

# Relatório Técnico Parcial IV

Revisão 01  
Referência: Setembro de 2024

Agente Financiador:



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 <a href="mailto:ronaldoleao@oceanus.bio.br">ronaldoleao@oceanus.bio.br</a>	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto <a href="mailto:rsecioso@oceanus.bio.br">rsecioso@oceanus.bio.br</a>	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger	Gestora Ambiental Coordenadora Geral* <a href="mailto:viviane@oceanus.bio.br">viviane@oceanus.bio.br</a>	-
Silvia Lisboa de Araujo	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos** <a href="mailto:projetos@oceanus.bio.br">projetos@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais <a href="mailto:edson@oceanus.bio.br">edson@oceanus.bio.br</a>	CRQ/RJ nº 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório <a href="mailto:mribeiro@oceanus.bio.br">mribeiro@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo <a href="mailto:oceanus@oceanus.bio.br">oceanus@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 78165/02-D
Rafaela dos Santos Costa	Dra. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, bióloga Analista de Projetos Ambientais <a href="mailto:projetos04@oceanus.bio.br">projetos04@oceanus.bio.br</a>	-
Debora Costa	Supervisora de Logística <a href="mailto:deboracosta@oceanus.bio.br">deboracosta@oceanus.bio.br</a>	-
Allan Guilherme Rodrigues de Souza	Analista de Amostragem <a href="mailto:coletas02@oceanus.bio.br">coletas02@oceanus.bio.br</a>	-
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](http://www.oceanus.bio.br)

## REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio Lagos São João
00	20/09/2024	Emissão original	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
01	04/11/2024	Emissão conforme revisão do CILSJ	Silvia Lisboa	Viviane Krüger	

## 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 quarto quadrimestre.	34
Figura 6-2. Resultados de cloro total do quarto quadrimestre.	37
Figura 6-3. Resultados de cloro livre do quarto quadrimestre.	38
Figura 6-4. Resultados de coliformes termotolerantes do quarto quadrimestre.	39
Figura 6-5. Resultados de coliformes totais do quarto quadrimestre.	40
Figura 6-6. Resultados de condutividade do quarto quadrimestre.	42
Figura 6-7. Resultados de DBO do quarto quadrimestre.	43
Figura 6-8. Resultados de fosfato do quarto quadrimestre.	44
Figura 6-9. Resultados de nitrato do quarto quadrimestre.	45
Figura 6-10. Resultados de nitrito do quarto quadrimestre.	46
Figura 6-11. Resultados de nitrogênio amoniacal do quarto quadrimestre.	48
Figura 6-12. Resultados de nitrogênio total do quarto quadrimestre.	49
Figura 6-13. Resultados de oxigênio dissolvido do quarto quadrimestre.	51
Figura 6-14. Resultados de pH do quarto quadrimestre.	52
Figura 6-15. Resultados de sólidos dissolvidos totais do quarto quadrimestre.	53
Figura 6-16. Resultados de temperatura do quarto quadrimestre.	54
Figura 6-17. Resultados de turbidez do quarto quadrimestre.	55
Figura 6-18. Resultados da análise dos componentes principais referente ao quarto 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 as coletas do quarto quadrimestre.	35
Tabela 6-2. Análise fatorial KMO e teste de esfericidade de Bartlett.	56
Tabela 6-3. Resultados de IQA em cada estação amostral do quarto quadrimestre.	60
Tabela 6-4. Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à sétima campanha de monitoramento.	64
Tabela 6-5. Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à oitava campanha de monitoramento.	65

## LISTA DE ABREVIações

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico  
CBH Macaé Ostras - 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.....	15
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).....	42
6.1.6	Fosfato.....	43
6.1.7	Nitrato e nitrito.....	44
6.1.8	Nitrogênio amoniacal .....	47
6.1.9	Nitrogênio total .....	48
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).....	56
6.3	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	59



6.4	Avaliação visual .....	63
7	CONCLUSÕES PRELIMINARES .....	66
	REFERÊNCIAS .....	68
	ANEXOS .....	74

## 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 km<sup>2</sup> (CBH Macaé Ostras, 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 km<sup>2</sup>, 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 (CBH Macaé Ostras, 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 (CBH Macaé Ostras, 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).

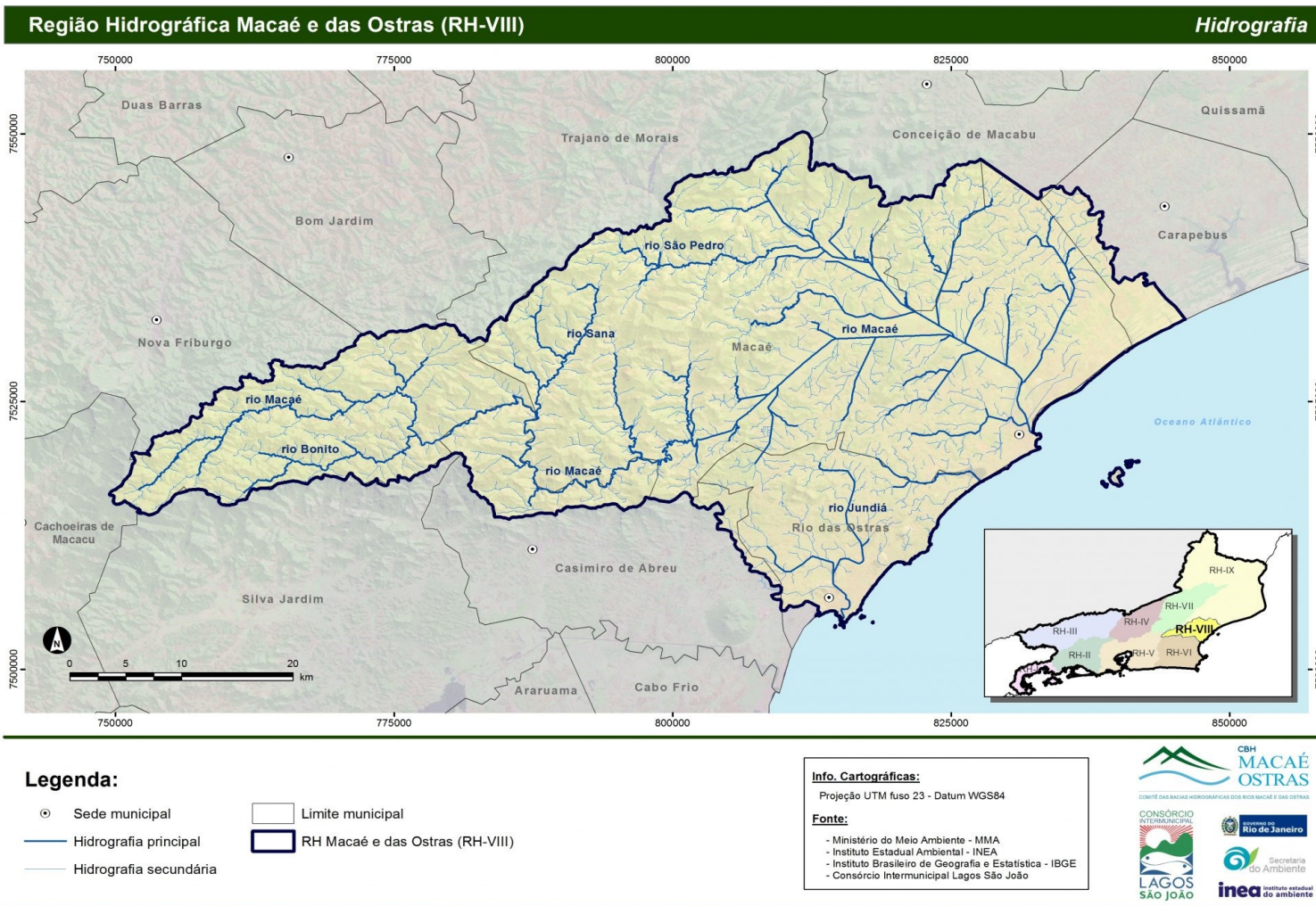
Em seguida, após a bacia do rio Macaé, em termos de extensão, temos a bacia do rio das Ostras, limitada ao norte pela bacia do rio Macaé e ao sul pelo Oceano Atlântico, com 157 km<sup>2</sup>, compreendendo a bacia propriamente dita mais um conjunto de microbacias litorâneas formado pelas lagoas de Iriry, Salgada e Itapebussus e alguns córregos que deságuam nas praias (CBH Macaé Ostras, 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 (CBH Macaé Ostras, 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 Iriry 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.**



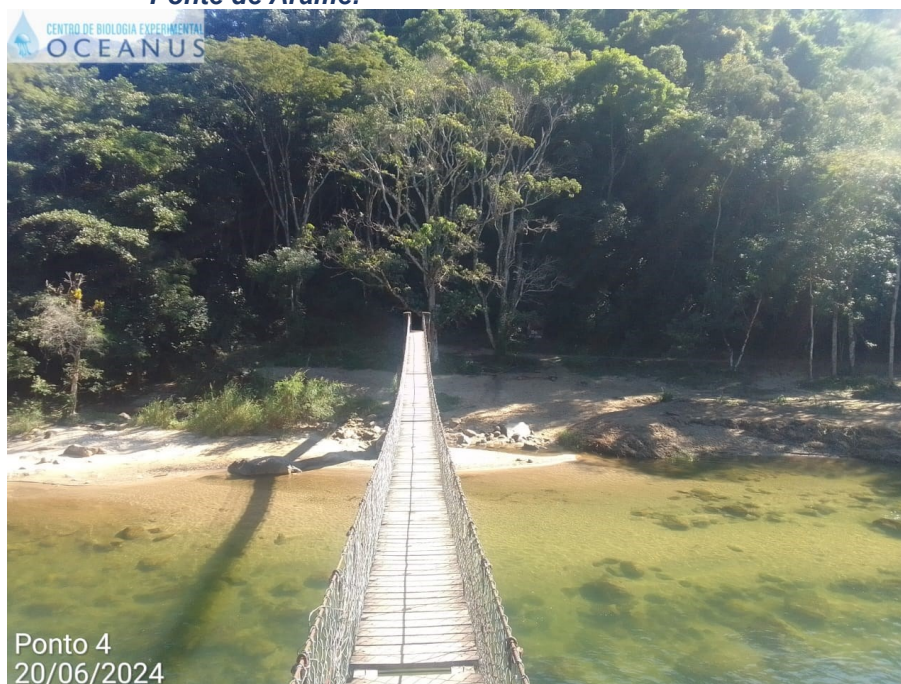
Fonte: CBH Macaé Ostras (2023).

## 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; CBH Macaé Ostras; 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 Iriry, 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.**



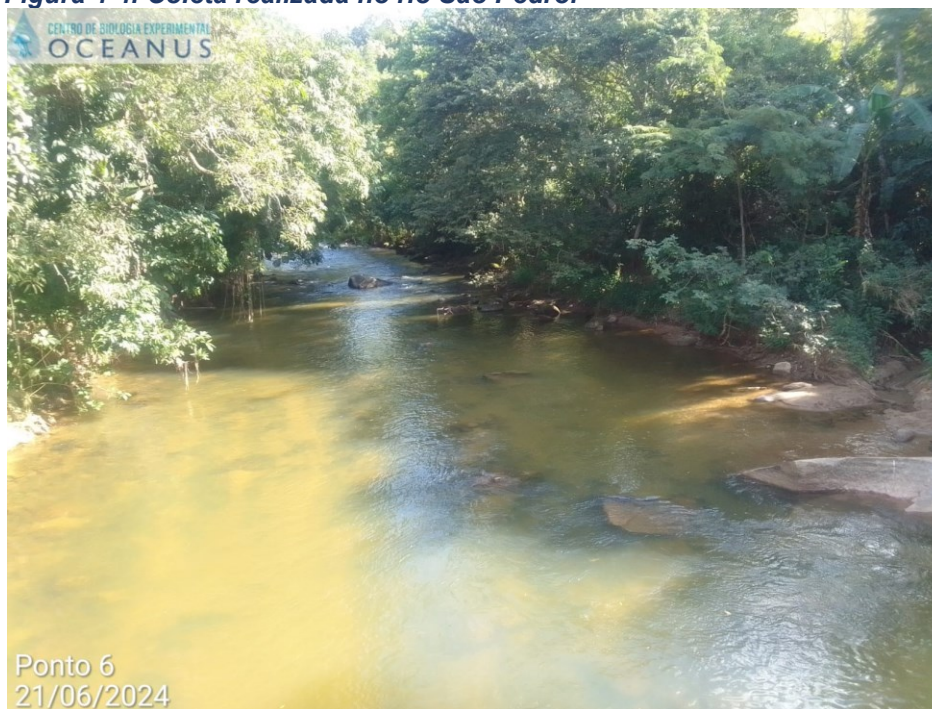
Fonte: Própria autoria.

### 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.**



Fonte: Própria autoria.

#### **4.4 Rio das Ostras**

O rio das Ostras (Figura 4-5) é um rio meandrante que nasce da confluência entre os rios Iriry e Jundiá. Possui 77 km<sup>2</sup> 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.**



P10

27/08/2024

Fonte: Própria autoria.

## 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 durante as

campanhas 1 a 6. Esse ponto está localizado próximo à Estação Fluviométrica em Galdinópolis, uma região de cabeceira da RH, a montante da ocupação urbana.

No entanto, devido às elevadas concentrações de coliformes totais e coliformes termotolerantes encontradas nas amostras do ponto “1” durante as campanhas previamente mencionadas, decidiu-se adicionar um novo ponto controle a partir da amostragem realizada em agosto de 2024 (oitava campanha). Esse novo ponto, denominado ponto “11”, será melhor descrito posteriormente.

