

# Relatório Técnico Parcial II

Revisão 02  
Referência: Fevereiro de 2023

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



## EQUIPE TÉCNICA

| Profissional                       | Formação / Função / Contato  | Registro Conselho de Classe |
|------------------------------------|--|-----------------------------|
| Ronaldo Leão Guimarães             | PhD em Ciências Ambientais, biólogo<br>Responsável Técnico pelo Projeto<br><a href="mailto:ronaldoleao@oceanus.bio.br">ronaldoleao@oceanus.bio.br</a>      | CRBio 2339/02-D             |
| Richard Secioso Guimarães          | Biólogo<br>Gerente do Projeto<br><a href="mailto:rsecioso@oceanus.bio.br">rsecioso@oceanus.bio.br</a>  | CRBio 84682/02-D            |
| Viviane Krüger                     | Gestora Ambiental<br>Coordenadora Geral*<br><a href="mailto:viviane@oceanus.bio.br">viviane@oceanus.bio.br</a>   | CREA/RS nº 195090           |
| Silvia Lisboa de Araujo            | MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga<br>Coordenadora de Projetos   | CRBio nº 96163/02-D         |
| Edson Felipe Souza Ladeira         | Químico<br>Responsável Técnico pelas Análises<br>Laboratoriais<br><a href="mailto:edson@oceanus.bio.br">edson@oceanus.bio.br</a>                           | CRQ/RJ nº 03155685          |
| Mariana Ribeiro Monteiro           | Bióloga<br>Gerente de Laboratório<br><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<br>Sanitária, biólogo<br>Gerente Executivo<br><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<br>Ambiente, graduada em Ciências<br>Biológicas<br><a href="mailto:projetos04@oceanus.bio.br">projetos04@oceanus.bio.br</a> | -                           |
| Debora Costa                       | Supervisora de Logística<br><a href="mailto:deboracosta@oceanus.bio.br">deboracosta@oceanus.bio.br</a>   | -                           |
| Allan Guilherme Rodrigues de Souza | Analista de Amostragem<br><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      | 15/01/2024 | Emissão original | Rafaela Costa | Silvia Lisboa |                                    |
| 01      | 21/02/2023 | Revisão          | Rafaela Costa | Silvia Lisboa |                                    |
| 02      | 26/02/2023 | Revisão          | Rafaela Costa | Silvia Lisboa |                                    |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 4-1. Localização da Bacia Hidrográfica Macaé e Ostras no Estado do Rio de Janeiro.<br>.....                           | 14 |
| Figura 4-2 Coleta realizada no rio Macaé na localidade Figueira Branca na Ponte de Arame.<br>.....                           | 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 nos quinze dias anteriores às<br>coletas do primeiro quadrimestre..... | 34 |
| Figura 6-2 Resultados de cloro total do primeiro quadrimestre. ....  | 37 |
| Figura 6-3 Resultados de cloro livre do primeiro quadrimestre. ....  | 38 |
| Figura 6-4 Resultados de coliformes termotolerantes do primeiro quadrimestre.....  | 39 |
| Figura 6-5 Resultados de coliformes totais do primeiro quadrimestre.....   | 40 |
| Figura 6-6 Resultados de condutividade do primeiro quadrimestre.....   | 41 |
| Figura 6-7 Resultados de DBO do primeiro quadrimestre.....   | 42 |
| Figura 6-8 Resultados de fosfato do primeiro quadrimestre.....   | 43 |
| Figura 6-9 Resultados de nitrato do primeiro quadrimestre. ....  | 45 |
| Figura 6-10 Resultados de nitrito do primeiro quadrimestre.....  | 46 |
| Figura 6-11 Resultados de nitrogênio amoniacal do primeiro quadrimestre. ....  | 47 |
| Figura 6-12 Resultados de nitrogênio total do primeiro quadrimestre. ....  | 48 |
| Figura 6-13 Resultados de oxigênio dissolvido do primeiro quadrimestre.....  | 49 |
| Figura 6-14 Resultados de pH do primeiro quadrimestre.....   | 50 |
| Figura 6-15 Resultados de sólidos dissolvidos totais do primeiro quadrimestre.....   | 51 |
| Figura 6-16 Resultados de temperatura do primeiro quadrimestre. ....   | 52 |
| Figura 6-17 Resultados de turbidez do primeiro quadrimestre.....   | 53 |
| Figura 6-18 Resultados da análise dos componentes principais referente ao primeiro<br>quadrimestre. ....                     | 56 |

## LISTA DE QUADROS

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

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 6-1 - Resultados dos parâmetros analisados para a coletas da primeira campanha.....                   | 35 |
| Tabela 6-2 - Análise fatorial KMO e teste de esfericidade de Bartlett. ....                                  | 54 |
| Tabela 6-3 - Resultados de IQA em cada estação amostral do primeiro quadrimestre. ...                        | 57 |
| Tabela 6-4 - Resultados do protocolo de avaliação rápida referente a primeira campanha de monitoramento..... | 60 |
| Tabela 6-5 - Resultados do protocolo de avaliação rápida referente a segunda campanha de monitoramento.....  | 61 |

## LISTA DE ABREVIações

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

## Índice Geral

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1      | INTRODUÇÃO .....                              | 10 |
| 2      | OBJETIVO GERAL .....                          | 11 |
| 3      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                   | 11 |
| 4      | ÁREA DE ESTUDO.....                           | 12 |
| 4.1    | Rio Macaé.....                                | 15 |
| 4.2    | Rio Jundiá .....                              | 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).....     | 41 |
| 6.1.6  | Fosfato.....                                  | 43 |
| 6.1.7  | Nitrato e nitrito.....                        | 44 |
| 6.1.8  | Nitrogênio amoniacal .....                    | 46 |
| 6.1.9  | Nitrogênio total.....                         | 47 |
| 6.1.10 | Oxigênio dissolvido .....                     | 48 |
| 6.1.11 | pH.....                                       | 49 |
| 6.1.12 | Sólidos dissolvidos totais .....              | 50 |
| 6.1.13 | Temperatura .....                             | 51 |
| 6.1.14 | Turbidez.....                                 | 52 |
| 6.2    | Análise dos Componentes Principais (PCA)..... | 54 |



---

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 6.3 | Índice de Qualidade da Água (IQA)..... | 57 |
| 6.4 | Avaliação visual .....                 | 60 |
| 7   | CONCLUSÕES PRELIMINARES.....           | 63 |
|     | REFERÊNCIAS .....                      | 65 |
|     | ANEXOS .....                           | 70 |

## 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> (CBHMO, 2023), a RH é formada pelas bacias hidrográficas dos rios Macaé, das Ostras, da Lagoa de Imboassica e de pequenos córregos e lagoas litorâneas, com a bacia do rio Macaé ocupando 90% de sua área (CERHI-RJ, 2013).

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

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

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

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

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

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

## 2 OBJETIVO GERAL

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

## 3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

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

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

## 4 ÁREA DE ESTUDO

Dentre as bacias hidrográficas que compõem a RH VIII (Figura 4-1), a bacia do rio Macaé possui maior extensão, com área de drenagem de cerca de 1.765 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 (CBHMO, 2023; CILSJ, 2022a). A Região Hidrográfica do Macaé e das Ostras (RH-VIII), de acordo com a classificação de KÖPPEN (1948), tem clima tropical úmido (Aw) nos médios e baixos cursos dos rios, e clima tropical de altitude com verões quentes (Cwa) nos altos cursos do rio Macaé e seus afluentes pela margem esquerda (INEA, 2014).

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).

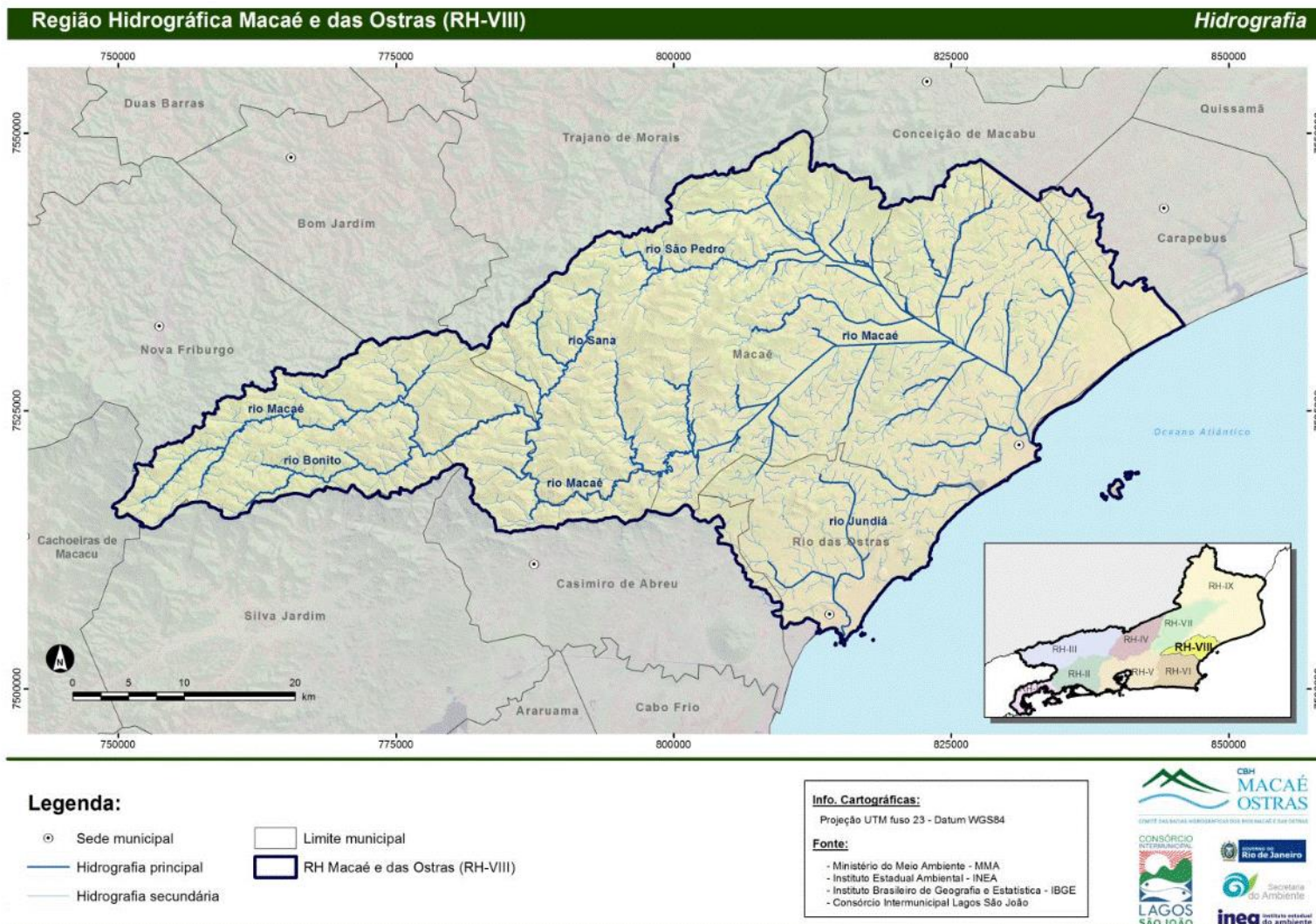
A região do alto rio Macaé, localizada na zona de recarga da região hidrográfica, é caracterizada por sua ênfase turística e ocupação de pequenas propriedades dedicadas à agricultura familiar, onde os usos da água estão relacionados à irrigação, lazer e abastecimento público (CILSJ, 2022a).

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 Iriri, Salgada e Itapebussus e alguns córregos que deságuam nas praias (CBHMO, 2023; CILSJ, 2022a). A bacia abriga os municípios de Rio das Ostras (92,5% de seu território) e Casimiro de Abreu (7,5% de seu território).

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

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

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



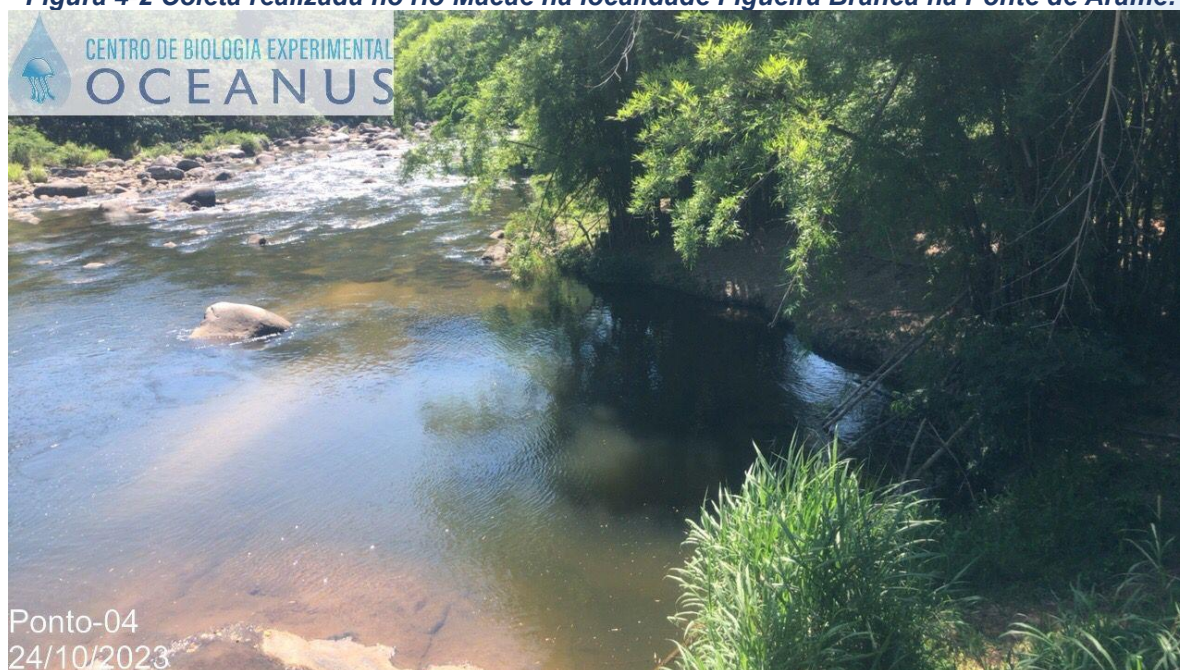
Fonte: CBHMO (2023).

## 4.1 Rio Macaé

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

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

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



## 4.2 Rio Jundiá

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

esgoto e lixo. Em determinados trechos do rio, a vegetação foi removida para atividades de pecuária, agricultura e moradias (GOMES, 2009).

