

Relatório Técnico Parcial III

Revisão 03

Referência: Fevereiro e Abril de 2024

Agente Financiador:



**COMITÊ DE BACIA
DO RIO MACAÉ**

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS



inea instituto estadual
do ambiente

FUNDRHI

Entidade Delegatária



Entidade Executora



EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação / Função / Contato	Registro Conselho de Classe
Ronaldo Leão Guimarães	PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto ronaldoleao@oceanus.bio.br	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto rsecioso@oceanus.bio.br	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger	Gestora Ambiental Coordenadora Geral* viviane@oceanus.bio.br *	-
Silvia Lisboa de Araujo	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos projetos@oceanus.bio.br **	CRBio nº 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais edson@oceanus.bio.br	CRQ/RJ nº 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório mribeiro@oceanus.bio.br	CRBio nº 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo oceanus@oceanus.bio.br	CRBio nº 78165/02-D
Rafaela dos Santos Costa	Dra. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, bióloga Analista de Projetos Ambientais projetos04@oceanus.bio.br	-
Aíres Vanessa Cavalcante dos Santos	Bióloga Analista de Projetos Ambientais projetos11@oceanus.bio.br	CRBio nº 131476/02-D
Debora Costa	Supervisora de Logística deboracosta@oceanus.bio.br	-
Allan Guilherme Rodrigues de Souza	Analista de Amostragem coletas02@oceanus.bio.br	-
Pedro Octavio da Silva Luna	Técnico de Campo	-
Leonardo Anunciação da Silva	Técnico de Campo	-

Legenda: *Comunicação sempre em cópia (suplente).

**Principal contato de comunicação.

Centro de Biologia Experimental Oceanus

Rua Aristides Lobo, 46/48

Rio Comprido – Rio de Janeiro/RJ

Telefone: (21) 2567-3871

www.oceanus.bio.br

REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio-Lagos São João
00	23/05/2024	Emissão original	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
01	02/07/2024	Revisão	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
02	26/07/2024	Revisão	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
03	28/04/2025	Revisão	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1. Localização da Bacia Hidrográfica Macaé e Ostras no Estado do Rio de Janeiro.....	14
Figura 4-2 Coleta realizada no rio Macaé na localidade Figueira Branca na Ponte de Arame.....	15
Figura 4-3 Coleta realizada no rio Jundiá.....	16
Figura 4-4 Coleta realizada no rio São Pedro.	17
Figura 4-5 Coleta realizada no rio das Ostras.	18
Figura 4-6. Localização dos pontos de coleta para monitoramento.....	22
Figura 5-1. Figura ilustrativa da utilização do balde de inox e sonda multiparâmetro.	24
Figura 5-2 Curvas de avaliação de qualidade dos parâmetros que compõem o IQA.	29
Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nas quinzenas anteriores às coletas do terceiro quadrimestre.	34
Figura 6-2 Resultados de cloro total do terceiro quadrimestre.	37
Figura 6-3 Resultados de cloro livre do terceiro quadrimestre.....	38
Figura 6-4 Resultados de coliformes termotolerantes do terceiro quadrimestre.	39
Figura 6-5 Resultados de coliformes totais do terceiro quadrimestre.	40
Figura 6-6 Resultados de condutividade do terceiro quadrimestre.	41
Figura 6-7 Resultados de DBO do terceiro quadrimestre.	43
Figura 6-8 Resultados de fosfato do terceiro quadrimestre.	44
Figura 6-9 Resultados de nitrato do terceiro quadrimestre.....	45
Figura 6-10 Resultados de nitrito do terceiro quadrimestre.	46
Figura 6-11 Resultados de nitrogênio amoniacal do terceiro quadrimestre.	47
Figura 6-12 Resultados de nitrogênio total do terceiro quadrimestre.....	49
Figura 6-13 Resultados de oxigênio dissolvido do terceiro quadrimestre.	51
Figura 6-14 Resultados de pH do terceiro quadrimestre.	52
Figura 6-15 Resultados de sólidos dissolvidos totais do terceiro quadrimestre.	53
Figura 6-16 Resultados de temperatura do terceiro quadrimestre.....	54
Figura 6-17 Resultados de turbidez do terceiro quadrimestre.	56
Figura 6-18 Resultados da análise dos componentes principais referente ao terceiro quadrimestre.	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 4-1 Localização dos pontos amostrais segundo suas coordenadas geográficas, referências e profundidade.	21
Quadro 5-1 Parâmetros da qualidade da água a serem analisados e suas respectivas metodologias de referência.	25
Quadro 5-2 Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA e respectivos pesos.	27
Quadro 5-3. Faixas de classificação do IQA.	30
Quadro 5-4. Faixas de classificação do PAR.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 6-1 Resultados dos parâmetros analisados para a coletas do terceiro quadrimestre.	35
Tabela 6-2 Análise fatorial KMO e teste de esfericidade de Bartlett.	57
Tabela 6-3 Resultados de IQA em cada estação amostral do terceiro quadrimestre.	61
Tabela 6-4 Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à quinta campanha de monitoramento.....	63
Tabela 6-5 Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à sexta campanha de monitoramento.....	64

LISTA DE ABREVIÇÕES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CBHMO - Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras
CCL - Certificado de Credenciamento de Laboratório
CECA - Conselho Estadual de Controle Ambiental
CERHI - Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CILSJ - Consórcio Intermunicipal Lagos São João
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO - Demanda bioquímica de Oxigênio
EPI - Equipamento de Proteção Individual
IEC - Internacional Electrotechnical Commission
INEA - Instituto Estadual do Ambiente
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
IQA - Índice de Qualidade de Água
ISO - International Organization for Standardization
NBR - Normas Brasileiras
NMP - Número mais provável
NOP - Norma Operacional
NR - Normas Regulamentadoras
NSF - National Sanitation Foundation
OD - Oxigênio dissolvido
PAR - Protocolo de Avaliação Rápida
PCA - Análise dos componentes principais
pH - potencial hidrogeniônico
RH VIII - Região Hidrográfica Macaé e das Ostras
UNT - Unidade Nefelométricas de Turbidez

Índice Geral

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO GERAL	11
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4	ÁREA DE ESTUDO.....	12
4.1	Rio Macaé.....	15
4.2	Rio Jundiá.....	16
4.3	Rio São Pedro.....	16
4.4	Rio das Ostras	17
4.5	Pontos amostrais	18
5	METODOLOGIA	23
5.1	Coleta de amostras	23
5.2	Análise laboratorial.....	24
5.3	Análise dos Resultados.....	25
5.3.1	Índice de Qualidade de Água (IQA).....	26
5.3.2	Análises estatísticas.....	30
5.3.3	Representação espacial.....	30
5.3.4	Avaliação visual	31
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
6.1	Análise físico-química e microbiológica.....	33
6.1.1	Precipitação	33
6.1.2	Cloro livre e total	36
6.1.3	Coliformes totais e termotolerantes.....	38
6.1.4	Condutividade	40
6.1.5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	41
6.1.6	Fosfato.....	43
6.1.7	Nitrato e nitrito.....	44
6.1.8	Nitrogênio amoniacal	46
6.1.9	Nitrogênio total.....	47
6.1.10	Oxigênio dissolvido	49
6.1.11	pH.....	51
6.1.12	Sólidos dissolvidos totais	52
6.1.13	Temperatura	53
6.1.14	Turbidez.....	54
6.2	Análise dos Componentes Principais (PCA).....	57

6.3	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	60
6.4	Avaliação visual	63
7	CONCLUSÕES PRELIMINARES.....	66
	REFERÊNCIAS	68
	ANEXOS	73

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento ambiental é uma ferramenta de grande importância na gestão do meio ambiente, uma vez que permite a obtenção e análise sistemática das informações ambientais e assim auxilia no processo decisório de gestão ambiental. O monitoramento da qualidade das águas na Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (RH-VIII) selecionou áreas consideradas estratégicas e irá permitir o diagnóstico da qualidade dos recursos hídricos, de forma a acompanhar a saúde dos mananciais, fornecer informações para a proposta de enquadramento dos corpos hídricos e atualizar o Plano de Recursos Hídricos.

A Região Hidrográfica VIII (RH VIII) se encontra localizada na faixa costeira central-norte do Estado do Rio de Janeiro entre as regiões hidrográficas do baixo Paraíba do Sul e do rio São João e Lagos sendo composta pelos municípios de Macaé em sua totalidade, e parcialmente por Rio das Ostras, Nova Friburgo, Casimiro de Abreu e áreas rurais de Carapebus e Conceição de Macabu. Totalizando uma área de cerca de 1.978 km² (CBHMO, 2023), a RH é formada pelas bacias hidrográficas dos rios Macaé, das Ostras, da Lagoa de Imboassica e de pequenos córregos e lagoas litorâneas, com a bacia do rio Macaé ocupando 90% de sua área (CERHI-RJ, 2013).

De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (INEA, 2014), o relevo representa fator dominante para caracterização do ambiente, visto que suas condições determinam os volumes de chuvas, as áreas de ocupação antrópica, as atividades econômicas e o estado de preservação das áreas florestais. Além disso, o município de Macaé apresenta maior ocupação urbana de alta densidade, seguido por Rio das Ostras, que possui a maior porção de ocupação urbana de média densidade, sendo a maior variabilidade de classes de uso e ocupação do solo observada nesses dois municípios. Os demais municípios possuem porções significativas dos seus territórios ocupadas por florestas e Carapebus, por pastagem (CILSJ, 2022b).

A RH está posicionada entre os polos de desenvolvimento turístico-comercial da Região dos Lagos (ao sul) e o petrolífero-canavieiro de Campos/Macaé (ao norte), concentrando o maior parque industrial petrolífero do Estado do Rio de Janeiro.

Diante do exposto, devido ao crescimento populacional nas últimas décadas, influenciado majoritariamente pelo desenvolvimento econômico, a rede de drenagem da RH sofre principalmente com aporte de efluentes provenientes dos usos urbano, industrial

e agrícola, o que contribui para a degradação da qualidade das águas e intensifica a redução da segurança hídrica ocasionada pela degradação dos ecossistemas.

De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (INEA, 2014) a qualidade das águas na RH em referência é mais afetada por contaminações por esgoto doméstico, tendo coliformes fecais como parâmetro mais crítico e a região mais a jusante do rio Macaé com piores índices devido à proximidade ao centro urbano.

Tais fatores corroboram a necessidade de monitoramento ambiental como instrumento de gestão e sua capacidade de contemplar um banco de dados quanto à qualidade de água da RH VIII, podendo subsidiar a implementação da “Ação E – Melhoria da qualidade ambiental dos mananciais, das águas superficiais, subterrâneas e costeiras”, que consta no Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (INEA, 2014) e auxiliar em ações de gerenciamento e tomada de decisão por parte do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e das Ostras.

2 OBJETIVO GERAL

O presente monitoramento ambiental tem como objetivo geral acompanhar os padrões de qualidade da água em trechos estratégicos dos corpos hídricos da RH-VIII.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar amostragens para o diagnóstico da qualidade da água, através de campanhas de monitoramento, produzindo dados de qualidade dos corpos hídricos estudados;
- Analisar os parâmetros de qualidade da água, produzindo um banco de dados de qualidade da RH-VIII com fornecimento de mapas;
- Elaborar Relatórios Técnicos referentes às campanhas e comparar os resultados das análises com a legislação vigente; com a interpretação estatística dos dados;
- Produzir dados de qualidade dos corpos hídricos estudados;
- Contribuir com a atualização do Plano de Recursos Hídricos;
- Subsidiar a criação de banco de dados de qualidade da RH-VIII;

- Auxiliar em ações de gerenciamento e tomada de decisão por parte do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e das Ostras.

4 ÁREA DE ESTUDO

Dentre as bacias hidrográficas que compõem a RH VIII (Figura 4-1), a bacia do rio Macaé possui maior extensão, com área de drenagem de cerca de 1.765 km², sendo seu principal curso d'água o próprio rio Macaé. Este se desenvolve por um percurso de 136 km e tem suas nascentes na Serra de Macaé de Cima, próximo ao Pico do Tinguá, em Nova Friburgo, e desemboca no Oceano Atlântico, junto à cidade de Macaé (CBHMO, 2023; CILSJ, 2022a). A Região Hidrográfica do Macaé e das Ostras (RH-VIII), de acordo com a classificação de KÖPPEN (1948), tem clima tropical úmido (Aw) nos médios e baixos cursos dos rios, e clima tropical de altitude com verões quentes (Cwa) nos altos cursos do rio Macaé e seus afluentes pela margem esquerda (INEA, 2014). Salienta-se ainda que, a bacia do Hidrográfica dos rios Macaé e das Ostras, está localizada entre as regiões hidrográficas do Baixo Paraíba do Sul e a do rio São João e Lagos (CBHMO, 2023).

O rio se encontra atualmente dragado e retificado no seu trecho inferior, por cerca de 40 km, tendo perdido suas curvas e meandros originais, tomando o lugar dos antigos mangues e com deságue direto no mar. Seus principais tributários são, pela margem direita, o rio Bonito, e, pela margem esquerda, os rios Sana e São Pedro (INEA, 2014).

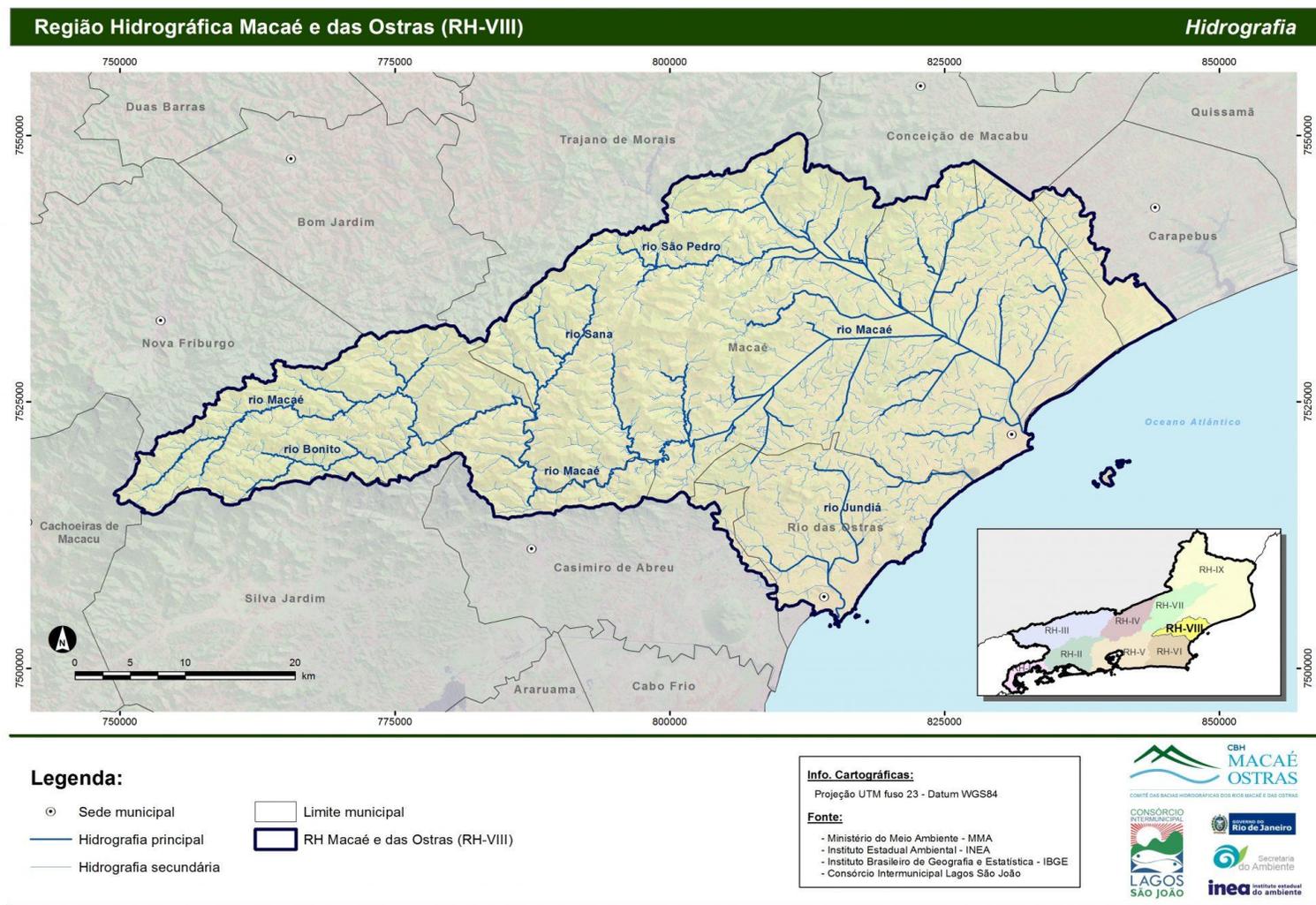
A região do alto rio Macaé, localizada na zona de recarga da região hidrográfica, é caracterizada por sua ênfase turística e ocupação de pequenas propriedades dedicadas à agricultura familiar, onde os usos da água estão relacionados à irrigação, lazer e abastecimento público (CILSJ, 2022a).

Em seguida, após a bacia do rio Macaé, em termos de extensão, temos a bacia do rio das Ostras, limitada ao norte pela bacia do rio Macaé e ao sul pelo Oceano Atlântico, com 157 km², compreendendo a bacia propriamente dita mais um conjunto de microbacias litorâneas formado pelas lagoas de Iriri, Salgada e Itapebussus e alguns córregos que deságuam nas praias (CBHMO, 2023; CILSJ, 2022a). A bacia abriga os municípios de Rio das Ostras (92,5% de seu território) e Casimiro de Abreu (7,5% de seu território). Destaca-se ainda que a bacia do rio das Ostras também faz fronteira com a Região Hidrográfica Lagos São João (CBHMO, 2023).

Por apresentar baixa declividade do terreno, os cursos d'água da bacia do rio das Ostras sofrem a influência do regime de marés, em que efeitos de remanso podem chegar a 6 km a partir da foz formando áreas de inundação. Seus principais afluentes apresentam drenagens distintas, observando-se a drenagem a oeste pelo rio Iriri e a porção leste pelo rio Jundiá, sendo este o seu principal afluente (CILSJ, 2022b).

Além das bacias supracitadas, ainda faz parte da RH VIII a bacia da Lagoa de Imboassica, porém não foram selecionadas estações de coleta nela dentre os pontos de monitoramento considerados estratégicos para a presente avaliação. A Lagoa de Imboassica está localizada na divisa dos municípios de Macaé e Rio das Ostras e recebe a contribuição da drenagem pluvial de vários bairros de Macaé e de pequenos afluentes, além do rio Imboassica, seu principal formador.

Figura 4-1. Localização da Bacia Hidrográfica Macaé e Ostras no Estado do Rio de Janeiro.