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. 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 do rio, afluente da margem direita do alto rio Macaé, próximo à estação fluviométrica de 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).

No rio Jundiá, 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 Iriry (um de seus principais afluentes junto com o rio Maurício), 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.

O ponto “11” fica situado na Serra de Macaé de Cima, no Distrito de Mury, em Nova Friburgo. A estação fica próxima a uma igreja na estrada de Macaé de Cima. De acordo com imagens de satélites, são verificadas poucas residências no entorno do ponto amostral. Ressalta-se que esse ponto foi incluído no monitoramento a partir da campanha de agosto de 2024, como o novo ponto controle do presente projeto.

Diante do exposto, foram coletadas amostras de água superficial nos 11 (onze) pontos amostrais distintos na Bacia Hidrográfica do rio das Ostras, conforme o Quadro 4-1 e a Figura 4-6.



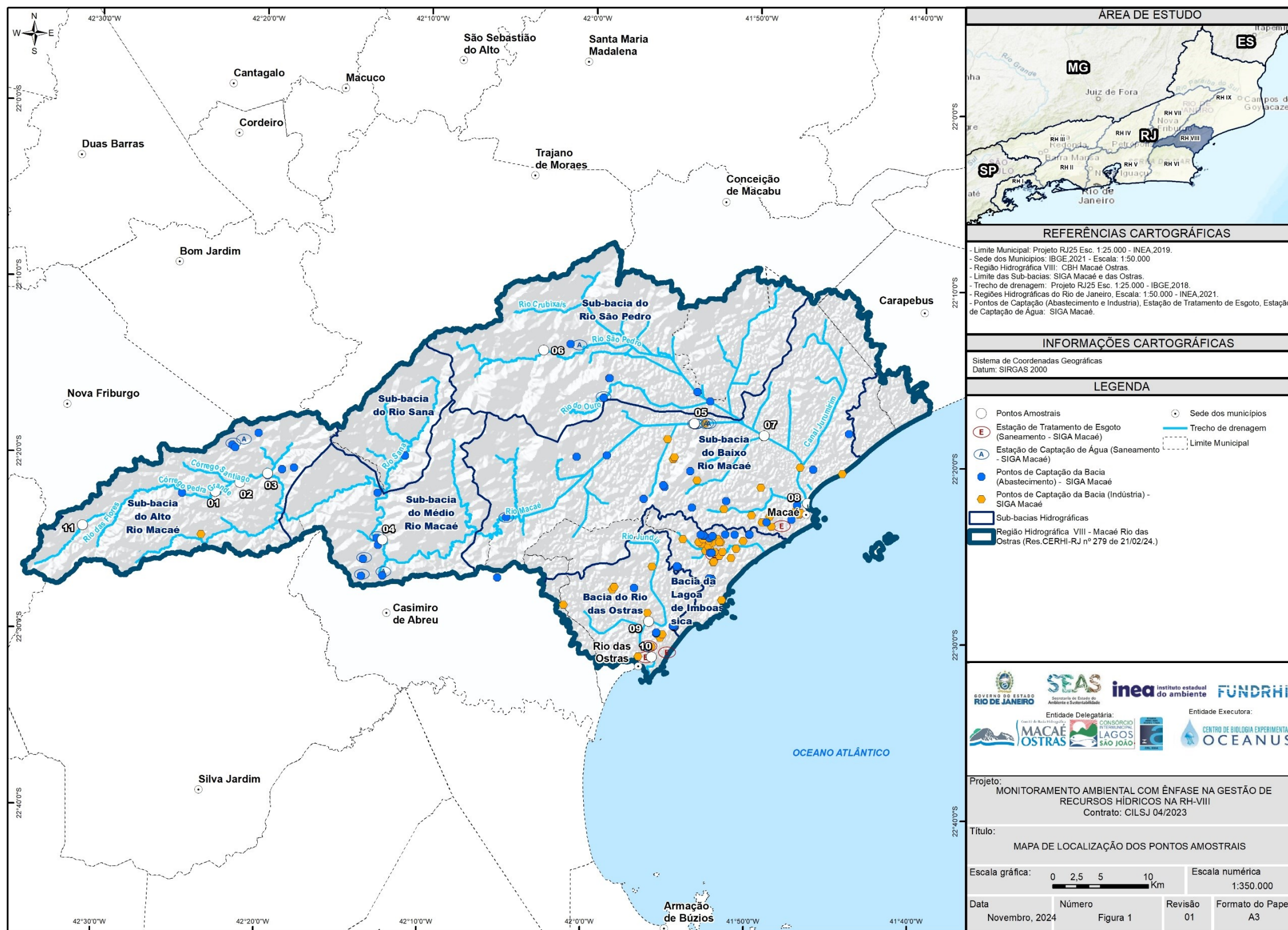
**Quadro 4-1. Localização dos pontos amostrais segundo suas coordenadas geográficas, referências e profundidade.**

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Profundidade de junho (m)	Profundidade agosto (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°	0,30	0,15
P02	Após a confluência do Córrego Santiago. Próximo ao Bar do rio Lumiar - rio Macaé	-22.360200°	-42.354500°	0,30	0,20
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°	0,15	0,15
P04	Localidade de Figueira Branca, na Ponte de Arame - rio Macaé.	-22.411970°	-42.208370°	0,30	0,15
P05	Próximo à Estação Fluviométrica Severina. À montante da confluência com o rio São Pedro - rio Macaé.	-22.296280°	-41.893300°	0,30	0,20
P06	À jusante da PCH Glicério. Próximo à Estação Fluviométrica Glicério- rio São Pedro.	-22.229680°	-42.048130°	0,30	0,20
P07	À jusante da confluência com o rio São Pedro- rio Macaé.	-22.306900°	-41.822450°	0,30	0,20
P08	No rio Macaé, na altura da ponte da Barra, próximo ao late Clube – rio Macaé.	-22.369720°	-41.776700°	0,30	0,20
P09	Ponte sobre o rio Jundiá no bairro Village. À montante da confluência com o rio Iriry - rio Jundiá.	-22.484270°	-41.935860°	0,30	0,20
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°	0,30	0,20
P11*	Próximo à igreja na estrada de Macaé de Cima	-22.402654°	-42.513506°	-	0,15

\*Ponto adicionado na oitava campanha de monitoramento (agosto/2024).

Fonte: Própria autoria.

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



Fonte: Própria autoria.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Coleta de amostras

A sétima campanha de monitoramento foi realizada nos dias 20 e 21 de junho de 2024, já a oitava campanha foi efetuada no dia 27 de agosto 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 N° IN010534 (ANEXO 2), de acordo com as normas nacionais e internacionais de monitoramento, obedecendo a 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 n° 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe de amostragem seguiu as orientações referentes a cada local onde 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 através da utilização de balde de inox. Os parâmetros físico-químicos da água, como oxigênio dissolvido, pH, salinidade, temperatura da água, 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.**



Fonte: Própria autoria.

## 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<sup>a</sup> 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/100mL	SMWW, 23ª Edição, Método 9221 B e C
		2	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	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		

Fonte: Própria autoria.

### 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  $<0,5\%$ ), salobras (salinidade entre 0,5 e 30‰) e salinas (salinidade  $>30\%$ ) 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

Fonte: Própria autoria.

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 ( $q_i$ ), pontuada de zero a 100.

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

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

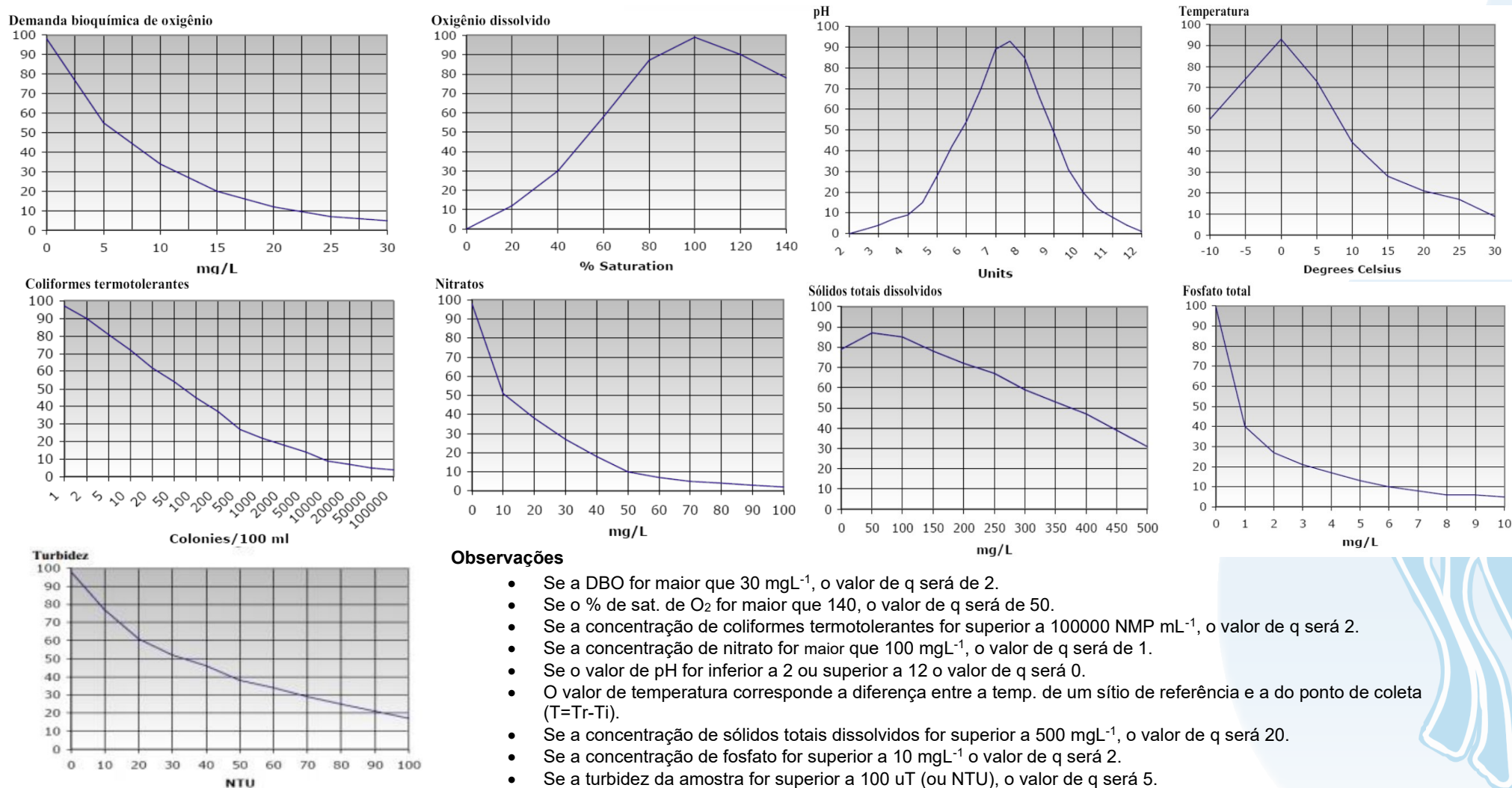
Sendo:

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.**



Fonte: INEA (2019).



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

Fonte: Própria autoria.

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 Calisto 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 antrópicos 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
<b>Boa</b>	Acima de 35 pontos
<b>Regular</b>	30 a 35
<b>Ruim</b>	Abaixo de 30

Fonte: Adaptado de Do Nascimento e colaboradores (2020).



## 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 quarto quadrimestre, indicam que, na quinzena anterior à sétima campanha, não houve registro de precipitação. A média de temperatura desse período foi de 23,1 °C.

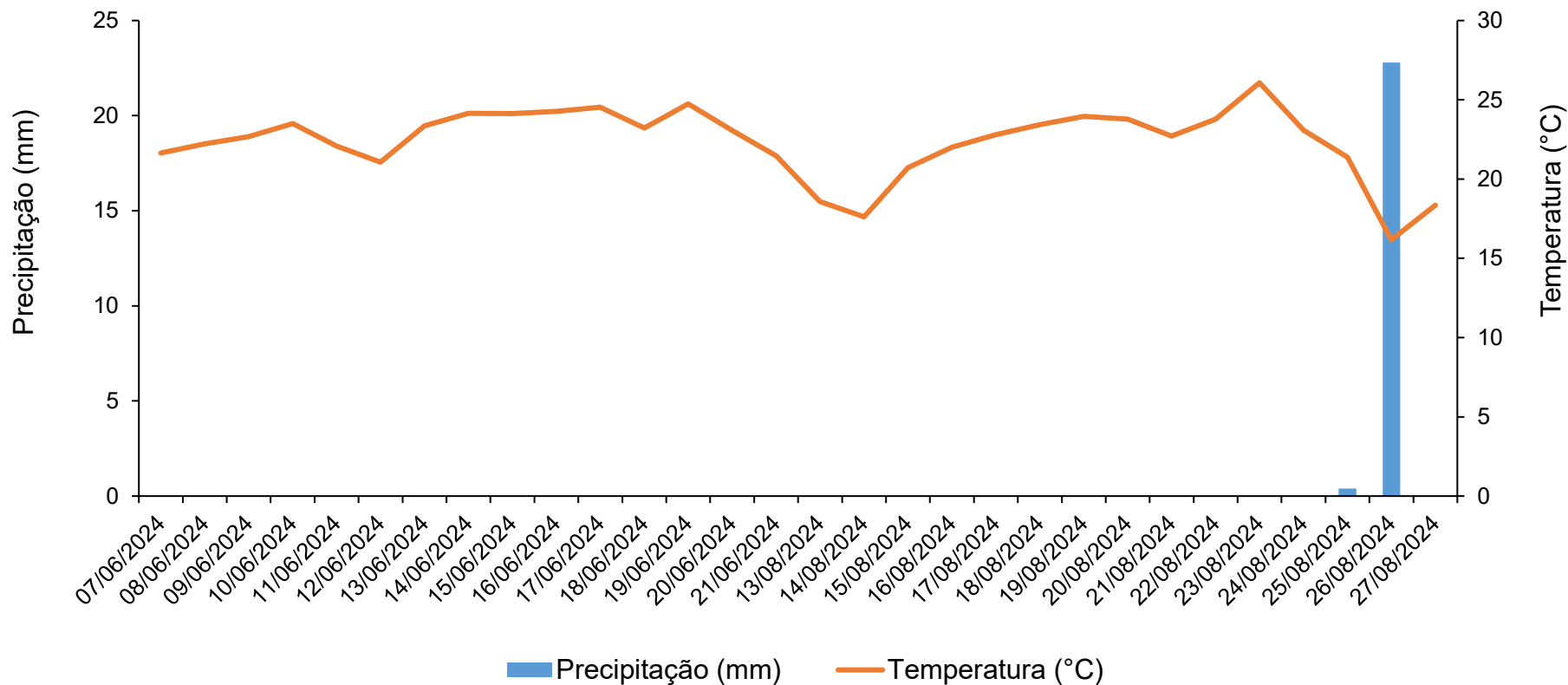
Na oitava campanha, a pluviosidade acumulada foi de 23,2 mm, um valor considerado como precipitação relativamente forte (SILVA; DA FRANCA, 2021). A temperatura média registrada foi de 21,6 °C.