*Figura 4-3 Coleta realizada no rio Jundiá.*



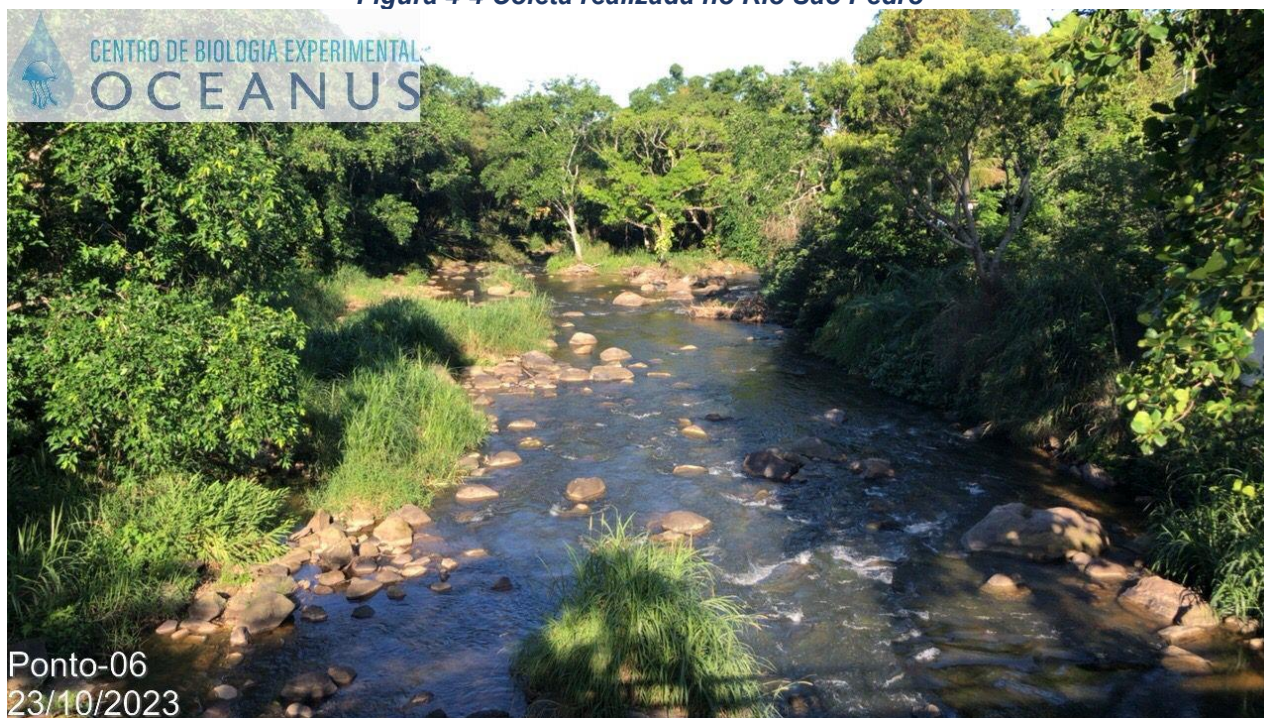
### 4.3 Rio São Pedro

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



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

*Figura 4-4 Coleta realizada no Rio São Pedro*

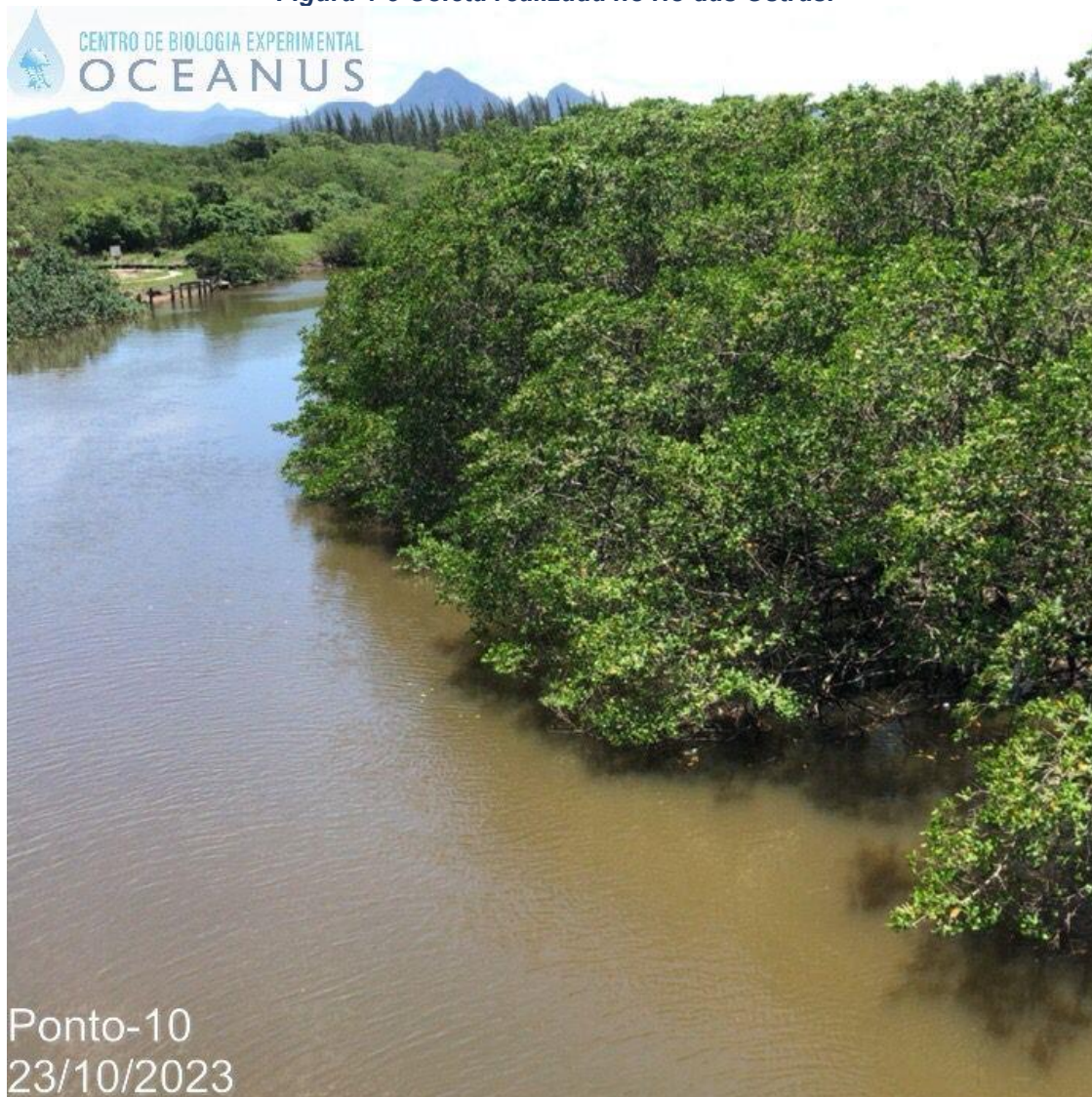


#### 4.4 Rio das Ostras

O rio das Ostras (Figura 4-5) é um rio meandrante que nasce da confluência entre os rios Iriri e Jundiá. Possui 77 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.*



#### **4.5 Pontos amostrais**

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

A região do alto rio Macaé, localizada na zona de recarga da região hidrográfica, é caracterizada por sua ênfase turística e ocupação de pequenas propriedades dedicadas

à agricultura familiar, onde os usos da água estão relacionados à irrigação, lazer e abastecimento público (CILSJ, 2022a).

Nesta região, chamada de sub-bacia do alto rio Macaé, foi selecionado o ponto de monitoramento “1” como ponto controle quanto aos parâmetros de qualidade, estando localizado próximo à Estação Fluviométrica em Galdinópolis, uma região de cabeceira da RH, a montante da ocupação urbana. Nesta região ainda foram estabelecidos o ponto de monitoramento “2”, antes do centro de Lumiar, após deságue do córrego Santiago, e o ponto de monitoramento “3”, localizado após o centro de Lumiar, na zona de mistura do rio São Pedro e rio Boa Esperança. A carência nos sistemas de coleta e tratamento de esgotos é um grande problema que afeta estes núcleos urbanos.

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

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

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

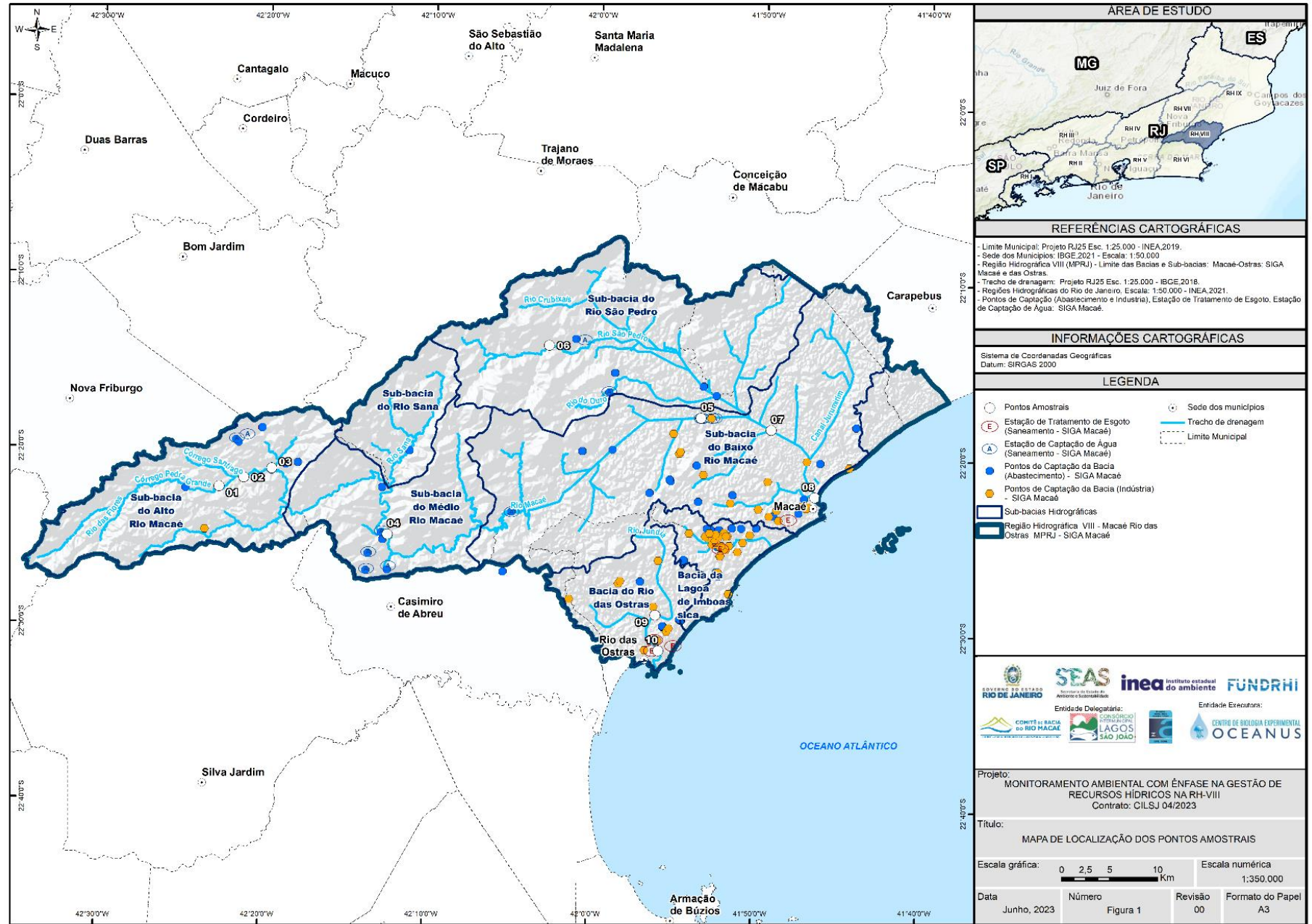
Neste rio foi estabelecido o ponto de monitoramento “9”, localizado no bairro Village, próximo à região serrana de Cantagalo, recebendo córregos em alguns povoados. O rio acompanha a localidade denominada Âncora II e o loteamento residencial Praia Âncora e segue ao encontro do rio Iriri (um de seus principais afluentes junto com o rio Mauricio), quando assume o nome de rio das Ostras, até chegar à sua foz na Boca da Barra. Na Boca da Barra, por sua vez, na ponte estaiada, foi estabelecido o ponto de monitoramento “10”. A estação amostral está localizada em centro urbano, próxima a uma marina, com pontos de lançamento de esgoto sanitário em seu entorno.

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

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

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

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



## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Coleta de amostras

A terceira campanha de monitoramento foi realizada nos dias 23 e 24 de outubro de 2023, já a quarta campanha foi efetuada nos dias 14 e 15 de dezembro de 2023, 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 aos critérios rígidos de confiabilidade. Os parâmetros analisados fazem parte do escopo e matriz do credenciamento, seguindo os Planos de Monitoramento Sistemáticos de Qualidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) e atendendo aos critérios estabelecidos pela Deliberação CECA nº 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe seguiu as orientações referentes a cada local 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 com o balde de inox e os parâmetros físico-químicos da água, como condutividade, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, temperatura da água e do ar, turbidez e condutividade foram obtidos *in situ*, com o auxílio de uma sonda multiparâmetros previamente calibrada, como ilustrado na Figura 5-1.

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



## 5.2 Análise laboratorial

Após a coleta, as amostras foram refrigeradas e analisadas em laboratório. Foram analisados 16 (dezesseis) 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/100m L        | SMWW, 23ª Edição, Método 9221 B e C  |
|      |                               | 2    | Coliformes termotolerantes           | NMP/100m L        | SMWW, 23ª Edição, Método 9221 B e C  |
| II.  | Físicas                       | 3    | Sólidos Dissolvidos Totais           | mg/L              | SMWW, 23ª Edição, Método 2540 C  |
|      |                               | 4    | Temperatura                          | °C                | SMWW, 23ª Edição, Método 2550 B  |
|      |                               | 5    | Turbidez                             | UNT               | SMWW, 23ª Edição, Método 2130 B  |
| III. | Químicas                      | 6    | Cloro livre                          | mg/L Cl           | SMWW, 23ª Edição, Método 4500-Cl G   |
|      |                               | 7    | Cloro total                          | mg/L Cl           | SMWW, 23ª Edição, Método 4500-Cl G   |
|      |                               | 8    | Condutividade Elétrica               | µS/cm             | SMWW, 23ª Edição, Método 2510 B  |
|      |                               | 9    | Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) | mg/L              | SMWW, 23ª Edição, Método 5210 B  |
|      |                               | 10   | Fosfato Total                        | mg/L P            | SMWW, 23ª Edição, Método 4500-P E  |
|      |                               | 11   | Nitrogênio total                     | mg/L N            | SMWW, 23ª Edição, Método 4500-N  |
|      |                               | 12   | Nitrogênio Amoniacal                 | mg/L N            | SMWW, 23ª Edição, Método 4500 NH <sub>3</sub> F  |
|      |                               | 13   | Nitrato                              | mg/L N            | D09727_02_Insert_Environment al_TON Vanadium Vanadium Chloride reduction - Part Thermo Fisher Scientific |
|      |                               | 14   | Nitrito                              | mg/L N            | SMWW, 23ª Edição, Método 4500 NO <sub>2</sub> - B  |
|      |                               | 15   | Oxigênio Dissolvido (OD)             | mg/L e %          | SMWW, 23ª Edição, Método 4500-O G  |
| 16   | Potencial Hidrogeniônico (pH) | N.A. | SMWW, 23ª Edição, Método 4500-H B    |                   |  |