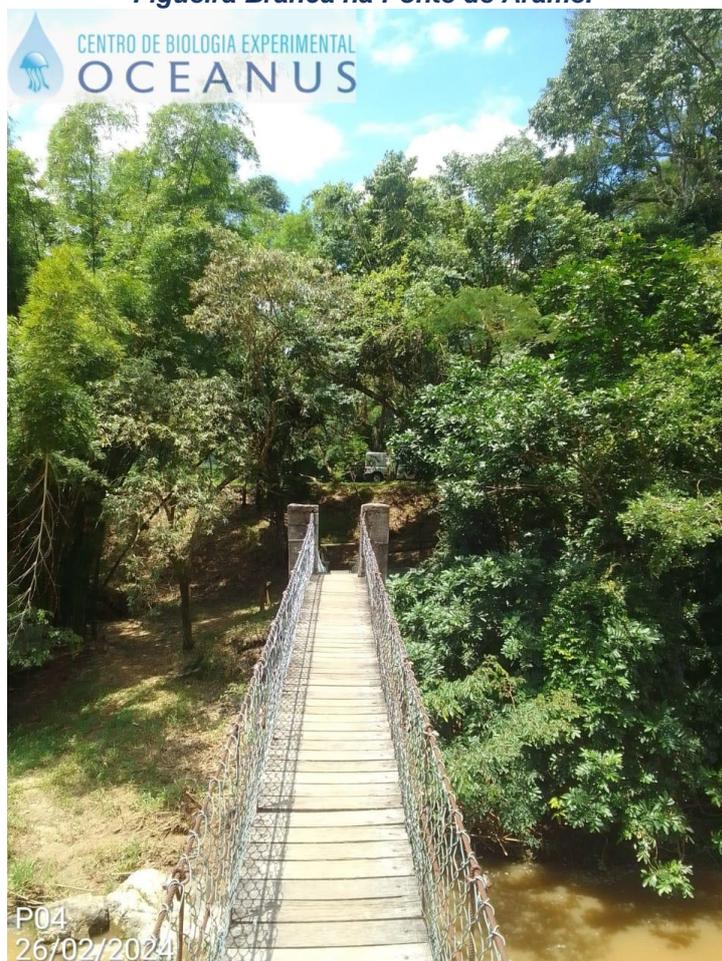
Fonte: CBHMO (2023).

4.1 Rio Macaé

O rio Macaé (Figura 4-2) que já foi denominado anteriormente como rio dos Bagres, nasce na Serra Macaé de Cima, próximo ao pico do Tinguá, em Nova Friburgo, percorre aproximadamente 136 km, e deságua no oceano Atlântico no município de Macaé. Além dos municípios supracitados, o rio Macaé também passa por Casimiro de Abreu (FREITAS, 2015; CBHMO; 2023).

Esse corpo hídrico apresenta um histórico de contaminação de origem antrópica, sendo impactado por atividades como: desmatamento para pastagem, aterro e drenagens de áreas de brejos e lagoas (FREITAS, 2015).

Figura 4-2 Coleta realizada no rio Macaé na localidade Figueira Branca na Ponte de Arame.



4.2 Rio Jundiá

O rio Jundiá nasce a oeste do povoado de Cantagalo entre as serras do Poeta e Careta a 250 m de altitude. Com características bem diferentes do rio Iriri, o rio Jundiá apresenta leito pedregoso e águas claras. Entretanto, esse rio apresenta as margens, na maior parte de sua extensão, sem vegetação, com pontos de erosão (Figura 4-3). Em torno desse rio existem problemas associados à ocupação irregular, despejo irregular de esgoto e lixo. Em determinados trechos do rio, a vegetação foi removida para atividades de pecuária, agricultura e moradias (GOMES, 2009).

Figura 4-3 Coleta realizada no rio Jundiá.



4.3 Rio São Pedro

O rio São Pedro (Figura 4-4), cujas águas são provenientes de transposição da bacia do rio Macabu (pertencente a Região Hidrográfica IX do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana), recebe principalmente efluentes das vilas de Glicério e Frade, que necessitam de tratamento adequado, e em seu curso possui reservatórios para possível

geração de energia. Em monitoramento realizado pelo INEA, o rio apresentava presença de contaminação agroindustrial por fenóis, metais e agrotóxicos. (INEA, 2014).

Figura 4-4 Coleta realizada no rio São Pedro.



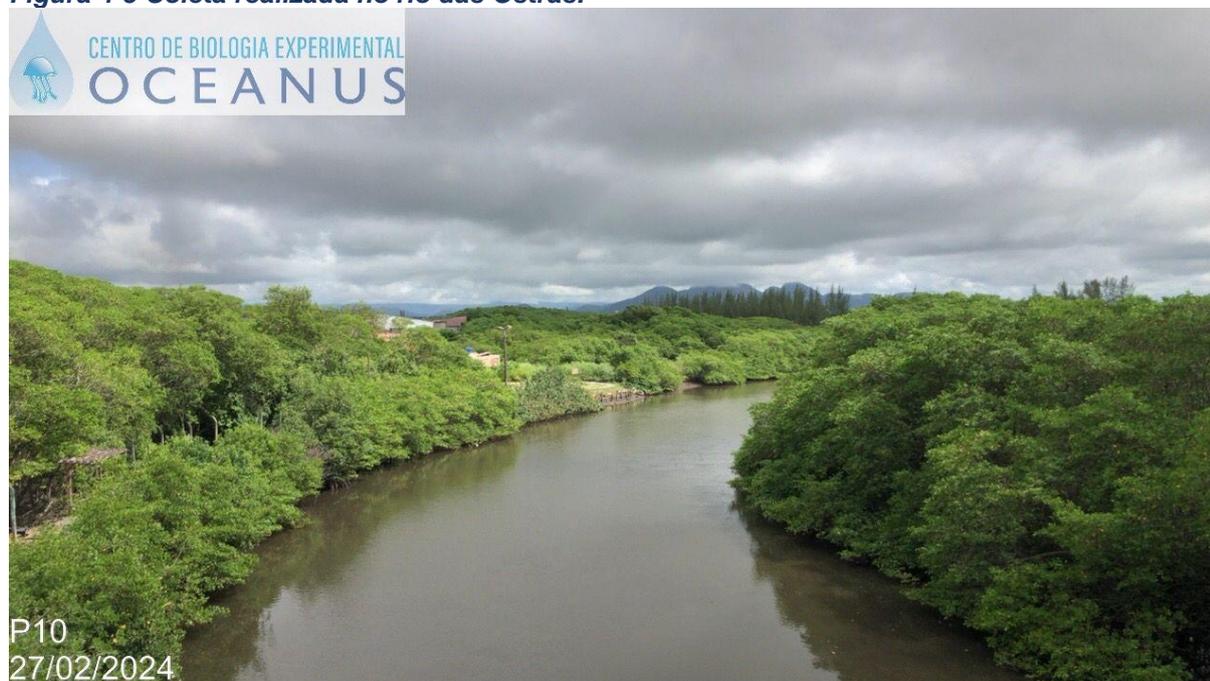
4.4 Rio das Ostras

O rio das Ostras (Figura 4-5) é um rio meandrante que nasce da confluência entre os rios Iriri e Jundiá. Possui 77 km² de área de drenagem, percorre cerca de 30 km no sentido noroeste-sudeste até a sua foz junto à Boca da Barra. O curso hídrico apresenta intensa modificação em seu curso original por grandes trechos retificados, com alto grau de urbanização principalmente na sua foz, que possui margens estreitas (10 m) e profundidade de 30 cm na maré baixa e presença de áreas de várzea e mangue aterradas (CILSJ, 2022b).

Os trechos do rio situados em áreas urbanas sofrem com diferentes tipos de ocupações, como espontâneas, loteamentos legais e clandestinos. Por conta desses

processos, parte do manguezal foi aterrado e a vegetação nativa foi suprimida (GOMES, 2009).

Figura 4-5 Coleta realizada no rio das Ostras.



4.5 Pontos amostrais

O rio Macaé se encontra atualmente dragado e retificado no seu trecho inferior, por cerca de 40 km, tendo perdido suas curvas e meandros originais, tomando o lugar dos antigos mangues e com deságue direto no mar. Seus principais tributários são, pela margem direita, o rio Bonito, e, pela margem esquerda, os rios Sana e São Pedro (INEA, 2014).

A região do alto rio Macaé, localizada na zona de recarga da região hidrográfica, é caracterizada por sua ênfase turística e ocupação de pequenas propriedades dedicadas à agricultura familiar, onde os usos da água estão relacionados à irrigação, lazer e abastecimento público (CILSJ, 2022a).

Nesta região, chamada de sub-bacia do alto rio Macaé, foi selecionado o ponto de monitoramento “1” como ponto controle quanto aos parâmetros de qualidade, estando localizado próximo à Estação Fluviométrica em Galdinópolis, uma região de cabeceira da

RH, a montante da ocupação urbana. Nesta região ainda foram estabelecidos o ponto de monitoramento “2”, antes do centro de Lumiar, após deságue do córrego Santiago, e o ponto de monitoramento “3”, localizado após o centro de Lumiar, na zona de mistura do rio São Pedro e rio Boa Esperança. A carência nos sistemas de coleta e tratamento de esgotos é um grande problema que afeta estes núcleos urbanos.

Já na sub-bacia do médio rio Macaé, foi selecionado o ponto de monitoramento “4”, próximo à ponte do arame, na localidade de Figueira Branca, região que possui a agropecuária como principal atividade característica e demanda hídrica, responsável pela fragilidade do solo, em conjunto com práticas inadequadas de manejo, que geram problemas de assoreamento dos rios e lagoas, impactando a qualidade das águas (CILSJ, 2022a).

Já na sub-bacia do baixo rio Macaé, foram selecionados os pontos de monitoramento “5” e “7”, respectivamente, antes e depois da confluência com o rio São Pedro, além do ponto de monitoramento “8”, localizado em ponte próxima à foz do rio Macaé. Nesta sub-bacia, os problemas são oriundos da ocupação urbana e industrial como a poluição dos cursos d’água e elevada demanda de água devido à aglomeração urbana. Há grande concentração de poços para extração de águas, por empresas para abastecimento, e o lançamento de efluentes é feito principalmente no rio Macaé e na Lagoa de Imboassica, além de fossas sépticas e sumidouros (CILSJ, 2022a).

Na sub-bacia do rio São Pedro, foi selecionado o ponto “6” para avaliar a qualidade da água no rio São Pedro, afluente da margem direito do alto rio Macaé, próximo à estação fluviométrica Glicério. O rio São Pedro, cujas águas são provenientes de transposição da bacia do rio Macabu (pertencente a Região Hidrográfica IX do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana), recebe principalmente efluentes das vilas de Glicério e Frade, que necessitam de tratamento adequado, e em seu curso possui reservatórios para possível geração de energia. Em monitoramento realizado pelo INEA, o rio apresentava presença de contaminação agroindustrial por fenóis, metais e agrotóxicos. (INEA, 2014).

Neste rio foi estabelecido o ponto de monitoramento “9”, localizado no bairro Village, próximo à região serrana de Cantagalo, recebendo córregos em alguns povoados. O rio acompanha a localidade denominada Âncora II e o loteamento residencial Praia Âncora e segue ao encontro do rio Iriri (um de seus principais afluentes junto com o rio Mauricio), quando assume o nome de rio das Ostras, até chegar à sua foz na Boca da

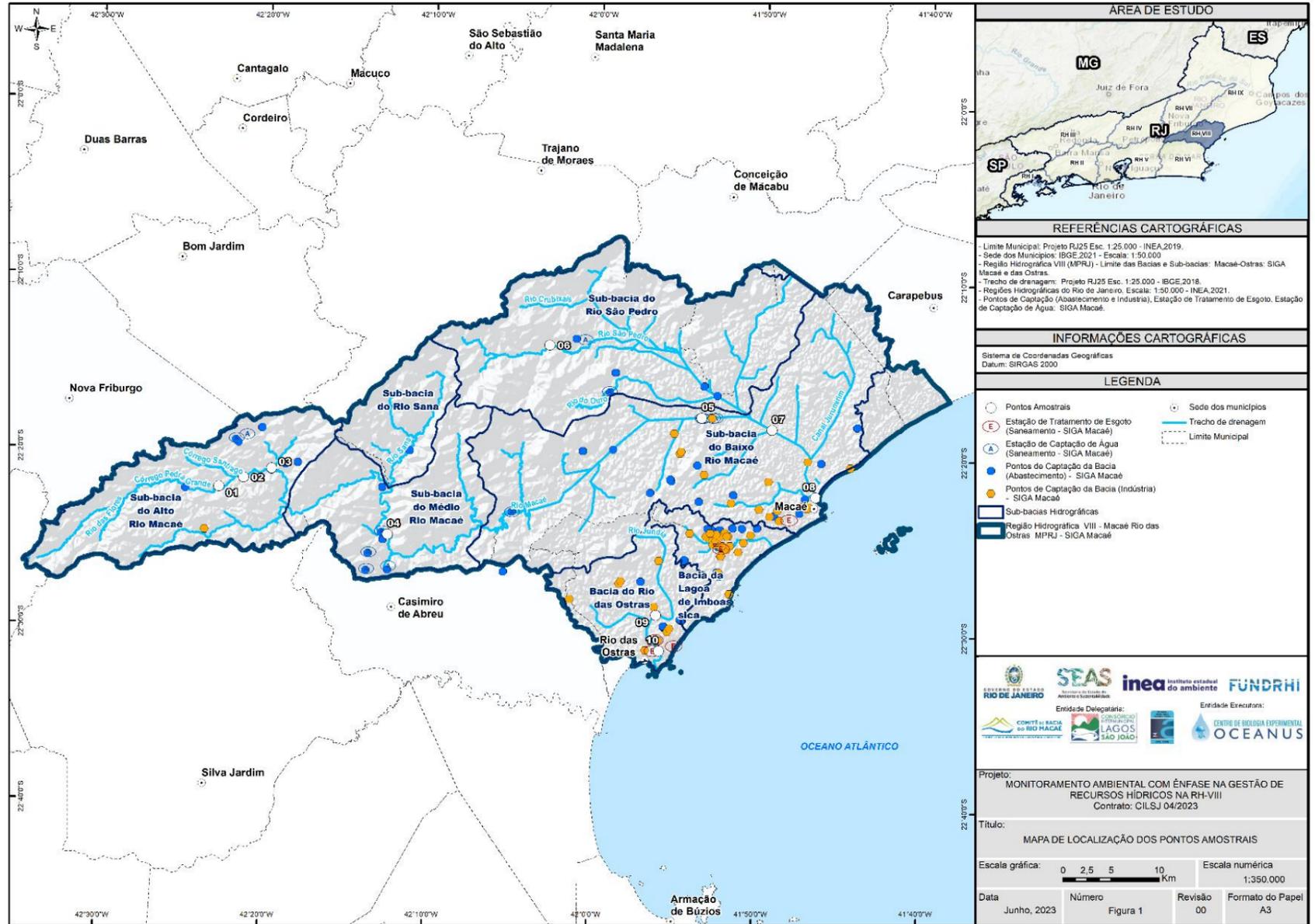
Barra. Na Boca da Barra, por sua vez, na ponte estaiada, foi estabelecido o ponto de monitoramento “10”. A estação amostral está localizada em centro urbano, próxima a uma marina, com pontos de lançamento de esgoto sanitário em seu entorno.

Diante do exposto, foram coletadas amostras de água superficial nos 10 (dez) pontos amostrais distintos na Bacia Hidrográfica do rio das Ostras, conforme o Quadro 4-1 e a Figura 4-6, como apresentado no Termo de Referência.

Quadro 4-1 Localização dos pontos amostrais segundo suas coordenadas geográficas, referências e profundidade.

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Profundidade fevereiro (m)	Profundidade abril (m)
		E	N		
P01	Na ponte que bifurca para rio Bonito, para parte alta do rio Macaé. Próximo à Estação Fluviométrica Galdinópolis- rio Macaé	-2.368810°	-42.379470°	0,20	0,30
P02	Após a confluência do Córrego Santiago. Próximo ao Bar do rio Lumiar- rio Macaé	-22.360200°	-42.354500°	0,20	0,30
P03	Rua Jorge Leopoldo Berbet, após o centro de Lumiar. Rio Macaé após a confluência com rio São Pedro- rio Macaé	-22.351060°	-42.326160°	0,20	0,30
P04	Localidade de Figueira Branca, na Ponte de Arame- rio Macaé.	-22.411970°	-42.208370°	0,20	0,30
P05	Próximo à Estação Fluviométrica Severina. À montante da confluência com o rio São Pedro- rio Macaé.	-22.296280°	-41.893300°	0,15	0,30
P06	À jusante da PCH Glicério. Próximo à Estação Fluviométrica Glicério- rio São Pedro.	-22.229680°	-42.048130°	0,20	0,30
P07	À jusante da confluência com o rio São Pedro- rio Macaé.	-22.306900°	-41.822450°	0,15	0,30
P08	No rio Macaé, na altura da ponte da Barra, próximo ao late Clube – rio Macaé.	-22.369720°	-41.776700°	0,20	0,30
P09	Ponte sobre o rio Jundiá no bairro Village. À montante da confluência com o rio Iriri- rio Jundiá.	-22.484270°	-41.935860°	0,20	0,30
P10	Na ponte estaiada, no centro, próximo à Estação Elevatória da BRK. Estacionamento na descida da ponte sentido centro de Rio das Ostras. – rio das Ostras.	-22.518220°	-41.932390°	0,20	0,30

Figura 4-6. Localização dos pontos de coleta para monitoramento.



5 METODOLOGIA

5.1 Coleta de amostras

A quinta campanha de monitoramento foi realizada nos dias 26 e 27 de fevereiro de 2024, já a sexta campanha foi efetuada nos dias 22 e 23 de abril de 2024, com execução das coletas e análises das amostras pelo Centro de Biologia Experimental Oceanus, acreditado pela ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 (ANEXO 1) e INEA CCL Nº IN010534 (ANEXO 2), de acordo com as normas nacionais e internacionais de monitoramento, obedecendo aos critérios rígidos de confiabilidade. Os parâmetros analisados fazem parte do escopo e matriz do credenciamento, seguindo os Planos de Monitoramento Sistemáticos de Qualidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) e atendendo aos critérios estabelecidos pela Deliberação CECA nº 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe seguiu as orientações referentes a cada local nos quais foram realizadas as amostragens, em observância às Normas Regulamentadoras – NR 6 (Equipamento de Proteção Individual – EPI) e NR 17 (Ergonomia). A localização dos pontos foi realizada a partir das informações fornecidas pelo Consórcio Intermunicipal Lagos São João, e o registro fotográfico de cada localidade pode ser visto no ANEXO 3. A coleta de amostras de água por sua vez, foi realizada com garrafa Van Dorn e, quando não foi possível, ocorreu com o balde de inox. Os parâmetros físico-químicos da água, como condutividade, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, temperatura da água e do ar, turbidez e condutividade foram obtidos *in situ*, com o auxílio de uma sonda multiparâmetros previamente calibrada, como ilustrado na Figura 5-1.

Figura 5-1. Figura ilustrativa da utilização do balde de inox e sonda multiparâmetro.



5.2 Análise laboratorial

Após a coleta, as amostras foram refrigeradas e analisadas em laboratório. Foram analisados 16 (dezesesseis) parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água superficial em todos os pontos de coleta, conforme Quadro 3-4. As metodologias das análises físico-químicas e microbiológicas descritas estão de acordo com os requisitos estipulados pela Norma ABNT NBR ISO/IE em especial a norma revisada NIT-DICLA-057 e pelas instruções de segurança na manipulação de reagentes e soluções a seguir: *Standards Methods for Examination of Water and Wastewater*, 23^a Ed, 2017 (APHA, 23rd ed., 2017); e Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos da ANA (CETESB, 2011).

Quadro 5-1 Parâmetros da qualidade da água a serem analisados e suas respectivas metodologias de referência.