A precipitação da presente campanha foi inferior quando comparada aos resultados do terceiro quadrimestre, no qual foram registrados 0,6 mm na quinta campanha e 37,4 mm na sexta campanha.

Salienta-se que as variáveis ambientais analisadas na água, além de apresentarem relações, também podem ser influenciadas pela precipitação, como, por exemplo, a turbidez, pH, nutrientes, coliformes, salinidade e sólidos.

Os resultados das coletas de junho e agosto de 2024, juntamente com os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), estão apresentados na Tabela 6-1.

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



Fonte: Própria autoria.

**Tabela 6-1. Resultados dos parâmetros analisados para as coletas do quarto 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 (NTU)
P1	21/06/2024	<0,01	<0,01	350,0	140,0	20,0	3,0	N.D	0,11	<0,01	N.D	0,5	5,62	7,72	13,60	18,20	0,39
	27/08/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	>160000,0	34,0	6,0	N.D	0,36	<0,01	N.D	0,8	6,07	7,28	16,72	15,63	2,36
P2	21/06/2024	<0,01	<0,01	4900,0	94,0	24,0	5,0	<0,06	0,12	<0,01	<0,01	0,3	5,26	7,64	18,90	19,40	<0,1
	27/08/2024	<0,01	<0,01	4900,0	230,0	27,0	4,0	N.D	0,31	<0,01	0,03	0,6	6,00	7,27	16,52	15,77	4,04
P3	21/06/2024	<0,01	<0,01	28000,0	4900,0	32,0	6,0	<0,06	0,28	0,01	0,02	0,4	6,49	7,20	29,00	18,40	0,31
	27/08/2024	<0,01	<0,01	24000,0	7900,0	14,0	8,0	0,09	0,42	<0,01	0,02	0,8	5,68	7,28	7,00	15,80	3,54
P4	20/06/2024	<0,01	<0,01	1600,0	920,0	41,0	4,0	0,08	0,15	<0,01	N.D	0,4	6,98	8,09	31,11	19,08	<0,1
	27/08/2024	<0,01	<0,01	22000,0	1300,0	47,0	7,0	0,48	0,43	<0,01	0,02	0,9	5,55	7,50	23,50	17,91	13,60
P5	20/06/2024	<0,01	<0,01	920,0	240,0	42,0	5,0	0,11	0,28	<0,01	0,07	0,4	6,29	7,76	114,99	21,80	6,05
	27/08/2024	<0,01	<0,01	7900,0	1400,0	40,1	6,0	0,07	0,86	0,01	0,42	1,5	6,30	7,88	22,57	19,10	84,50
P6	20/06/2024	<0,01	<0,01	160000,0	7900,0	49,0	6,0	<0,06	0,13	<0,01	0,03	0,4	6,94	7,64	33,32	21,80	1,18
	27/08/2024	<0,01	<0,01	54000,0	2300,0	75,2	3,0	1,33	0,34	<0,01	0,03	0,9	6,84	8,01	40,60	18,50	2,50
P7	20/06/2024	<0,01	<0,01	540,0	350,0	49,0	5,0	0,12	0,37	<0,01	0,25	0,9	6,73	7,13	36,18	22,90	2,29
	27/08/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	1400,0	43,5	10,0	0,27	0,25	<0,01	0,05	0,7	6,59	7,77	24,57	19,50	13,00
P8	20/06/2024	<0,01	<0,01	1600,0	920,0	36110,0	6,0	0,32	0,11	0,02	0,75	1,4	5,70	6,60	29790,60	25,40	4,07
	27/08/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	2200,0	5470,0	5,0	0,11	0,24	0,01	0,10	0,8	6,57	6,89	3829,00	20,10	6,30
P9	20/06/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	>160000,0	3842,0	9,0	0,25	0,43	0,03	1,41	3,8	3,32	7,44	2550,00	23,30	20,90
	27/08/2024	<0,01	<0,01	24000,0	490,0	1355,0	8,0	0,17	0,75	0,09	1,77	3,7	3,92	7,50	744,00	20,10	18,80
P10	20/06/2024	<0,01	<0,01	>160000,0	24000,0	43160,0	13,0	0,20	0,09	0,04	1,10	2,3	4,52	7,04	34776,20	24,80	2,82
	27/08/2024	<0,01	<0,01	24000,0	790,0	16700,0	8	0,34	0,24	0,07	2,07	7,2	4,32	7,01	11690,00	20,6	11,40
P11	20/06/2024	<0,01	<0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27/08/2024	<0,01	<0,01	2200,0	230,0	13,0	5,0	1,38	0,34	<0,01	0,01	1,0	6,97	7,00	11,82	13,19	0,42
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2	-	-	-	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*	-	5	-	10,0	1,0	**	2,18	> 5,0	6,0 a 9,0	500	-	100
	Águas Salobras Classe 1	-	0,01	-	-	-	-	-	0,4	0,07	0,4	-	> 5,0	6,5 a 8,5	-	-	-
	Águas Salinas Classe 1	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,07	0,4	-	> 6,0	6,5 a 8,5	-	-	-

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

Fonte: Própria autoria.

Com base nos resultados obtidos na sétima campanha realizada (20 e 21/06/24), as águas analisadas em P01 até P07 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 P08, 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 oitava campanha (27/08/24), os resultados das amostras de P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07, e P11 foram equiparados aos valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Em contrapartida, as águas analisadas em P08, P09 e P10 foram comparadas aos limites estipulados pela normativa de referência para Águas Salobras Classe 1.

Ressalta-se que os pontos P08, P09 e P10 estão localizados, respectivamente, próximo à foz do rio Macaé; no rio Jundiá, a montante da confluência com o rio Iriry; e na Boca da Barra do rio das Ostras.

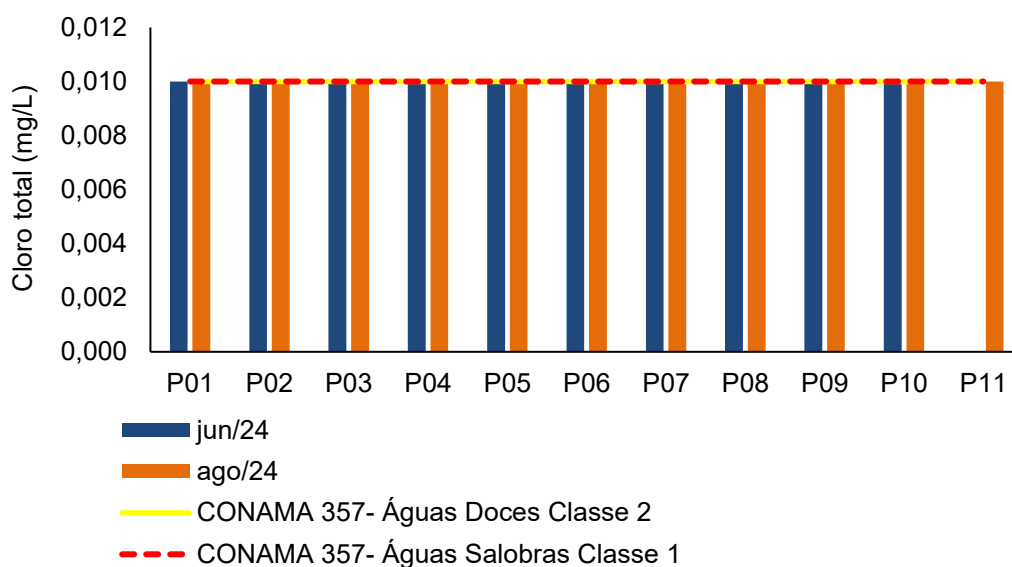
Para facilitar a visualização dos dados, cada parâmetro analisado foi dividido por tópico, para uma melhor discussão. Além disso, cada item apresenta uma representação gráfica dos dados obtidos nas duas campanhas realizadas. Cabe salientar que os limites de referência da Resolução CONAMA 357/2005 para os parâmetros analisados foram destacados com um tracejado em amarelo para Águas Doces Classe 2 e uma demarcação em vermelho para os limiares para 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 com os 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 sétima e oitava campanha apresentaram o mesmo resultado (<0,01 mg/L), ou seja, todas as amostras tiveram resultados inferiores 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).

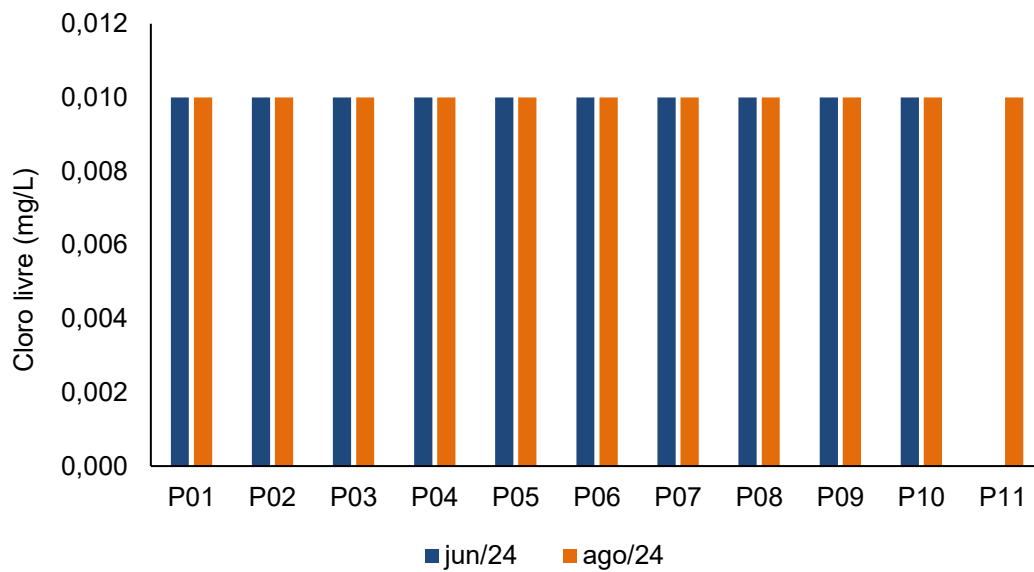
**Figura 6-2. Resultados de cloro total do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

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

**Figura 6-3. Resultados de cloro livre do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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).

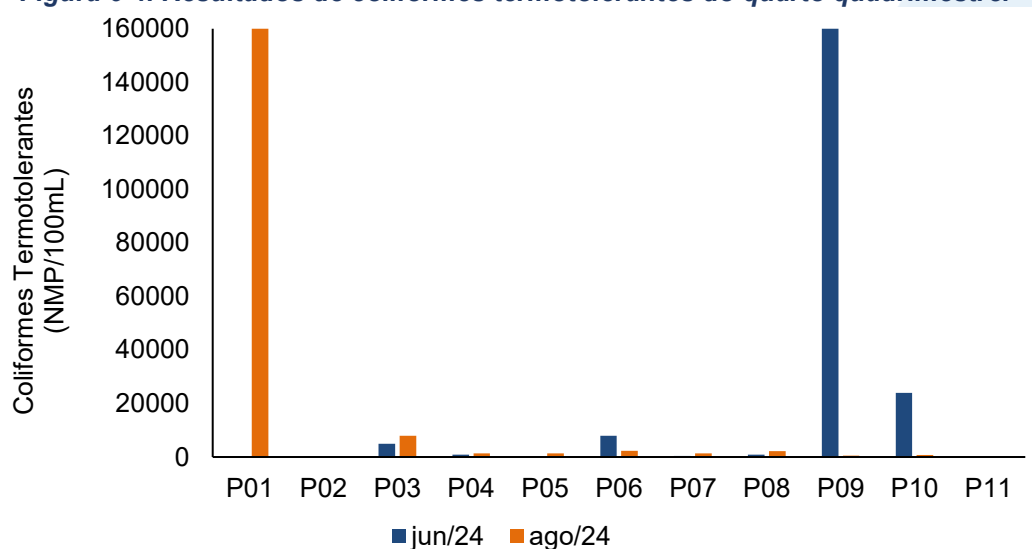
Em relação aos coliformes termotolerantes, a média desse parâmetro na sétima campanha foi acima de 19.946,40 NMP/100 mL, já que o limite de quantificação máximo de 160.000,0 NMP/100g foi estabelecido pelo laboratório, devido à grande variação da concentração de coliformes em amostras ambientais. Na sétima campanha, as águas analisadas em P03 (4.900,0 NMP/100 mL), P06 (7.900,0 NMP/100 mL), P09 (>160.000,0 NMP/100 mL) e P10 (24.000,0 NMP/100 mL) exibiram valores acima do estabelecido pela normativa de referência Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (Figura 6-4).