### 5.3 Análise dos Resultados

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

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

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

### 5.3.1 Índice de Qualidade de Água (IQA)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

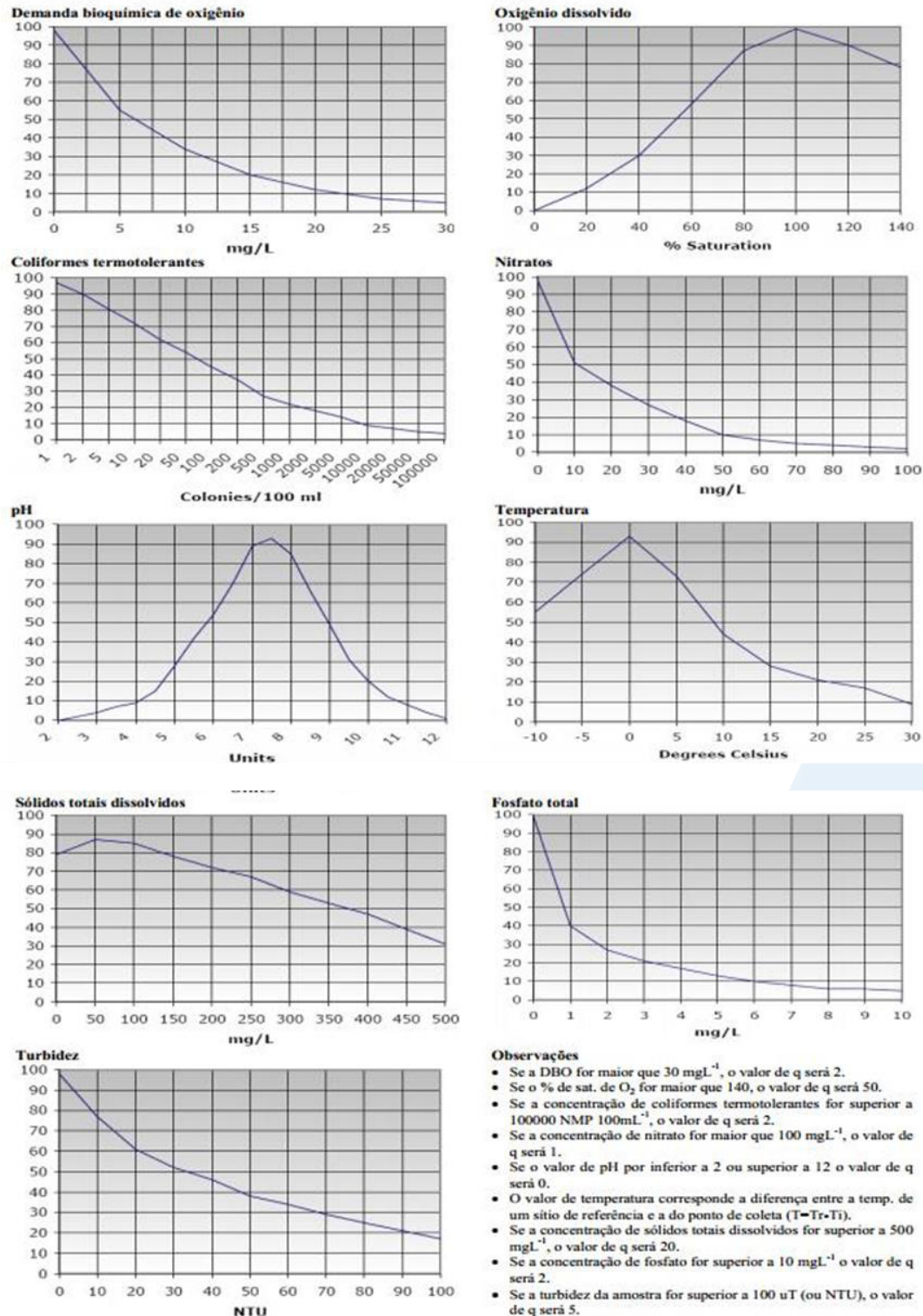
Sendo:

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

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

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

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



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>       | $25 > IQA \geq 0$      |  |

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 preenchida 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).

O Protocolo é composto por 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       |



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Análise físico-química e microbiológica

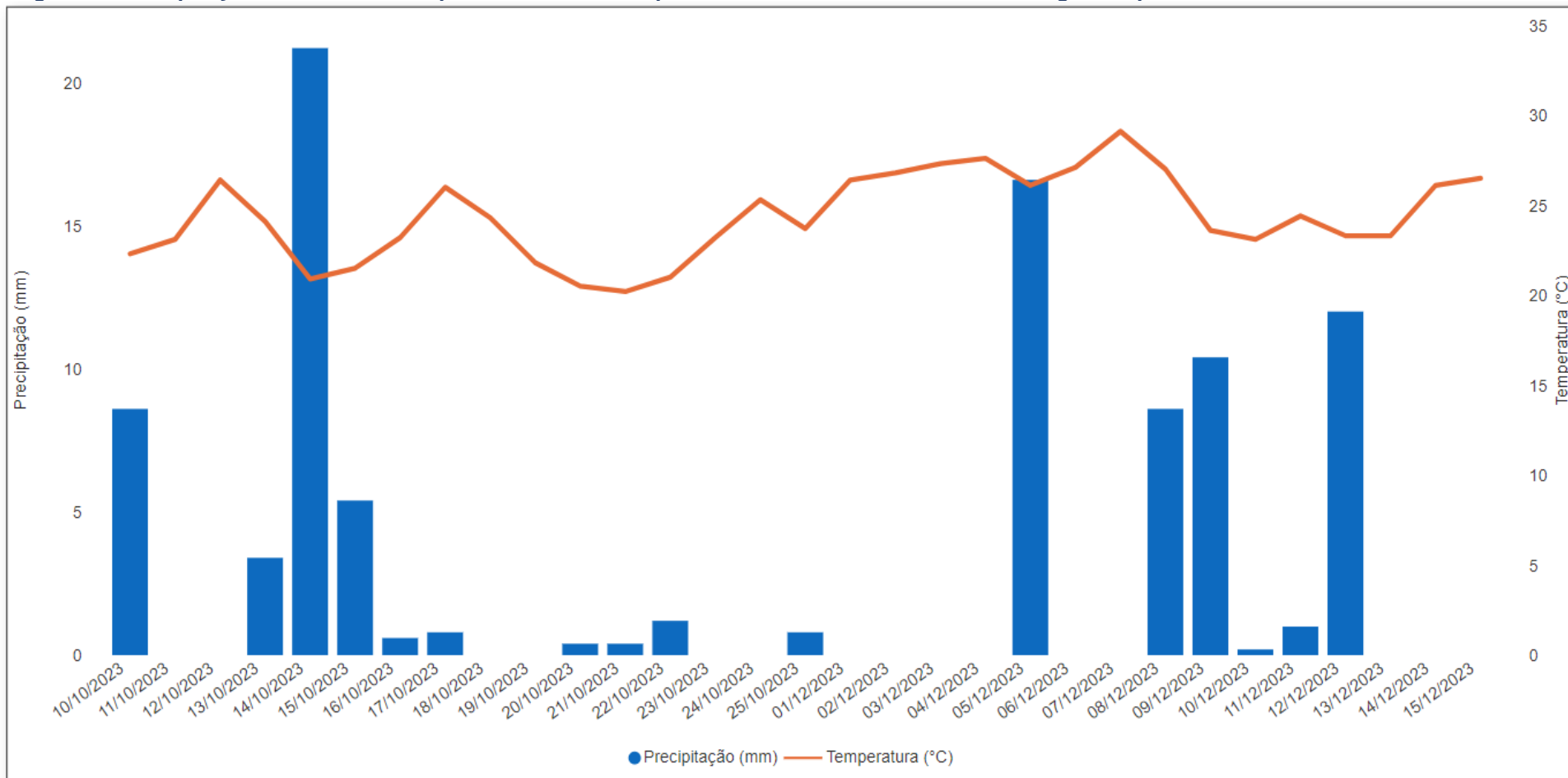
#### 6.1.1 Precipitação

Os resultados da precipitação e temperatura, extraídos da Estação Meteorológica Macaé (A608) durante o período de coleta indicam que nos quinze dias anteriores à terceira campanha realizada houve uma média de temperatura de 23,0 °C e precipitação acumulada de 42,8 mm, o que é considerado um volume de chuvas fortes, de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023). Já na quarta campanha, esses valores foram de 25,8 °C e 48,8 mm, respectivamente, e nesse caso o volume de chuvas é classificado de forma semelhante à campanha anterior, sendo considerada uma precipitação forte (INMET, 2023) (Figura 6-1). Os resultados obtidos de pluviosidade da presente campanha são superiores ao monitoramento realizado no primeiro quadrimestre, e estão em conformidade com o descrito em dados históricos que indicam que o maior volume de chuvas é nos meses de novembro a março, mantendo os padrões climáticos da região monitorada (INEA, 2014).

Salienta-se que as variáveis físico-químicas e microbiológicas monitoradas, além de apresentarem relações, também podem ser influenciadas por fatores externos como, por exemplo, a precipitação.

Os resultados obtidos para as coletas de outubro e dezembro de 2023 e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA 357/2005 podem ser vistos na Tabela 6-1.

**Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores às coletas do segundo quadrimestre.**



**Tabela 6-1 - Resultados dos parâmetros analisados para a coletas do segundo 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                 | 24/10/2023              | <0,01              | <0,01              | 2400                          | 790  | 14                    | 2          | <0,06          | N.D            | <0,01          | 0,1                         | 0,1                     | 6,48      | 6,98      | 15                                | 25,07            | 2,02           |
|                    | 14/12/2023              | <0,01              | <0,01              | 4900,0                        | 330  | 21                    | 3          | <0,06          | 0,24           | <0,01          | <0,01                       | 0,7                     | 5,1       | 6,58      | 26                                | 22,47            | 2,1            |
| P2                 | 24/10/2023              | <0,01              | <0,01              | 790                           | 23   | 15                    | 4          | 0,3            | <0,05          | 0,03           | 0,08                        | 0,2                     | 6,49      | 6,88      | 17                                | 22,75            | 2,0            |
|                    | 14/12/2023              | <0,01              | <0,01              | 490                           | <1,8   | 31                    | 3          | <0,06          | 0,25           | <0,01          | 0,05                        | 0,5                     | 5         | 6,51      | 19                                | 22,64            | 1,1            |
| P3                 | 24/10/2023              | <0,01              | <0,01              | >160000,0                     | 2400   | 26                    | 7          | 0,32           | 0,23           | <0,01          | 0,36                        | 0,7                     | 6,71      | 6,9       | 25                                | 22,9             | 2,1            |
|                    | 14/12/2023              | <0,01              | <0,01              | 17000                         | 790  | 69                    | 5          | <0,06          | 0,25           | <0,01          | 0,03                        | 0,5                     | 6         | 6,9       | 23                                | 22,46            | 1,2            |
| P4                 | 24/10/2023              | <0,01              | <0,01              | >160000,0                     | 940  | 25                    | 6          | 0,31           | 0,35           | <0,01          | 0,43                        | 0,9                     | 6,4       | 7,7       | 25                                | 23,65            | 2,01           |
|                    | 14/12/2023              | <0,01              | <0,01              | 2300                          | <1,8   | 100                   | 5          | <0,06          | 0,15           | N.D            | <0,01                       | 0,3                     | 5,65      | 7,1       | 45                                | 23,4             | 8,13           |
| P5                 | 23/10/2023              | <0,01              | <0,01              | 17000                         | 490  | 56                    | 6          | 0,32           | 0,12           | N.D            | <0,01                       | 0,3                     | 6,0       | 7,05      | 26                                | 28,2             | 12,92          |
|                    | 15/12/2023              | <0,01              | <0,01              | 130                           | 23   | 34                    | 5          | <0,06          | 0,2            | <0,01          | 0,04                        | 0,3                     | 5,18      | 6,71      | 28                                | 27,1             | 34,1           |
| P6                 | 23/10/2023              | <0,01              | <0,01              | 17000                         | 7900   | 22                    | 5          | 0,32           | 0,08           | N.D            | 0,02                        | 0,3                     | 6,7       | 7,11      | 25                                | 25,32            | 3,96           |
|                    | 15/12/2023              | <0,01              | <0,01              | 24000                         | 2300   | 36                    | 6          | <0,06          | 0,12           | <0,01          | 0,05                        | 0,3                     | 5,8       | 6,83      | 31                                | 26,1             | 3,2            |
| P7                 | 23/10/2023              | <0,01              | <0,01              | >160000,0                     | 23   | 66                    | 2          | <0,06          | 0,2            | N.D            | 0,03                        | 0,4                     | 6,1       | 7,62      | 46                                | 26,15            | 16,0           |
|                    | 15/12/2023              | <0,01              | <0,01              | >160000,0                     | 24000  | 46                    | 3          | 0,1            | 0,07           | 0,01           | 0,3                         | 0,5                     | 4,97      | 6,95      | 56                                | 28,43            | 35,7           |
| P8                 | 23/10/2023              | <0,01              | <0,01              | 160000                        | 7900   | 4154                  | 9          | 0,4            | 0,26           | <0,01          | 0,69                        | 1,0                     | 7,0       | 7,61      | 3720                              | 25,96            | 6,06           |
|                    | 15/12/2023              | <0,01              | <0,01              | 24000                         | 1300   | 4470                  | 10         | 0,11           | 0,21           | 0,03           | 0,65                        | 1                       | 6,09      | 7,02      | 3182                              | 28,12            | 16,9           |
| P9                 | 23/10/2023              | <0,01              | <0,01              | 160000                        | 790  | 354                   | 12         | 0,32           | 0,36           | 0,02           | 1,19                        | 1,8                     | 1,89      | 6,5       | 644                               | 24,9             | 11,03          |
|                    | 15/12/2023              | <0,01              | <0,01              | >160000,0                     | >160000,0  | 269                   | 18         | 0,06           | <0,05          | 0,01           | 0,92                        | 1,6                     | 4,12      | 6,08      | 209                               | 26,6             | 23,2           |
| P10                | 23/10/2023              | <0,01              | <0,01              | 160000                        | 2300   | 10870                 | 10         | 0,3            | 0,23           | 0,03           | 1,83                        | 2,3                     | 4,8       | 7,01      | 10316                             | 22,15            | 9,53           |
|                    | 15/12/2023              | <0,01              | <0,01              | 160000                        | 54000  | 6567                  | 16         | 0,15           | 0,08           | 0,02           | 0,57                        | 2,4                     | 5,3       | 6,6       | 3426                              | 27,36            | 24,9           |
| CONAMA 357/05      | Águas Doces Classe 2    | -                  | -                  | -                             | 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros* | -                     | 5          | -              | 10             | 1              | **                          | 2,18                    | > 5       | 6,0 a 9,0 | 500                               | -                | 100            |
|                    | Águas Salobras Classe 1 | 0,01               | -                  | -                             | -  | -                     | -          | -              | 0,4            | 0,07           | 0,4                         | -                       | >5        | 6,5 a 8,5 | -                                 | -                | -              |
|                    | Águas Salinas Classe 1  | -                  | -                  | -                             | -  | -                     | -          | -              | 0,4            | 0,07           | 0,4                         | -                       | > 6       | 6,5 a 8,5 | -                                 | -                | -              |

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

Com base nos resultados obtidos na terceira campanha realizada, as amostras dos pontos P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07 e P09 foram classificadas como água doce e comparados com os valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005 de Águas Doces Classe 2, já as águas analisadas nos pontos P08 e P10 foram classificadas como água salobra e os resultados das análises foram equiparados com a normativa, com base nos limites estipulados para Águas Salobras Classe 1 (BRASIL, 2005).

De forma análoga, os resultados obtidos na quarta campanha foram equiparados aos valores de referência da Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 nas águas analisadas em P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07 e P09, e os resultados das amostras de P08 e P10 foram comparados aos limites estipulados pela normativa de referência para Águas Salobras Classe 1 (BRASIL, 2005).