ID	Variáveis	Nº	Parâmetros	Unidade de Medida	Metodologia de Referência
I.	Biológicas	1	Coliformes totais	NMP/100m L	SMWW, 23ª Edição, Método 9221 B e C
		2	Coliformes termotolerantes	NMP/100m L	SMWW, 23ª Edição, Método 9221 B e C
II.	Físicas	3	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	SMWW, 23ª Edição, Método 2540 C
		4	Temperatura	°C	SMWW, 23ª Edição, Método 2550 B
		5	Turbidez	UNT	SMWW, 23ª Edição, Método 2130 B
III.	Químicas	6	Cloro livre	mg/L Cl	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-Cl G
		7	Cloro total	mg/L Cl	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-Cl G
		8	Condutividade Elétrica	µS/cm	SMWW, 23ª Edição, Método 2510 B
		9	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg/L	SMWW, 23ª Edição, Método 5210 B
		10	Fosfato Total	mg/L P	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-P E
		11	Nitrogênio total	mg/L N	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-N
		12	Nitrogênio Amoniacal	mg/L N	SMWW, 23ª Edição, Método 4500 NH3 F
		13	Nitrato	mg/L N	D09727_02_Insert_Environmental_TON Vanadium Vanadium Chloride reduction - Part Thermo Fisher Scientific
		14	Nitrito	mg/L N	SMWW, 23ª Edição, Método 4500 NO2-B
		15	Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L e %	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-O G
16	Potencial Hidrogeniônico (pH)	N.A.	SMWW, 23ª Edição, Método 4500-H B		

5.3 Análise dos Resultados

Os dados foram analisados de maneira integrada, levando em consideração o uso do solo no entorno dos pontos selecionados; a precipitação acumulada durante os períodos de coleta a partir de estações meteorológicas originárias próximas a cada ponto de amostragem, cujos dados oficiais são fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação Meteorológica Macaé (A608), acompanhadas de

análise e explanação de sua relevância diante dos resultados obtidos. Além disso, os resultados obtidos foram comparados com os valores de referência descritos na Resolução CONAMA 357/2005, tendo como base a salinidade das amostras analisadas. A salinidade, é um parâmetro importante, pois, influencia na classificação da água analisada, doces (salinidade $<0,5\text{‰}$), salobras (salinidade entre 0,5 e 30‰) e salinas (salinidade $>30\text{‰}$) e como consequência nos limites dos diferentes parâmetros monitorados preconizados da resolução supracitada (BRASIL, 2005).

Além da obtenção de dados primários, foram realizadas comparações com dados pretéritos do corpo hídrico analisado, com outros trabalhos de monitoramento correlatos, em uma análise crítica/científica das informações adquiridas no monitoramento específico e de dados secundários. Também foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) que será detalhado no próximo tópico.

5.3.1 Índice de Qualidade de Água (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. No Brasil, começou a ser utilizado em 1975 pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país.

O índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são, em sua maioria, indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

O IQA é composto por nove parâmetros apresentados no Quadro 5-2, cujos respectivos pesos (w) foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água. Tendo em vista que os pesos (w) das variáveis podem variar de acordo com o Estado, para esse programa de monitoramento será utilizado a ponderação estabelecida pela *National Sanitation Foundation* (NSF) que é o padrão do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA). Essa padronização dos pesos permite a comparação entre as informações obtidas e as informações disponibilizadas nos Boletins do órgão.

O Escopo Técnico apresentado no Termo de Referência do processo CILSJ Nº 255/2022 foi elaborado de acordo com os parâmetros recomendados na metodologia de

cálculo de Índice de Qualidade de Água (IQA) adotado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Entretanto, a fim de compatibilizar os resultados e subsidiar informações para o banco de dados da RH-VIII, será adotada em seu lugar a metodologia de IQA da National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, criada no ano de 1970 e adotada pelo INEA, conforme aprovação da Contratante.

Para tal, foi realizada a substituição dos parâmetros “Resíduo Sólido Total” e “Fósforo Total” por “Sólidos Dissolvidos Totais” e “Fosfato Total”, respectivamente, necessários para o cálculo do IQA NFS do INEA. Além disso, de acordo com as unidades adotadas no cálculo de IQA, também foram alteradas as unidades dos parâmetros “Coliformes Termotolerantes” de NMP/mL para NMP/100 mL e “Oxigênio Dissolvido”, que será apresentado nos laudos analíticos em mg/L, mas medido em campo também em % de saturação.

A fim de padronizar as unidades e diante da modificação realizada para “Coliformes Termotolerantes”, o parâmetro “Coliformes Totais” também passou a ser expresso em NMP/100 mL.

Quadro 5-2 Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA e respectivos pesos.

Parâmetro de Qualidade de Água	Peso (W)
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,17
Coliformes termotolerantes	0,16
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,11
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,11
Temperatura	0,1
Nitrato	0,1
Fosfato Total	0,1
Turbidez	0,08
Sólidos Totais Dissolvidos	0,07

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida, conforme Figura 5-2. Para cada variável, foi traçada uma curva de qualidade, a qual correlaciona sua concentração a uma nota (qi), pontuada de zero a 100.

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

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

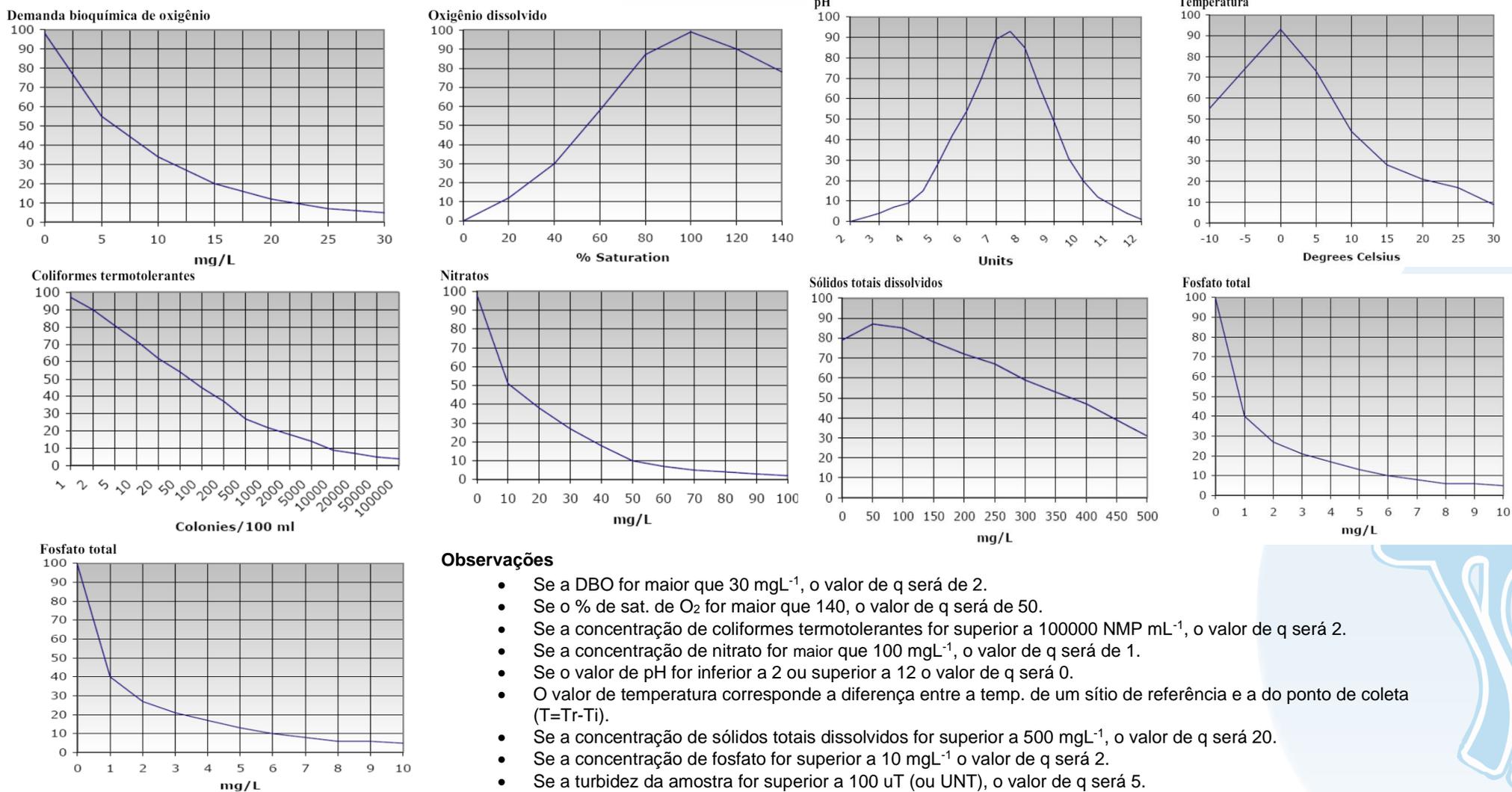
Sendo:

IQA= Índice de Qualidade de Água, um valor entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

Figura 5-2 Curvas de avaliação de qualidade dos parâmetros que compõem o IQA.



O Quadro 5-3 apresenta as categorias e faixas de qualidade de água para os resultados obtidos pelo cálculo do IQA. A memória de cálculo é apresentada no ANEXO 6 – Memória de cálculo IQA.

Quadro 5-3. Faixas de classificação do IQA.

Categoria de Resultados	IQA	Significado
Excelente	$100 \geq IQA \geq 90$	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
Boa	$90 > IQA \geq 70$	
Média	$70 > IQA \geq 50$	
Ruim	$50 > IQA \geq 25$	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
Muito Ruim	$25 > IQA \geq 0$	

Cabe destacar que, embora a avaliação da qualidade da água pelo índice de IQA seja amplamente utilizada, esse indicador apresenta limitações, já que sua análise não contempla alguns parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (por exemplo: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

5.3.2 Análises estatísticas

Uma análise integrada dos resultados será apresentada neste documento, com a apresentação dos resultados em gráficos. Adicionalmente, os resultados serão avaliados de acordo com o uso do solo do entorno da bacia hidrográfica e em conjunto com os dados meteorológicos e de maré durante os dias da campanha. Ainda, com o objetivo de avaliar e entender quais são os principais parâmetros que contribuem para a qualidade da água, a avaliação apresentará uma Análise de Componentes Principais (PCA), técnica de estatística multivariada utilizada para analisar a interrelação entre as variáveis.

5.3.3 Representação espacial

Foram elaborados 30 mapas contemplando todos os pontos de monitoramento de qualidade da água, ilustrando a concentração de seus respectivos parâmetros ao longo dos dois meses de amostragem (ANEXO 7). Os mapas indicam a proposta de

enquadramento dos corpos hídricos analisados em classes, segundo a Resolução CONAMA 357/2005. Os parâmetros que não apresentam limite de referência na normativa supracitada foram representados com simbologia com graduação de tamanho.

Os mapas gerados irão auxiliar na compreensão dos potenciais impactos ao destacar os trechos onde foram observadas melhorias em relação aos parâmetros, bem como indicar progressões de alteração de classe.

5.3.4 Avaliação visual

Além das Cadeias de Custódia, durante a amostragem, foram preenchidas fichas de avaliação visual dos pontos de coleta com intuito de compreender as relações entre os corpos d'água e a população residente nas proximidades dos rios. Para isso foi utilizado o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), desenvolvido por Hannaford *et al.* (1997), reavaliado por Callisto *et al.* (2002) e adaptado por Do Nascimento e colaboradores (2020).

A metodologia desenvolvida por Callisto e colaboradores (2002) abrange 14 questões que elencam o nível de impacto das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos e os níveis de conservação dos ambientes fluviais. Dessa forma, a partir das respostas obtidas, é possível inferir uma classificação para o estado de conservação da área.

A ficha do PAR elaborada pela Oceanus também conta com campo de observações em branco para relato por extenso de ocorrências/ inconformidades e outras informações pertinentes relativas à avaliação visual de cada estação amostral.

O PAR contempla um sistema de pontuação de acordo com as características observadas no local e, para sua avaliação final, são calculados totais de pontuação obtidos para cada ponto amostral. As pontuações com valores de 2 a 3 referem-se predominantemente de aspectos naturais a antrópicas da paisagem; enquanto a pontuação de número 1 diz respeito às características totalmente antrópicas que podem ser observadas na paisagem. O coletor avaliou as questões em campo, marcando um "X" nas que identificou visualmente no local e entregou a ficha junto às cadeias de custódia após as coletas.

Foi realizada a pontuação obtida em cada estação amostral a partir do que foi preenchido em campo e realizado o somatório total. A classificação da metodologia PAR

com as cores da pontuação obtida da soma dos parâmetros em cada estação amostral pode ser observada no Quadro 5-4.

Quadro 5-4. Faixas de classificação do PAR.

Categoria de Resultados	Pontos
Boa	Acima de 35 pontos
Regular	30 a 35
Ruim	Abaixo de 30

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise físico-química e microbiológica

6.1.1 Precipitação

Os resultados da precipitação e temperatura, extraídos da Estação Meteorológica Macaé (A608) durante o período de coleta indicam que na quinzena anterior à quinta campanha houve uma precipitação acumulada de 0,6 mm, o que é considerada uma chuva fraca, de acordo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023). A média de temperatura desse período foi de 31,1 °C. Destaca-se que os registros das informações meteorológicas da estação supracitada no dia 15/02/2024 não estavam disponíveis.

Na sexta campanha, o acumulado de chuvas foi igual a 37,4 mm, um valor considerado como pluviosidade forte (INMET, 2023). E a temperatura média registrada foi de 24,4°C.

A precipitação da presente campanha foi inferior quando comparada com os resultados do segundo quadrimestre, no qual foi registrada uma precipitação de 42,8 mm na terceira campanha e 48,8 mm na quarta campanha.

Vale destacar que os parâmetros analisados, além de apresentarem relações, também podem ser influenciados pela precipitação, como por exemplo, a redução da salinidade nas águas superficiais associada com o volume de chuvas elevado.

Os resultados das coletas de fevereiro e abril de 2024 e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA 357/2005 podem ser vistos na Tabela 6-1.

Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nas quinzenas anteriores às coletas do terceiro quadrimestre.

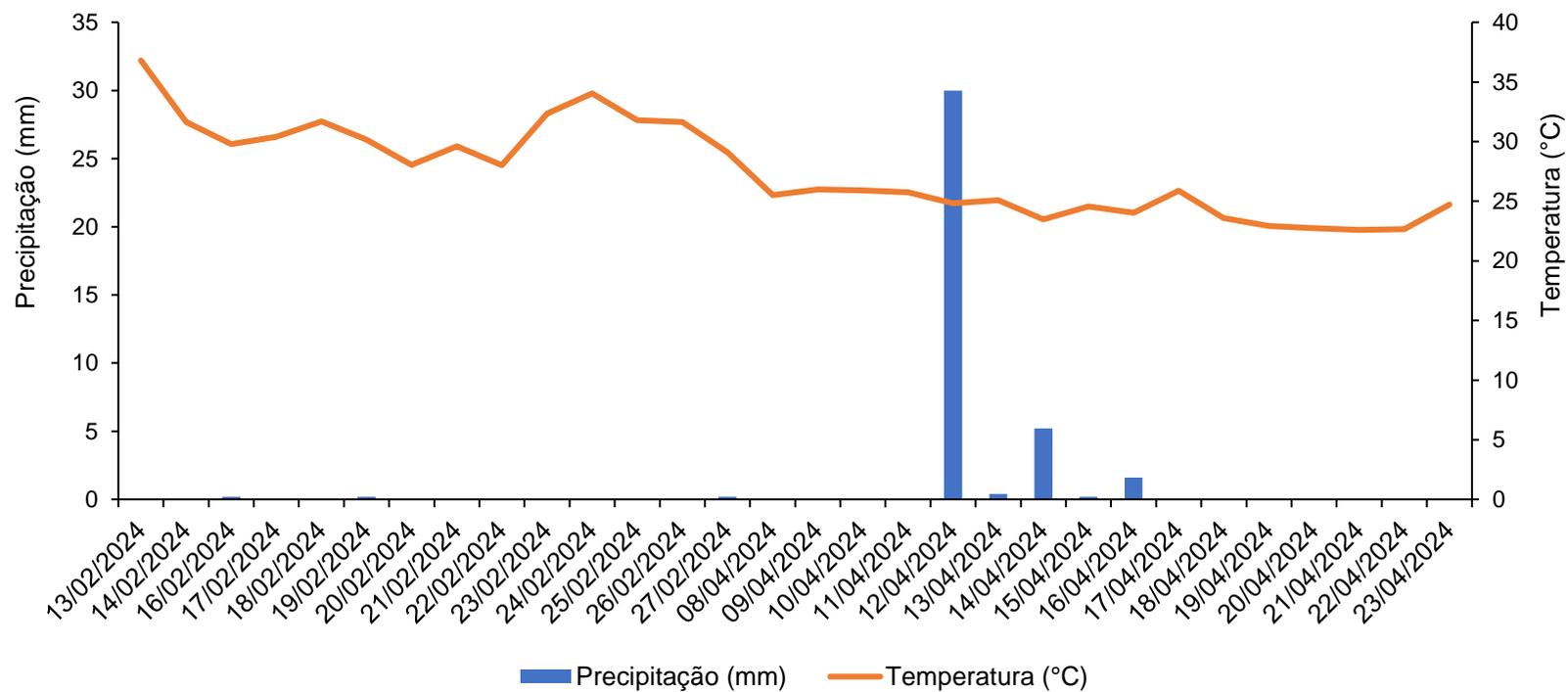


Tabela 6-1 Resultados dos parâmetros analisados para as coletas do terceiro quadrimestre.

Estações amostrais	Data de coleta	Cloro livre (mg/L)	Cloro total (mg/L)	Coliformes totais (NMP/100mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Condutividade (µS/cm)	DBO (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Nitrogênio amoniacal (mg/L)	Nitrogênio total (mg/L)	OD (mg/L)	pH	Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)
P1	26/02/2024	<0,01	<0,01	92000	1400	17	11	<0,06	0,14	<0,01	N.D	0,7	7,23	6,39	14	20,71	14,1
	22/04/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	920	68	5	0,07	0,09	N.D	0,02	0,3	8,49	6,28	80	18,1	2,04
P2	26/02/2024	<0,01	<0,01	24000	790	18	11	<0,06	0,05	<0,01	0,13	0,2	7,06	6,45	19	21,03	30,2
	22/04/2024	<0,01	<0,01	92000	540	57	7	<0,06	0,1	N.D	N.D	0,4	7,67	6,72	19	19,4	4,88
P3	26/02/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	4900	31	12	<0,06	0,45	<0,01	0,13	1,0	6,74	6,46	20	21,83	24,2
	22/04/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	24000	48	9	0,14	0,26	<0,01	N.D	0,9	7,54	6,85	163	20,1	4,55
P4	26/02/2024	<0,01	<0,01	92000	4900	22	19	0,21	0,08	<0,01	0,06	0,2	7,46	6,61	17	25,14	63,1
	22/04/2024	<0,01	<0,01	35000	220	37	3	<0,06	0,13	N.D	N.D	0,9	7,49	6,93	17	21,9	<0,1
P5	27/02/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	2300	39	57	0,1	0,16	<0,01	0,04	0,2	4,82	6,78	19	27,81	70,2
	23/04/2024	<0,01	<0,01	160000	940	39	3	0,24	0,13	<0,01	0,01	0,6	6,28	6,6	20	25,2	15,13
P6	27/02/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	13000	30	18	<0,06	0,25	<0,01	0,12	0,5	6,57	6,62	20	26,53	10,6
	23/04/2024	<0,01	<0,01	160000	2200	43	4	<0,06	0,06	<0,01	0,01	1,1	6,58	6,65	19	25,2	8,79
P7	27/02/2024	<0,01	<0,01	9200	5400	47	34	<0,06	0,23	<0,01	0,27	0,4	5,39	6,85	30	27,15	28,1
	23/04/2024	<0,01	<0,01	160000	490	72	16	0,5	0,14	<0,01	0,05	0,8	6,34	6,84	31	24,6	15,53
P8	27/02/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	>160000,0	129	17	0,06	0,21	<0,01	0,36	0,7	5,53	8,05	147	26,83	21,1
	23/04/2024	<0,01	<0,01	160000	92000	1049	11	0,21	0,12	0,09	2,52	5,7	3,35	6,49	586	25,0	40,4
P9	27/02/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	>160000,0	4780	36	0,24	0,21	<0,01	2,26	4,2	1,04	6,68	333	29,61	49,2
	23/04/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	>160000,0	397	15	0,19	N.D	0,06	5,02	6,6	3,3	6,37	234	25,3	52,5
P10	27/02/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	>160000,0	13200	35	N.D	0,12	0,05	1,35	2,9	2,3	6,72	9816	28,17	18,7
	23/04/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	>160000,0	4784	10	0,18	0,05	0,03	2,95	6,3	2,59	6,08	3340	24,1	32,8
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2	-	-	-	-	-	5	-	10	1	**	2,18	> 5	6,0 a 9,0	500	-	100
	Águas Salobras Classe 1	-	0,01	-	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*	-	-	-	0,4	0,07	0,4	-	>5	6,5 a 8,5	-	-	-
	Águas Salinas Classe 1	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,07	0,4	-	> 6	6,5 a 8,5	-	-	-

** Os valores de referência de nitrogênio amoniacal para Resolução CONAMA 357/2005 estão associados aos resultados de pH.