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o valor de referência de coliformes termotolerantes para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 é de 1.000,0 NMP/100 mL.

Na oitava campanha, a média de coliformes termotolerantes foi acima de 16.203,6 NMP/100 mL. Em relação aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, observou-se que as águas analisadas em P01 (>160.000,0 NMP/100 mL), P03 (7.900,0 NMP/100 mL), P04 (1.300,0 NMP/100 mL), P05 (1.400,0 NMP/100 mL), P06 (2.300,0 NMP/100 mL) e P07 (1.400,0 NMP/100 mL) apresentaram valores que ultrapassaram o valor máximo preconizado pela normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (1.000,0 NMP/100 mL). Já a amostra de P08 (2.200,0 NMP/100 mL) exibiu valores que não estão em consonância com o limiar estabelecido para Águas Salobras Classe 1 (1.000,0 NMP/100 mL).

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 (1.000,0 NMP/100 mL), para não prejudicar a visualização dos resultados.

**Figura 6-4. Resultados de coliformes termotolerantes do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

No que tange aos coliformes totais, esse parâmetro não apresenta um limite de referência na Resolução CONAMA 357/2005. No entanto, concentrações elevadas dessa variável microbiológica foram detectadas em todas as amostras analisadas (Figura 6-5). A média de coliformes totais na sétima campanha foi de acima de 51.791,0 NMP/100 mL.

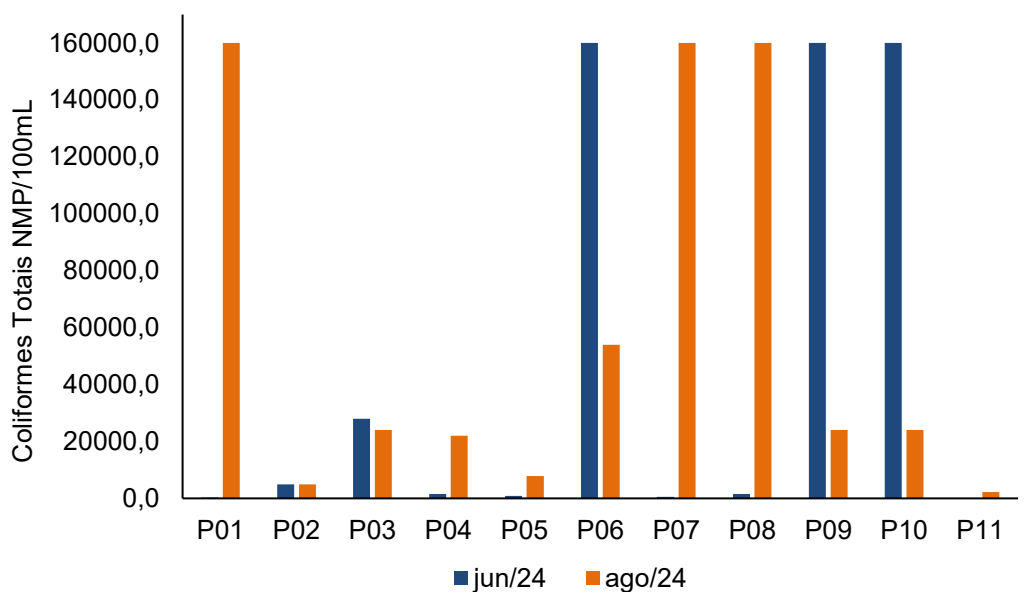


De forma análoga, também foram verificadas elevadas concentrações de coliformes totais em todas as amostras da oitava campanha. A média dessa variável na coleta de agosto de 2024 foi acima de 58.454,5 NMP/100 mL.

Diante do exposto, os resultados elevados de coliformes totais e termotolerantes detectados nas amostras da sétima e oitava campanhas indicam um aporte de águas residuais nos corpos hídricos monitorados.

Ademais, a concentração elevada de coliformes totais observada no P8, localizado próximo à foz do rio Macaé, na oitava campanha, pode ter uma associação com a precipitação, já que no dia anterior à coleta foi registrado 22,8 mm de chuva na estação meteorológica localizada na região deste ponto amostral. Segundo a literatura, a precipitação é um dos fatores que favorecem o aumento de organismos bioindicadores de poluição fecal (FREITAS *et al.* 2017).

**Figura 6-5. Resultados de coliformes totais do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

#### 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).

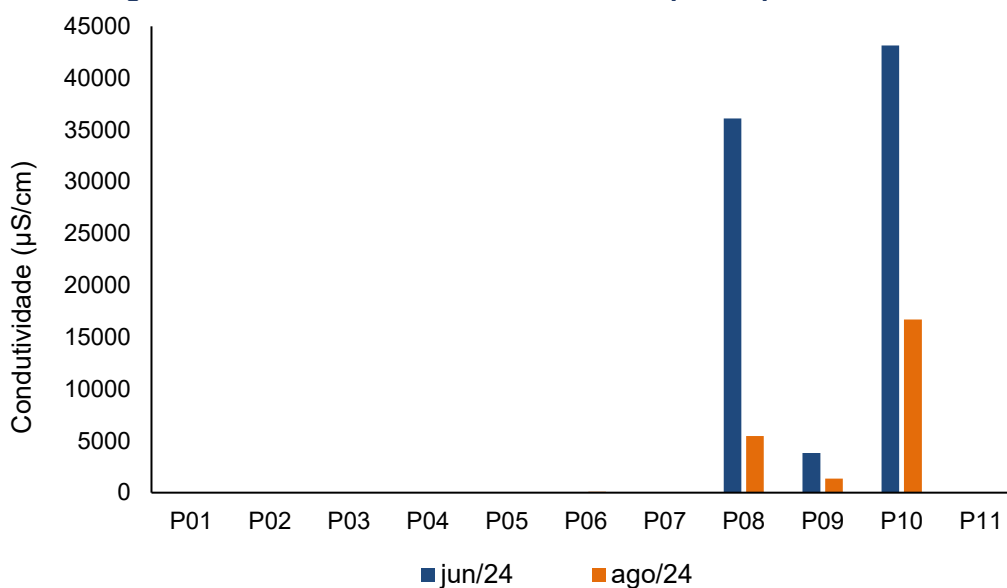
Os valores registrados na sétima campanha variaram de 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , na amostra de P01, localizado na região de cabeceira do rio Macaé, a 43.160  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , na amostra de P10, localizado na Boca da Barra do rio das Ostras (Figura 6-6). A média da condutividade na sétima campanha foi de 8.336,90  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Na oitava campanha, a variação de condutividade foi de 13  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na amostra de P11, localizado na serra de Macaé de Cima, no Distrito de Mury, a 16.700,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nas águas analisadas em P10, e a média foi de 2165,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Nas duas campanhas do quarto quadrimestre, foram evidenciados os maiores valores desse parâmetro nas amostras dos pontos P08 e P10, estações situadas na foz do rio Macaé e na foz do rio das Ostras, respectivamente. Os resultados obtidos reforçam a associação 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 este parâmetro.

A diferença entre os resultados das amostras de P08 e P10 nas duas campanhas realizadas talvez seja explicada pelo regime de marés, já que a sétima campanha ocorreu durante período de maré de sizígia e a oitava foi realizada durante a maré de quadratura. Desta forma, a amplitude de maré pode ter influenciado os resultados mais elevados observados na sétima campanha.

**Figura 6-6. Resultados de condutividade do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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 zooplancctônicos e macroinvertebrados (CETESB, 2018).

Na sétima campanha, foram obtidas concentrações de DBO variando de 3,0 mg/L na água analisada em P01 (cabeceira do rio Macaé) até 13,0 mg/L na água analisada em P10 (Boca da Barra do rio das Ostras). Os valores de DBO detectados nas amostras de P03 (6,0 mg/L) e P06 (6,0 mg/L) apresentaram valores acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces de Classe 2 (5,0 mg/L) (Figura 6-7).

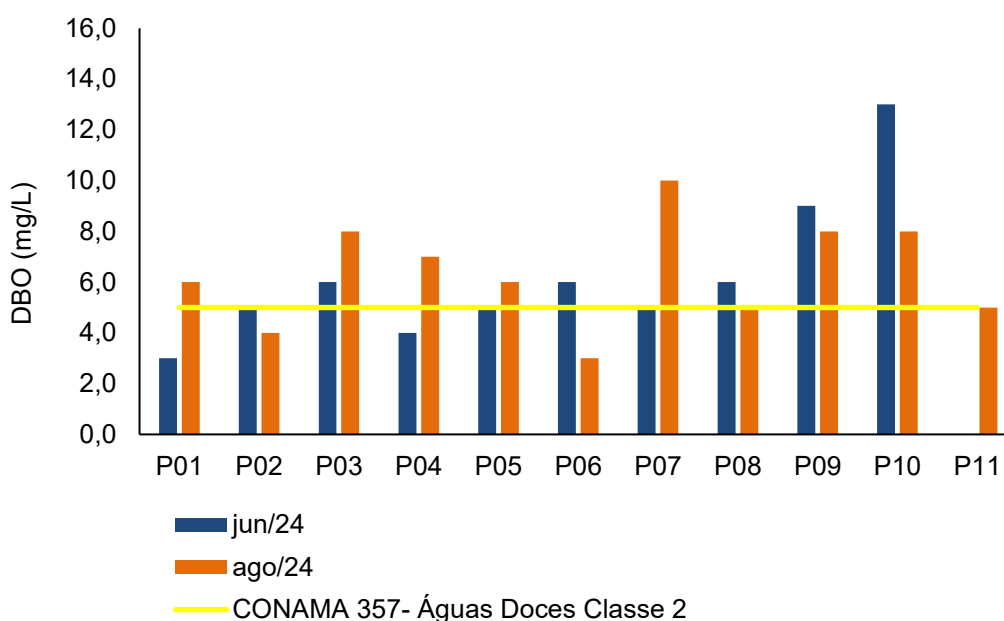
Na oitava campanha, a variação desse parâmetro foi de 3,0 mg/L nas águas analisadas em P06 (rio São Pedro) a 10,0 mg/L na amostra de P07 (rio Macaé, após confluência com o rio São Pedro). Os resultados desse parâmetro nas amostras de P01 (6,0 mg/L), P03 (8,0 mg/L), P04 (7,0 mg/L), P05 (6,0 mg/L) e P07 (10,0 mg/L)

apresentaram valores que ultrapassaram o limite preconizado na legislação de referência para Águas Doces de Classe 2 (5 mg/L) (Figura 6-7).

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 P08, P09 e P10 da sétima e da oitava campanhas.

Diante dos resultados de DBO, sugere-se o aporte de efluentes sem tratamento nos rios monitorados.

**Figura 6-7. Resultados de DBO do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

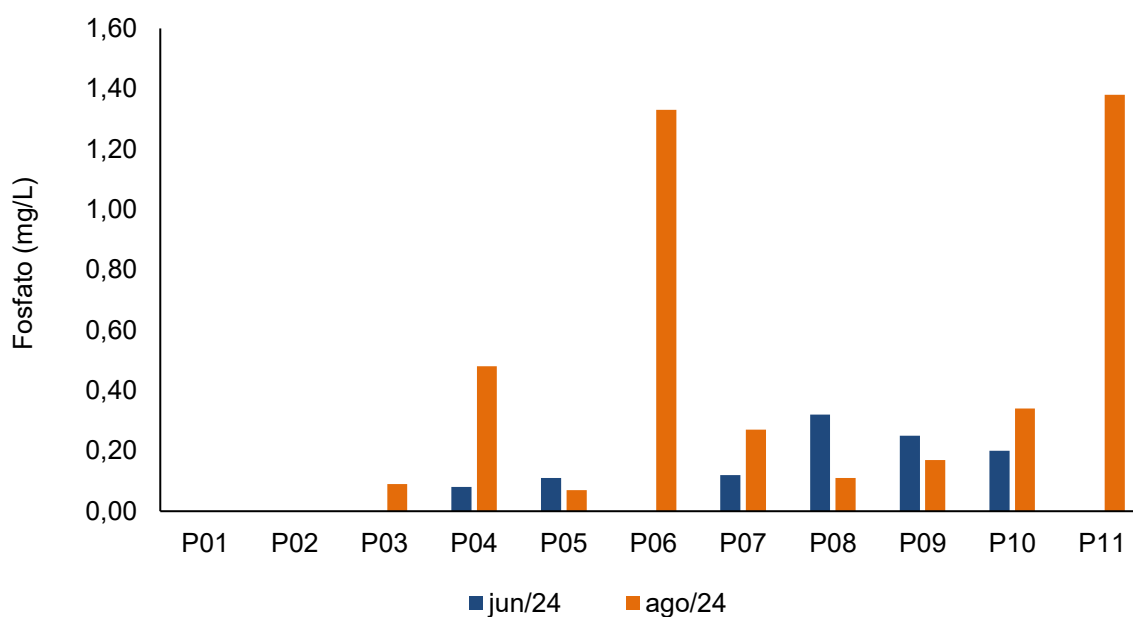
### 6.1.6 Fosfato

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 sétima campanha, os resultados de fosfato apresentaram variação de <0,06 mg/L nas amostras de P02, P03 e P06 até 0,32 mg/L nas águas analisadas em P08,

localizado próximo à foz do rio Macaé. Salienta-se que não foi detectado fosfato na amostra de P01, localizado na região de cabeceira do rio Macaé. Já na oitava campanha, foi identificada uma variação de 0,09 mg/L nas águas analisadas em P03 (rio Macaé, após o centro de Lumiar) a 1,38 mg/L na amostra de P11 (Figura 6-8). Nas amostras de P01 e P02, localizados, respectivamente, na região de cabeceira e antes do centro de Lumiar, ambos no rio Macaé, o parâmetro não foi detectado. Ressalta-se que a maior concentração de fosfato na oitava campanha foi obtida no novo ponto controle (P11). Como este ponto está localizado em uma região rural, a utilização de fertilizantes pode ser a causa dessa concentração relativamente alta. Essa variável ambiental não apresenta valores de referência na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

*Figura 6-8. Resultados de fosfato do quarto quadrimestre.*



Fonte: Própria autoria.