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

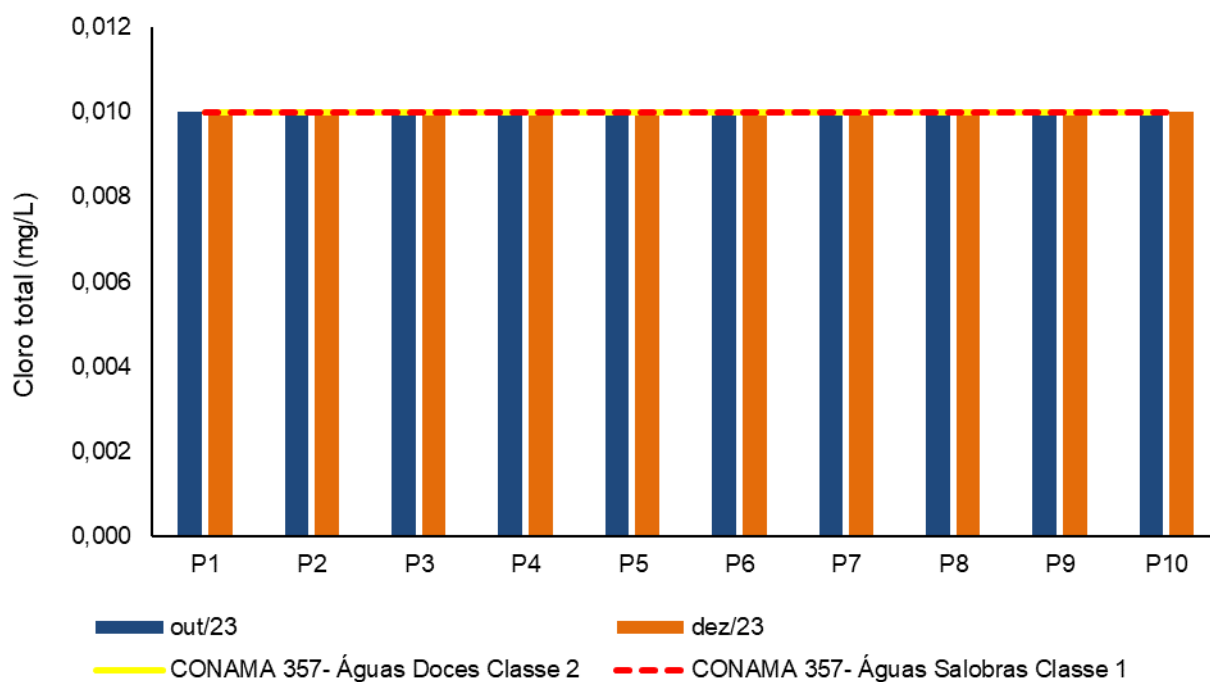
### **6.1.2 Cloro livre e total**

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

De acordo com os valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (0,01 mg/L) (BRASIL, 2005)., nota-se que os resultados obtidos de cloro total da terceira e quarta campanha

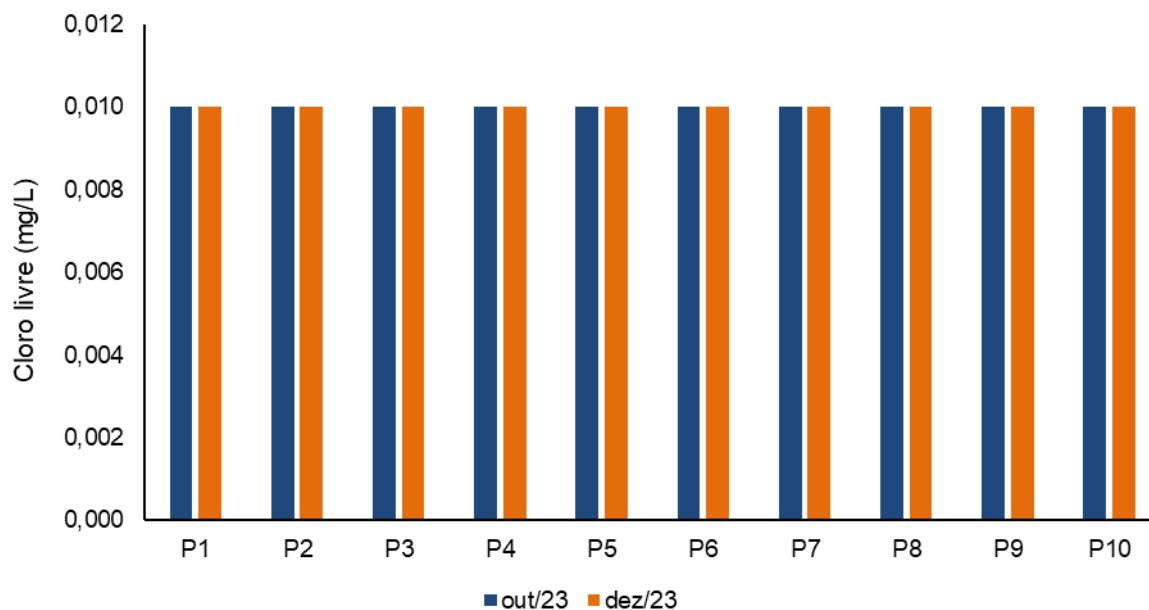
estão em conformidade com o limite proposto, uma vez que todos os resultados de ambas as campanhas apresentaram concentração abaixo do limite de detecção do método analítico (<0,01 mg/L) (Figura 6-2).

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



No que se refere ao parâmetro cloro livre, não existem valores de referência na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). Na terceira e quarta campanha de monitoramento realizadas, as concentrações dessa variável ambiental ficaram abaixo do limite de quantificação do método analítico em todas as amostras analisadas das distintas estações amostrais (Figura 6-3).

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



### 6.1.3 Coliformes totais e termotolerantes

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

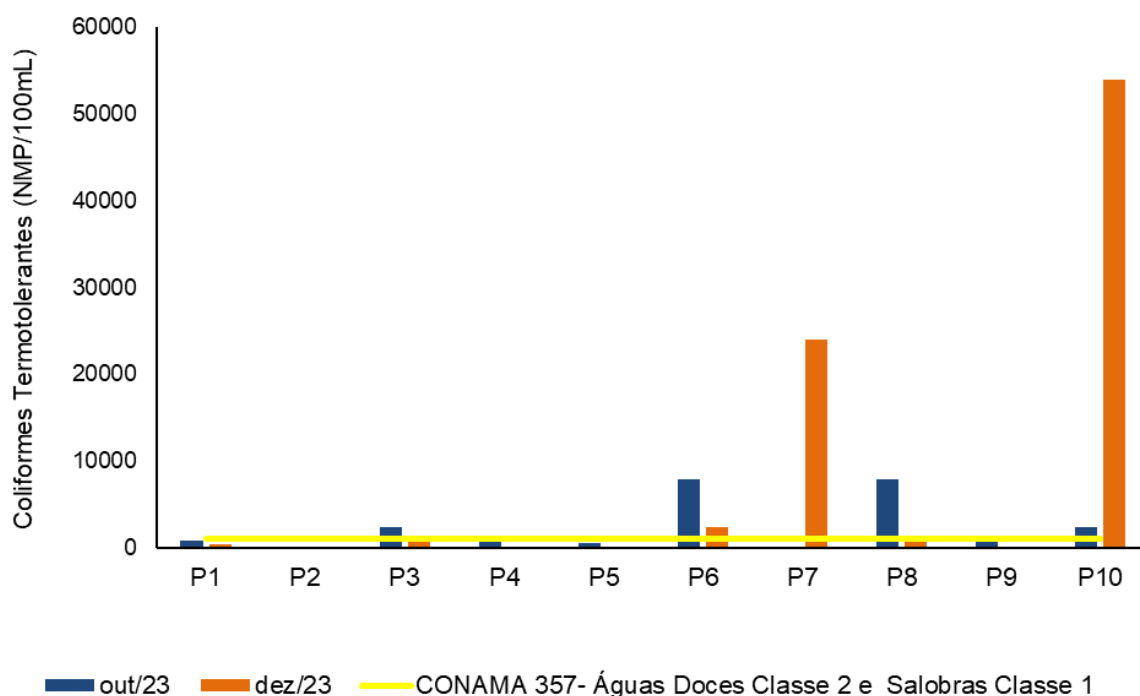
Em relação aos coliformes termotolerantes, a média desse parâmetro na terceira campanha foi de 2355,6 NMP/100 mL. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 para uma avaliação em relação a esse indicador, é necessário um período de monitoramento de 1 ano com frequência bimestral (BRASIL, 2005). Apesar do presente estudo ambiental não apresentar um ano de monitoramento, foi utilizado 1.000 NMP/100 mL como valor de referência para comparação.

Observou-se que na terceira campanha as águas analisadas em P03 (2400 NMP/100 mL), P06 (7900 NMP/100 mL), P08 (7900 NMP/100 mL) e P10 (2300 NMP/100 mL) apresentaram valores acima do limite estabelecido pela legislação supracitada para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1 (1.000 NMP/100 mL) (Figura 6-4).

Na quarta campanha, a média de coliformes termotolerantes foi de 24274,5 NMP/100 mL. Verificou-se que as amostras dos pontos P06 (2300 NMP/100 mL), P07

(24000 NMP/100 mL), P08 (1300 NMP/100 mL), P09 (>160000 NMP/100 mL) e P10 (54000 NMP/100 mL) exibiram valores dessa variável ambiental acima do permitido para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1, com base na Resolução CONAMA 357/2005 (Figura 6-4; Tabela 6-1). O resultado do P09 da quarta campanha foi removido do gráfico para não prejudicar a visualização dos demais resultados, uma vez que a concentração de coliformes termotolerantes foi acima de 160000 NMP/100 mL.

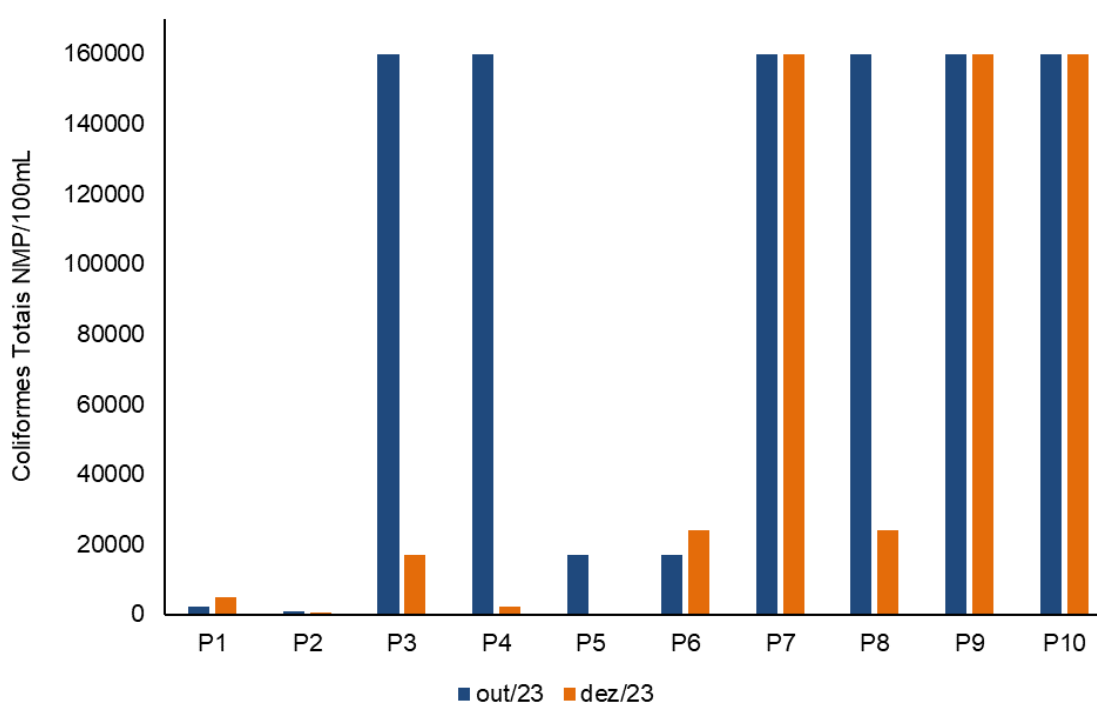
**Figura 6-4 Resultados de coliformes termotolerantes do segundo quadrimestre.**



No que se refere aos coliformes totais, esse parâmetro não apresenta um limite de referência na Resolução CONAMA 357/2005, no entanto, na terceira campanha, altas concentrações dessa variável ambiental foram evidenciadas nas amostras dos diferentes pontos amostrais (Figura 6-5). Esse padrão de concentrações, de maneira geral, também foi observado em todas as amostras da quarta campanha de monitoramento. A média dessa variável microbiológica na terceira campanha foi de acima de 99719,0 NMP/100 mL, já que o limite de quantificação máximo de 160.000 NMP/100 mL foi estabelecido pelo laboratório, devido à grande variação da concentração de coliformes em amostras ambientais. Na quarta campanha a média de coliformes totais foi acima de 55282,0 NMP/100 mL.

Os resultados obtidos de coliformes totais e termotolerantes das campanhas realizadas no segundo quadrimestre indicam o lançamento de efluentes sanitários nos corpos hídricos avaliados, e podem estar associados ao volume de chuvas obtidos, já que a precipitação, em geral, é um dos fatores que podem estar associados a altas concentrações de organismos indicadores de poluição fecal (FREITAS *et al.* 2017), o que é evidenciado com a pluviosidade acumulada nos quinze dias anteriores às datas das amostragens realizadas na terceira e quarta campanha.

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



#### 6.1.4 Condutividade

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

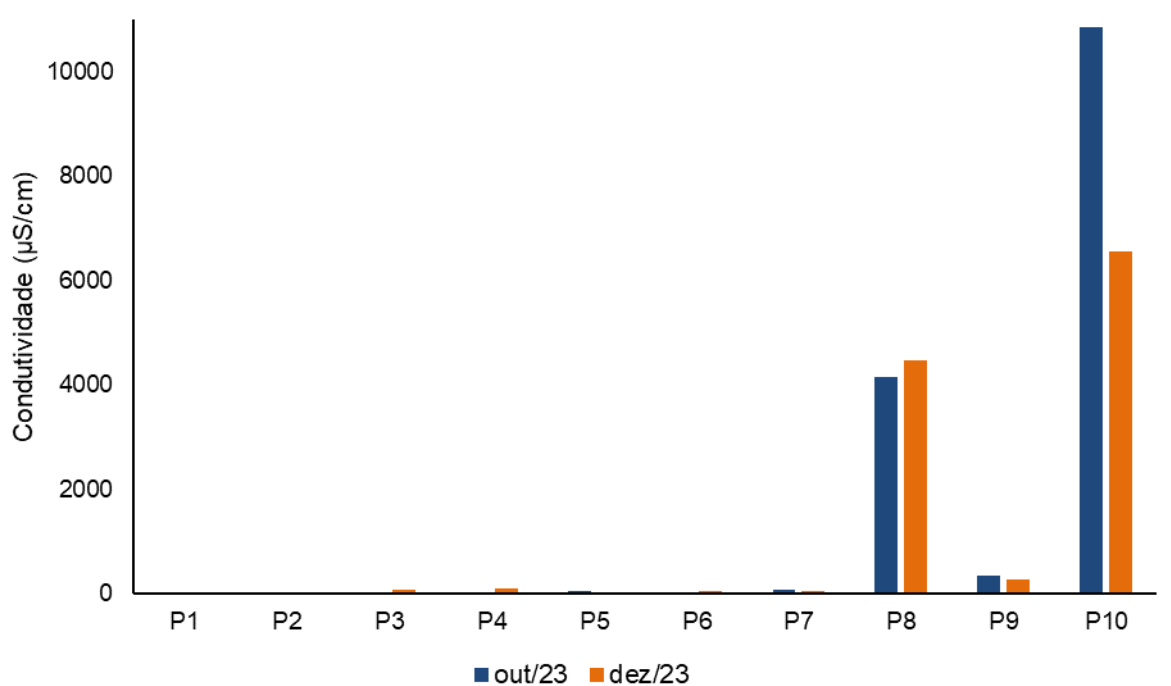
Os valores registrados na terceira campanha variaram de 14  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , na amostra de P01 a 10870  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , na amostra de P10 (Figura 6-6). A média da condutividade na terceira campanha foi de 1560,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Já na quarta campanha, a média desse parâmetro foi de 1164,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . De forma similar à terceira campanha, o menor valor de condutividade da



quarta campanha, foi observado nas águas analisadas em P01 (21  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), já o maior valor foi reportado na amostra de P10 (6567  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). A estação P10 está localizada na foz do rio das Ostras. Portanto, por conta da influência marinha, o valor mais elevado de condutividade foi detectado em P10. Além disso, também verificou-se valores altos dessa variável ambiental para as amostras do ponto P8, situado na foz do rio Macaé. Esses resultados demonstram a relação entre condutividade e salinidade, uma vez que a salinidade é calculada a partir dos valores de condutividade. Salienta-se que as águas analisadas nos pontos supracitados foram classificadas como águas salobras, em razão dos efeitos das marés e intrusão salina nessas estações amostrais.