Com base nos resultados obtidos na quinta campanha realizada, as águas analisadas em P01 até P08 foram classificadas como água doce e equiparadas com os valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005 de Águas Doces Classe 2, já as amostras dos pontos P09 e P10 foram categorizadas como água salobra e as concentrações dos parâmetros mensurados foram comparadas com os limites preconizados pela normativa supracitada para Águas Salobras Classe 1 (BRASIL, 2005).

Na sexta campanha, os resultados das amostras de P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07 e P09 foram equiparados aos valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Em contrapartida, as águas analisadas em P08 e P10 foram comparadas aos limites estipulados pela normativa de referência para Águas Salobras Classe 1

Para facilitar a visualização dos dados, cada parâmetro analisado foi dividido por tópico, para uma melhor discussão. Além disso, cada item apresenta uma representação gráfica dos dados obtidos. Cabe salientar que os limites de referência da Resolução CONAMA 357/2005 dos parâmetros analisados foram destacados com um tracejado em amarelo para Águas Doces Classe 2 e uma demarcação em vermelho para os limiares das Águas Salobras Classe 1 (BRASIL, 2005).

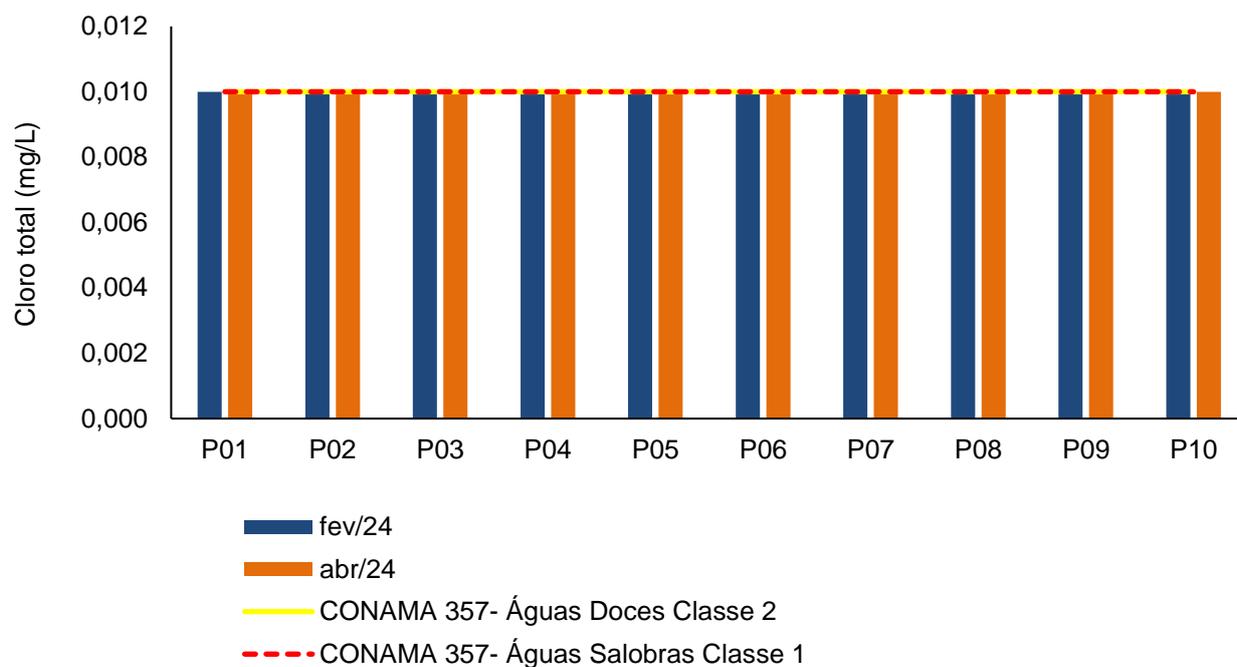
6.1.2 Cloro livre e total

O cloro é um agente oxidante amplamente utilizado na desinfecção da água de abastecimento e de efluentes. Apesar de sua alta eficácia para essa finalidade, a sua reação com compostos orgânicos pode gerar subprodutos tóxicos que são capazes de afetar a saúde humana (PIANOWSKI, JANISSEK; 2003; MEDEIROS, 2019). Quando o cloro é incorporado à água, uma parte dele reage com os compostos orgânicos, inorgânicos e aos metais. Após atender toda a demanda necessária para as reações químicas, o cloro que resta é denominado cloro total. Esse cloro total é classificado ainda em: cloro combinado, que é caracterizado pelo cloro que agiu com as matérias inorgânicas e orgânicas; e o cloro livre, que é o cloro restante que pode ser usado para inativar organismos patogênicos (SANTOS, 2022).

Com base no exposto na Figura 6-2, nota-se que os valores de cloro total de todas as amostras analisadas na quinta e na sexta campanha apresentaram o mesmo resultado (<0,01 mg/L), ou seja, todas as amostras apresentaram concentração inferior ao limite de

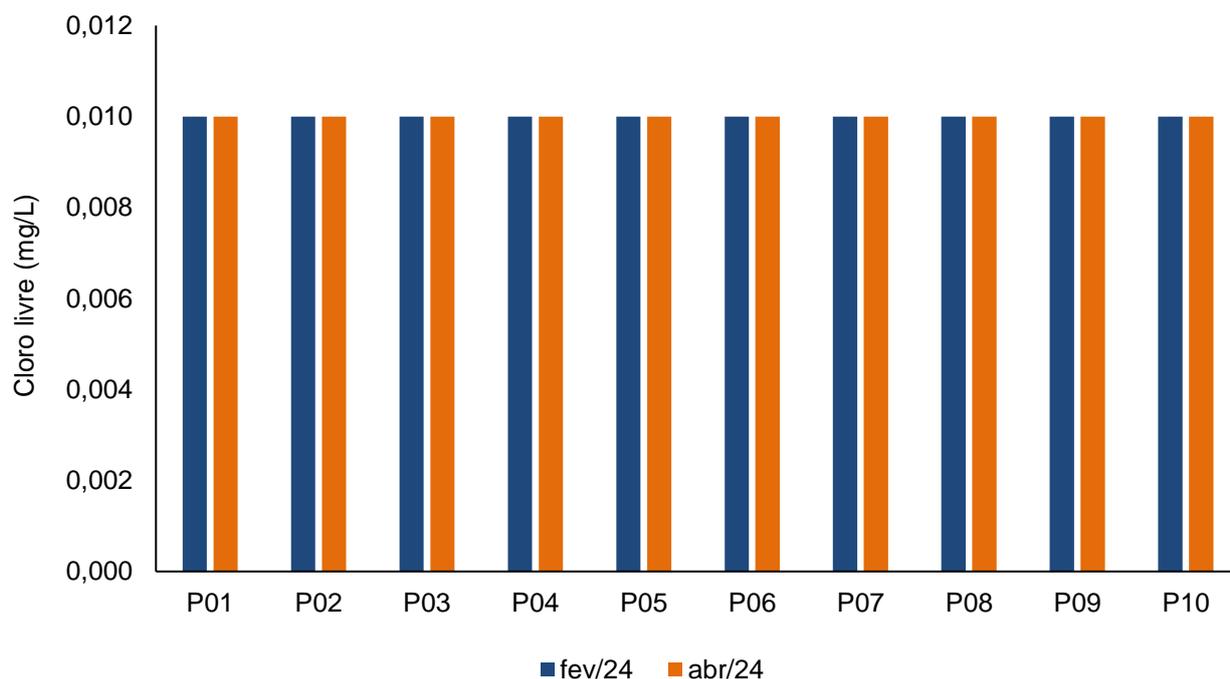
quantificação do método analítico, estando em conformidade com o limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (0,01 mg/L) (BRASIL, 2005).

Figura 6-2 Resultados de cloro total do terceiro quadrimestre.



No que se refere ao cloro livre, destaca-se que não existem valores máximos permitidos descrito na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). No entanto, as concentrações desse parâmetro nas águas analisadas nos distintos pontos amostrais foram inferiores ao limite de quantificação do método analítico (Figura 6-3).

Figura 6-3 Resultados de cloro livre do terceiro quadrimestre.



6.1.3 Coliformes totais e termotolerantes

A poluição por esgoto sanitário pode levar a uma série de alterações em ecossistemas aquáticos, levando ao aumento nas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos, graxas, turbidez e coliformes. Os coliformes estão presentes no solo, água e no intestino humano e animal, sendo assim, as concentrações de coliformes termotolerantes e coliformes totais presentes na água são bons indicadores do grau de despejo de esgoto sanitário em ambientes aquáticos (CETESB, 2018).

Em relação aos coliformes termotolerantes, a média desse parâmetro na quinta campanha foi acima de 51269,0 NMP/100 mL, já que o limite de quantificação máximo de 160.000 NMP/100g foi estabelecido pelo laboratório, devido à grande variação da concentração de coliformes em amostras ambientais.

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005 para uma avaliação em relação a essa variável microbiológica, é necessário um período de monitoramento de 1 ano com frequência bimestral de amostragens (BRASIL, 2005). Apesar do presente estudo ambiental não apresentar um ano de monitoramento, foi utilizado 1.000 NMP/100 mL como valor de referência para comparação. Na quinta campanha, todas as amostras dos diferentes pontos amostrais, com exceção de P02, exibiram valores acima do estabelecido

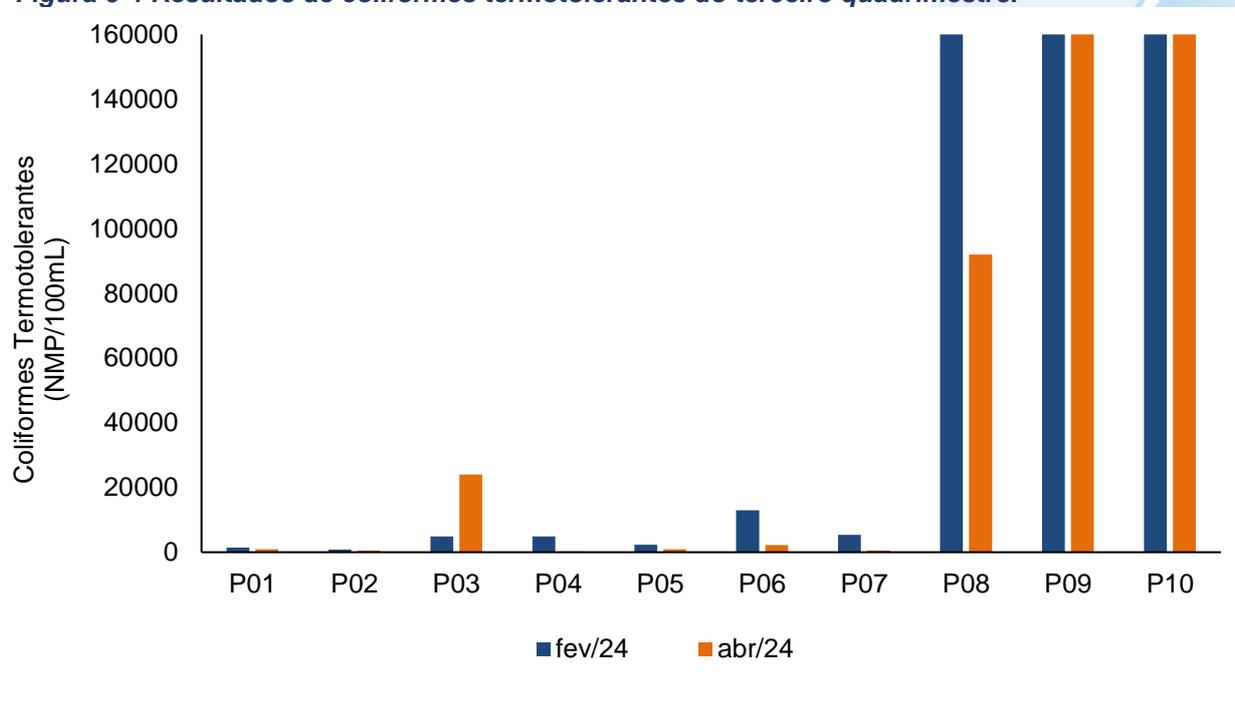
pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (1.000 NMP/100 mL) (Figura 6-4).

Na sexta campanha, a média de coliformes termotolerantes foi acima de 443131 NMP/100 mL, já que de forma análoga à quinta campanha algumas amostras apresentaram valores acima do limite de quantificação.

Notou-se que as amostras dos pontos P03 (24000 NMP/100 mL), P06 (2200 NMP/100 mL), P08 (92000 NMP/100 mL), P09 (>160000 NMP/100 mL) e P10 (160000 NMP/100 mL) exibiram resultados dessa variável microbiológica acima do permitido para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1, com base na Resolução CONAMA 357/2005 (Figura 6-4; Tabela 6-1).

Por conta dos valores elevados de coliformes termotolerantes, foi removido do gráfico o limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (1.000 NMP/100 mL), para não prejudicar a visualização dos resultados.

Figura 6-4 Resultados de coliformes termotolerantes do terceiro quadrimestre.



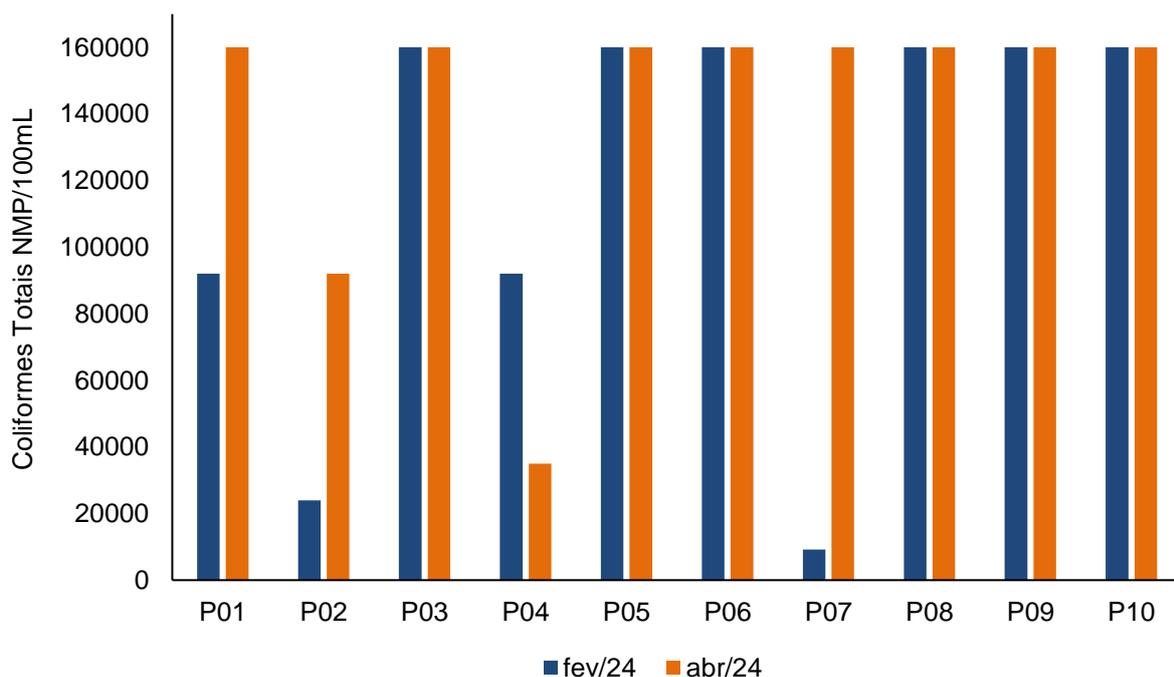
Em relação aos coliformes totais, esse parâmetro não apresenta um limite de referência na Resolução CONAMA 357/2005, no entanto, na quinta campanha, altos valores dessa variável ambiental foram observadas em todas as amostras dos distintos

pontos amostrais (Figura 6-5). A média dessa variável microbiológica na campanha foi de acima de 117.720,0 NMP/100 mL.

De forma semelhante, também foi verificado elevadas concentrações de coliformes totais em todas as amostras da sexta campanha. A média dessa variável da coleta de abril de 2024 foi acima de 140700 NMP/100 mL.

Diante do exposto, os resultados elevados de coliformes totais e termotolerantes detectados nas amostras da quinta e sexta campanha sugerem um aporte de efluentes no sistema. Além disso, esse cenário também pode ter uma relação com a pluviosidade detectada, especialmente, na sexta campanha. Já que de acordo com a literatura, o volume de chuvas é uma das condicionantes que resultam no aumento das concentrações de organismos bioindicadores de poluição fecal (FREITAS *et al.* 2017).

Figura 6-5 Resultados de coliformes totais do terceiro quadrimestre.



6.1.4 Condutividade

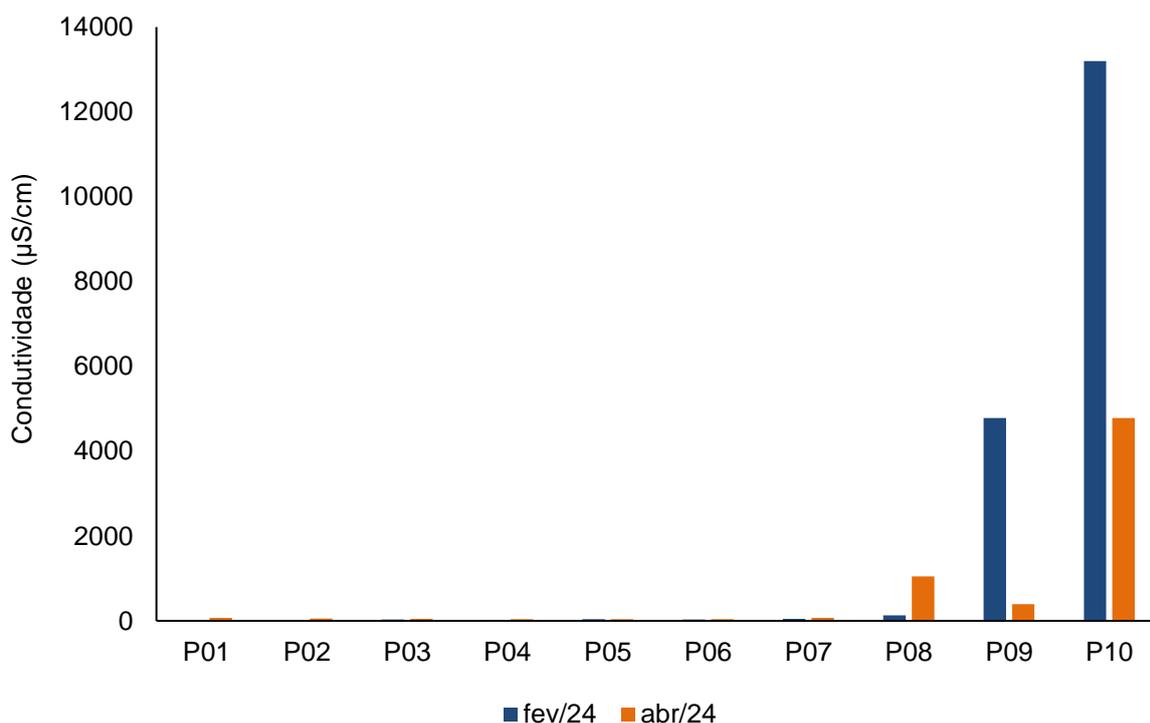
A condutividade é uma medida da capacidade de condução de corrente elétrica na água, sendo influenciada em decorrência da concentração de sólidos inorgânicos dissolvidos (ânions e cátions), compostos orgânicos (óleos, fenóis, graxas) e da temperatura da água (CETESB, 2018).

