não tóxicos em comparação ao ano anterior. Em muitas ocasiões, a presença de agentes químicos foi responsável pelos efeitos adversos observados em 2023.

Dentre os 22 pontos monitorados, 61% das amostras de água coletadas apresentaram mutagenicidade com o teste de *Salmonella*/microsoma e/ou com o Ensaio do Micronúcleo *in vitro*. O monitoramento concentrou-se nas UGRHs 5 e 6, regiões onde há respostas positivas recorrentes.

No período de 2020 a 2023 foram realizadas anualmente entre 1869 e 5019 determinações para avaliação de agrotóxicos nos pontos da Rede Básica, que se situam em bacias hidrográficas com maior representatividade do uso agrícola do solo, sendo que os resultados acima do Limite de Quantificação (LQ) variaram entre 2,9 e 7% do total das determinações realizadas. Os agrotóxicos quantificados acima do LQ com frequência igual ou superior a 20% foram Carbendazim, Diuron, Fipronil, Imidacloprido e Tebutiuron. Os corpos de água onde foi possível quantificar maior frequência de resultados acima do LQ nesse período foram o Ribeirão Preto, na UGRHI 4, o Rio Mogi-Guaçu e o Ribeirão Sertãozinho, na UGRHI 9 e os rios Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Monjolinho, na UGRHI 13. As maiores frequências de ultrapassagem dos Valores Ecotoxicológicos para efeitos tóxicos crônicos em invertebrados aquáticos da OPP-USEPA, utilizados como referência para a avaliação dos agrotóxicos, foram observadas para Clorpirifós, Fipronil, Imidacloprido e Triclorfon nesses mesmos corpos de água.

A comunidade fitoplanctônica continua refletindo processos de eutrofização. Na bacia do Alto Tietê, o Reservatório Billings manteve elevada densidade de organismos, sendo observada dominância de cianobactérias. Já, o Reservatório Guarapiranga apresentou piora na densidade de organismos e no Número de Células de Cianobactérias, tanto no ponto da captação (GUAR 00900) como no braço do Rio Parelheiros (GUAR 00100), que é um dos formadores do Reservatório Guarapiranga.

Na região do Baixo-Tietê, o Reservatório Promissão apresentou aumento da densidade média anual de organismos e do Número de Células de Cianobactérias no ponto a montante da barragem (TIPR 02400). Já, nos pontos situados no Braço do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Braço do Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700), não houve alteração da composição da comunidade, mas ainda com dominância de Cianobactérias. A comparação dos dados de 2023 com os últimos 4 anos, evidenciou que o ponto que apresentou relativa melhora em relação à densidade de organismos e Número de Células de Cianobactérias foi o BMAN 02250, com diminuição expressiva dessas variáveis.

Na avaliação das cianotoxinas, destacaram-se os pontos do Reservatório Billings (BILL 02030 e BITQ 00100), do Reservatório Promissão (TIPR 02990), do Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) e do Braço do Rio Barra Mansa (BMAN 02250), que apresentaram concentrações entre 1,36 µg/L e 804,0 µg/L de microcistinas. Embora não haja padrão de referência de cianotoxinas para água bruta, esses valores superam o estabelecido (1,0 µg/L) pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para água tratada.

Com relação ao Índice da Comunidade Fitoplanctônica - ICF, 35% dos pontos foram classificados na categoria Regular e 13% na categoria Ruim. Apenas 3% foram classificados na categoria Ótima, enquanto 49% estiveram na categoria Boa. Aproximadamente 51% dos pontos apresentaram, ao menos em uma amostragem, concentração de células de cianobactérias superior ao estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. O dinoflagelado do gênero *Ceratium*, considerado um organismo exótico invasor, continua sendo observado em vários corpos de água do estado. Quanto ao grau de trofia dos ambientes monitorados, verificou-se a diminuição da porcentagem de pontos hipereutróficos em relação a 2021 e 2022, no entanto, a soma das porcentagens das maiores trofias (Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico) não é relevantemente diferente entre esses anos.

A avaliação dos ambientes monitorados por meio da comunidade zooplanctônica, em sua maioria nas UGRHI 5 e 6 (Sistema Cantareira, Reservatórios Billings Guarapiranga), além do Reservatório Barra Bonita na UGRHI 10, classificou os ambientes nas categorias Ruim e Péssima, destacando-se a piora em relação à 2022 para o ponto GUAR 00100 (de Ruim para Péssimo) e registros frequentes de espécies indicadoras de enriquecimento orgânico dos ambientes.