Destaca-se que para essa variável ambiental não são estabelecidos valores de referência na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

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



### 6.1.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

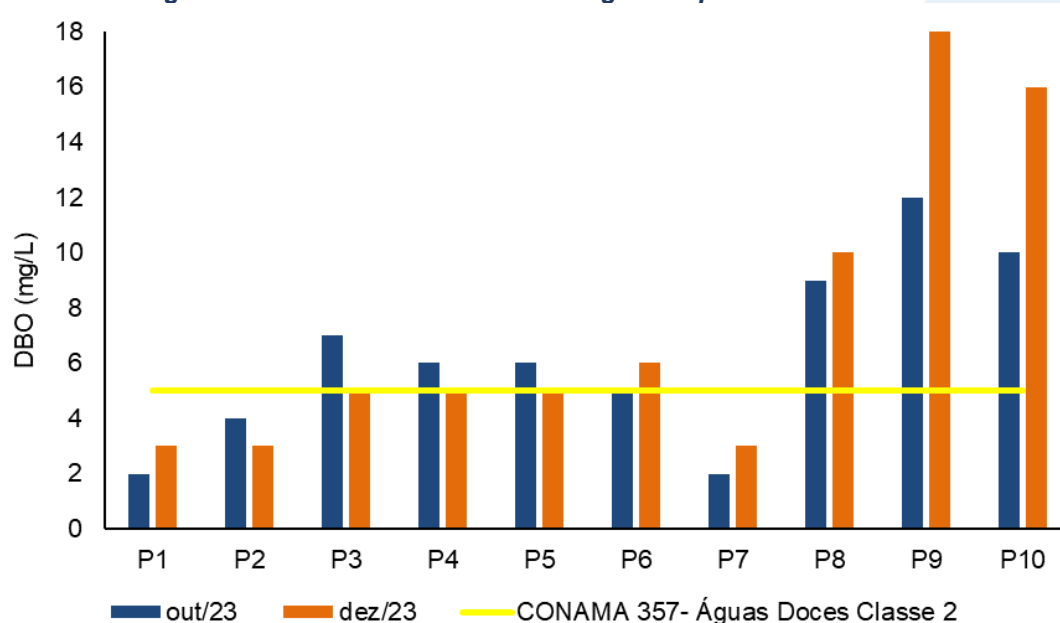
A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos na degradação de compostos orgânicos. Sob a ótica da qualidade da água, a DBO é uma importante variável indicadora de poluição por resíduos orgânicos, uma vez que quanto maior a DBO (i.e., mais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

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

Na terceira campanha, foram reportados valores de DBO variando de 2 mg/L na amostra de P01 e P07 até 12 mg/L na água analisada em P09. As concentrações observadas nas amostras de P03 (7 mg/L), P04 (6 mg/L), P05 (6 mg/L) e P09 (12 mg/L) apresentaram valores acima do estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces de Classe 2 (5 mg/L) (Figura 6-7). Já na quarta campanha os valores desse parâmetro na maioria das amostras analisadas estiveram em conformidade com o limite estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces de Classe 2, a exceção ocorreu nas amostras de P06 (6 mg/L) e P09 (18 mg/L).

Os valores de DBO nas amostras previamente mencionadas podem estar relacionados com o lançamento de efluente nos corpos hídricos monitorados. Ressalta-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 P08 e P10.

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



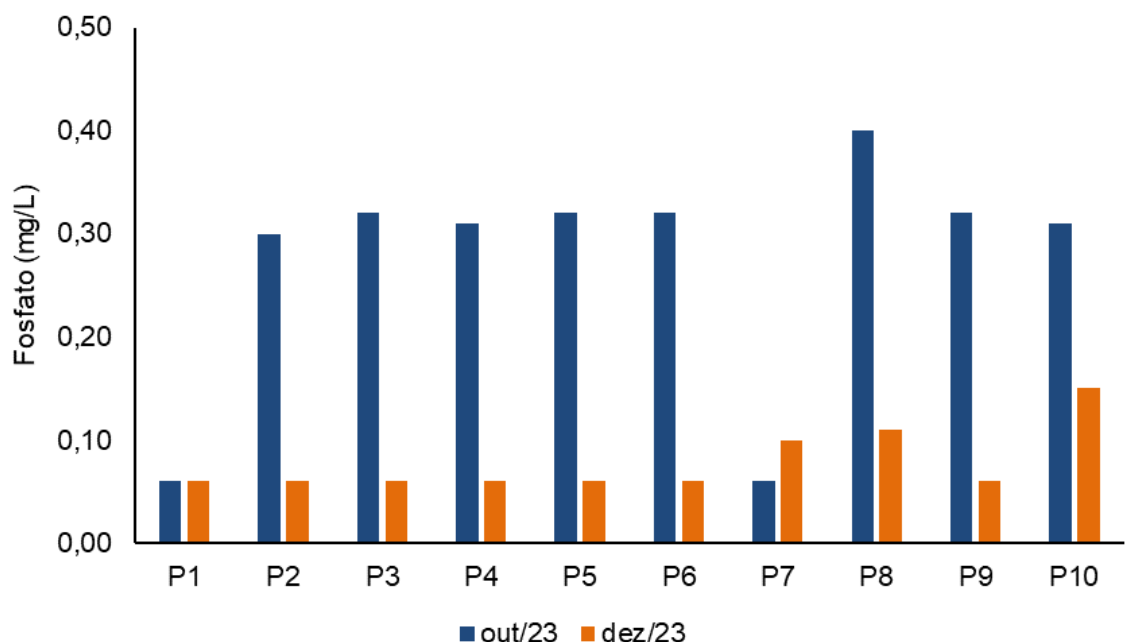
### 6.1.6 Fosfato

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

Na terceira campanha, os resultados de fosfato apresentaram uma variação de <0,06 mg/L nas amostras de P01 e P07 até 0,4 mg/L nas águas analisadas em P08. Já na quarta campanha, de maneira geral, as concentrações detectadas foram menores que o limite de quantificação do método analítico, com exceção das amostras de P07, P08, P9 e P10 (Figura 6-8). Para esse parâmetro não há valores de referência na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

As concentrações elevadas de fósforo nas amostras previamente mencionadas podem ter uma relação com o lançamento de águas residuais nos sistemas, bem como a utilização de fertilizantes, já que próximo aos pontos monitorados são verificadas atividades agrícolas (PINHEIRO, 2008).

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



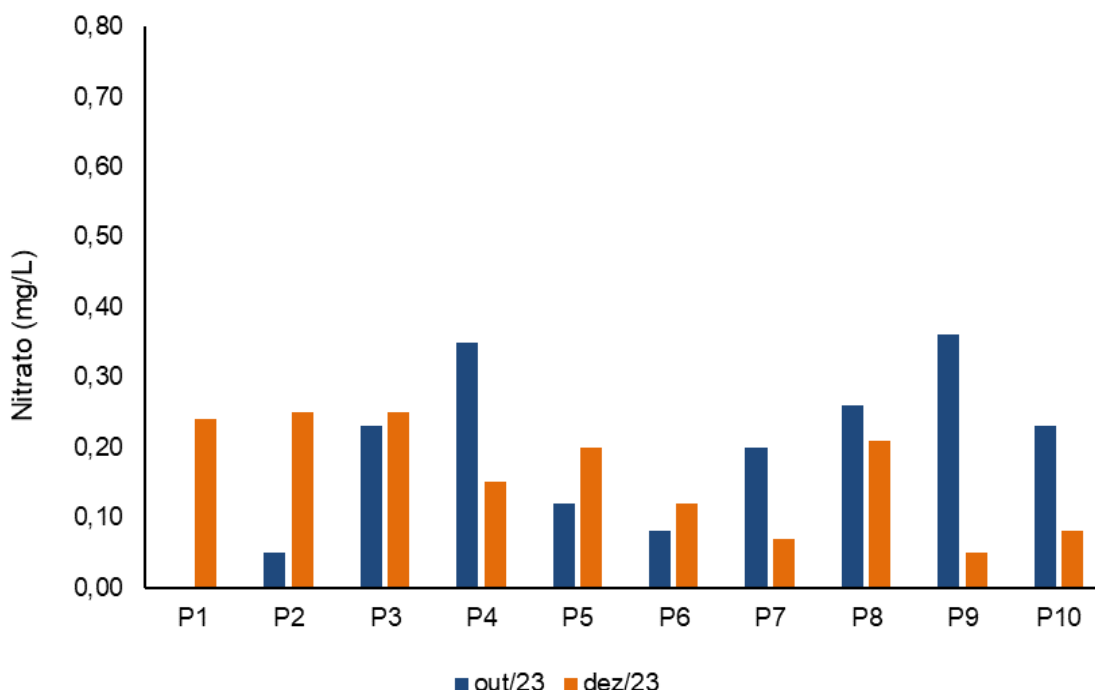
### 6.1.7 Nitrato e nitrito

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

Na terceira campanha, as concentrações de nitrato apresentaram uma variação de <0,05 mg/L (limite de quantificação do método analítico), na amostra de P02 a 0,36 mg/L nas águas analisadas em P09. Este parâmetro não foi detectado na amostra de P01. Na quarta campanha, o menor valor de nitrato da quarta campanha, foi observado nas águas analisadas em P09 (<0,05 mg/L), já o maior valor foi obtido nas amostras de P02 e P03 (0,25 mg/L).

Desta forma, observou-se que as concentrações de nitrato de todas as amostras ficaram dentro dos valores máximos permitidos para Águas Doces Classe 2 (10 mg/L) e Águas Salobras Classe 1 (0,4 mg/L), de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (Figura 6-9). Destaca-se que em razão das baixas concentrações de nitrato, foram removidas as demarcações dos limites estabelecidos pela normativa supracitada como forma de facilitar a visualização dos resultados obtidos.

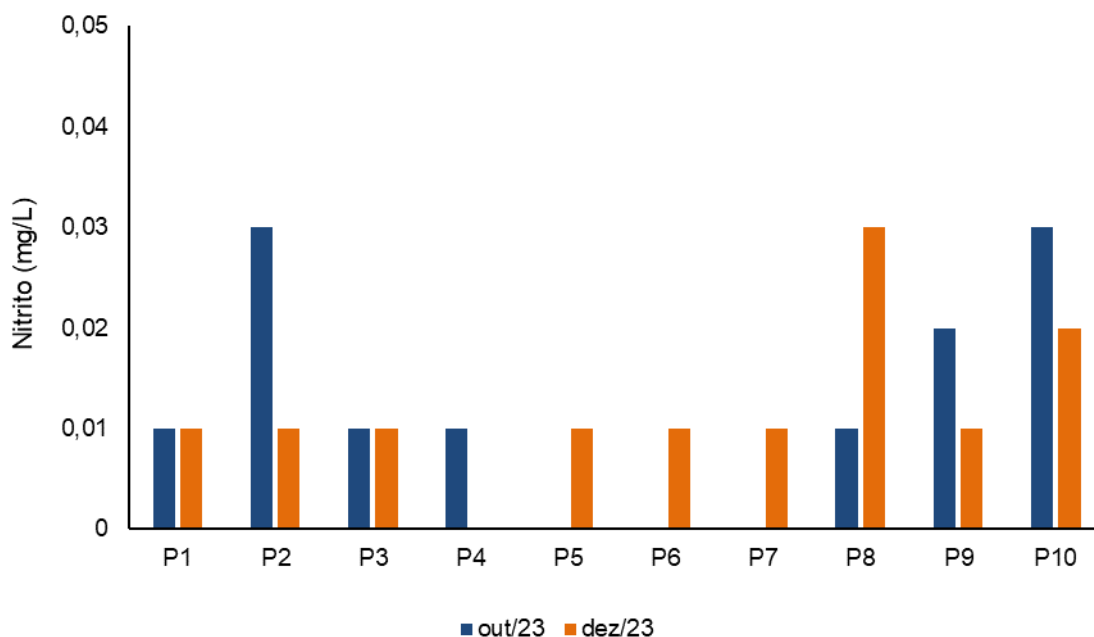
**Figura 6-9 Resultados de nitrato do segundo quadrimestre.**



Em relação ao nitrato, de maneira geral, as concentrações detectadas na terceira campanha foram menores que o limite de quantificação do método analítico (<0,01 mg/L) e/ou não foram detectadas, com exceção das amostras de P02 (<0,03 mg/L), P09 (<0,02 mg/L) e P10 (<0,03 mg/L). Na quarta campanha, as amostras de P01, P02, P03, P05 e P06 apresentaram concentrações menores que o limite de quantificação do método analítico, com apenas as amostras de P07, P08, P09 e P10 sendo quantificadas, a variação observada foi entre 0,01 mg/L (P07 e P09) e 0,03 mg/L (P08).

De forma análoga aos resultados de nitrato, as concentrações de nitrito de todas as amostras analisadas na terceira e quarta campanha apresentaram valores abaixo do 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) (BRASIL, 2005). (Figura 6-10). Para essa variável ambiental, também optou-se por não apresentar no gráfico o limite da normativa de referência, para facilitar a observação dos resultados em razão das baixas concentrações obtidas.

**Figura 6-10 Resultados de nitrito do segundo quadrimestre.**



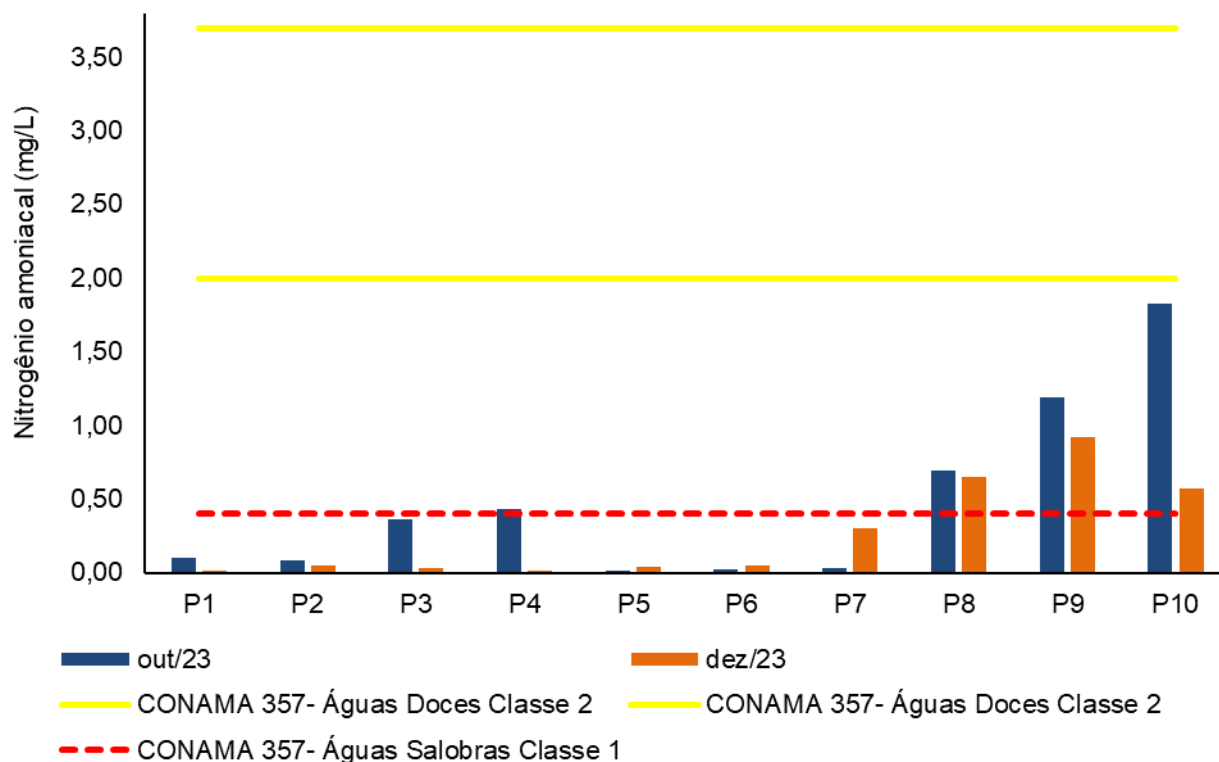
### 6.1.8 Nitrogênio amoniacal

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

Na terceira campanha, os valores de nitrogênio amoniacal das amostras analisadas estiveram, de forma majoritária, em conformidade com os valores máximos delimitados na Resolução CONAMA 357/2005, exceto nas amostras de P08 (0,69 mg/L) e P10 (1,83 mg/L), que apresentaram concentrações acima do estipulado pela normativa supracitada para Águas Salobras Classe 1 (0,4 mg/L).