Os valores registrados na quinta campanha variaram de 17 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na amostra de P01 a 13200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na amostra de P10 (Figura 6-6). A média da condutividade na quinta campanha foi de 1831,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Na sexta campanha, a variação de condutividade foi de 37 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de P04 a 4784 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nas águas analisadas em P10, e a média foi de 659,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nas duas campanhas do terceiro quadrimestre, foram evidenciados os maiores valores desse parâmetro nas amostras do ponto P10, estação situada na foz do rio das Ostras, que apresenta uma grande influência marinha, reforçando a relação da salinidade e condutividade, já que a salinidade é medida com base nos resultados de condutividade.

Salienta-se que na Resolução CONAMA 357/2005 não há valores de referência para a condutividade.

Figura 6-6 Resultados de condutividade do terceiro quadrimestre.



6.1.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos na degradação de compostos orgânicos. Sob a ótica da qualidade da água, a DBO é uma importante variável indicadora de poluição por resíduos orgânicos, uma vez que quanto maior a DBO (i.e., mais compostos orgânicos a

serem degradados), menor será a disponibilidade de oxigênio para seres vivos como peixes, organismos zooplancônicos e macroinvertebrados (CETESB, 2018).

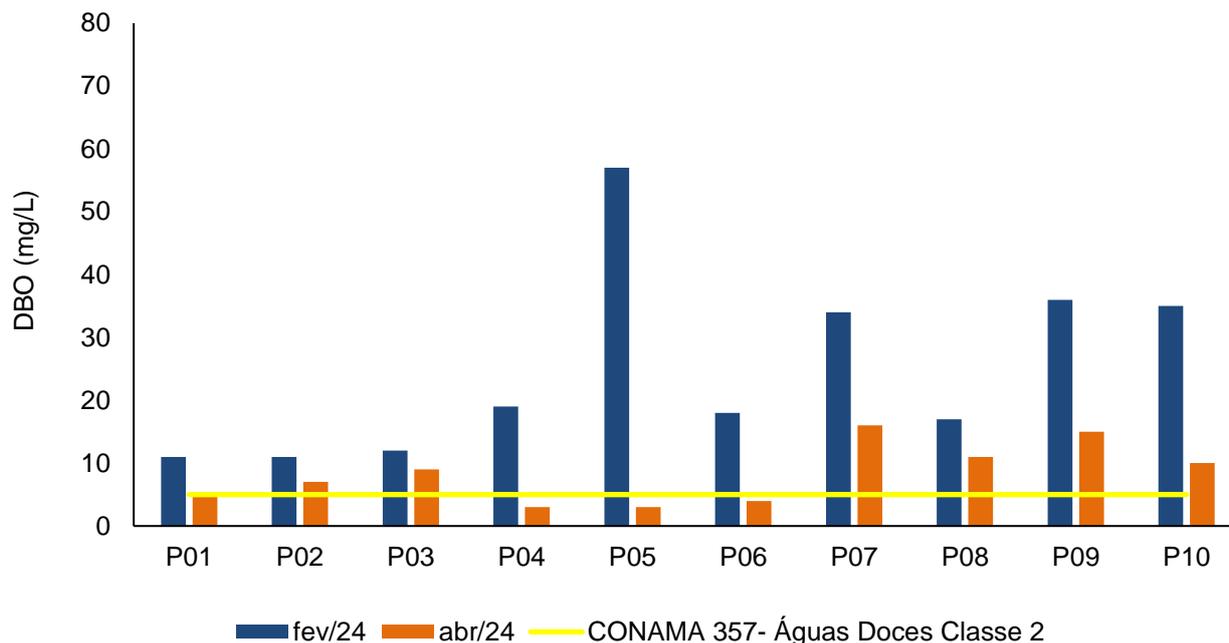
Na quinta campanha, foram reportadas concentrações de DBO variando de 11 mg/L nas águas analisadas em P01 e P02 até 57 mg/L na água analisada em P05. Os valores de DBO detectados nas amostras de P01 (11 mg/L), P02 (11 mg/L), P03 (12 mg/L), P04 (19 mg/L), P05 (57 mg/L), P06 (18 mg/L), P07 (34 mg/L) e P08 (17 mg/L) apresentaram valores acima do estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces de Classe 2 (5 mg/L) (Figura 6-7).

Na sexta campanha, a variação desse parâmetro foi de 3 mg/L nas águas analisadas em P04 e P05 a 16 mg/L na amostra de P07. Em relação à comparação com o limite preconizado pela normativa de referência, observa-se que as amostras de P02 (7 mg/L), P03 (9 mg/L), P07 (16mg/L) e P09 (15 mg/L) apresentaram desconformidade para Águas Doces de Classe 2 (5 mg/L).

Destaca-se que para Águas Salobras Classe 1 não há um limite de referência estabelecido pela normativa supracitada, o que impossibilita a comparação dos resultados das amostras de P09 e P10 da quinta campanha e das águas analisadas em P08 e P10 da sexta campanha.

Os resultados de DBO, bem como de coliformes totais e termotolerantes, indicam o lançamento de águas residuais nos corpos hídricos monitorados.

Figura 6-7 Resultados de DBO do terceiro quadrimestre.



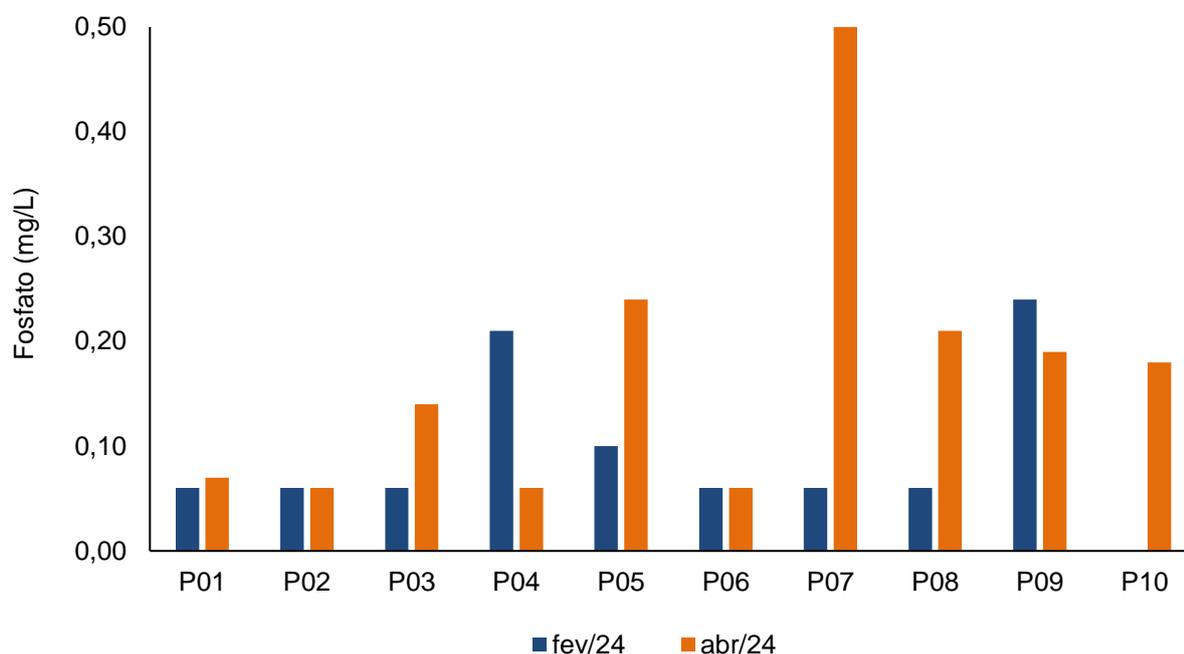
6.1.6 Fosfato

O fósforo pode se apresentar em diferentes formas, uma delas é através de sais inorgânicos, como o fosfato. O fosfato é um nutriente essencial para as plantas, no entanto o excesso dele, proveniente de atividades antrópicas como em esgoto doméstico, fertilizantes, resíduos urbanos, entre outros, tem favorecido o processo de eutrofização, que pode impactar a biota e a saúde humana (CETESB, 2018; CARBINATTI, 2019).

Na quinta campanha, os resultados de fosfato apresentaram uma variação de <0,06 mg/L nas amostras de P01, P02, P03, P06, P07 até 0,24 mg/L nas águas analisadas em P09. Já na sexta campanha, foi identificada uma variação de <0,06 mg/L nas águas analisadas em P02, P04 e P06 a 0,5 mg/L na amostra de P07 (Figura 6-8). Essa variável ambiental não apresenta valores de referência na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

A presença de fosfato em determinadas amostras pode ter uma associação com o aporte de efluentes e da utilização de fertilizantes em atividades agrícolas, que ficam nas proximidades das estações amostrais (PINHEIRO, 2008).

Figura 6-8 Resultados de fosfato do terceiro quadrimestre.



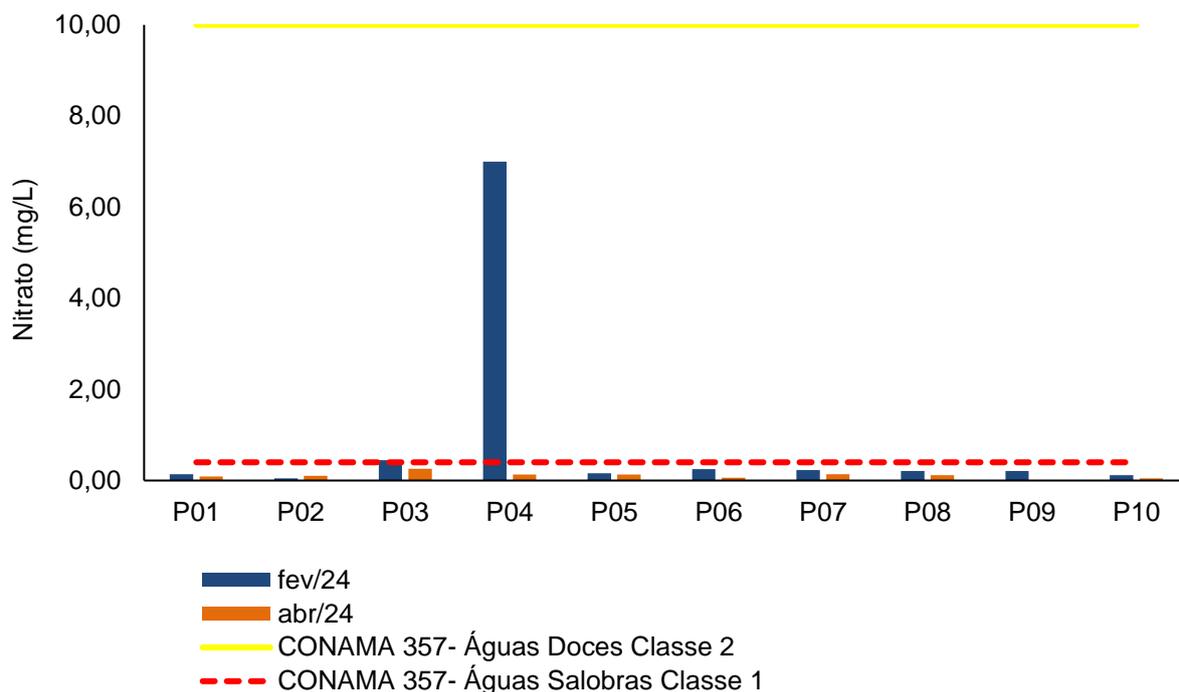
6.1.7 Nitrato e nitrito

O nitrato e o nitrito são formas oxidadas do nitrogênio na água. Nas áreas de autodepuração naturais como em rios, a presença de nitrito na água está relacionada à zona de recuperação, enquanto a detecção de nitrato em corpos hídricos é observada em zonas de águas consideradas limpas. Portanto, a ocorrência de nitrato e nitrito na água é um indicativo de contaminação recente, que pode ser causada por várias fontes, incluindo o lançamento inadequado de efluentes (CETESB, 2018).

Na quinta campanha, as concentrações de nitrato apresentaram uma variação de 0,05 mg/L nas águas analisadas em P02 a 0,45 mg/L nas águas analisadas em P03. Na sexta campanha, o menor valor de nitrato, foi de 0,05 mg/L na amostra de P10, e a maior concentração foi de 0,26 mg/L, registrada nas águas analisadas em P03. Na amostra de P09 não foram detectados valores desse nutriente.

Diante do exposto, nota-se que os valores de nitrato detectados nas amostras da quinta e sexta campanha ficaram em conformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (10 mg/L) e Águas Salobras Classe 1 (0,4 mg/L).

Figura 6-9 Resultados de nitrato do terceiro quadrimestre.

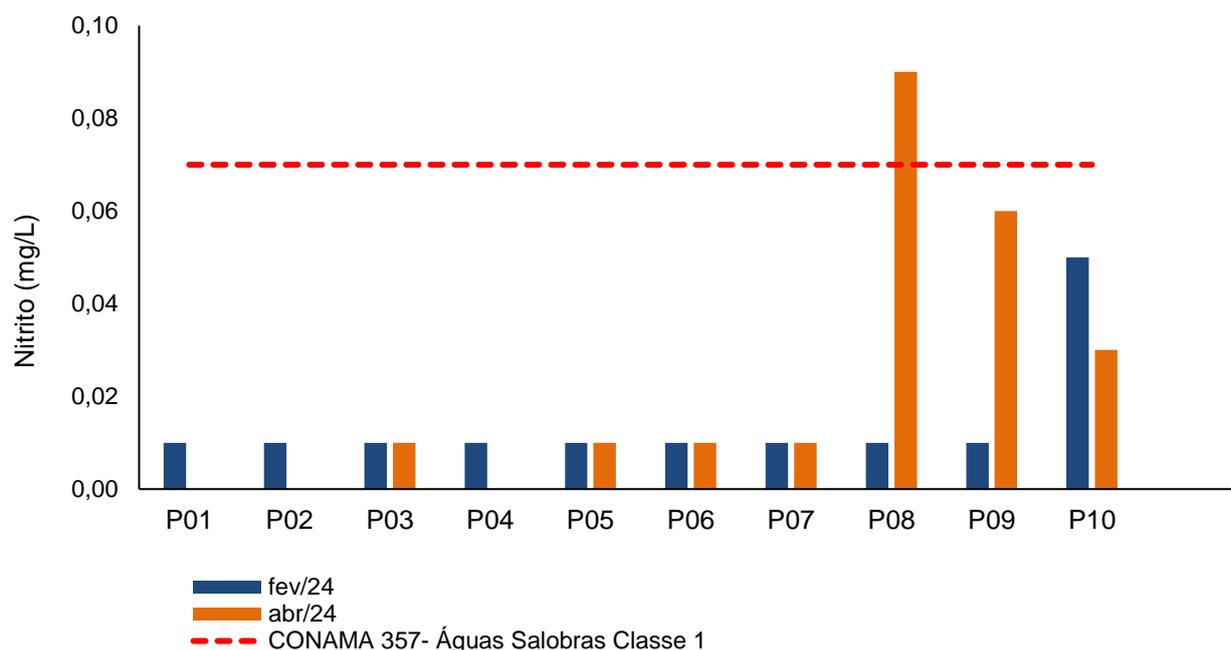


Em relação ao nitrato, de maneira geral, na quinta campanha, os resultados de todas as amostras apresentaram concentração menores que o limite de quantificação do método analítico, com exceção de P10, na qual foi detectado um valor de 0,05 mg/L. Na sexta campanha, o nitrato não foi detectado nas amostras de P01, P02 e P04, já nas águas analisadas em P03, P05, P06 e P07 o resultado obtido foi abaixo do limite de detecção do método analítico. Para as demais amostras a variação desse parâmetro foi de 0,03 mg/L nas águas analisadas em P10 e 0,09 mg/L na amostra de P08.

De maneira geral, as concentrações de nitrato ficaram em conformidade com o limite de referência na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (1,0 mg/L) e Águas Salobras Classe 1 (0,07 mg/L), a exceção ocorreu somente na amostra de P08 da campanha de abril de 2024 (0,09 mg/L), valor que ultrapassa o previsto para Águas Salobras Classe 1 (Figura 6-10).

Para essa variável ambiental, também optou-se por não apresentar no gráfico o limite da normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (1,0 mg/L), somente o limiar de Águas Salobras Classe 1 (0,07 mg/L), para facilitar a observação dos resultados em razão das baixas concentrações obtidas.

Figura 6-10 Resultados de nitrito do terceiro quadrimestre.



6.1.8 Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal é uma forma reduzida do nitrogênio proveniente do processo de hidrólise da uréia na água. Esse parâmetro está relacionado com a ocorrência de lançamento de efluentes sanitários e/ou industriais em corpos hídricos. A detecção de nitrogênio amoniacal é considerada um bom indicador de poluição, já que em áreas de autodepuração naturais, a presença desse nutriente está associada com a zona de decomposição ativa (TUNDISI; TUNDISI, 2008; CETESB, 2018).

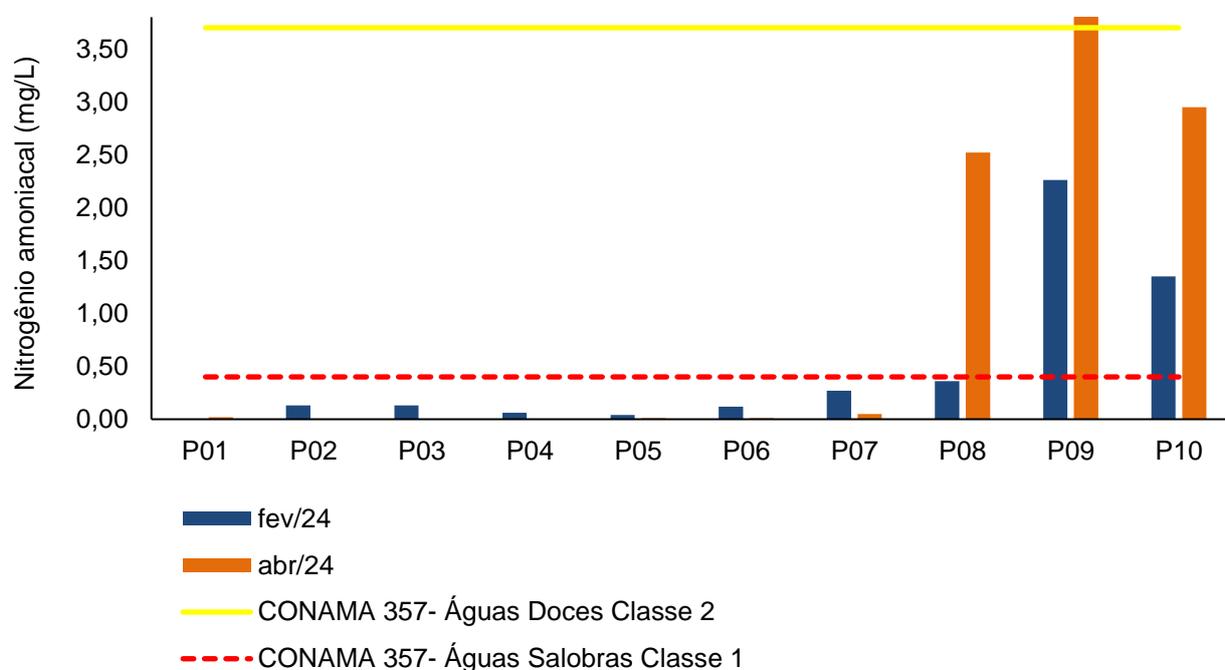
Na quinta campanha, as concentrações de nitrogênio detectadas nas amostras dos diferentes pontos amostrais estiveram, de maneira geral, em conformidade com os limites estipulados pela normativa de referência. A exceção ocorreu somente nas águas analisadas em P09 e P10, que apresentaram 2,26 mg/L e 1,35 mg/L, respectivamente. Os valores encontrados nessas amostras ultrapassaram a concentração estabelecida na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Salobras Classe 1 (0,4 mg/L).