### 6.1.7 Nitrato e nitrito

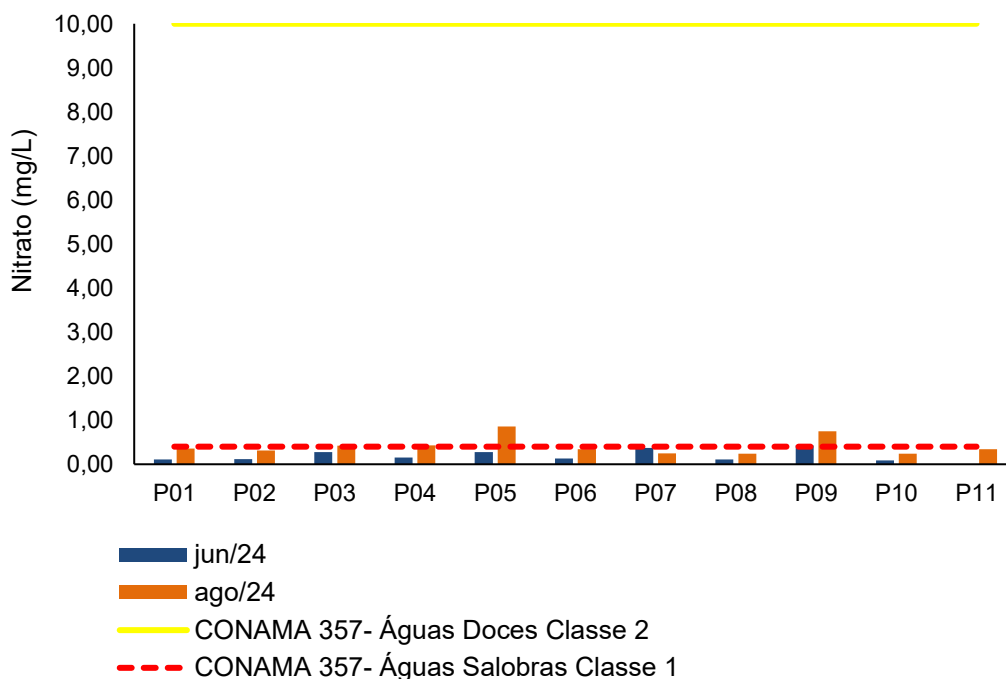
O nitrato e o nitrito são formas oxidadas do nitrogênio na água. Nas áreas de autodepuração naturais, como em rios, a presença de nitrito na água está relacionada à zona de recuperação, enquanto a detecção de nitrato em corpos hídricos é observada em zonas de águas consideradas limpas. Portanto, a ocorrência 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 sétima campanha, as concentrações de nitrato apresentaram variação de 0,09 mg/L nas águas analisadas em P10 (Boca da Barra do rio das Ostras) a 0,43 mg/L nas águas analisadas em P09 (rio Jundiá). Na oitava campanha, o menor valor de nitrato, foi de 0,24 mg/L nas amostras de P08 e P10, e a maior concentração foi de 0,86 mg/L, registrada nas águas analisadas em P05 (rio Macaé, antes da confluência com o rio São Pedro).

Diante do exposto, nota-se que os valores de nitrato detectados nas amostras da sétima e da oitava campanhas, de maneira geral, 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). A exceção ocorreu nas águas do rio Jundiá (P09) na sétima campanha (0,43 mg/L) e na oitava campanha (0,75 mg/L), que ultrapassaram o valor máximo para Águas Salobras Classe 1 (Figura 6-9).

**Figura 6-9. Resultados de nitrato do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.



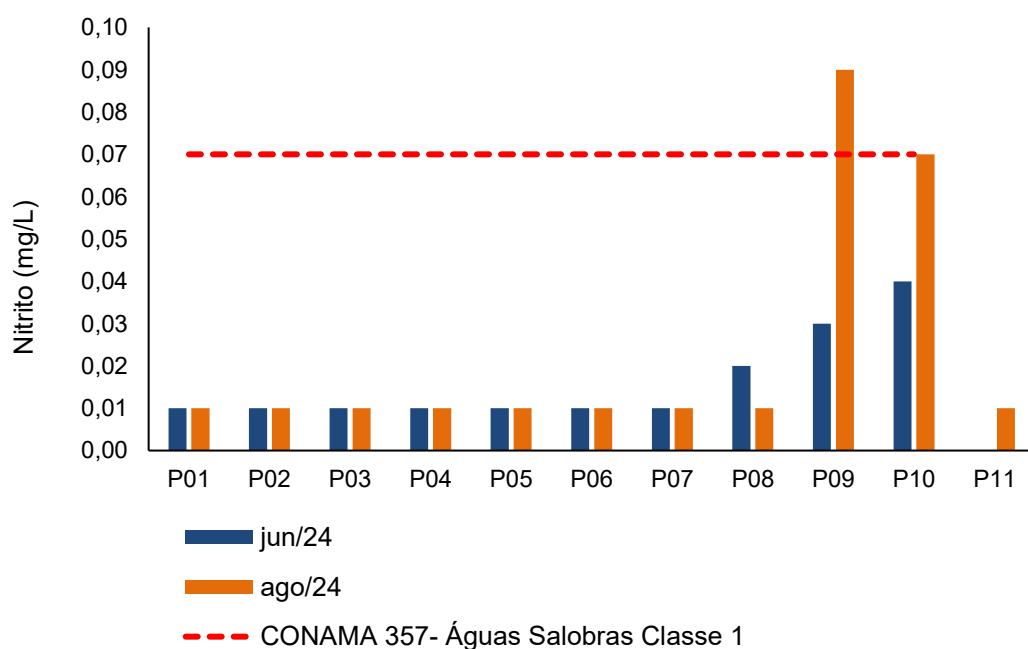
No que se refere ao nitrito, de forma majoritária, na sétima campanha, os resultados apresentaram concentração menores que o limite de quantificação do método analítico, com exceção das águas analisadas em P03, P08, P09 e P10, nas quais foram detectadas concentrações de 0,01 mg/L, 0,02 mg/L, 0,03 mg/L e 0,04 mg/L, respectivamente.

De forma semelhante, a maioria das amostras, na oitava campanha, apresentou valores abaixo do limite de quantificação, a exceção ocorreu nas amostras de P05 (0,01 mg/L), P08 (0,01 mg/L), P09 (0,09 mg/L) e P10 (0,07 mg/L).

Nota-se que, de forma majoritária, as concentrações de nitrito 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 na amostra analisada em P09 (0,09 mg/L) na oitava campanha, que apresentou valores acima do estabelecido pela normativa supracitada para Águas Salobras Classe 1.

Para essa variável ambiental, o limite da normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (1,0 mg/L) não foi apresentado no gráfico (Figura 6-10), sendo incluído 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 quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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).

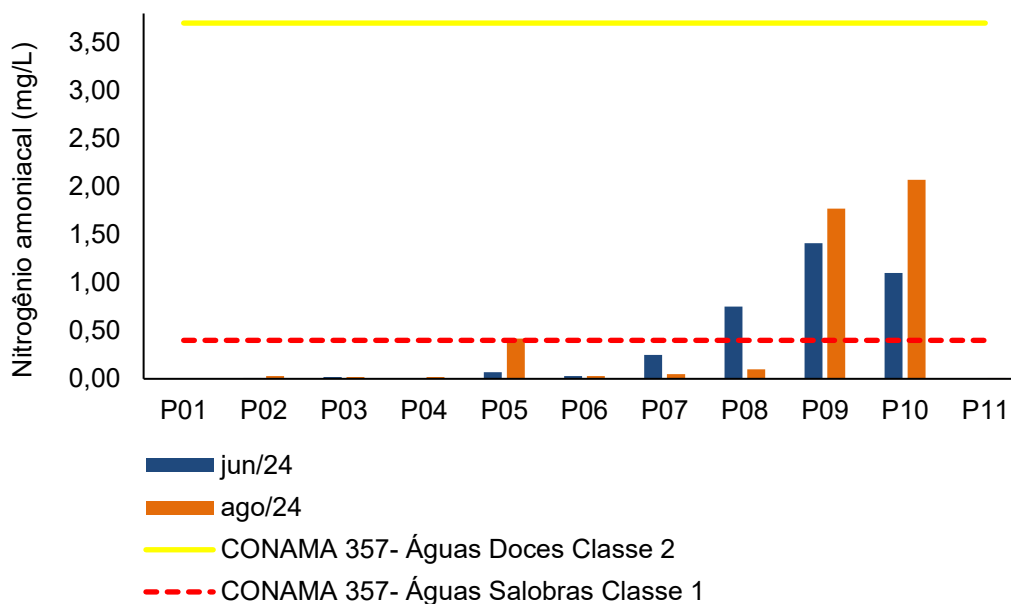
Na sétima campanha, as concentrações de nitrogênio amoniacal apresentaram variação de <0,01 mg/L nas águas analisadas em P02, localizado no rio Macaé, antes do centro de Lumiar, a 1,41 mg/L na amostra de P09, no rio Jundiá. Destaca-se que nas amostras de P01 (cabeceira do rio Macaé) e P04 (rio Macaé, na localidade de Figueira Branca), esse nutriente não foi detectado.

Em relação aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, verificou-se que as águas analisadas em P08 (0,75 mg/L), P09 (1,41 mg/L) e P10 (1,10 mg/L) apresentaram valores que excederam o valor máximo descrito para Águas Salobras Classe 1 (0,4 mg/L). Para as demais amostras analisadas, os valores de nitrogênio amoniacal estão em conformidade com a normativa de referência.

Um padrão semelhante foi observado na oitava campanha, as amostras classificadas como águas doces, de forma majoritária, apresentaram valores em conformidade com o limite estipulado pela legislação de referência. Já as amostras de P09 (1,77 mg/L) e P10 (2,07 mg/L) apresentaram resultados acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Salobras Classe 1 (0,4 mg/L). O parâmetro não foi detectado na amostra de P01 (Figura 6-11). Nas demais amostras, a variação foi de 0,01 mg/L (P11 – Distrito de Mury) a 0,42 mg/L (P05 – rio Macaé, antes da confluência com rio São Pedro).

Os valores de nitrogênio amoniacal, das amostras de P08, P09 e P10 da sétima campanha e das águas analisadas em P09 e P10 na oitava campanha, que exibiram concentrações acima do estipulado pela normativa supracitada, indicam a presença de nutrientes nos corpos hídricos monitorados, contribuindo para a eutrofização artificial, e representando um risco ecológico e para a saúde humana.

**Figura 6-11. Resultados de nitrogênio amoniacal do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 6.1.9 Nitrogênio total

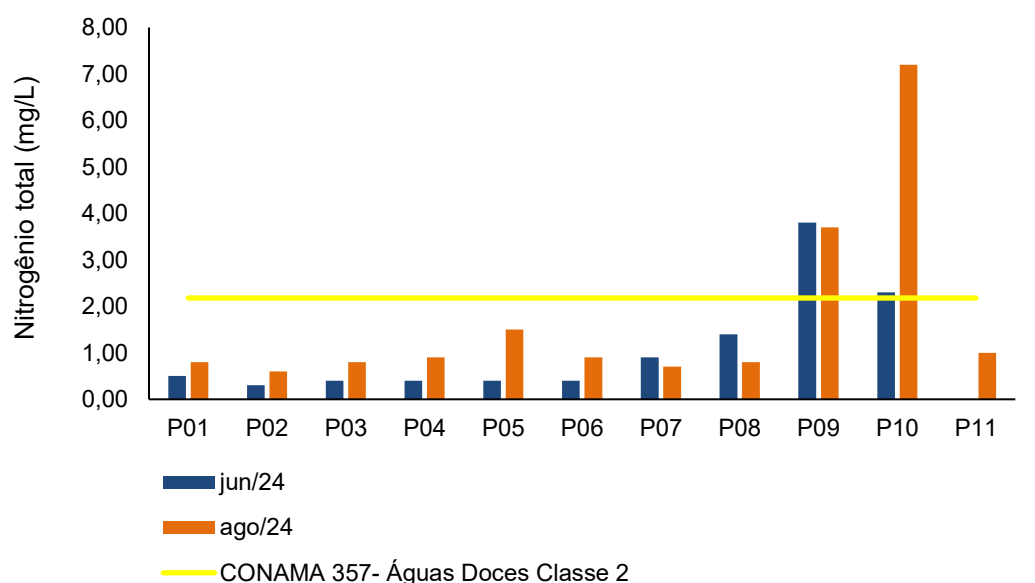
As fontes de nitrogênio para os sistemas aquáticos são diversas. No entanto, o esgoto sanitário é a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico na água. Alguns efluentes industriais provenientes de petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, também realizam descarte de nitrogênio orgânico e amoniacal 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 sétima campanha, foi observada variação de nitrogênio total de 0,3 mg/L nas águas analisadas em P02 (rio Macaé, antes do centro de Lumiar) a 3,8 mg/L na amostra de P09 (rio Jundiá). Diante dos resultados obtidos, todas as amostras classificadas como águas doces (P01 até P07) exibiram concentrações desse nutriente em consonância com o limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (2,18 mg/L).