O mesmo padrão foi observado na quarta campanha, as amostras classificadas como águas doces apresentaram valores dentro do estipulado pela legislação de referências, mas as concentrações de nitrogênio amoniacal nas águas analisadas em P08 (0,65 mg/L) e P10 (0,57 mg/L) ficaram acima do permitido para Águas Salobras Classe 1 (Figura 6-11).

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



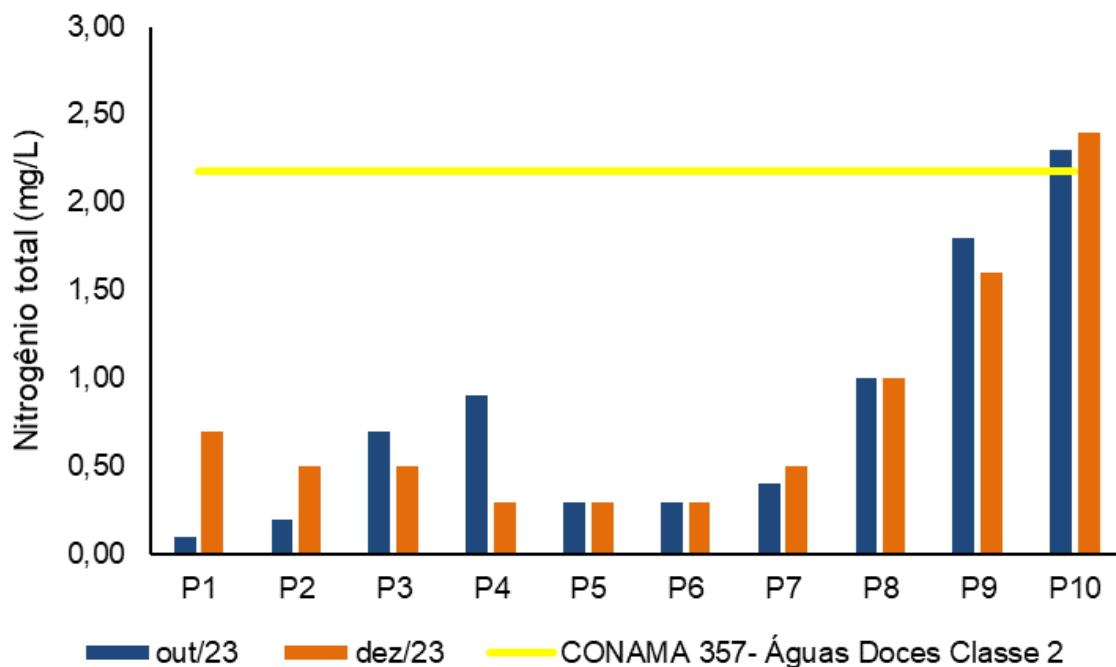
### 6.1.9 Nitrogênio total

As fontes de nitrogênio para os sistemas aquáticos são diversas. No entanto, o esgoto sanitário é a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico na água. Alguns efluentes industriais provenientes de petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, também realizam descarte de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas. Assim como o fósforo, o nitrogênio é um dos principais nutrientes para os processos biológicos (macronutriente) e está relacionado com a produtividade primária no ambiente aquático. O aporte excessivo desses nutrientes, principalmente pelo esgotamento sanitário, causa enriquecimento dos sistemas aquáticos, deixando-os eutrofizados. O nitrogênio total é a soma das formas orgânicas e inorgânicas de nitrogênio encontradas no ambiente (CETESB, 2016).

Na terceira e quarta campanha foi observado que todas as amostras analisadas apresentaram concentrações abaixo do limite estipulado na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (2,18 mg/L), sendo a variação total observada de 0,1 mg/L (P01, terceira campanha) a 2,4 mg/L (P10, terceira campanha) (Figura 6-12). Salienta-se que essa variável química não apresenta limite de referência para águas

salobras, sendo assim, as amostras dos pontos P08 e P10 das duas campanhas não apresentarão concentrações para fins comparativos.

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



### 6.1.10 Oxigênio dissolvido

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

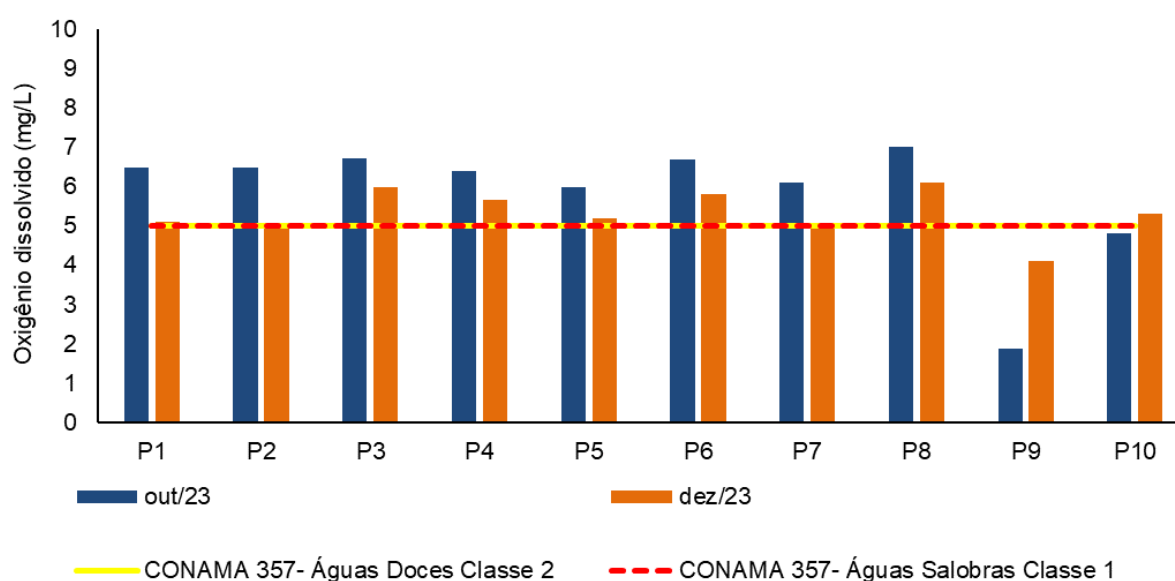
Na terceira campanha de monitoramento, verificou-se baixas concentrações de oxigênio dissolvido nas águas dos pontos P09 (1,89 mg/L) e P10 (4,8 mg/L), valores abaixo do estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L) e Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L), respectivamente. As demais amostras analisadas na terceira campanha apresentaram valores que estão em conformidade com o estabelecido pela normativa de referência.



Já na quarta campanha, de maneira geral, as amostras apresentaram valores de OD que atenderam o descrito na Resolução CONAMA 357/2005, a exceção ocorreu nas amostras de P07 (4,97 mg/L) e P09 (4,12 mg/L), que exibiram concentrações abaixo de 5 mg/L para Águas Doces Classe 2 (Figura 6-13).

Sugere-se que a ocorrência de matéria orgânica nas águas analisadas dessas estações amostrais, levaram ao aumento a DBO e como consequência, na diminuição de oxigênio dissolvido, o que é evidenciado, por exemplo, nas amostras de P09 na terceira e quarta campanha. Além disso, nas duas campanhas de monitoramento do segundo quadrimestre foi notada uma vasta vegetação de plantas aquáticas, o que pode ter influenciado nos resultados de DBO e OD. É importante salientar ainda que a redução de OD nas águas levam a mortalidade de animais, impactando os ecossistemas (EMBRAPA, 2011).

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



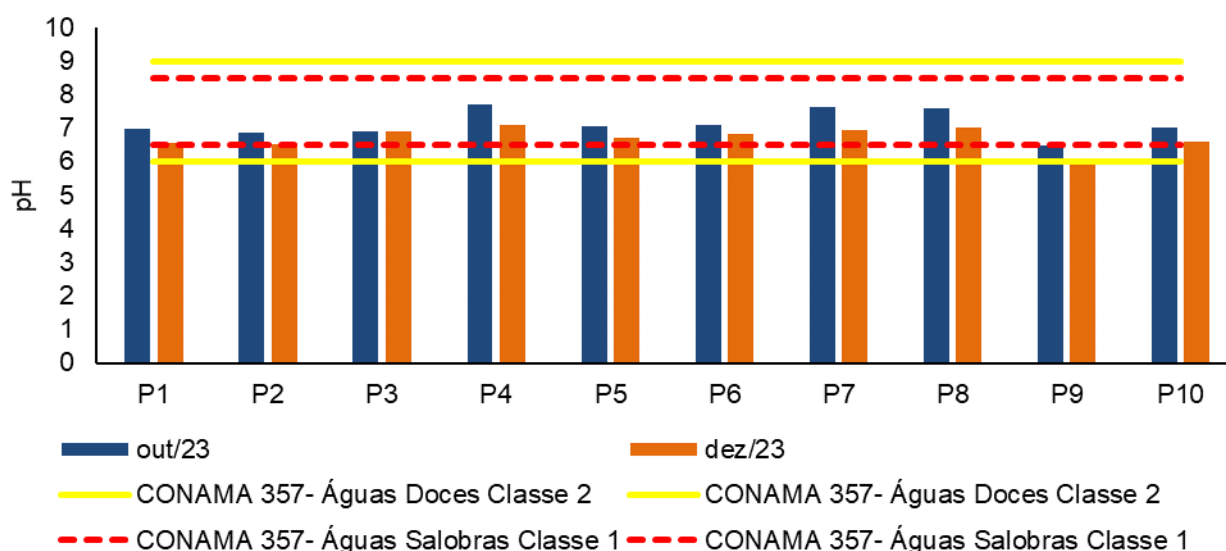
### 6.1.11 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da atividade dos íons hidrônio ( $H^+$ ) dentro de uma solução, sendo esse parâmetro essencial para o bom funcionamento dos ecossistemas aquáticos, tendo em vista seu papel como regulador de diversas atividades bioquímicas de organismos. Diversos fatores podem alterar o pH de ecossistemas

aquáticos, desde a composição geológica da bacia, descarga de efluentes industriais e de mineração, composição do lixiviado, até a presença de atividade agropecuária (VONSPERLING, 2017).

Na terceira e quarta campanha de monitoramento, observou-se que todas as amostras analisadas ficaram dentro do 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) (Figura 6-14). Sendo assim, a variação global observada foi de 6,08 (P09, quarta campanha) a 7,7 (P04, terceira campanha).

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



### 6.1.12 Sólidos dissolvidos totais

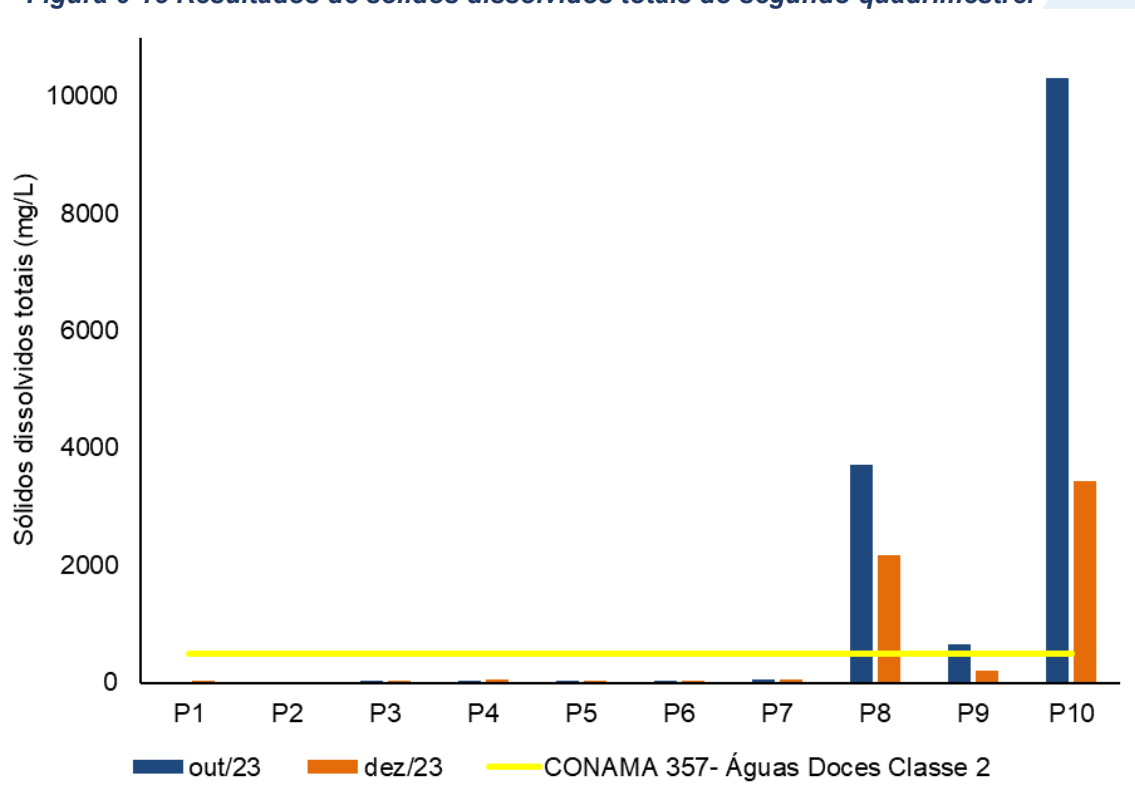
Os sólidos presentes na água são toda a matéria que continua como resíduos após diferentes processos, como de evaporação, secagem ou calcinação em temperatura e um tempo determinado. Os processos descritos anteriormente que determinam as diferentes frações de sólidos na água, podendo ser sólidos totais,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

Na terceira campanha de monitoramento, foi observado que a amostra de P09 (644 mg/L) apresentou concentrações acima do estabelecido pela Resolução CONAMA

357/2005 Águas Doces Classe 2 (500 mg/L). As demais amostras apresentaram valores abaixo do limite preconizado pela normativa de referência.

Já na quarta campanha, todas as amostras das distintas estações amostrais exibiram valores que estão de acordo com a legislação supracitada (Figura 6-15). Ressalta-se que para essa variável ambiental não existem valores de referências para águas salobras. No entanto, as amostras de P08 e P10, situadas na foz do rio Macaé e das Ostras, respectivamente, apresentaram elevadas concentrações de sólidos dissolvidos, que é um parâmetro proporcional à condutividade, o que é confirmado pelos altos valores de condutividade nas águas desses pontos amostrais. Adicionalmente, acredita-se que as elevadas concentrações de sólidos em P08 e P10 nas duas campanhas e P09 na terceira campanha pode estar associadas ao lançamento de esgoto sanitário nos corpos hídricos monitorados.