O sedimento é um compartimento cumulativo, refletindo o aporte ao longo dos anos de contaminantes presentes na coluna de água, complementando a avaliação histórica da qualidade da água. A avaliação da qualidade dos sedimentos foi realizada em 30 pontos no ano de 2023. Verificou-se em alguns locais a presença de Zinco, Cobre, Crômio e Níquel em concentrações acima dos limites de provável efeito sobre a biota (PEL) e com origem antrópica. Na bacia do Alto Tietê (UGRHI 6) prevaleceram o Zn e o Cu, associados a origem antrópica, sendo que o segundo está associado a aplicação de sulfato de cobre para o controle de algas em mananciais de abastecimento público, a exemplo dos reservatórios Guarapiranga, Jundiaí e Taiaçupeba. Por outro lado, crômio e níquel apresentaram ocorrências relacionadas à constituição do solo na região centro-oeste do estado (UGRHI 13, para o níquel, e 15, 16 e 19, para ambos). Contaminantes orgânicos persistentes também foram observados nos sedimentos, com destaque para Naftaleno e Pireno (HPAs), respectivamente, acima de PEL, no Rio Tietê, a jusante do Parque Ecológico, e no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00611). O DDT e um de seus derivados, o DDE, foram os únicos pesticidas organoclorados a ocorrer acima dos limites PEL, no Rio Pinheiros – foz no Rio Tietê (UGRHI 6) e no Reservatório Nova Avanhandava (UGRHI 19), respectivamente. As maiores concentrações de fósforo foram observadas nos trechos lânticos da bacia do Rio Tietê, entre os municípios de São Paulo e Bariri, onde o sedimento atua como depósito e ao mesmo tempo fonte secundária desse nutriente, liberando-o para a coluna d' água, influenciando o grau de trofia da água. Em relação à avaliação da mutagenicidade, 36% dos pontos avaliados apresentaram qualidade Ótima, enquanto 64% foram classificados como Regular.

Com relação ao Índice da Comunidade Bentônica - ICB, 67% dos diagnósticos realizados indicaram comprometimento severo (de Ruim a Péssimo) das comunidades bentônicas, o que provavelmente interfere negativamente em importantes funções ecológicas desempenhadas por esta biota, especialmente a decomposição do material orgânico e a ciclagem de nutrientes. Estes locais e outros 20% dos ambientes analisados, que exibiram condição limítrofe (Regular), merecem atenção e esforços para sua recuperação. Apenas 13% apresentaram biota mais diversificada e corresponderam à qualidade ecológica esperada para o enquadramento do corpo de água (Brasil, 2005) em que se encontram. No entanto, dentre esses, o Reservatório Nova Avanhandava exibiu na sua comunidade, dominância por uma espécie exótica invasora, com risco de piora da sua qualidade no futuro.

Em 2023, verificaram-se 98 registros de mortandades de peixes no ESP. As bacias dos rios Piracicaba/Capivari/Jundiaí (UGRHI 5), Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10), Mogi-Guaçu (UGRHI 9) e Turvo e Grande (UGRHI 15) concentraram quase metade (44%) das ocorrências registradas. A UGRHI 11 (Ribeira de Iguape/Litoral Sul) continua apresentando uma tendência de melhora, iniciada em 2022. Por outro lado, foi verificada tendência de piora nas UGRHIs 7 (Baixada Santista), 20 (Aguapeí) e 21 (Peixe). As mortandades resultantes da baixa concentração de Oxigênio Dissolvido na água representaram 64% dos registros de atendimento, muitas vezes associadas à presença de esgotos. Destacaram-se, ainda, manobras na operação de reservatórios causando a rápida subida ou descida do nível da água, que resultam em ressuspensão de sedimentos ou em formação de poças nas margens dos rios, resultando em ocorrências de mortandades de peixes a jusante.

A avaliação da qualidade das águas dos corpos hídricos paulistas e das fontes poluidoras de origem doméstica, em 2023, indicou que o avanço das ações de saneamento no Estado de São Paulo, com aumento da capacidade de tratamento de esgotos domésticos, reduziu a carga orgânica lançada nos corpos hídricos. Na RMSP, essas ações refletiram numa melhora das condições de qualidade das águas do Rio Pinheiros, um dos principais afluentes do Rio Tietê. Portanto, as ações de saneamento devem ser priorizadas em municípios mais populosos das bacias hidrográficas, que ainda possuem índices baixos de tratamento de esgotos. No caso do Rio Tietê, verifica-se que o uso agrícola do solo contribui para a presença de nutrientes, sobretudo o fósforo, responsável pelo processo de eutrofização nos reservatórios de jusante do Médio e Baixo Tietê, resultando em florações de algas e cianobactérias. Portanto, os esforços para a melhoria dos índices de saneamento, na macrometrópole paulista, também deveriam focar no abatimento da carga de fósforo de origem pontual, visando a melhoria da qualidade da água, evitando comprometer os usos múltiplos dessas águas.