Um padrão semelhante foi observado na sexta campanha, as amostras classificadas como águas doces, de forma majoritária, apresentaram valores dentro do estipulado pela legislação de referência, com exceção das águas analisadas em P09 (5,02 mg/L), que ultrapassou o valor de referência para Águas Doces Classe 2 (3,7 mg/L). As

duas amostras categorizadas como salobras P08 (2,52 mg/L) e P10 (2,95 mg/L) exibiram concentrações acima do estabelecido para Águas Salobras Classe 1 (0,4 mg/L).

Os valores de nitrogênio amoniacal, principalmente das amostras que tiveram concentrações acima do estabelecido pela legislação supracitada, servem como um ponto de atenção para as próximas campanhas de monitoramento, já que a presença desse nutriente na água é considerada um dos principais fatores que contribuem para a ocorrência de eutrofização artificial em corpos hídricos. E esse cenário representa um risco para a saúde humana e animal.

Figura 6-11 Resultados de nitrogênio amoniacal do terceiro quadrimestre.



6.1.9 Nitrogênio total

As fontes de nitrogênio para os sistemas aquáticos são diversas. No entanto, o esgoto sanitário é a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico na água. Alguns efluentes industriais provenientes de petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, também realizam descarte de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas. Assim como o fósforo, o nitrogênio é um dos principais nutrientes para os processos biológicos (macronutriente) e está relacionado com a produtividade primária no ambiente aquático. O aporte excessivo

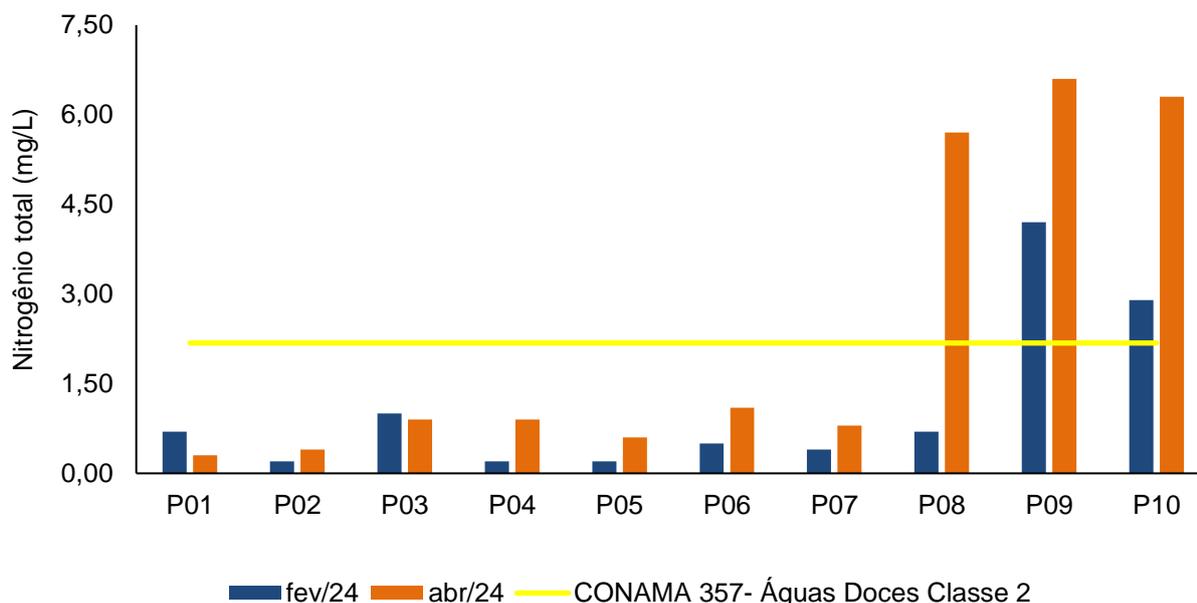
desses nutrientes, principalmente pelo esgotamento sanitário, causa enriquecimento dos sistemas aquáticos, deixando-os eutrofizados. O nitrogênio total é a soma das formas orgânicas e inorgânicas de nitrogênio encontradas no ambiente (CETESB, 2016).

Na quinta campanha, foi notada uma variação de nitrogênio total de 0,2 mg/L nas águas analisadas em P02, P04 e P05 a 4,2 mg/L na amostra P09. Perante os resultados encontrados, todas as amostras classificadas como águas doces, apresentaram concentrações desse nutriente em conformidade com o limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (2,18 mg/L).

Destaca-se que na normativa supracitada, não há valores de referência para águas salobras, sendo assim, as amostras classificadas como águas salobras, como P09 e P10, não terão suas concentrações comparadas. No entanto, ressalta-se as concentrações elevadas desse nutriente, especialmente, nas águas analisadas em P09 e P10. Conforme previamente mencionado, o nitrogênio pode favorecer processos de eutrofização que comprometem a qualidade das águas, além de ter implicações para a biota e ter desdobramentos também sobre a saúde humana.

Na sexta campanha, a variação desse nutriente foi de 0,3 mg/L nas águas analisadas em P01 até 6,6 mg/L na amostra de P09. Verifica-se que somente a amostra de P09 apresentou valores acima do estipulado na legislação supracitada para Águas Doces Classe 2 (2,18 mg/L), o que indica um lançamento de efluentes nas águas do rio Jundiá. Além disso, elevadas concentrações também foram observadas nas amostras classificadas como águas salobras – P08 (5,7 mg/L) e P10 (6,3 mg/L), sugerindo uma influência de atividades antrópicas na foz do rio Macaé e das Ostras, respectivamente.

Figura 6-12 Resultados de nitrogênio total do terceiro quadrimestre.



6.1.10 Oxigênio dissolvido

O oxigênio representa o gás mais importante para manutenção da vida, sendo fundamental para diversas atividades metabólicas relacionadas ao crescimento, reprodução e obtenção de energia na maioria dos seres vivos (ALVARADO; AGUILAR, 2009). Para ecossistemas aquáticos, o oxigênio dissolvido, além de sua função na manutenção da biota aquática, também atua promovendo autodepuração dos ecossistemas aquáticos. Em ecossistemas eutrofizados, a fotossíntese é uma fonte natural de oxigênio para decomposição da matéria orgânica (CETESB, 2018).

Na quinta campanha de monitoramento, verificou-se uma variação de OD de 1,04 mg/L na amostra de P09 a 7,46 mg/L na amostra de P4. Valores abaixo do estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L) e Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L) foram observados nas águas analisadas em P05 (4,82 mg/L), P09 (1,04 mg/L) e P10 (2,3 mg/L). Nas demais amostras foram detectados valores que estão em conformidade com o estabelecido pela legislação supracitada.

Na sexta campanha, de maneira geral, as amostras apresentaram valores de OD que estão em consonância com os limites preconizados na Resolução CONAMA 357/2005, a exceção ocorreu nas águas avaliadas em P08 (3,35 mg/L), P09 (3,3 mg/L), e

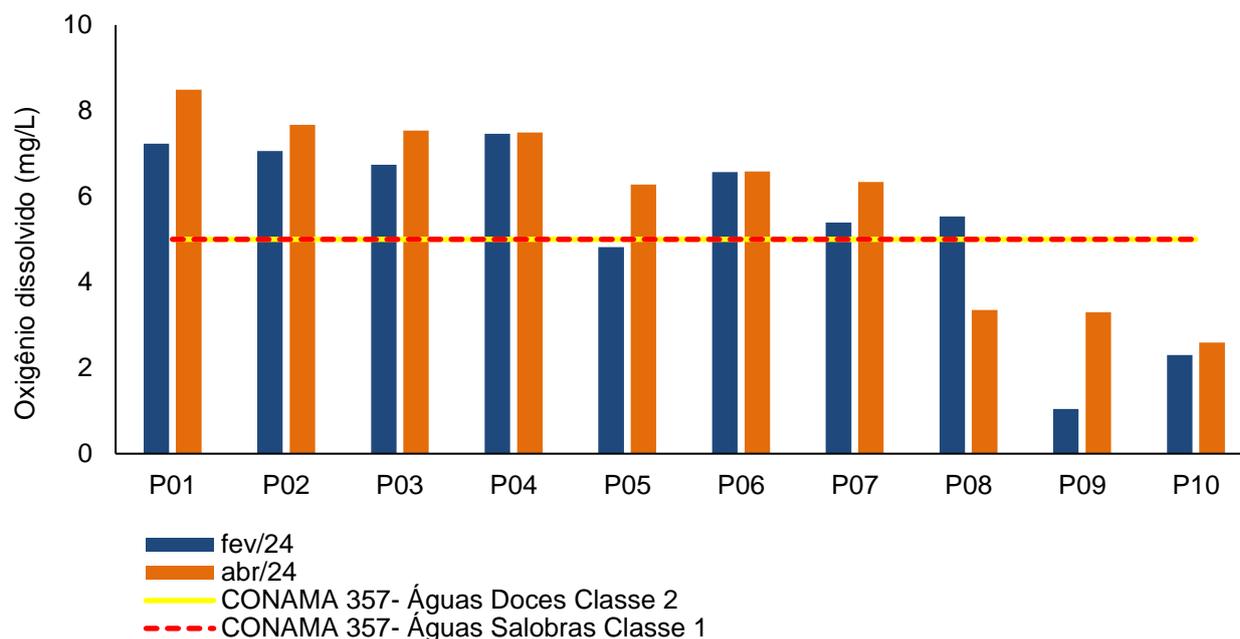
P10 (2,59 mg/L) que exibiram concentrações abaixo de 5 mg/L para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (Figura 6-13).

Sugere-se que a ocorrência de matéria orgânica nas águas analisadas dessas estações amostrais, levou ao aumento a DBO e como consequência, a redução de oxigênio dissolvido, o que é verificado, por exemplo, nas amostras de P05, P09 e P10 da quinta campanha e nas águas analisadas em P08, P09 e P10 da sexta campanha.

Um outro aspecto importante é que a amostra de P09 da quinta campanha apresentou valores de OD abaixo de 2 mg/L, considerado um valor de risco para alguns organismos aquáticos, como por exemplo, para determinadas espécies de peixes que não toleram essa redução significativa dessa variável ambiental, o que pode levar a um desequilíbrio da cadeia trófica.

Além disso, na quinta e sexta campanha de monitoramento foi notada uma vasta vegetação aquática na estação amostral P09, como pode ser verificado no Anexo 3. A ocorrência dessa vegetação tem o potencial de influenciar nos resultados de DBO e OD encontrados.

Figura 6-13 Resultados de oxigênio dissolvido do terceiro quadrimestre.

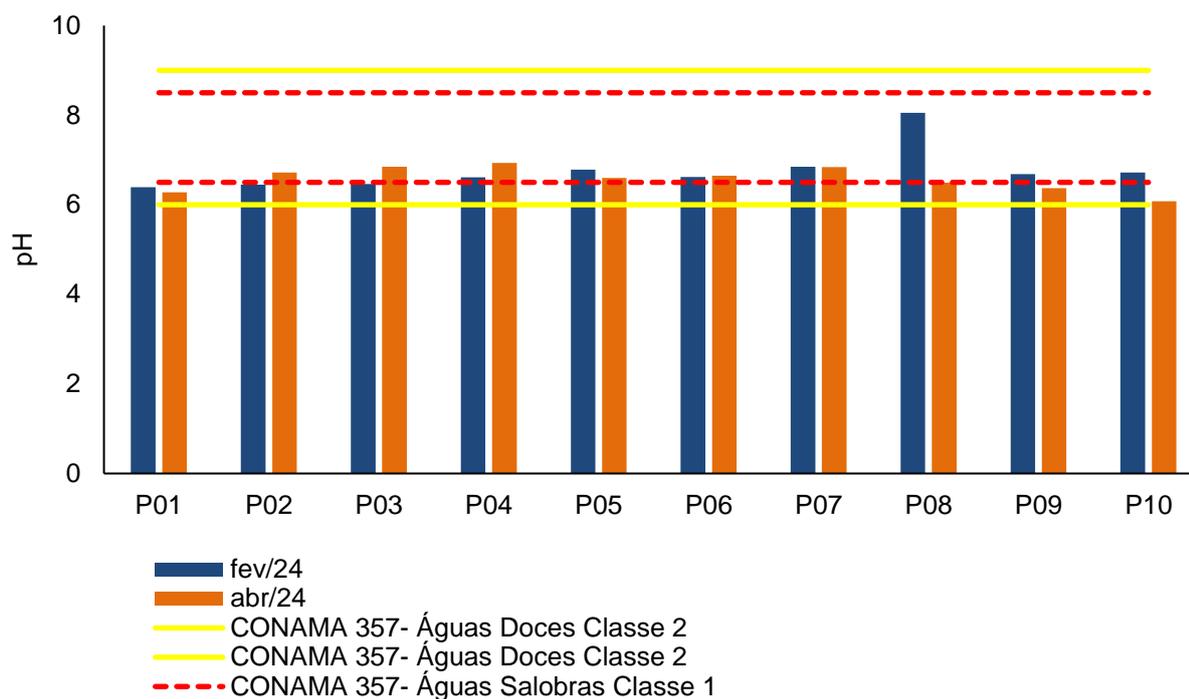


6.1.11 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da atividade dos íons hidrônio (H^+) dentro de uma solução, sendo esse parâmetro essencial para o bom funcionamento dos ecossistemas aquáticos, tendo em vista seu papel como regulador de diversas atividades bioquímicas de organismos. Diversos fatores podem alterar o pH de ecossistemas aquáticos, desde a composição geológica da bacia, descarga de efluentes industriais e de mineração, composição do lixiviado, até a presença de atividade agropecuária (VON-SPERLING, 2017).

Na quinta e sexta campanha de monitoramento, notou-se que os valores de pH detectados em todas as amostras analisadas ficaram dentro do valor estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6,0 e 9,0) e Águas Salobras Classe 1 (pH entre 6,5 e 8,5). A variação observada foi de 6,39 (P01) a 8,05 (P08) na quinta campanha e de 6,08 (P10) a 6,93 (P04) na sexta campanha.

Figura 6-14 Resultados de pH do terceiro quadrimestre.



6.1.12 Sólidos dissolvidos totais

Os sólidos presentes na água são toda a matéria que continua como resíduos após diferentes processos, como de evaporação, secagem ou calcinação em temperatura e um tempo determinado. Os processos descritos anteriormente que determinam as diferentes frações de sólidos na água, podendo ser sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. O monitoramento de sólidos é importante, haja visto que as altas concentrações desse parâmetro podem impactar a biota através de sedimentação (CETESB, 2018).

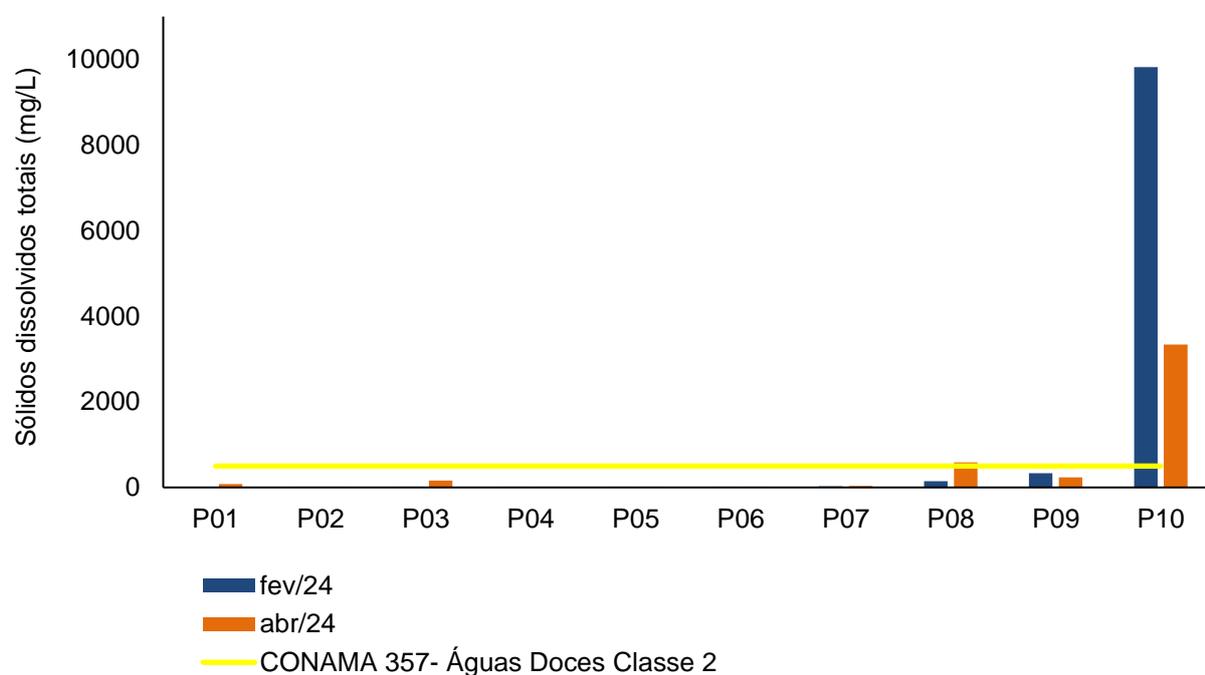
Na quinta campanha, foi observada uma variação de sólidos dissolvidos totais de 14 mg/L nas águas analisadas em P01 a 9816 mg/L na amostra de P10. Diante dos resultados obtidos, constata-se que todas as amostras classificadas como águas doces (P01 até P08), apresentaram concentrações em conformidade com o valor máximo descrito na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500 mg/L).

Na sexta campanha, a variação desse parâmetro foi de 17 mg/L nas águas analisadas em P04 a 3340 mg/L na amostra de P10. De forma semelhante à quinta campanha, todas as amostras categorizadas como águas doces (P01, P02, P03, P04,

P05, P06, P07 e P09) apresentaram valores que estão em conformidade com a normativa de referência (Figura 6-15).

Ressalta-se que para essa variável ambiental não existem valores de referência para águas salobras. Entretanto, as amostras classificadas como águas salobras na sexta campanha (P08 e P10), localizadas na foz do rio Macaé e das Ostras, respectivamente, exibiram altas concentrações de sólidos dissolvidos totais, que é uma variável ambiental proporcional à condutividade, fato evidenciado pelos valores elevados de sólidos dissolvidos nas águas analisadas nessas estações amostrais.

Figura 6-15 Resultados de sólidos dissolvidos totais do terceiro quadrimestre.