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



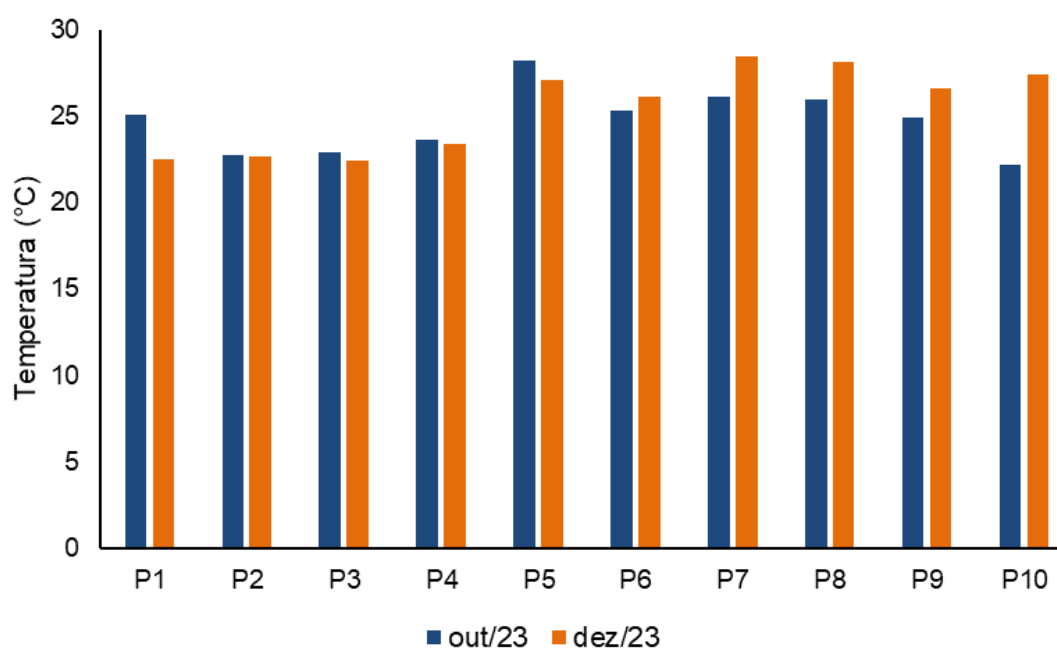
### 6.1.13 Temperatura

A temperatura desempenha um papel crucial nos ecossistemas aquáticos, à medida que alterações na temperatura da água geram mudanças em diversas

propriedades da água (como viscosidade, tensão e solubilidade). Além disso, os organismos aquáticos possuem uma faixa ótima para sua sobrevivência, uma vez que a temperatura influencia diretamente a atividade bioquímica da biota aquática (CETESB, 2018).

Os valores de temperatura da água da terceira campanha variaram entre 22,15 °C na amostra de P10 e 28,2 °C nas águas analisadas em P05 (Figura 6-16), com média de 24,7 °C. Já na quarta campanha, os valores de temperatura apresentaram uma variação de 22,46°C na amostra de P03 a 28,43°C nas águas analisadas em P07, sendo a média da campanha de 25,5 °C.

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



#### 6.1.14 Turbidez

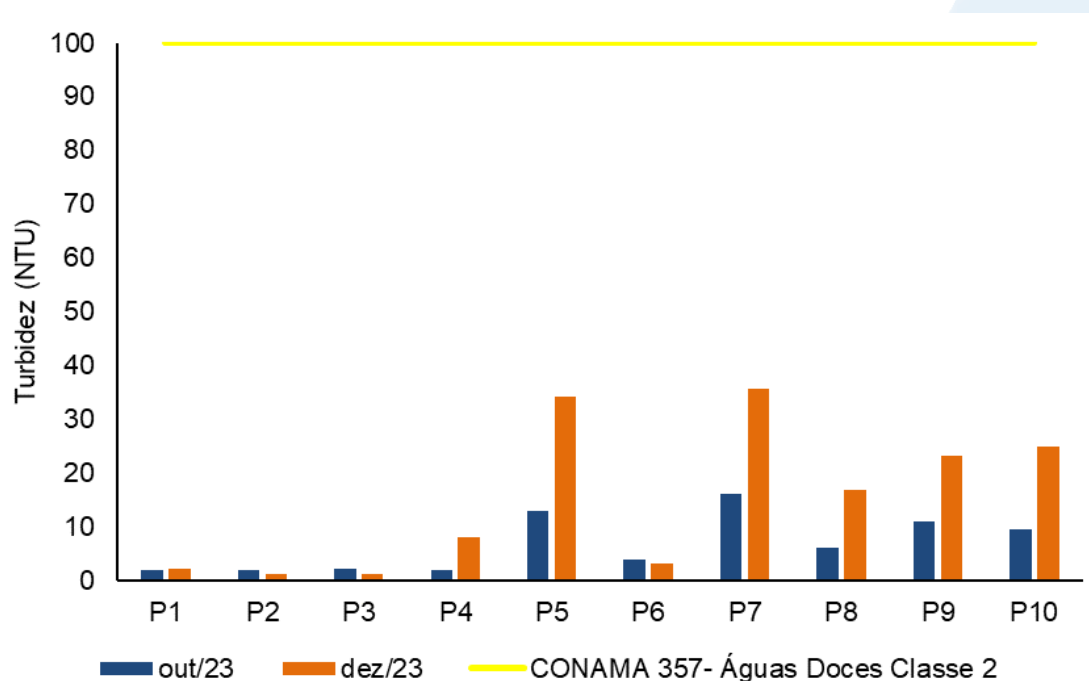
A turbidez pode ser definida como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água devido à presença de sólidos em suspensão. Logo, em águas turvas, a luz apresentará uma maior dificuldade de passagem. Esse parâmetro é medido em UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez).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

fotossíntese, afetando o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

A turbidez na terceira campanha variou de 2,0 NTU nas águas analisadas em P02 a 16,0 NTU na água analisada em P07. Os resultados obtidos de todas as amostras analisadas estiveram abaixo do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 NTU). Vale salientar que para águas salobras não existe um valor de referência para turbidez na normativa de referência, o que inviabiliza a comparação dos resultados encontrados nas amostras de P08 e P10.

De forma semelhante à terceira campanha, foi observado na quarta amostragem uma variação de 1,1 NTU nas águas analisadas em P02 a 35,7 NTU na amostra de P07 (Figura 6-17). Todas as amostras analisadas na quarta campanha apresentaram valores dentro do estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 NTU). Conforme mencionado previamente, para esse parâmetro não existem limiares para fins comparativos para águas salobras.

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



## 6.2 Análise dos Componentes Principais (PCA)

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

Para comprovar a adequação da PCA realizada, foi utilizado o teste de esfericidade de *Bartlett* e o teste estatístico de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO). O teste de *Bartlett* testa a hipótese nula, na qual a matriz de correlações é semelhante à matriz de identidade. Nesse teste o resultado igual ou menor a 0,05 indica que os dados utilizados produzem uma matriz de identidade, portanto, o modelo fatorial é adequado para a realização da análise de dados. Já o teste KMO demonstra a existência e os pesos das correlações parciais, nesse caso o modelo é considerado apropriado quando o coeficiente de correlação simples e parcial se aproximam a 1, e valores abaixo de 0,6 mostram que a análise não é adequada (OLINTO, 2007; PRADO *et al.* 2016). Diante dos resultados apresentados na Tabela 6-2, observou-se que o teste de esfericidade de *Bartlett* apresentou valores significativos ( $p < 0,005$ ). Já o teste de KMO apresentou valores abaixo do considerado desejável, no entanto, com base no tamanho da amostra de dados do segundo quadrimestre, pode se considerar um resultado aceitável para a adequação da PCA.

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

| Teste                                       | Resultado |
|---|-----------|
| Kaiser - Meyer - Olkin                      | 0,500     |
| Teste de esfericidade de Bartlett ( $X^2$ ) | 393       |
| Graus de liberdade                          | 45        |
| Significância estatística (p valor)         | <0,001    |

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 40,2% e 18,5% da variação dos dados, totalizando 58,6%, que podem ser vistos na Figura 6-18. Com base na PCA realizada é possível concluir que as diferentes variáveis físico-químicas e microbiológicas interferiram na caracterização dos pontos de coleta.

As amostras de P09 de outubro e dezembro foram mais influenciadas pelos coliformes totais, coliformes termotolerantes, temperatura e turbidez. O que se confirma, por exemplo, com os valores elevados de turbidez e das variáveis microbiológicas

previamente mencionadas na terceira e quarta campanha, indicando a ocorrência de processos erosivos no entorno da estação amostral e aporte de efluentes nos sistemas.

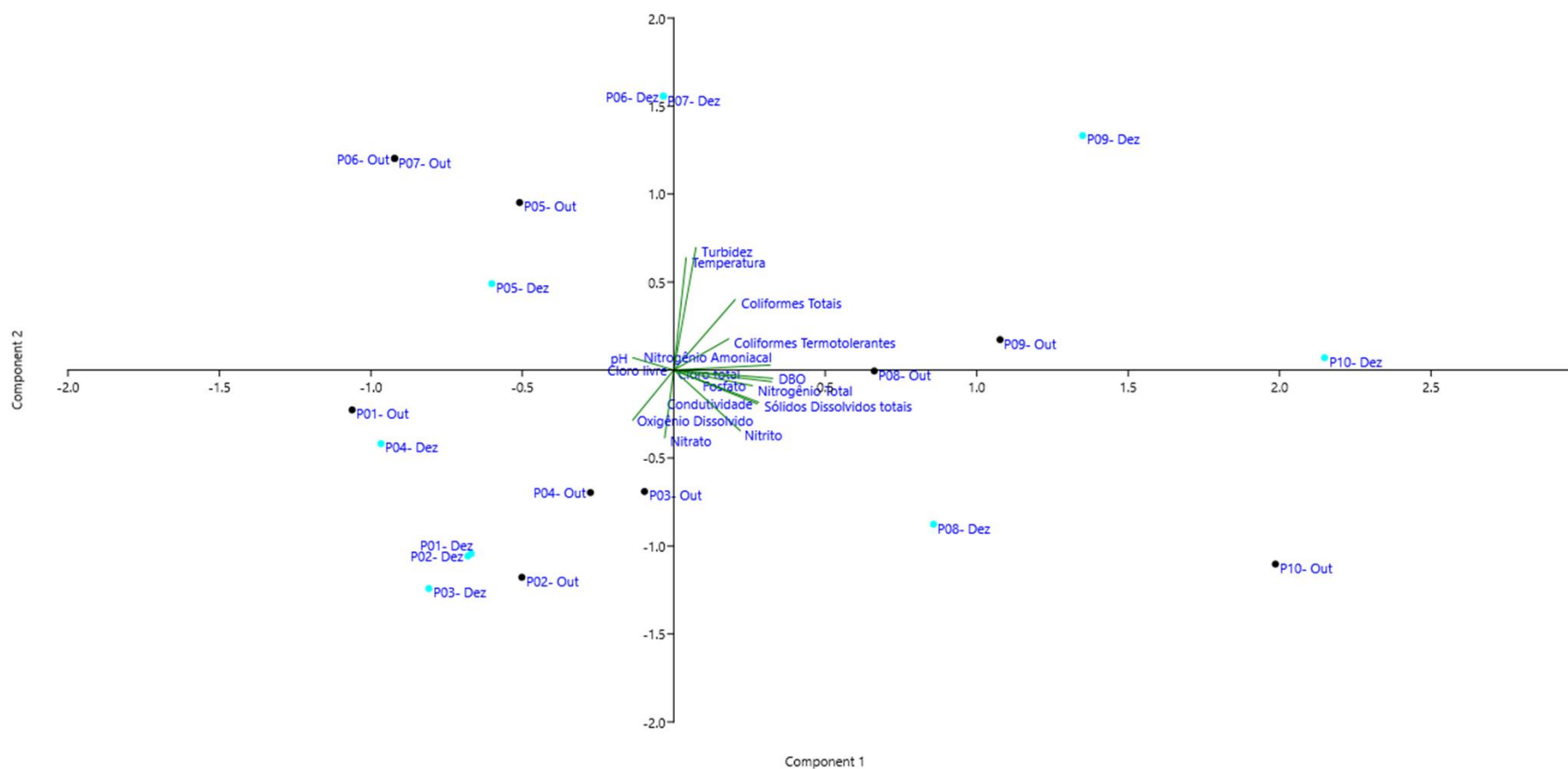
Também é possível notar a influência positiva do cloro total, DBO, fosfato, nitrogênio total, sólidos dissolvidos, condutividade e nitrito nas amostras de P08 de outubro e dezembro. O que se relaciona com os valores elevados de DBO, fosfato, nitrogênio, sólidos e condutividade nas amostras analisadas nas duas campanhas de monitoramento do segundo quadrimestre.

Nesse sentido, é importante ressaltar que o ponto P08 está localizado na foz do rio Macaé, e as concentrações dos parâmetros previamente mencionados podem estar refletindo as características ambientais ao longo do curso do rio (FREITAS, 2015). Salienta-se ainda que com base na literatura, o entorno dessa estação amostral é impactado por atividades antrópicas, como por exemplo, o lançamento de águas residuais, a presença de resíduos sólidos e uso e ocupação irregular do solo (COSTA, FARIAS, 2008; PINHEIRO, 2008). Adicionalmente, verifica-se a influência dos nutrientes, como fosfato, nitrito e nitrogênio total, que podem contribuir para o processo de eutrofização artificial, impactando a qualidade das águas, bem como a biodiversidade.

Além disso, é possível notar uma correlação positiva entre o nitrato na amostra de P04 da coleta realizada em outubro, isso se confirma com as concentrações mais elevadas desse nutriente para as águas analisadas nessa estação amostral.

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

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





## 6.3 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os valores de IQA da terceira campanha apresentaram resultados entre 42,37 e 79,18 nos pontos amostrais situados nos rios Jundiá (P09) e Macaé (P07), respectivamente (Tabela 6-3). As análises do índice de qualidade da água apresentaram uma classificação como ruim (P09), seis como médias (P03, P04, P05, P06, P08 e P10) e três como boas (P01, P02 e P07) (Tabela 6-3).

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

| Estação  | Cidade/Distrito                            | Corpo hídrico  | IQA Out/2023 | IQA Dez/23       | Média            |
|--|--|----------------|--------------|------------------|------------------|
| P01  | Nova Friburgo / Lumiar                     | rio Macaé      | 70,70        | 67,22            | 68,96            |
| P02  | Nova Friburgo / Lumiar                     | rio Macaé      | 73,76        | 80,21            | 76,99            |
| P03  | Nova Friburgo / Lumiar                     | rio Macaé      | 61,67        | 66,22            | 63,95            |
| P04  | Casimiro de Abreu                          | rio Macaé      | 64,98        | 81,32            | 73,15            |
| P05  | Macaé                                      | rio Macaé      | 65,83        | 71,15            | 68,49            |
| P06  | Macaé/ Glicério                            | rio São Pedro  | 55,38        | 65,50            | 60,44            |
| P07  | Macaé                                      | rio Macaé      | 79,18        | 51,04            | 65,11            |
| P08  | Macaé/Barra                                | rio Macaé      | 51,34        | 59,20            | 55,27            |
| P09  | Rio das Ostras                             | rio Jundiá     | 42,37        | 32,52            | 37,45            |
| P10  | Rio das Ostras                             | rio das Ostras | 50,43        | 37,94            | 44,19            |
| 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 |

Diante dos resultados, a amostra de P09 da terceira campanha foi indicada como ruim, portanto, a água foi classificada como imprópria para o tratamento convencional. Já as demais amostras apresentaram uma classificação média a boa, sendo assim, são classificadas como aptas para o tratamento convencional.