A gestão adequada da carga orgânica e de nutrientes lançados nos corpos de água do estado envolve também a discussão no âmbito dos comitês de bacias hidrográficas, pois engloba políticas de desenvolvimento urbano, saneamento e recursos hídricos, adoção de boas práticas agrícolas, bem como de políticas e ações de controle de poluição em nível municipal, regional e estadual exigindo, portanto, a efetiva participação e articulação de várias instituições da esfera pública e da sociedade civil organizada.

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
- BERTELS X, DEMEYER P, VAN DEN BOGAERT S, BOOGAERTS T, VAN NUIJS ALN, DELPUTTE P, LAHOUSSE L. Factors influencing SARS-CoV-2 RNA concentrations in wastewater up to the sampling stage: a systematic review. **Sci. Total Environ.**, 820 (2022), p. 153290, 10.1016/j.scitotenv.2022.153290

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. Decreto Federal nº 1.530, de junho de 1995. Declara a entrada em vigor da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, concluída em Montego Bay, Jamaica, em 10 de dezembro de 1982. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil: Brasília, DF, p. 9199. 23 jun.1995.

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. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil: n. 85, seção 1, Brasília, DF, p. 126-136. 07 mai. 2021.

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. 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.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, n. 18, p. 70-71, 25 jan. 2001.

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. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Nota Técnica nº 37/2023 - CGGRIPE/DEIDT/SVSA/MS de 22 de junho de 2023, que trata sobre Orientações do Ministério da Saúde (MS) no âmbito da vigilância epidemiológica acerca do fim da Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) referente à covid-19, declarado pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Brasília, DF: Brasil, 2023.

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.

CDC 2020. US RT-PCR-panel-for-detection-instructions V20.01.27., 1–12

CDC 2021. National Wastewater Surveillance System (NWSS). Waterborne Disease & Outbreak Surveillance. <https://www.cdc.gov/healthywater/surveillance/wastewater-surveillance/wastewater-surveillance.html>. Acesso em março de 2022.

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.
- _____. **L5.303:** 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.
- _____. **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 2013.** São Paulo, 2014. (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).
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2020.** São Paulo, 2021. (Série Relatórios).
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2021.** São Paulo, 2022. (Série Relatórios).

_____. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2022.** São Paulo, 2023. (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 20. São Paulo, 2021a. 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 sancticaroli* – sedimento. Versão 14. São Paulo, 2021b. 8 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)

CIIAGRO (São Paulo). **Informações agrometeorológicas**. Disponível em: <<http://www.ciiagro.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.

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 lago Paranoá, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. Brasília. 2011.

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>

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 freshwater sediments. **Appl. Environm. 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).

ESCHER, B. I.; NEALE, P. A.; LEUSCH, F. D. L. Effect-based trigger values for *in vitro* bioassays: Reading across from existing water quality guideline values. **Water Research**, v.81, p. 137-148, 2015,

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.

ESTEVES, F. A. (Coord.) **Fundamentos de Limnologia.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FEAM (Minas Gerais). **Monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais – 2000.** Belo Horizonte, 2000.

FENECH, M. The *in vitro* micronucleus technique. **Mutation Research**, v.455, p. 81-95, 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 online.** 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.

FRANKLIN, R.L., FÁVARO, D.I.T., DAMATO, S.R. Trace metal and rare earth elements in a sediment profile from the Rio Grande Reservoir, São Paulo, Brazil: determination of anthropogenic contamination, dating, and sedimentation rates. **Journal of Radioanal. Nucl. Chem.** (2016) 307:99–110. DOI 10.1007/s10967-015-4107-4

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>

GARCIA, Mauricio Miyahira. *Gestão das partes interessadas no Programa Novo Rio Pinheiros: estudo de caso na gestão das unidades recuperadoras*. 2021. Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

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**. 2nd. 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: Giardia and Cryptosporidium**. 2019. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. (Catalogue No. H144-13/10-2018E-PDF).

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. Censo Demográfico 2010 [online]. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_sao_paulo.pdf.

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>>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022, Tabelas. [online]. Disponível na internet via <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=resultados>>.

IGLESIAS, N.G., GEBHARD, L.G., CARBALLEDA, J.M., AIELLO, I., RECALDE, E., TERNY, G. et al. SARS-CoV-2 surveillance in untreated wastewater: detection of viral RNA in a low-resource community in Buenos Aires, Argentina. **Rev Panam Salud Publica**. 2021;45:e137. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2021.137>

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⁺, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mn²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Sr²⁺ and Ba²⁺ using ion chromatography - method for water and wastewater. 1. ed. Switzerland: ISO, oct. 1998. 18p.