Salienta-se que não há valores de referência para águas salobras na Resolução CONAMA 357/2005, o que inviabiliza uma comparação dos resultados das amostras classificadas como águas salobras, como P08, P09 e P10. Entretanto, é importante frisar as concentrações elevadas desse nutriente, especialmente, nas águas analisadas em P09 e P10, localizados no bairro Village e no centro de Rio das Ostras, respectivamente.

Na oitava campanha, foi notada uma variação de nitrogênio total de 0,6 mg/L nas águas analisadas em P02 (rio Macaé, antes do centro de Lumiar) até 7,2 mg/L na amostra de P10 (Boca da Barra do rio das Ostras). Verifica-se que as amostras categorizadas como águas doces apresentaram valores em consonância com a Resolução CONAMA 357/2005 (Figura 6-12). Apesar de não ter um limiar para águas salobras na normativa supracitada, vale salientar que os valores elevados detectados nas amostras de P09 (3,7 mg/L) e P10 (7,2 mg/L) refletem a influência de atividades antrópicas na foz do rio das Ostras.

**Figura 6-12. Resultados de nitrogênio total do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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).

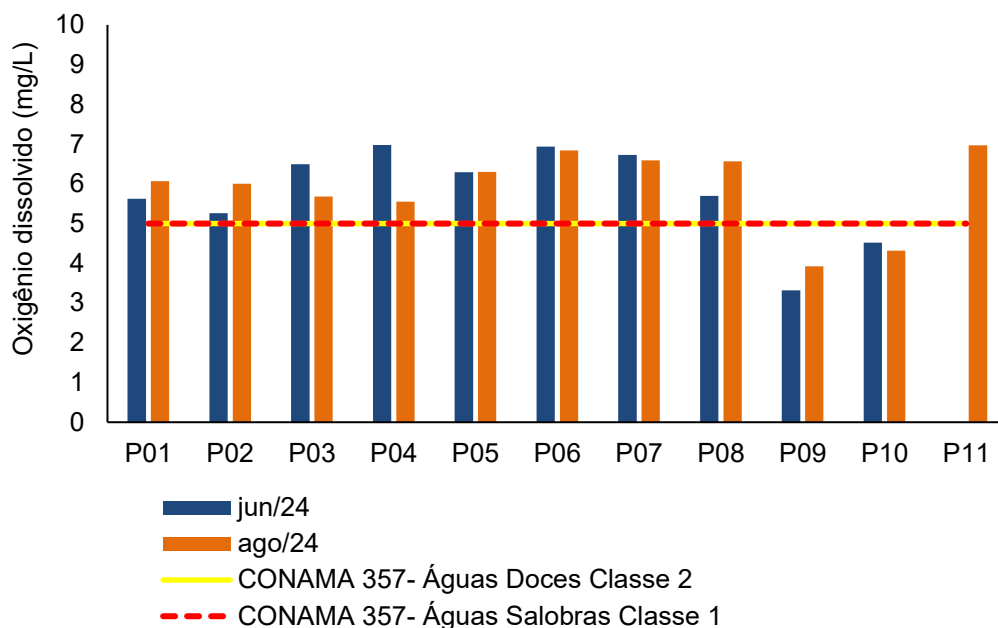
Na sétima campanha de monitoramento, verificou-se uma variação de OD de 3,32 mg/L na amostra de P09 (rio Jundiá) a 6,98 mg/L na amostra de P4 (rio Macaé, na localidade de Figueira Branca). Valores abaixo do estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L) foram observados nas águas analisadas em P09 (3,32 mg/L) e P10 (4,52 mg/L). Nas demais amostras foram detectados valores que estão em conformidade com o estabelecido pela normativa supracitada.

Na oitava campanha, a variação desse parâmetro foi de 3,92 mg/L na amostra de P09 (rio Jundiá) a 6,97 mg/L nas águas analisadas em P11, localizado na serra de Macaé de Cima, no Distrito de Mury (Figura 6-13). Com base nos resultados obtidos, sugere-se que o aporte de matéria orgânica no sistema levou ao aumento de DBO e como consequência, a redução de oxigênio dissolvido. Essa associação pode ser observada nas amostras de P09 e P10, na sétima e oitava campanhas de monitoramento.

Em relação aos valores estipulados pela normativa de referência, nota-se que as águas analisadas em P09 (3,92 mg/L) e P10 (4,32 mg/L) não estão em consonância com o limite para Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L). Destaca-se ainda que a estação amostral P09, localizada no rio Jundiá, no bairro Village, exibiu nas duas campanhas do quarto quadrimestre, uma quantidade elevada de plantas aquáticas, cujo registro pode ser verificado no Anexo 3. Desta forma, os resultados de OD e DBO obtidos podem ter uma associação com a presença dessas plantas, pois, são utilizadas como indicadoras das alterações de qualidade hídrica (BHATTA; PATRA, 2020).



**Figura 6-13. Resultados de oxigênio dissolvido do quarto quadrimestre.**



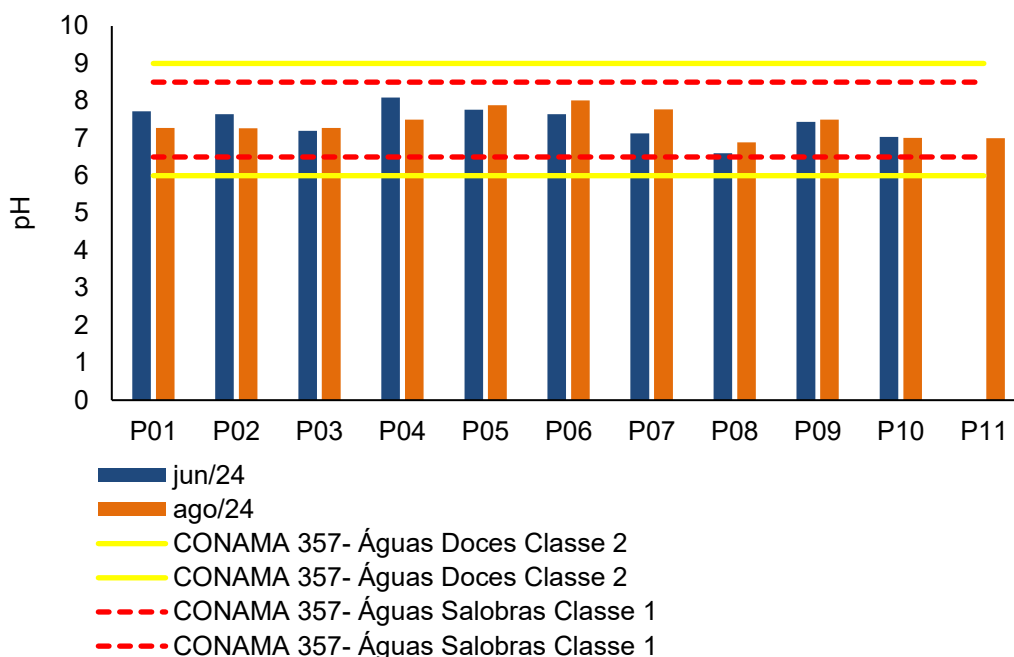
Fonte: Própria autoria.

### 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 sétima e na oitava campanhas 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 6,60 (P08, localizado próximo à foz do rio Macaé) a 8,09 (P04, rio Macaé, na localidade Figueira Branca) na sétima campanha e de 6,89 (P08) a 8,01 (P06, localizado no rio São Pedro, próximo à estação Fluviométrica de Glicério) na oitava campanha (Figura 6-14).

**Figura 6-14. Resultados de pH do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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 vista que as altas concentrações desse parâmetro podem impactar a biota através de sedimentação (CETESB, 2018).

Na sétima campanha, foi observada variação de sólidos dissolvidos totais de 13,60 mg/L nas águas analisadas em P01 (cabeceira do rio Macaé) a 34.776,20 mg/L na amostra de P10 (Boca da Barra do rio das Ostras). Diante dos resultados obtidos, verificou-se que todas as amostras classificadas como águas doces (P01 até P07), apresentaram valores de sólidos dissolvidos totais em conformidade com o valor máximo descrito na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500 mg/L).

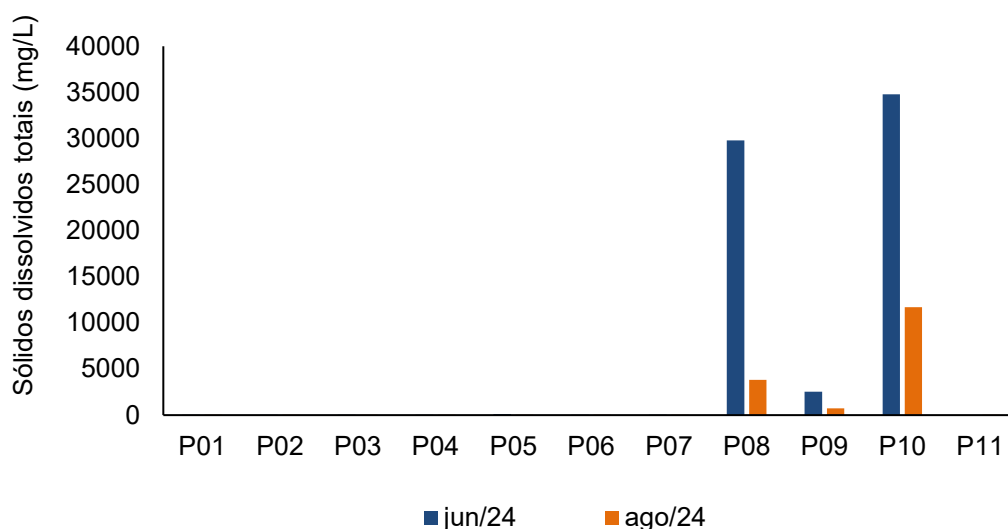
Na oitava campanha, a variação desse parâmetro foi de 7,0 mg/L nas águas analisadas em P03 (rio Macaé, após o centro de Lumiar) a 11.690,0 mg/L na amostra de P10. Os resultados de sólidos dissolvidos totais, demonstram que as concentrações desse

parâmetro estão em conformidade com a normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (500 mg/L).

Ressalta-se que para essa variável ambiental não existem valores de referência para águas salobras, o que inviabiliza a comparação dos resultados de P08, P09 e P10 das duas campanhas de monitoramento do quarto quadrimestre.

Para esse parâmetro, o limite da normativa de referência para Águas Doces Classe 2 não foi apresentado no gráfico (500 mg/L) para facilitar a observação dos resultados, em razão das baixas concentrações obtidas (Figura 6-15).

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



Fonte: Própria autoria.

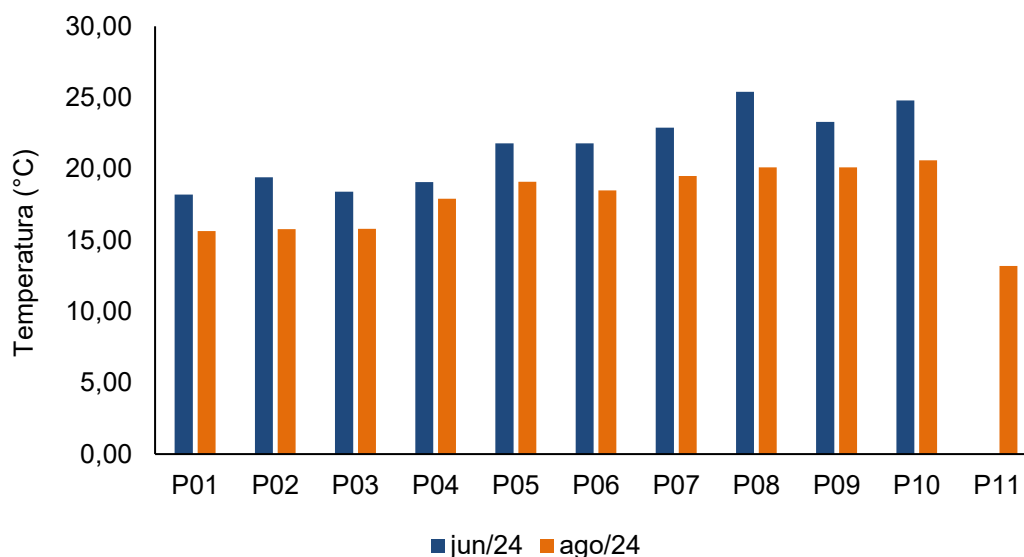
### 6.1.13 Temperatura

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 sétima campanha variaram entre 18,20 °C na amostra de P01 e 25,40 °C nas águas analisadas em P08 (Figura 6-16), com média de

21,5 °C. Na oitava campanha, a média de temperatura foi de 17,84 °C e a variação foi de 13,19 °C nas águas analisadas em P11 a 20,60 °C na amostra de P10.