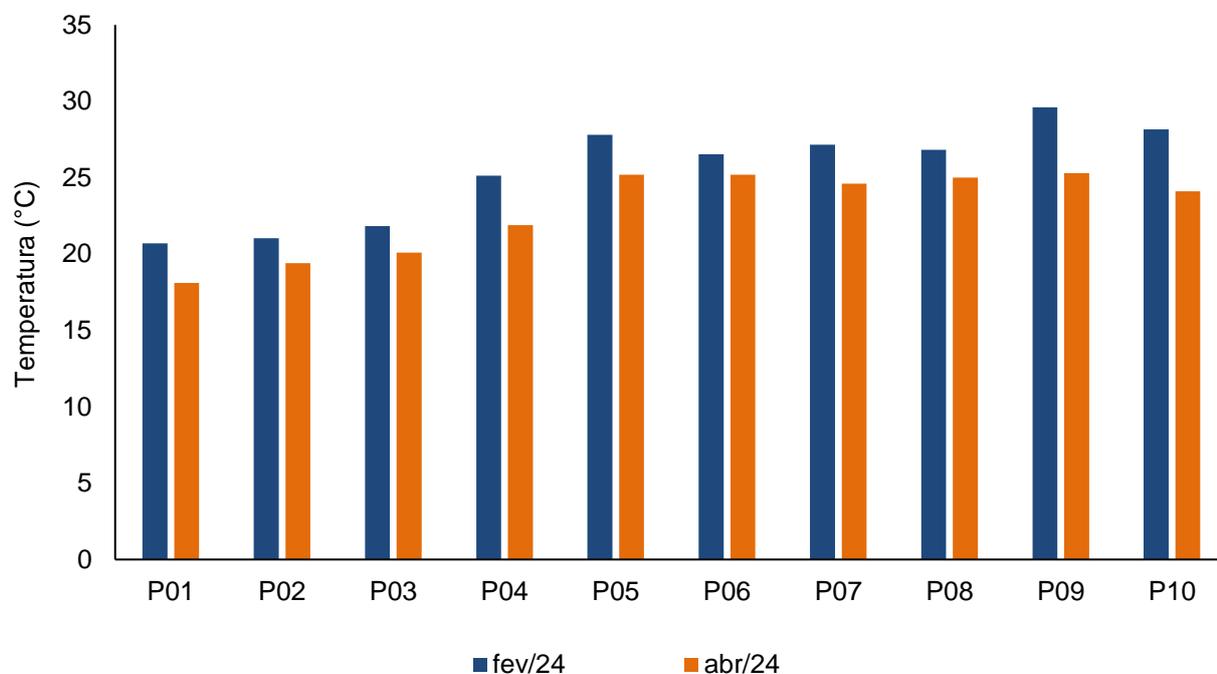
6.1.13 Temperatura

A temperatura desempenha um papel crucial nos ecossistemas aquáticos, à medida que alterações na temperatura da água geram mudanças em diversas propriedades da água (como viscosidade, tensão e solubilidade). Além disso, os organismos aquáticos possuem uma faixa ótima para sua sobrevivência, uma vez que a temperatura influencia diretamente a atividade bioquímica da biota aquática (CETESB, 2018).

Os valores de temperatura da água da quinta campanha variaram entre 20,71 °C na amostra de P01 e 29,61 °C nas águas analisadas em P09 (Figura 6-16), com média de

25,48 °C. Padrão semelhante foi observado na sexta amostragem realizada, sendo a variação de temperatura de 18,1 °C nas águas analisadas em P01 a 25,3 °C na amostra de P09. A média da temperatura na sexta campanha foi de 22,89 °C.

Figura 6-16 Resultados de temperatura do terceiro quadrimestre.



6.1.14 Turbidez

A turbidez pode ser definida como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água devido à presença de sólidos em suspensão. Logo, em águas turvas, a luz apresentará uma maior dificuldade de passagem. Esse parâmetro é medido em UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez). As principais influências sobre a turbidez da água são a presença de matérias sólidas em suspensão, como silte e argila, por exemplo, matéria orgânica e inorgânica e organismos microscópicos (por exemplo: zooplâncton, fitoplâncton). Por reduzir a penetração da luz, prejudica o processo de fotossíntese, afetando o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

A turbidez na quinta campanha apresentou variação de 10,6 UNT nas águas analisadas em P06, a 70,2 UNT nas águas analisadas em P05. Diante dos resultados obtidos, nota-se que ocorreram picos de turbidez nas amostras do alto (P01, P02 e P03),

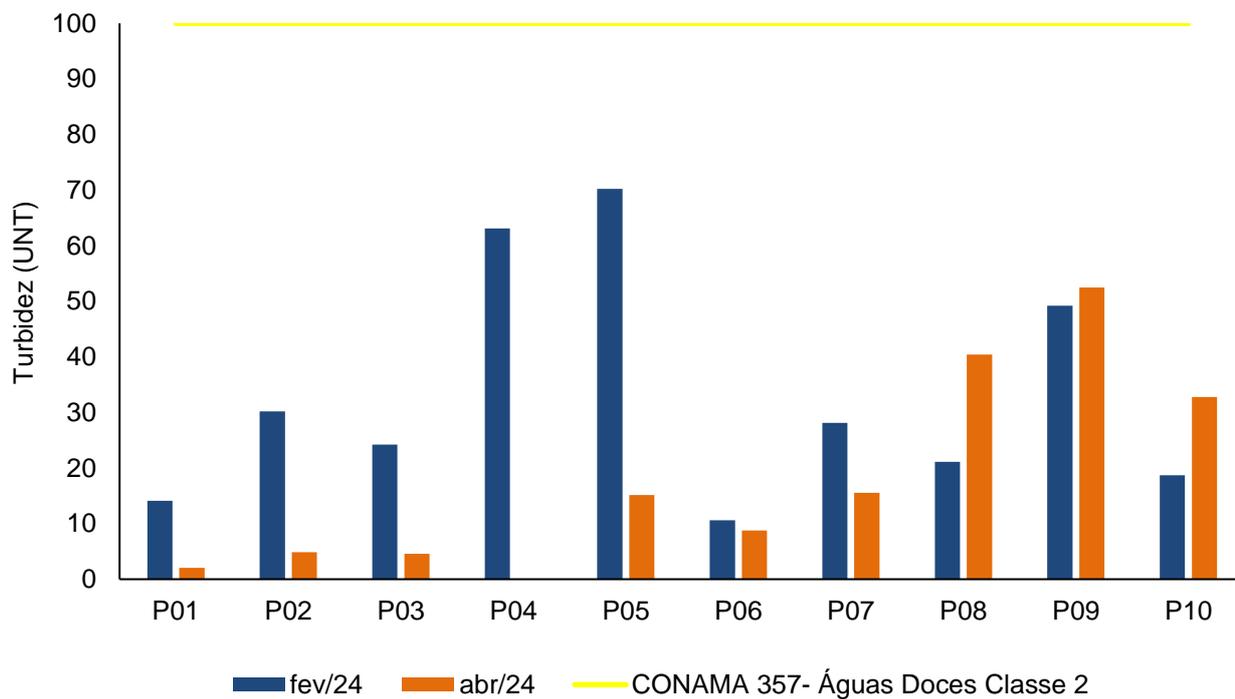
médio (P04) e baixo curso (P05) do rio Macaé. No intuito de compreender o que levou esse maior aporte de sedimentos e partículas para esses trechos do rio, buscou-se dados de precipitações de estações mais próximas aos pontos amostrais no Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da Região Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras – SIGA Macaé. Os dados das estações de Galdinópolis (BE7135F4) e Piller (BE707404) mostram que, nos 15 dias que antecederam à coleta da quinta campanha, os registros de pluviosidade acumulada foram de 15,7 mm e 15,0 mm respectivamente. Portanto, essa precipitação pode ter influenciado no carreamento de sedimentos para o rio Macaé, nos trechos de P01, P02, P03 e P04, através do escoamento superficial.

Ademais, o ponto P05, localizado no baixo curso do rio Macaé, antes da confluência com o rio São Pedro, possui margens mais expostas, favorecendo processos erosivos, logo, além desses processos, o impacto trazido por P04 pode ter contribuído para o valor de turbidez observado (70,2 UNT).

Ainda que na quinta campanha tenham sido registrados vários picos de turbidez, todas as amostras classificadas como águas doces apresentaram valores abaixo do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT). Destaca-se que para águas salobras não existe um valor de referência para turbidez na normativa de referência, o que inviabiliza a comparação dos resultados encontrados nas amostras de P09 e P10.

Na sexta campanha, a variação desse parâmetro foi de <0,1 UNT na amostra de P04 a 52,5 UNT nas águas analisadas em P09. Todas as amostras categorizadas como águas doces analisadas na sexta campanha apresentaram valores em conformidade com o estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT) (Figura 6-17). Conforme mencionado previamente, para esse parâmetro não existem limiares para fins comparativos para águas salobras, o que impossibilita a comparação dos valores registrados nas amostras de P08 e P10.

Figura 6-17 Resultados de turbidez do terceiro quadrimestre.



6.2 Análise dos Componentes Principais (PCA)

De forma a avaliar, estatisticamente, a influência da concentração dos parâmetros físico-químicos analisados em cada ponto amostral foi realizada a Análise dos Componentes Principais (PCA).

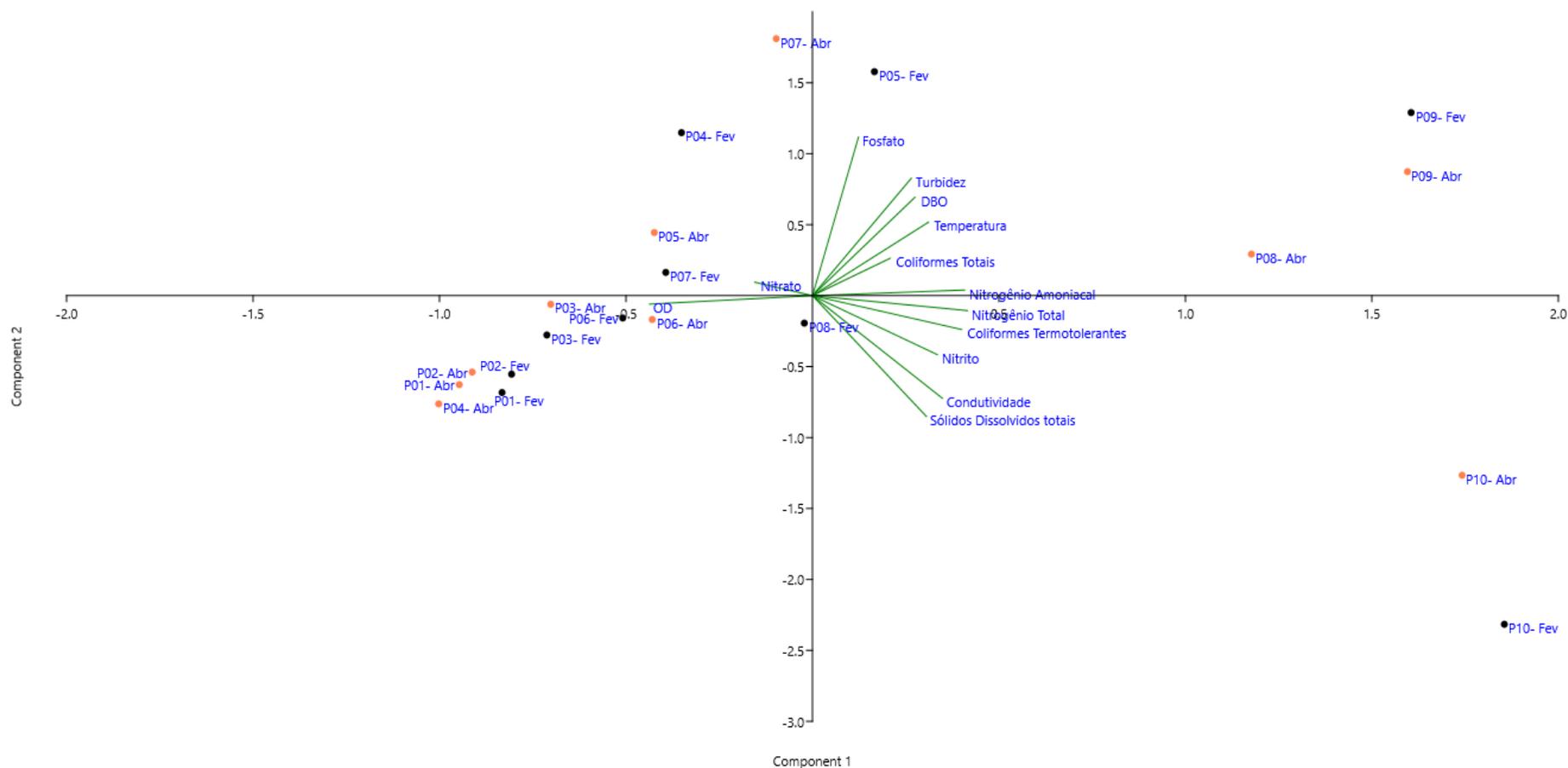
Para comprovar a adequação da PCA realizada, foi utilizado o teste de esfericidade de *Bartlett* e o teste estatístico de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO). O teste de *Bartlett* testa a hipótese nula, na qual a matriz de correlações é semelhante à matriz de identidade. Nesse teste o resultado igual ou menor a 0,05 indica que os dados utilizados produzem uma matriz de identidade, portanto, o modelo fatorial é adequado para a realização da análise de dados. Já o teste KMO demonstra a existência e os pesos das correlações parciais, nesse caso, o modelo é considerado apropriado quando o coeficiente de correlação simples e parcial se aproximam a 1, já valores abaixo de 0,6 mostram que a análise não é adequada (OLINTO, 2007; PRADO *et al.* 2016). Diante dos resultados apresentados na Tabela 6-2, observou-se que o teste de esfericidade de *Bartlett* apresentou valores significativos ($p < 0,001$). O teste de KMO exibiu um valor de 0,643, comprovando que o conjunto de dados é adequado para análise multivariada (PCA). Salienta-se que os parâmetros cloro livre, cloro total e pH foram retirados da análise por apresentarem pouca ou nenhuma variabilidade.

Tabela 6-2 Análise fatorial KMO e teste de esfericidade de Bartlett.

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,643
Teste de esfericidade de Bartlett (X^2)	249
Graus de liberdade	78
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 50,49% e 15,93% da variação dos dados, totalizando 66,42%, que podem ser vistos na Figura 6-18.

Figura 6-18 Resultados da análise dos componentes principais referente ao terceiro quadrimestre.



A partir da análise da [Figura 6-18](#), nota-se que houve um agrupamento entre os pontos amostrais do baixo curso do rio Macaé (P05/fevereiro e P08/abril) e do rio Jundiá (P09/fevereiro e abril), em que a distribuição deles foi mais influenciada pelos altos valores de turbidez, DBO, temperatura e coliformes totais. Na quinta campanha (fevereiro/2024), os pontos P05 (rio Macaé) e P09 (rio Jundiá) apresentaram resultado de coliformes totais >160.000 NMP/100mL, ou seja, maiores que o limite de quantificação do método analítico. Acompanhando essas altas concentrações, esses mesmos pontos naturalmente apresentaram os maiores valores de DBO em fevereiro de 2024, sendo 57 mg/L em P05 e 36 mg/L em P09, uma vez que quanto maior o aporte de compostos orgânicos, maior a DBO dos microrganismos para a degradação deles (CETESB, 2018). Em relação à turbidez, em fevereiro, P05 apresentou 70,2 UNT, sendo o maior valor observado nessa amostragem e P09 apresentou 49,2 UNT, o terceiro valor observado. A temperatura mais alta de fevereiro foi medida em P09 (29,61 °C), enquanto a terceira maior foi mensurada em P05 (27,81 °C).

Em relação à amostragem de abril, a foz do rio Macaé (P08) apresentou alta concentração de coliformes totais (160.000 NMP/100 mL) e naturalmente, alta DBO (11 mg/L). Esse cenário também foi observado no rio Jundiá (P09), que apresentou resultado acima do limite de quantificação do método analítico para coliformes totais (>160.000 NMP/100 mL), e 15 mg/L de DBO. Em relação à turbidez, os resultados mais altos foram vistos nesses mesmos pontos, com 40,4 UNT na foz do rio Macaé (P08) e 52,5 UNT no rio Jundiá (P09).

A distribuição do ponto localizado na foz do rio das Ostras (P10), nas duas amostragens (fevereiro e abril), foi influenciada pelas altas concentrações de condutividade (13.200 μ S/cm – fevereiro; 4.784 μ S/cm – abril) e sólidos dissolvidos totais (9.816 mg/L – fevereiro; 3.340 mg/L – abril), demonstrando a entrada da cunha salina.

6.3 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os valores de IQA da quinta campanha apresentaram resultados entre 18,72 e 65,76 nos pontos amostrais situados nos rios Jundiá (P09) e Macaé (P02), respectivamente (Tabela 6-3).

As análises do índice de qualidade da água na quinta campanha apresentaram três amostras classificadas como médias (P01, P02 e P03), cinco como ruins (P04 até P08) e duas como muito ruins (P09 e P10) (Tabela 6-3).

Diante dos resultados, as amostras de P04 até P10 foram classificadas como impróprias para o tratamento convencional visando o abastecimento público. Já as demais amostras, que exibiram uma classificação média, foram consideradas aptas para o tratamento convencional.

O padrão de resultados de IQA obtidos na sexta campanha foi, de forma majoritária, distinto da quinta campanha. Os valores do IQA apresentaram uma variação de 30,18 nas águas analisadas em P10, situado no rio das Ostras, a 74,92 na amostra de P04, localizado no rio Macaé.

Com base nos valores obtidos do IQA, observou-se que na sexta campanha, duas amostras foram classificadas como boas (P02 e P04), cinco como médias (P01, P03, P05, P06 e P07) e três como ruins (P08, P09 e P10) (Tabela 6-3).

Com base nos valores reportados, as amostras de P08, P09 e P10, classificadas como ruins, não são consideradas apropriadas para o abastecimento público, mas as demais classificadas como médias e boas são consideradas apropriadas para o tratamento convencional.

Tabela 6-3 Resultados de IQA em cada estação amostral do terceiro quadrimestre.

Estação	Cidade/Distrito	Corpo hídrico	IQA Feb/204	IQA Abr/24	Média
P01	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	65,26	66,74	66,00
P02	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	65,76	71,62	68,69
P03	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	59,29	55,73	57,51
P04	Casimiro de Abreu	rio Macaé	45,82	74,92	60,37
P05	Macaé	rio Macaé	37,58	63,03	50,31
P06	Macaé/ Glicério	rio São Pedro	48,31	63,81	56,06
P07	Macaé	rio Macaé	39,23	53,74	46,48
P08	Macaé/Barra	rio Macaé	37,50	36,30	36,90
P09	Rio das Ostras	rio Jundiá	18,72	34,31	26,51
P10	Rio das Ostras	rio das Ostras	22,22	30,18	26,20
Intervalo de Valores de IQA	100 ≥ IQA ≥ 90 90 > IQA ≥ 70 70 > IQA ≥ 50			50 > IQA ≥ 25	25 > IQA ≥ 0
Utilização no tratamento convencional para abastecimento	Águas apropriadas			Águas impróprias	Águas impróprias

Os resultados obtidos nas amostras classificadas como ruins ou muito ruins, nas distintas campanhas de monitoramento, têm associação com valores elevados dos parâmetros analisados.

De acordo com os boletins disponíveis no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os valores do IQA reportados nas avaliações realizadas entre 2013 até 2022, apresentaram de forma geral, uma classificação mediana para o rio Macaé (INEA, 2022). Saliencia-se que não foram disponibilizados no site do órgão ambiental as informações do IQA dos anos de 2016 e 2021 para o rio Macaé. Quando comparados aos resultados do presente estudo ambiental, verifica-se que o ponto E5 se aproxima da estação amostral descrita nos relatórios do INEA. Diante disso, o valor médio do IQA do terceiro quadrimestre da amostra E5 indica uma classificação mediana, o que reforça o mesmo padrão da qualidade das águas dessa localidade, conforme apresentado nos boletins supracitados.

Além disso, também é possível equiparar os resultados da estação P06 do presente estudo ambiental com os dados disponíveis nos boletins do órgão ambiental. De acordo com os dados históricos, o IQA desse corpo hídrico, durante o período de nove anos, apresentou uma classificação mediana (INEA, 2022), o que também foi verificado no IQA médio, considerando as duas campanhas do terceiro quadrimestre.