JAKARIYA, M., AHMED, F., ISLAM, M. A., AL MARZAN, A., HASAN, M. N., HOSSAIN, M. et al. 2022. Wastewater-based epidemiological surveillance to monitor the prevalence of SARS-CoV-2 in developing countries with onsite sanitation facilities. **Environmental Pollution**, 119679.

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>.

KIRBY A. E., WALTERS M. S., JENNINGS W. C., FUGITT R., LACROSS N., MATTIOLI M., MARSH Z. A., ROBERTS V. A., MERCANTE J. W., YODER J. & HILL V. R. 2021 Using Wastewater Surveillance Data to Support the COVID-19 Response — United States, 2020–2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.*, 70:1242–1244. <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7036a2>

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.

LEMONS, 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.

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.

MARCHESE, M.R.; SANTOS, M.R.; LIMA, J.C.L.; PAMPLIN, P.A.Z. First record of introduced species *Lumbriculus variegatus* Müller, 1774 (Lumbriculidae, Clitellata) in Brazil. *BioInvasions Records*, v. 4, n. 2, p. 81–85. 2015. (<http://dx.doi.org/10.3391/bir.2015.4.2.02>)

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.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº 8, de 21 de novembro de 2022. 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 do Estado de Minas Gerais**: Diário do Executivo, caderno 1, p. 8-11, 2 dezembro 2022.

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.

MOURA, I.B., BUCKLEY, A.M., WILCOX, M.H.. Can SARS-CoV-2 be transmitted via faeces? **Curr Opin Gastroenterol.** 1;38(1):26-29, 2022.

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.

NICD (National Institute for Communicable Diseases). 2021. COVID 19. Wastewater-based Epidemiology for SARS-CoV-2 in South Africa. <https://www.nicd.ac.za/diseases-a-z-index/disease-index-covid-19/surveillance-reports/weekly-reports/wastewater-based-epidemiology-for-sars-cov-2-in-south-africa/>. Acesso em março de 2022.

OGA, S.; CAMARGO, M. A.; BASTITUZZO, J. A. O. (Ed.). **Fundamentos de toxicologia**, 3. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2008.

OLIVEIRA, E.M. **Desafios e perspectivas para a recuperação da qualidade das águas do Rio Tietê na Região Metropolitana de São Paulo**. 2015 Tese de Doutorado, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Statement of the fifteenth meeting of the IHR (2005). Emergency Committee on the covid-19 pandemic. Geneva: OMS, 2023.

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.

PENTEADO, J. C. P.; VAZ, J. M. O legado das bifenilas policloradas (PCBs). **Química Nova**, v.24, n.3, p.390-398, 2001.

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.

RIJKSOVERHEID. 2021. Coronavirus Dashboard. Early Indicators: Virus particle in wastewater. <https://coronadashboard.government.nl/landelijk/rioolwater>. Acesso em março de 2022.

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.

SANCHES, N.A.O; GIROLI, D.A; LIMA, M.F.; GORNI, G.R.; CORBI, J.J. *Lumbriculus variegatus* (Müller, 1774) (Oligochaeta, Lumbriculidae) in Campos do Jordão State Park, São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. 1-4. 2021. (<https://doi.org/10.1590/1519-6984.247913>)

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 57.776, de 7 de julho de 2017. Regulamenta a Lei nº 16.642, de 9 de maio de 2017, que aprovou o Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo; define os membros da Comissão de Edificações e Uso do Solo – CEUSO. **Diário Oficial do Município de São Paulo**, São Paulo, SP, ano 47, v 208, 08 jul. 2017. 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). Lei Estadual nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH e dá providências correlatas. **Diário Oficial**: Estado de São Paulo: p. 1, 15 dez. 2016.

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_

_____. 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.

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.

SHERCHAN S., THAKALI O., IKNER L.A., GERBA C.P. Survival of SARS-CoV-2 in wastewater. **Sci Total Environ**. v.15; n.882:163049, 2023.

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.

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.

TERMANSEN, M.B., FRISCHE, S. Fecal-oral transmission of SARS-CoV-2: A systematic review of evidence from epidemiological and experimental studies. **Am J Infect Control**. 28:S0196-6553(23)00356-5, 2023.

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.nd. 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.

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/CPLEA, 2002. 1 atlas temático (84 p.): color.; 35 X 54 cm.

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.



Secretaria de
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Acompanhe as redes sociais da CETESB:



Site: cetesb.sp.gov.br



Facebook: facebook.com/cetesbsp



LinkedIn: linkedin.com/company/cetesb



Instagram: instagram.com/cetesbsp



SoundCloud: soundcloud.com/cetesbsp

ISBN 978-65-5577-094-0