**Figura 6-16. Resultados de temperatura do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.

### 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 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).

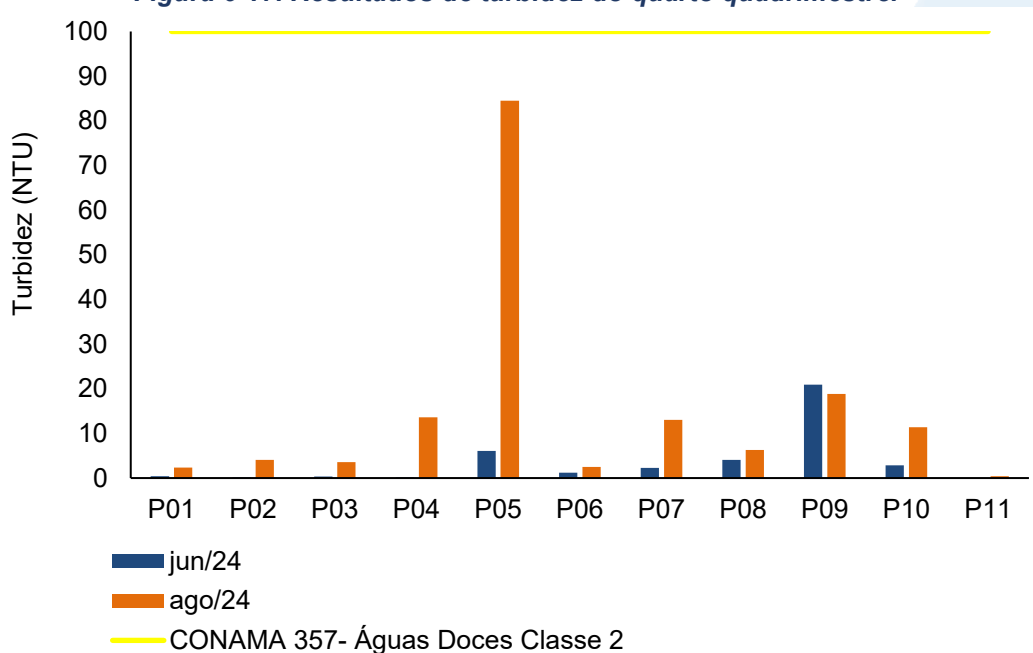
Na sétima campanha foi observada variação de turbidez de <0,1 NTU nas águas analisadas em P02 e P04 (ambos localizados no rio Macaé, entes do centro de Lumiar e na localidade de Figueira Branca, respectivamente) a 20,90 NTU nas águas analisadas em P09 (rio Jundiá, no bairro Village). Com base nos resultados apresentados dessa

variável ambiental, nota-se que todas as amostras categorizadas como águas doces exibiram valores abaixo do limite preconizado na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 NTU).

Na oitava campanha, a variação desse parâmetro foi de 0,42 NTU nas águas analisadas em P11 (serra de Macaé de Cima, Distrito de Mury) a 84,5 NTU na amostra de P05 (rio Macaé, antes da confluência com rio São Pedro). Os valores detectados da turbidez nas amostras classificadas como águas doces, estão em consonância com o valor máximo descrito na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 NTU).

Destaca-se que para águas salobras não existe um valor para turbidez na normativa de referência, o que impossibilita a comparação dos resultados encontrados nas amostras de P08, P09 e P10 na sétima e oitava campanhas (Figura 6-17).

**Figura 6-17. Resultados de turbidez do quarto quadrimestre.**



Fonte: Própria autoria.



## 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). Com base nos resultados expostos na Tabela 6-2, nota-se que o teste de esfericidade de *Bartlett* apresentou valores significativos ( $p < 0,001$ ). E o teste de KMO também apresentou um valor considerado aceitável (0,524), conforme descrito na literatura (SALES *et al.* 2008; WU *et al.* 2010; AL-MUTAIRI *et al.* 2014).

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

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,524
Teste de esfericidade de Bartlett ( $X^2$ )	379
Graus de liberdade	66
Significância estatística (p valor)	<0,001

Fonte: Própria autoria.

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 43,02% e 18,57% da variação dos dados, totalizando 61,59%, que podem ser vistos na Figura 6-18. De acordo com a PCA é possível verificar como os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos influenciam a qualidade da água dos distintos pontos.

Com base na PCA, nota-se a influência do oxigênio dissolvido sobre as amostras de P01, P02, P03 e P04 (localizados no alto e médio Macaé) da campanha de junho de

2024, assim como nas amostras de P02 e P11 da amostragem realizada em agosto de 2024. Isso pode estar relacionado aos valores das amostras mencionadas, que apresentaram resultados em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005. Ademais, observa-se uma oposição do oxigênio dissolvido (OD) na amostra P09 (rio Jundiá) da oitava campanha, justificado pela detecção de valores baixos dessa variável.

Ainda em relação à amostra de P09 da campanha de agosto de 2024, verifica-se uma associação com diferentes parâmetros, como turbidez, coliformes termotolerantes, coliformes totais, DBO e nutrientes da série nitrogenada. Nesse sentido, ressalta-se que o excesso de nutrientes pode ter levado à vasta ocorrência de macrófitas, conforme descrito anteriormente e apresentado no Anexo 3. De acordo com a literatura, a presença exacerbada de macrófitas aquáticas está associada ao input de nutrientes no corpo hídrico, resultando no aumento da turbidez e na redução do OD (PERERA, 2017; BAYDUM; DE OLIVEIRA; RAMALHO, 2018).

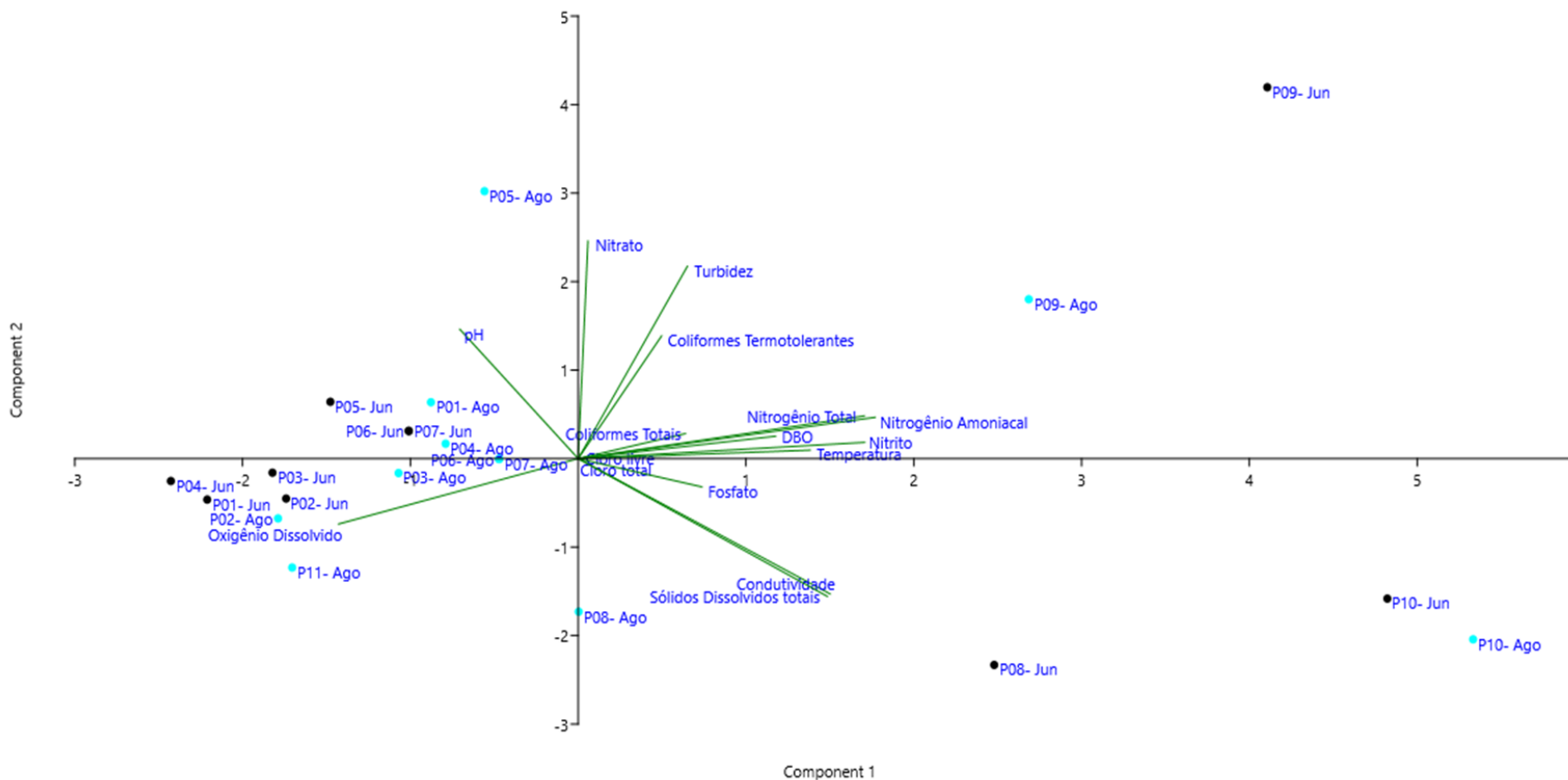
Além disso, foi possível observar na PCA que as águas analisadas em P09 na campanha de agosto de 2024 também sofreram influência de coliformes termotolerantes e coliformes totais, parâmetros indicadores de contaminação por matéria orgânica derivada de efluentes sem tratamento, evidenciando a degradação hídrica do rio Jundiá.

Ao analisar a influência do pH sobre as amostras de P05, P06 e P07 da amostragem realizada em junho, assim como P01 e P04 da campanha de agosto, observou-se que os resultados estão em conformidade com a legislação de referência, demonstrando que os resultados de pH foram satisfatórios.

Também é possível notar a relação entre a condutividade e os sólidos dissolvidos totais com a amostra P08 (próximo à foz do rio Macaé) da campanha de junho de 2024, o que se relaciona aos resultados elevados dessas variáveis ambientais nas águas desse ponto amostral, classificado como água salobra na sétima campanha.

Para as demais variáveis ambientais, não foram observadas interferências nas águas analisadas nos outros pontos e nas campanhas realizadas.

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



Fonte: Própria autoria.

## 6.3 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os valores de IQA da sétima campanha apresentaram resultados entre 32,95 e 71,93 nas estações amostrais situadas nos rios Jundiá (P09) e Macaé (P02), respectivamente (Tabela 6-3).

As análises do IQA da sétima campanha indicaram sete amostras classificadas como de qualidade média (P02 até P08), uma foi categorizada como boa (P01) e duas como ruins (P09 e P10) (Tabela 6-3).

Com base nos resultados, as águas analisadas em P01 até P08 são consideradas apropriadas para o tratamento convencional. Já as amostras de P09 (rio Jundiá) e P10 (rio das Ostras) foram classificadas como impróprias para o tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.

Na oitava campanha, o IQA exibiu resultados que variaram entre 46,09 (P01) a 69,40 (P02), ambos os pontos situados no alto rio Macaé (Tabela 6-3). A partir dos resultados do IQA da oitava campanha, dez amostras foram classificadas como de qualidade média (P02 a P11) e uma foi categorizada como ruim (P01).

De acordo com a classificação do IQA da oitava campanha, as amostras analisadas em P02 até P11 estão aptas para o tratamento convencional. Em contrapartida, as águas analisadas em P01 necessitam de tratamentos mais avançados, já que estão impróprias para o tratamento de água convencional visando o abastecimento público.

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

Estação	Cidade/Distrito	Corpo hídrico	IQA Jun/204	IQA Ago/24	Média
P01	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	71,93	46,09	59,01
P02	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	69,49	69,40	69,45
P03	Nova Friburgo / Lumiar	rio Macaé	62,73	56,48	59,60
P04	Casimiro de Abreu	rio Macaé	67,36	57,12	62,24
P05	Macaé	rio Macaé	69,00	58,80	63,90
P06	Macaé/Glicério	rio São Pedro	62,33	52,69	57,51
P07	Macaé	rio Macaé	69,35	61,71	65,53
P08	Macaé/Barra	rio Macaé	57,00	55,87	56,44
P09	Rio das Ostras	rio Jundiá	32,95	52,22	42,58
P10	Rio das Ostras	rio das Ostras	45,19	50,87	48,03
P11	Nova Friburgo/Muri	rio Macaé	-	56,50	-
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

Fonte: Própria autoria.

Os resultados obtidos nas amostras classificadas como ruins na sétima campanha (P09 – rio Jundiá e P10 – rio das Ostras) podem ter uma relação com os resultados das variáveis ambientais analisadas, como por exemplo, os valores elevados de nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, DBO, coliformes termotolerantes e baixas concentrações de OD.

Na oitava campanha, o resultado do Índice de Qualidade da Água (IQA) do ponto P01, localizado na região de cabeceira do rio Macaé, classificado como ruim, pode estar associado a concentrações elevadas de coliformes termotolerantes, já que este ponto apresentou o maior valor dentre as amostras analisadas. Além disso, é importante destacar que os coliformes têm o maior peso no cálculo do IQA, o que pode ter contribuído significativamente para o resultado obtido.

Em relação ao novo ponto controle (P11), incluído no monitoramento a partir da oitava campanha de monitoramento, a amostra foi classificada como de qualidade média. Dentre os parâmetros analisados, o fosfato foi o único que apresentou alta concentração neste ponto. Somente com esse resultado não é possível avaliar o que contribuiu para a classificação do IQA. Dessa forma, a continuidade do monitoramento permitirá que na



próxima campanha o comportamento do fosfato e dos demais parâmetros seja verificado, bem como a influência das atividades do entorno.

Segundo os boletins disponibilizados pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os valores do IQA reportados nas avaliações realizadas entre 2013 até 2022, apresentaram de forma majoritária, uma classificação mediana para o rio Macaé (INEA, 2022). Destaca-se que não foram apresentadas, no site do órgão ambiental, as informações do IQA dos anos de 2016 e 2021 para o rio Macaé. Quando equiparados aos resultados do presente estudo ambiental, nota-se que o ponto P05, localizado no baixo rio Macaé, antes da confluência com o rio São Pedro, se aproxima da estação amostral descrita nos relatórios do INEA. Nesse sentido, o valor médio do IQA do quarto quadrimestre foi de 63,90, indicando um IQA médio, corroborando com os resultados prévios e reforçando que o padrão de qualidade das águas se mantém.