Ainda nesse contexto, o rio das Ostras também é monitorado pelo INEA e apresenta resultados do IQA. De acordo com os dados de 2013 até 2022, os valores reportados mostram que o IQA de sete amostras foi categorizado como ruim e dois como médios. Nesse sentido, o ponto amostral P10 do presente estudo ambiental, que mais se assemelha com a estação reportada pelo INEA, foi categorizado como ruim e muito ruim, reforçando os impactos das atividades antrópicas ao longo do tempo.

Um estudo conduzido por Pinheiro (2008) avaliou o IQA em diferentes pontos da bacia do rio Macaé. Alguns pontos do estudo supracitado se aproximam dos pontos analisados no presente levantamento ambiental. Contrastando os resultados da pesquisa e do presente monitoramento, verificou-se que, com base no IQA médio do terceiro quadrimestre, as águas analisadas em P01 apresentaram uma piora da sua qualidade, já que de acordo com o estudo de Pinheiro, o IQA era classificado anteriormente como bom e no presente estudo foi considerado mediano. Um padrão semelhante foi observado nas amostras de P02 e P04, que apresentaram uma classificação do IQA médio considerada mediana, e, no entanto, nos resultados obtidos por Pinheiro (2008) apontam um resultado do IQA classificado como bom. Já as amostras analisadas em P05 e P07, que segundo dados prévios foram classificadas como boas, apresentaram um IQA médio e ruim, respectivamente, o que também reforça uma piora da qualidade hídrica do rio Macaé.

De forma semelhante, a estação P08, que apresentava um IQA classificado como médio e ruim no estudo supracitado, apresentou um IQA categorizado como ruim nas duas campanhas realizadas, corroborando com os dados apresentados previamente.

Adicionalmente, destaca-se que o rio Jundiá, amostrado pelo ponto P09, também é avaliado no Projeto de Estudos de Avaliação do IQA da bacia do rio das Ostras. Com base nos resultados prévios esse rio apresenta um IQA médio de 36,69, sendo classificado como ruim. O que também foi evidenciado no IQA médio do terceiro quadrimestre, cujo valor foi de 26,51, o que indica a necessidade de implementar ações para a melhora da qualidade das águas do rio Jundiá.

Por fim, vale destacar que a análise do IQA envolve nove parâmetros, e não contempla, por exemplos, substâncias como produtos orgânicos, metais, agrotóxicos, entre outros compostos e/ou microrganismos que podem comprometer a qualidade de água (ANA, 2005). Entretanto, é um índice com alta aplicação no meio acadêmico e por órgãos ambientais para entender o cenário da contaminação ambiental proveniente de atividades antrópicas.

6.4 Avaliação visual

O protocolo de avaliação rápida apresenta itens que analisam determinados aspectos e permitem caracterizar o estado de preservação do ambiente monitorado (BIZZO, MENEZES, ANDRADE, 2014).

Com base nas observações verificadas em campo na quinta campanha de monitoramento, as condições ambientais dos pontos amostrais variaram de boa a regular (Tabela 6-4), seguindo a metodologia descrita por Do Nascimento e colaboradores (2020). Nos pontos amostrais P03 e P08 foram somadas características ambientais de locais preservados e de ações antrópicas, de acordo com a metodologia proposta pelos autores supracitados. Esse cenário foi notado na observação visual do tipo de ocupação nas margens e proximidades.

Tabela 6-4 Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à quinta campanha de monitoramento.

Parâmetro	Aspectos visuais			Pontos amostrais									
	3	2	1	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
1 Tipos de ocupação nas margens e proximidades	Vegetação nativa	Pastagem Agricultura e Reflorestamento	Residencial Comercial e Industrial	3	3	3+2+1*	3	3	3	3	3+1*	3	3
2 Obras e estruturas hidráulicas	Ausente	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Totalmente canalizado e/ou tamponado	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3 Fontes pontuais de emissão de efluentes	Ausente	Emissão de esgoto doméstico	Emissão de efluentes de origem química industrial	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2
4 Resíduos Sólidos	Ausente	Pouco	Muito	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3
5 Espumas	Ausente	Pouca	Muito	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6 Odor da Água (exceto Mangue)	Ausente	Fraco	Forte	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7 Turbidez da Água	Transparente	Turva / Cor de chá forte	Opaca ou colorida	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2
8 Vegetação Aquática	Ausente	Presença de musgos obstruindo o rio	Macrófitas	3	3	3	3	3	3	1	3	1	3
9 Proteção/Estrutura das Margens	Protegida	Pouco protegida	Sem proteção	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2
10 Cobertura Vegetal Adjacente	Abundante	Esparsa	Ausente	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
11 Elementos de retenção no canal	Pedras, troncos e folhas	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Ausente	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1
12 Estabilidade das margens à erosão e movimentos de massa	Estável	Parcialmente estável	Instável	3	2	2	2	3	3	3	3	1	3
13 Sombreamento por vegetação	Total	Parcial	Ausente	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2
14 Uso por animais	Ausente	Pouco expressivo	Presente	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
Total				37	37	39	36	34	35	30	36	31	35

* Em determinados pontos foram selecionados mais de um aspecto visual.

Conforme explicado anteriormente, foi desconsiderado os pontos P03 e P08 para análise, já que foram somados aspectos e tal fator pode mascarar o resultado. Diante disso, de acordo com o observado pelo coletor durante a amostragem, considerando os pontos que não tiveram somatório dos aspectos, a melhor condição ambiental na quinta

campanha foi vista no entorno das estações P01 e P02, pontos que apresentaram a mesma pontuação (Tabela 6-4).

Já o entorno do ponto P07 apresentou uma pontuação com o pior cenário ambiental, o que pode ter uma associação com os valores elevados de DBO e dos coliformes totais e termotolerantes. Além disso, ressalta-se que o IQA das águas analisadas nessa estação foi classificado como ruim.

Na sexta campanha, a avaliação visual feita pelo coletor indicou que em volta dos pontos amostrais a classificação também foi de regular a boa (Tabela 6-5). Nos pontos P02, P03, P08 e P10, também foram somadas condicionantes ambientais de áreas preservadas com aspectos de atividades antrópicas, no parâmetro tipo de ocupação nas margens e proximidades.

Tabela 6-5 Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à sexta campanha de monitoramento.

Parâmetro	Aspectos visuais			Pontos amostrais									
	3	2	1	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
1 Tipos de ocupação nas margens e proximidades	Vegetação nativa	Pastagem Agricultura e Reflorestamento	Residencial Comercial e Industrial	3	3+1*	3+1*	3	3	1	3	3+1*	3	3+1*
2 Obras e estruturas hidráulicas	Ausente	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Totalmente canalizado e/ou tamponado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
3 Fontes pontuais de emissão de efluentes	Ausente	Emissão de esgoto doméstico	Emissão de efluentes de origem química industrial	3	2	3	3	3	2	3	2	3	2
4 Resíduos Sólidos	Ausente	Pouco	Muito	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5 Espumas	Ausente	Pouca	Muito	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6 Odor da Água (exceto Mangue)	Ausente	Fraco	Forte	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7 Turbidez da Água	Transparente	Turva / Cor de chá forte	Opaca ou colorida	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
8 Vegetação Aquática	Ausente	Presença de musgos obstruindo o rio	Macrófitas	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3
9 Proteção/Estrutura das Margens	Protegida	Pouco protegida	Sem proteção	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1
10 Cobertura Vegetal Adjacente	Abundante	Esparsa	Ausente	3	3	2	2	3	3	2	1	2	2
11 Elementos de retenção no canal	Pedras, troncos e folhas	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Ausente	3	3	3	1	1	3	1	1	3	1
12 Estabilidade das margens à erosão e movimentos de massa	Estável	Parcialmente estável	Instável	3	3	3	3	3	2	1	1	3	1
13 Sombreamento por vegetação	Total	Parcial	Ausente	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2
14 Uso por animais	Ausente	Pouco expressivo	Presente	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3
Total				40	39	41	36	36	34	30	31	34	32

* Em determinados pontos foram selecionados mais de um aspecto visual.

De forma geral, os resultados das melhores e piores condições encontradas no entorno foram semelhantes à quinta campanha, quando considerados somente os pontos que não tiveram somatório de fatores. O ponto P01 apresentou o melhor cenário ambiental no entorno. E o ponto P07 exibiu a pior condição ambiental, o que pode ter uma associação com os resultados de coliformes totais, DBO e fosfato.

Finalmente, destaca-se que a soma dos pontos dos aspectos pode mascarar o real cenário ambiental na proximidade dos rios (CAMPOS, NUCCI, 2021). Portanto, estes

resultados devem ser observados de forma mais ampla e analisados de forma integrada, considerando as análises das variáveis físico-químicas e microbiológicas e a utilização do IQA contempladas no presente estudo.

7 CONCLUSÕES PRELIMINARES

Os resultados do terceiro quadrimestre apontam que as amostras avaliadas das distintas estações da bacia do rio Macaé são impactadas pelas atividades antrópicas. Notou-se que, de forma geral, os parâmetros cloro total, nitrato, pH, sólidos dissolvidos totais e turbidez, exibiram valores que atendem a Resolução CONAMA 357/2005.

Entretanto, nas duas campanhas realizadas foram verificadas elevadas concentrações de coliformes totais e coliformes termotolerantes em diferentes amostras avaliadas, que sugerem o aporte de efluentes nos corpos hídricos monitorados.

Além das variáveis supracitadas, parâmetros como DBO, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, nitrito e OD apresentaram concentrações em algumas amostras que não estavam em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1.

Destaca-se ainda os baixos valores de OD, uma vez que seis amostrais do terceiro quadrimestre apresentaram valores abaixo do preconizado pela normativa de referência; e em alguns casos valores abaixo de 2 mg/L, que coloca em risco a biota aquática que não tolera a redução significativa desse parâmetro.

Verificou-se que os piores valores do IQA foram associados às amostras de P09 e P10 na quinta e sexta campanha, classificados como ruins e muito ruins, o que pode ter uma associação com as elevadas concentrações de coliformes termotolerantes, DBO, sólidos dissolvidos totais, nitrogênio total nas duas campanhas nas amostras supracitadas, além dos baixos valores de OD.

Salienta-se ainda que as águas analisadas em P10 são influenciadas pela intrusão salina e por conta disso, apresentam uma maior variação da salinidade, quando comparadas aos demais pontos, o que é evidenciado com a classificação de águas salobras nas duas campanhas para a estação supracitada. Nesse sentido, a salinidade apresenta uma relação com outros parâmetros, como o pH, turbidez, dentre outros, podendo inviabilizar em alguns casos comparações com algumas variáveis ambientais previstas na CONAMA 357/2005, como por exemplo, DBO, nitrogênio amoniacal, sólidos dissolvidos totais e turbidez.

Em relação à avaliação visual, o pior cenário ambiental nas duas campanhas foi notado no entorno do ponto P07, o que pode refletir nos resultados encontrados, como o caso do IQA classificado como ruim e mediano. E serve como um ponto de atenção para

as futuras campanhas, para avaliar a necessidade de implementação de ações para a melhoria da qualidade da água do corpo hídrico.

Finalmente, reforça-se a continuidade do monitoramento ambiental realizado para a compreensão dos padrões de sazonalidade dos resultados. Ademais, as informações levantadas poderão auxiliar no entendimento da influência da salinidade no enquadramento dos diferentes rios avaliados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA- ANA. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. - Brasília: ANA, SPR, 2005.

ALVARADO, Juan José; AGUILAR, José Francisco. Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, v. 57, p. 19-29, 2009. Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000500005. Acesso em 16 jan. 2024.

American Public Health Association- APHA, **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater – SMEWW**. American Public Health Association – APHA, 23th ed., Washington – USA, 2017.

BIZZO, Myrella Rodrigues de Oliveira; MENEZES, Juliana; DE ANDRADE, Sandra Fernandes. Protocolos de avaliação rápida de rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais- CADEGEO**, v.04, n.01, p.05-13, 2014. Disponível em: <http://www.cadegeo.uff.br/index.php/cadegeo/article/view/20/19>. Acesso em 05 set. 2023.

BRASIL. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 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; publicada no Diário Oficial da União em 18 de março de 2005; Brasília, Distrito Federal.

CALLISTO, Marco. *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 14, n. 1., 8 p. 91-98, 2002. Disponível em: <https://jbb.ibict.br/bitstream/1/708/1/Callisto%20et%20al..pdf>. Acesso em 13 set. 2023.

CAMPOS, Janaina Cassia; NUCCI, João Carlos. Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) como ferramenta de monitoramento ambiental. **GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 21, p. 121-138, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.17127/got/2021.21.005>. Disponível em: <http://cegot.org/ojs/index.php/GOT/article/view/2021.21.005>. Acesso em 15 jan. 2024

CARBINATTI, Camilla. **Remoção de fosfato em esgoto doméstico utilizando argilas ativas e funcionalizadas de chumbo**. Dissertação. (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2019.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS- CBHMO. **Bacia Hidrográfica**. Disponível em: <https://cbhmae.eco.br/a-bacia/>. Acesso em: 30. mar. 2023

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem- Apêndice E**. São Paulo: CETESB, 2019. 52f. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2018/03/Apendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 30 set. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 327 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 30 set. 2023.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS- CERHI-RJ. **Resolução Nº 107 de 22 de maio de 2013**. Aprova nova definição das regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro e revoga a resolução CERHI nº 18 de 08 de novembro de 2006. Diário Oficial do Rio de Janeiro, 2013.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL LAGOS SÃO JOÃO -CILSJ. **Ato convocatório nº 09/2022**. Termo de referência para contratação de empresa para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos na bacia do rio das Ostras com a elaboração de um estudo com capacidade de diagnosticar a bacia ao avaliar índice de qualidade da água (IQA) e a salinidade dos corpos hídricos. 2022b.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL LAGOS SÃO JOÃO -CILSJ. Consórcio Intermunicipal Lagos São João. **Ato convocatório nº 22/2022**. Termo de referência para contratação de empresa para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos na bacia do rio das Ostras com a elaboração de um estudo de monitoramento ambiental com ênfase na gestão de recursos hídricos na RH VIII. 2022a.

COSTA, Rafael Nogueira; FARIAS, F. M. Monitoramento do Rio Macaé com base na participação das Escolas Públicas: uma ação para a sustentabilidade. **Visões**, v. 4, p. 43-54, 2008. Disponível em: https://www.fsma.edu.br/visoes/edicoes-antiores/docs/4/4ed_Monitoramento_do_Rio_Macaé_Rafael_Maria.pdf. Acesso em: 15 jan. 2024.

DO NASCIMENTO, Fabricio Holanda *et al.* Avaliação Visual Rápida de Rios Urbanos: o Caso do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do rio Reis Magos e do rio Jacaraípe, Espírito Santo. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 73, p. 492–505, 2020. DOI:<http://dx.doi.org/10.14393/RCG217349673>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/49673>. Acesso em: 07 set. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual para formação e capacitação de grupos comunitários em metodologias participativas de monitoramento da qualidade da água**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará- 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900819/manual-para>

formacao-e-capacitacao-de-grupos-comunitarios-em-metodologias-participativas-de-monitoramento-da-qualidade-da-agua---modulo-iii-avaliacao-fisico-quimica. Acesso em: 16 fev. 2024.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Method 6020B (SW-846): **Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry**," Revision 2. Washington, DC, 2014.

FREITAS, Fernanda et al. Qualidade microbiológica e fatores ambientais de áreas estuarinas da Reserva Extrativista Marinha Baía do Iguape (Bahia) destinadas ao cultivo de ostras nativas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 723-729, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016153707>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/T9HjpmnKVRfXDS8k7M8Drp/?lang=pt>. Acesso em 15 de fev. 2024.

FREITAS, Leonardo Esteve de. **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**. 1. ed. Rio de Janeiro: Nova Tríade do Brasil, 2015. Disponível em: <https://macae.rj.gov.br/midia/conteudo/arquivos/1460067952.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.

GOMES, Maria Laura Monnerat. Ocupação urbana de Rio das Ostras: elementos definidores e os impactos nos recursos hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 3, n. 2, p. 145-162, 2009. Disponível em: [//editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20090018](http://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20090018). Acesso em: 15 fev. 2024.

HANNAFORD, Morgan J. et al. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 16, n. 4, p. 853-860, 1997. DOI: <https://doi.org/10.2307/1468176>. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.2307/1468176>. Acesso em: 15 fev. 2024.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. **Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras**. Relatório Síntese. 197p. Rio de Janeiro, 2014a. Disponível em: https://cbhmacae.eco.br/plano_de_bacia/rsf-relatorio-sintese-do-plano-de-recursos-hidricos-macaеоstras/. Acesso em: 24 set. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - INEA. **Índice de Qualidade da Água NSF (IQANSF)**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wpcontent/uploads/2019/12/IQANSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados meteorológicos**. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 setembro 2023.

KÖPPEN, Wilhelm. **Climatologia: com un estudio de los climas de la tierra**. México: Ed. Fondo de Cultura Econômica; 1948. 479p.

MEDEIROS, Luciana de Castro. **Avaliação do risco à saúde humana pela exposição aos subprodutos da cloração da água do sistema de abastecimento público**. 2019.110f. Tese

(Doutorado em Desenvolvimento e Meio ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte. 2019.

OLINTO, Maria Teresa Anselmo. In: KAC, Gilberto *et al.* orgs. **Epidemiologia nutricional**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz/Editora Atheneu, p. 213-25, 2007. DOI: DOI:<https://doi.org/10.7476/9788575413203>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/rrw5w>. Acesso em 15 jan. 2024.

PIANOWSKI, Eloisa Helena; JANISSEK, Paulo Roberto. Desinfecção de efluentes sanitários com uso de cloro: avaliação da formação de trihalometanos. **Sanare: Revista Técnica da Sanepar**, v. 20, n. 20, p. 6-17, 2003. Disponível em: https://www.academia.edu/5929765/O_Uso_de_Cloro_na_Desinfec%C3%A7%C3%A3o_de_%C3%81guas_a_Forma%C3%A7%C3%A3o_de_Trihalometanos_e_os_Riscos_Potenciais_%C3%A0_Sa%C3%BAdade_P%C3%BAblica_Chlorine_Use_in_Water_Disinfection_Trihalomethane_Formation_and_Potential_Risks_to_Public_Health. Acesso em 03 out. 2023.

PINHEIRO, Marina Rodrigues de Carvalhes. **Avaliação de usos preponderantes e qualidade da água como subsídios para os instrumentos de gestão dos recursos hídricos aplicada à Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**. 2008. 151f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. 2008.

PRADO, Bruna Queiroz de Melo et al. Avaliação de variáveis climatológicas da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise de componentes principais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 407-413, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016147040>. Acesso em: <https://www.scielo.br/ij/esa/a/7X3f79MpyfKs5FMv3pWwQbT/?lang=pt#>. Disponível em: 15 fev. 2024.

SANTOS, Débora Magdalão dos. **Estudo da qualidade da água de poços outorgados e da água tratada na área rural do município de Macaé**. 2022. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, Rio de Janeiro, 2022.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMWW 2550. **Temperature**. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMWW 4500-h B. **pH** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMWW 4500-o G **Oxygen (dissolved)** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMWW 5210 b. **Biochemical oxygen demand (BOD)** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMWW 9221 E. **Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMWW 2130. **Turbidity**. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMWW 2510 B. **Conductivity** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMWW 2520. **Salinity** In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press, 2017.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - SMWW 2540. **Solids**. In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Lipps WC, Baxter TE, Braun-Howland E, editors. Washington DC: APHA Press, 2017.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. **Limnologia**. Tundisi, T.M. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

VON-SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidades das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1 – Certificado de Acreditação INMETRO

ANEXO 2 - Certificado CCL INEA

ANEXO 3 – Registro Fotográfico

ANEXO 4 – Cadeias de Custódia

ANEXO 5 – Laudos Analíticos

ANEXO 6 – Memória de cálculo IQA

ANEXO 7 – Representação espacial