Ademais, também é possível comparar os resultados da estação P06 do presente estudo ambiental (no rio São Pedro) 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 qualidade média (INEA, 2022). E no quarto quadrimestre, o IQA para esse ponto amostral também apresentou um IQA médio, nas duas campanhas de monitoramento realizadas.

Ainda nesse cenário, o rio das Ostras também é monitorado pelo INEA e apresenta resultados do IQA. Segundo o histórico, nos resultados de 2013 até 2022, os valores reportados mostram que o IQA de sete amostras foi categorizado como ruim e dois como médios. O ponto amostral P10 do presente estudo ambiental (no rio das Ostras), que mais se aproxima com a estação reportada pelo INEA, foi categorizado no quarto quadrimestre como ruim e médio, o que indica as implicações de atividades antrópicas no corpo hídrico, como por exemplo, o aporte de efluentes sem tratamento, processos erosivos e o uso e ocupação irregular do solo no entorno.

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. Comparando o estudo de Pinheiro (2008) com os do presente monitoramento, verificou-se que, com base no IQA médio do quarto 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, indicando a degradação hídrica desse ponto amostral.

Um padrão similar foi observado nas águas analisadas em P02 (no rio Macaé, antes do centro de Lumiar) e P04 (rio Macaé, na localidade de Figueira Branca), que no presente monitoramento ambiental 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 (no rio Macaé, antes da confluência com rio São Pedro) e P07 (no rio Macaé, depois da confluência com rio São Pedro), que segundo dados prévios foram classificadas como boas, apresentaram um IQA médio na quarta campanha. De forma semelhante, a estação P08 (próxima à foz do rio Macaé), que apresentava um IQA classificado como médio e ruim no estudo supracitado, apresentou um IQA classificado como médio nas duas campanhas realizadas, demonstrando a necessidade de ações para a melhoria das águas do rio Macaé.

Os resultados do IQA médio da quarta campanha, quando comparado ao estudo de Pinheiro (2008), reforçam a piora da qualidade hídrica dos diferentes corpos hídricos monitorados.

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. De acordo com os dados pretéritos, o rio Jundiá exibe um IQA médio de 36,69, sendo classificado como ruim, o que foi evidenciado também no quarto trimestre de monitoramento, no qual o IQA médio foi 42,58. Diante dos resultados apresentados, como nos demais pontos de monitoramento, nota-se a degradação da qualidade do corpo hídrico supracitado.

Vale salientar que a análise do IQA envolve nove parâmetros, e não contempla, por exemplo, 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 do país 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).

Diante das observações verificadas em campo na sétima 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). Salienta-se que nos pontos P01, P02, P03, P05, P06 e P07 foram somados os aspectos visuais de locais conservados e de ações antrópica, de acordo com o método proposto por Do Nascimento et al. (2020). Essa situação ocorreu somente na observação visual no item tipo de ocupação nas margens e proximidades.

De acordo com o explicitado previamente, foram desconsiderados os pontos P01, P02, P03, P05, P06 e P08 para a análise, já que foram somados aspectos visuais 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 sétima campanha foi notada no entorno da estação P04 (Tabela 6-4).

Já o entorno do ponto P08 apresentou uma pontuação com o pior cenário ambiental. Essa condição pode corroborar para os resultados elevados de coliformes termotolerantes, coliformes totais, fosfato, nitrogênio total e sólidos dissolvidos totais.

**Tabela 6-4. Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à sétima 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+1*	3+1*	3+1*	3	3+1*	3+1*	3+1*	1	3	3
2 Obras e estruturas hidráulicas	Ausente	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Totalmente canalizado e/ou tamponado	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3
3 Fontes pontuais de emissão de efluentes	Ausente	Emissão de esgoto doméstico	Emissão de efluentes de origem química industrial	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3
4 Resíduos Sólidos	Ausente	Pouco	Muito	3	3	3	3	2	3	3	2	2	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	3	3	3	3	2	3
8 Vegetação Aquática	Ausente	Presença de musgos obstruindo o rio	Macrófitas	3	3	3	3	3	3	1	3	1	1
9 Proteção/Estrutura das Margens	Protegida	Pouco protegida	Sem proteção	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1
10 Cobertura Vegetal Adjacente	Abundante	Esparsa	Ausente	3	3	2	2	2	3	3	1	2	1
11 Elementos de retenção no canal	Pedras, troncos e folhas	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Ausente	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1
12 Estabilidade das margens à erosão e movimentos de massa	Estável	Parcialmente estável	Instável	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3
13 Sombreamento por vegetação	Total	Parcial	Ausente	2	2	2	2	3	2	3	1	3	3
14 Uso por animais	Ausente	Pouco expressivo	Presente	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3
<b>Total</b>				<b>40</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>35</b>	<b>38</b>	<b>34</b>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>34</b>

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

Fonte: Própria autoria.

Na oitava campanha, a avaliação visual realizada pelo coletor demonstrou que as condições do entorno dos pontos amostrais foram classificadas como boas a regulares (Tabela 6-5). Nos pontos P01, P02, P04 e P11 também foram somados os aspectos visuais de ambientes preservados com indicativo de atividade antrópica, no primeiro item que faz referência aos tipos de ocupação das margens e proximidades.

Na oitava campanha, notou-se que os resultados da pior e melhor condição do entorno dos pontos amostrais, foi diferente da observação feita na sétima campanha, quando considerados somente os pontos que não tiveram somatório de fatores. O ponto P06 apresentou o melhor cenário ambiental no entorno e o ponto P09 exibiu a pior condição ambiental, o que pode ter uma associação com os resultados elevados de coliformes totais, DBO, nitrogênio total e baixas concentrações de oxigênio dissolvido.

Sobre o novo ponto controle (P11), localizado na região de cabeceira do rio Macaé, apesar do somatório de fatores no item “Tipos de ocupação nas margens e proximidades”

da avaliação visual, o cenário ambiental foi considerado bom, uma vez que não apresenta grandes sinais de atividade antrópica.

Cabe salientar que o somatório dos pontos dos aspectos visuais pode mascarar o real cenário ambiental na proximidade dos corpos hídricos monitorados (CAMPOS, NUCCI, 2021). Sendo assim, estes resultados devem ser observados de forma holística, considerando também as análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos e a aplicação do IQA, contempladas no presente estudo.

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

Parâmetro	Aspectos visuais			Pontos amostrais										
	3	2	1	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11
1 Tipos de ocupação nas margens e proximidades	Vegetação nativa	Pastagem Agricultura e Reflorestamento	Residencial Comercial e Industrial	3+1*	3+1*	1	3+2*	3	1	3	1	3	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	2	2	3	2	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	3	3	2	3	2	3
4 Resíduos Sólidos	Ausente	Pouco	Muito	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3
5 Espumas	Ausente	Pouca	Muito	3	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	3
7 Turbidez da Água	Transparente	Turva / Cor de chá forte	Opaca ou colorida	3	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3
8 Vegetação Aquática	Ausente	Presença de musgos obstruindo o rio	Macrófitas	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3
9 Proteção/Estrutura das Margens	Protegida	Pouco protegida	Sem proteção	2	1	1	1	1	2	2	3	2	3	1
10 Cobertura Vegetal Adjacente	Abundante	Esparsa	Ausente	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3
11 Elementos de retenção no canal	Pedras, troncos e folhas	Parcialmente canalizado (margens ou fundo)	Ausente	3	3	3	3	1	3	1	1	1	1	3
12 Estabilidade das margens à erosão e movimentos de massa	Estável	Parcialmente estável	Instável	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
13 Sombreamento por vegetação	Total	Parcial	Ausente	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
14 Uso por animais	Ausente	Pouco expressivo	Presente	3	3	3	3	2	2	2	2	1	2	1
<b>Total</b>				<b>40</b>	<b>39</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>34</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>38</b>

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

Fonte: Própria autoria.



## 7 CONCLUSÕES PRELIMINARES

Com base nas informações apresentadas neste relatório, evidencia-se que as águas analisadas nos diferentes pontos ao longo da bacia do rio Macaé estão associadas a atividades antrópicas.

Os resultados do quarto quadrimestre indicam que as variáveis ambientais, como cloro total, cloro livre, nitrito, pH, sólidos dissolvidos totais e turbidez, apresentaram valores que estão em consonância com a Resolução CONAMA 357/2005. Em contrapartida, os valores registrados de coliformes termotolerantes, DBO, OD, nitrato e nitrogênio total registrados em determinadas amostras, excederam o limite estabelecido para a normativa de referência para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1.

Outro aspecto importante foram os valores elevados de coliformes totais e termotolerantes detectados na maioria das amostras, o que reforça o aporte de efluente sanitário nas águas dos corpos hídricos avaliados.

É importante destacar que, embora não existam valores de referência na Resolução CONAMA 357/2005, foi observada alta concentração de fosfato nas águas da estação P11, selecionada como um novo ponto controle. Esses resultados indicam um ponto de atenção para as próximas campanhas de monitoramento, já que apenas com a continuidade do monitoramento ambiental será possível estabelecer uma relação de causa e efeito em relação à qualidade hídrica desse ponto amostral.

Nesse sentido, o menor valor do IQA na sétima campanha foi obtido na amostra de P09, classificada como de qualidade ruim, o que pode ter uma associação com os resultados elevados de coliformes termotolerantes, DBO, fosfato, nitrogênio total e baixas concentrações de OD, condições refletidas também no cenário ambiental do entorno, conforme verificado na avaliação visual. Já na oitava campanha, o pior valor do IQA foi da amostra de P01, ponto anteriormente utilizado como ponto controle, devido ao valor elevado de coliformes termotolerantes, quando equiparado às demais amostras analisadas. No entanto, os aspectos avaliados na metodologia de avaliação visual não indicaram grandes sinais de atividades antrópicas na área.

No que diz respeito à salinidade, as águas das estações P08 e P10, localizadas na foz do rio Macaé e do rio das Ostras, respectivamente, são mais afetadas pela cunha salina. Como resultado, outros parâmetros, como pH e turbidez, podem ser impactados pela salinidade.

Em relação à avaliação visual, o pior cenário ambiental, na sétima campanha, foi verificado no entorno da estação P08, que está situada na foz do rio Macaé e pode refletir as condições e processos ao longo da bacia hidrográfica, bem como os impactos antrópicos das atividades nas proximidades. Na oitava campanha, a estação P09 apresentou o pior cenário ambiental, o que pode ter uma associação com os valores elevados de nutrientes e baixas concentrações de OD, que favorecem a proliferação exacerbada de macrófitas aquáticas observadas nessa estação.

Por fim, salienta-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.

AL-MUTAIRI, N. *et al.* Spatial and temporal characterizations of water quality in Kuwait Bay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 83, n. 1, p. 127-131, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.04.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X14002124>. Acesso em 20 mai. 2024.

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](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.

BAYDUM, Valderice Pereira Alves; DE OLIVEIRA, Fábio Henrique Portella Corrêa; RAMALHO, Waldemir Pimentel. Presença de macrófitas em reservatórios de abastecimento e implicações no tratamento de água. **Revista DAE**, v. 66, n. 210, p. 17-23, 2018. Disponível em: <https://www.revistadae.com.br/site/artigo/1716-Presenca-de-macrofitas-em-reservatorios-de-abastecimento-e-implicacoes-no-tratamento-de-agua->. Acesso em 17 set. 2024

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.

BHATTA, Kalpita; PATRA, Hemant Kumar. A review on aquatic macrophytes as bio indicators of Water Quality of Lakes. **Ecology Environment and Conservation**, v. 26, n. 3, p. 1158-1161, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/360513809\\_A\\_review\\_on\\_aquatic\\_macrophytes\\_as\\_bio\\_indicators\\_of\\_Water\\_Quality\\_of\\_Lakes](https://www.researchgate.net/publication/360513809_A_review_on_aquatic_macrophytes_as_bio_indicators_of_Water_Quality_of_Lakes). Acesso em: 02 set. 2024.

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 - CBH Macaé Ostras. **Bacia Hidrográfica**. Disponível em: <https://cbhmacae.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/fle/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-antteriores/docs/4/4ed\\_Monitoramento\\_do\\_Rio\\_Macaé\\_Rafael\\_Maria.pdf](https://www.fsma.edu.br/visoes/edicoes-antteriores/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/T9HjipmnKVRfXDS8k7M8Drp/?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-macaeostras/](https://cbhmacae.eco.br/plano_de_bacia/rsf-relatorio-sintese-do-plano-de-recursos-hidricos-macaeostras/). 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: <https://doi.org/10.7476/9788575413203>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/rrw5w>. Acesso em 15 jan. 2024.

PEREIRA, Mariana Brauner. **Influência da cobertura de macrófitas aquáticas flutuantes em emissões de metano em um lago mesoeutrófico**. 2017. 52f. Dissertação. (Mestrado em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Rio Grande, Rio Grande do Sul. 2017.

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%BAde\\_P%C3%BAblica\\_Chlorine\\_Use\\_in\\_Water\\_Disinfection\\_Trihalomethane\\_Formation\\_and\\_Potential\\_Risks\\_to\\_Public\\_Health](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%BAde_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/j/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.

SILVA, Alícia de Almeida; DA FRANCA, Rafael Rodrigues. IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE EPISÓDIOS DE CHUVA EXTREMA NO DISTRITO FEDERAL–PERÍODO 1990-2019. **Revista Espaço e Geografia**, v. 24, n. 2, p. 134: 153-134: 153, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26512/2236-56562021e40271>. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/article/view/40271>. Acesso em: 30 ago. 2024.

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. Lippes 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.

WU, Mei-Lin *et al.* Identification of coastal water quality by statistical analysis methods in Daya Bay, South China Sea. **Marine pollution bulletin**, v. 60, n. 6, p. 852-860, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.01.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X1000010X>. Acesso em 20 mai. 2024.

## 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