O padrão de resultados do IQA obtido na terceira campanha foi distinto na quarta campanha. Os valores do IQA apresentaram uma variação de 32,52 nas águas analisadas em P09 (rio Jundiá) até 81,32 na amostra de P04 (rio Macaé). Com base nos valores obtidos do IQA, observou-se que na quarta campanha, duas amostras foram classificadas como ruins (P09 e P10), cinco como médias (P01, P03, P06, P07 e P08) e três como boas (P02, P04 e P05) (Tabela 6-3).

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

Ressalta-se que a classificação ruim das amostras de P09 pode ter uma associação com os valores elevados de coliformes totais e termotolerantes, DBO e sólidos dissolvidos totais, sugerindo aporte de efluentes nos sistemas.

Segundo os boletins disponíveis no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os valores do IQA reportados nas avaliações realizadas entre 2013 até 2022, tiveram de forma majoritária, uma classificação mediana para o rio Macaé (INEA, 2022). Destaca-se que não foram disponibilizados no site do órgão ambiental as informações do IQA dos anos de 2016 e 2021 para o rio Macaé. Quando equiparado com os resultados do presente estudo ambiental, o ponto amostral P05 se assemelha com o ponto amostral descrito nos boletins consolidados do órgão ambiental. À vista disso, os valores do IQA obtidos no segundo quadrimestre, sugerem que os resultados dessa localidade se mantiveram próximo aos dados, sugerindo uma continuidade da qualidade hídrica.

Também é possível comparar os resultados do ponto P06 do presente monitoramento localizado no rio São Pedro com as informações disponíveis nos boletins do INEA. Segundo os resultados pretéritos, o IQA desse corpo hídrico durante nove anos de monitoramento foi classificado como médio (INEA, 2022), o que também foi observado nas duas campanhas de monitoramento do segundo quadrimestre.

Ainda nesse cenário, o rio das Ostras também é monitorado pelo INEA e apresenta resultados do IQA. Segundo os resultados da avaliação realizada de 2013 até 2022, os valores reportados mostram que o IQA de sete amostras foi categorizado como ruim e dois como médios. Nesse sentido, o ponto amostral P10 do presente estudo ambiental, que mais se assemelha com a estação reportada pelo INEA, foi categorizado como ruim e médio, corroborando com os dados prévios. Portanto, as informações dos dados históricos e do presente relatório indicam os impactos das atividades antrópicas no entorno do corpo hídrico monitorado.

Uma pesquisa conduzida 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. A partir disso, notou-se que, com base no IQA médio do segundo 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. As amostras avaliadas em P02 e P04 apresentaram uma classificação boa do IQA médio no presente estudo confirmando os resultados obtido por Pinheiro (2008). Já as amostras analisadas em P05 e P07, que segundo dados prévios foram classificadas como boas, apresentaram um IQA médio, indicando uma piora da qualidade hídrica. Já a estação P08 apresentava um IQA categorizado como médio e ruim e na Tabela 6-3 nota-se um IQA médio, o que se confirma com os resultados apresentados previamente.

Também é válido mencionar, que o rio Jundiá, amostrado pelo ponto P09, também é avaliado no Projeto de Estudos de Avaliação do IQA da bacia do rio das Ostras. Com base nos resultados prévios esse rio apresenta um IQA médio, de 36,69, classificado como ruim, sendo o mesmo padrão observado nos dados do segundo quadrimestre, onde o IQA médio apresentado é de 37,49, indicando a ausência de ações para a melhoria da qualidade hídrica do rio Jundiá.

Outro fator que merece atenção é a piora da qualidade hídrica na estação P01, na campanha realizada em dezembro de 2023. Acredita-se que o aumento das concentrações de nitrato e dos sólidos dissolvidos totais em relação a campanha de outubro de 2023, tenha contribuído para a mudança de classificação do IQA de bom para médio. Além disso, salienta-se que apesar de não estar contemplado no cálculo do IQA, notou-se um aumento dos coliformes totais na quarta campanha. A elevação desse parâmetro e dos demais supracitados, indicam a ocorrência de efluentes na estação proposta como controle.

Destaca-se que a análise do IQA envolve nove variáveis ambientais, e não contempla, por exemplos, substâncias como produtos orgânicos, metais, agrotóxicos, entre outros compostos e/ou microrganismos que podem comprometer a qualidade de água (ANA, 2005). No entanto, é um índice com alta aplicação no meio acadêmico e por órgãos ambientais para entender o cenário da contaminação ambiental provenientes de atividades antrópicas.

## 6.4 Avaliação visual

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

Com base nas observações verificadas em campo, as condições ambientais dos pontos amostrais variaram de boa a regular (Tabela 6-4), seguindo a metodologia descrita por Do Nascimento e colaboradores (2020). Em certos segmentos foram somadas as características de ambientais preservados e impactos antrópicos, seguindo o proposto na pesquisa citada anteriormente. Essa situação ocorreu na observação do tipo de ocupação nas margens e proximidades e sobre a avaliação da turbidez na água.

**Tabela 6-4 - Resultados do protocolo de avaliação rápida referentes à terceira campanha de monitoramento**

| Parâmetro  | Aspectos visuais         |  |   | Pontos amostrais |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|--|--------------------------|--|---|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  | 3                        | 2  | 1   | P01              | P02       | P03       | P04       | P05       | P06       | P07       | P08       | P09       | P10       |
| 1 Tipos de ocupação nas margens e proximidades             | Vegetação nativa         | Pastagem Agricultura e Reflorestamento     | Residencial Comercial e Industrial                | 3                | 3         | 3+2+1*    | 3         | 3         | 3         | 5         | 3         | 3         | 3         |
| 2 Obras e estruturas hidráulicas                           | Ausente                  | Parcialmente canalizado (margens ou fundo) | Totalmente canalizado e/ou tamponado              | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 3 Fontes pontuais de emissão de efluentes                  | Ausente                  | Emissão de esgoto doméstico                | Emissão de efluentes de origem química industrial | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 2         | 3         | 3         | 3         | 2         |
| 4 Resíduos Sólidos   | Ausente                  | Pouco                                      | Muito   | 3                | 3         | 2         | 2         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 5 Espumas  | Ausente                  | Pouca                                      | Muito   | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 6 Odor da Água (exceto Mangue)                             | Ausente                  | Fraco                                      | Forte   | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 7 Turbidez da Água   | Transparente             | Turva / Cor de chá forte                   | Opaca ou colorida                                 | 3                | 3         | 3         | 3         | 2         | 3+2*      | 2         | 2         | 2         | 2         |
| 8 Vegetação Aquática                                       | Ausente                  | Presença de musgos obstruindo o rio        | Macrófitas  | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 2         | 3         |
| 9 Proteção/Estrutura das Margens                           | Protegida                | Pouco protegida                            | Sem proteção                                      | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 2         | 1         | 1         |
| 10 Cobertura Vegetal Adjacente                             | Abundante                | Esparsa                                    | Ausente   | 2                | 2         | 2         | 2         | 2         | 3         | 1         | 1         | 2         | 2         |
| 11 Elementos de retenção no canal                          | Pedras, troncos e folhas | Parcialmente canalizado (margens ou fundo) | Ausente   | 3                | 3         | 3         | 3         | 1         | 3         | 1         | 1         | 3         | 1         |
| 12 Estabilidade das margens à erosão e movimentos de massa | Estável                  | Parcialmente estável                       | Instável  | 3                | 2         | 3         | 2         | 3         | 2         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 13 Sombreamento por vegetação                              | Total                    | Parcial                                    | Ausente   | 2                | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 1         | 1         | 2         | 2         |
| 14 Uso por animais   | Ausente                  | Pouco expressivo                           | Presente  | 3                | 1         | 3         | 3         | 3         | 3         | 2         | 3         | 3         | 3         |
| <b>Total</b>   |                          |  |   | <b>38</b>        | <b>35</b> | <b>40</b> | <b>36</b> | <b>35</b> | <b>39</b> | <b>34</b> | <b>34</b> | <b>36</b> | <b>34</b> |

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

Segundo visualizado pelo coletor no momento das coletas, a melhor condição ambiental na terceira campanha foi observada no entorno da estação P03, já as condições de maior degradação foram notadas em P07, P08 e P10, pontos que apresentaram a mesma pontuação (Tabela 6-4).

Na quarta campanha, a avaliação visual feita pelo coletor demonstrou que em volta dos pontos amostrais a classificação foi de regular a boa. (Tabela 6-5). De forma semelhante à terceira campanha, o melhor cenário ambiental foi notado em P03 e a menor pontuação obtida, o que corresponde a um ambiente mais degradado, foi notada nos pontos P07 e P10.

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

| Parâmetro  | Aspectos visuais         |  |   | Pontos amostrais |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|--|--------------------------|--|---|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  | 3                        | 2  | 1   | P01              | P02       | P03       | P04       | P05       | P06       | P07       | P08       | P09       | P10       |
| 1 Tipos de ocupação nas margens e proximidades             | Vegetação nativa         | Pastagem Agricultura e Reflorestamento     | Residencial Comercial e Industrial                | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3+1*      | 3         | 3         |
| 2 Obras e estruturas hidráulicas                           | Ausente                  | Parcialmente canalizado (margens ou fundo) | Totalmente canalizado e/ou tamponado              | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 3 Fontes pontuais de emissão de efluentes                  | Ausente                  | Emissão de esgoto doméstico                | Emissão de efluentes de origem química industrial | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 2         | 3         | 2         | 3         | 2         |
| 4 Resíduos Sólidos   | Ausente                  | Pouco                                      | Muito   | 3                | 3         | 2         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 5 Espumas  | Ausente                  | Pouca                                      | Muito   | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 6 Odor da Água (exceto Manguê)                             | Ausente                  | Fraco                                      | Forte   | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 7 Turbidez da Água   | Transparente             | Turva / Cor de chá forte                   | Opaca ou colorida                                 | 3                | 3         | 3         | 3         | 2         | 3         | 2         | 2         | 2         | 2         |
| 8 Vegetação Aquática                                       | Ausente                  | Presença de musgos obstruindo o rio        | Macrófitas  | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 1         | 3         |
| 9 Proteção/Estrutura das Margens                           | Protegida                | Pouco protegida                            | Sem proteção                                      | 1                | 1         | 3         | 1         | 1         | 1         | 1         | 3+1*      | 1         | 1         |
| 10 Cobertura Vegetal Adjacente                             | Abundante                | Esparsa                                    | Ausente   | 2                | 2         | 2         | 2         | 2         | 1         | 1         | 1         | 2         | 2         |
| 11 Elementos de retenção no canal                          | Pedras, troncos e folhas | Parcialmente canalizado (margens ou fundo) | Ausente   | 1                | 1         | 1         | 1         | 1         | 3         | 1         | 1         | 3         | 1         |
| 12 Estabilidade das margens à erosão e movimentos de massa | Estável                  | Parcialmente estável                       | Instável  | 3                | 2         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 13 Sombreamento por vegetação                              | Total                    | Parcial                                    | Ausente   | 2                | 2         | 2         | 2         | 1         | 2         | 1         | 1         | 2         | 1         |
| 14 Uso por animais   | Ausente                  | Pouco expressivo                           | Presente  | 3                | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| <b>Total</b>   |                          |  |   | <b>36</b>        | <b>35</b> | <b>37</b> | <b>36</b> | <b>34</b> | <b>36</b> | <b>33</b> | <b>36</b> | <b>35</b> | <b>33</b> |

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

Na terceira campanha, o entorno dos pontos P07, P08 e P10 apresentou o pior cenário ambiental com base na avaliação observacional. Esse resultado pode ter uma relação com as elevadas concentrações de alguns parâmetros, como por exemplos coliformes totais, nas amostras dos pontos supracitados. Já na quarta campanha, os pontos P07 e P10 apresentaram o entorno com mais características de ambiente impactado por atividades antrópicas. Isso pode ter uma associação com as altas concentrações de coliformes termotolerantes e baixo OD na amostra de P07. Já os resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados refletiram no IQA do ponto P10, classificado como ruim na quarta campanha, reforçando as observações ambientais feitas pelo coletor para esse ponto amostral.

Na quarta campanha também foram notadas características de áreas preservadas, mas com influências das atividades antrópicas, e nesses casos, também foram adicionados os valores segundo o método proposto por Do Nascimento *et al.* (2020). Nesse sentido, destaca-se que a soma das pontuações das estações amostrais monitoradas podem mascarar o real cenário ambiental do entorno dos rios (CAMPOS, NUCCI, 2021). Portanto, estes resultados devem ser observados de forma mais abrangente e avaliados de maneira integrada, considerando as análises das variáveis físico-químicas e microbiológicas e a utilização do IQA, contempladas no presente estudo.

## 7 CONCLUSÕES PRELIMINARES

Os resultados do segundo quadrimestre apontam que as amostras avaliadas das distintas estações da bacia do rio Macaé são impactadas pelas atividades antrópicas. Verificou-se que os parâmetros turbidez, cloro total, nitrato, nitrito, nitrogênio total e pH, que apresentam valores de referências na Resolução CONAMA 357/2005, exibiram concentrações em conformidade com os respectivos limites estabelecidos pela legislação ambiental de referência.

No entanto, na terceira e quarta campanha foram evidenciados valores elevados das variáveis microbiológicas monitoradas nas amostras dos distintos pontos, o que indica o uso e ocupação irregular do entorno e do aporte de efluentes nos corpos hídricos monitorados. Além dos coliformes, parâmetros como DBO, nitrogênio amoniacal, OD e sólidos dissolvidos apresentaram concentrações em determinadas amostras que não estavam em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 e Águas Salobras Classe 1.

Uma variável ambiental que merece uma atenção é a DBO, que apresentou valores acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 em seis amostras analisadas ao longo do segundo quadrimestre. Nesse sentido, reforça-se a presença de matéria orgânica nas águas monitoradas, o que leva ao aumento da DBO e diminuição do OD, conforme verificado em algumas amostras, como por exemplo, na amostra de P07 da coleta efetuada em dezembro. Adicionalmente, reforça-se que a vasta presença de vegetação aquática pode ter interferido nos resultados de DBO e OD das águas analisadas em P09.

Salienta-se ainda que as amostras do ponto P10 foram as que mais apresentaram resultados em desconformidade com o previsto na Resolução CONAMA 357/2005. Esses dados podem ter refletido no IQA, pois nessas localidades o IQA médio foi classificado como ruim.

Além disso, é válido destacar que a avaliação visual, de forma complementar ao IQA, confirma os resultados obtidos do monitoramento do segundo quadrimestre. O que é observado, por exemplo, nas águas analisadas em P10 que exibiram uma avaliação visual regular e o IQA na terceira campanha, sugerindo as ações das atividades antrópicas próximo à foz do rio das Ostras. Adicionalmente, nota-se que as variáveis ambientais analisadas, como coliformes totais e nitrogênio amoniacal impactaram a qualidade hídrica

da estação P08, situado na foz do rio Macaé. Os pontos supracitados são influenciados pelas ações das marés e como consequência apresentam uma maior variação de salinidade, quando equiparados aos demais pontos amostrais. A salinidade apresenta uma influência em outros parâmetros como pH, turbidez, entre outros, o que pode mascarar resultados não condizentes com as classificações do IQA e inviabilizar comparações com algumas variáveis previstas na CONAMA 357/2005.

Outro fator que merece destaque é a alteração de classificação do IQA na campanha de dezembro nas águas analisadas em P01, estação amostral selecionada como ponto controle. Diante dos resultados obtidos de sólidos dissolvidos totais e nitrato, acredita-se que o aumento dos valores desses parâmetros pode ter contribuído para a redução do valor do IQA. Uma vez que esse ponto está localizado em uma região de cabeceira, a montante da ocupação urbana, não eram esperados valores baixos deste índice. Sendo assim, uma possível lacuna de ponto de controle poderá ser avaliada nas próximas campanhas de monitoramento.

Por fim, reforça-se que a continuidade do monitoramento realizado irá permitir compreender se a sazonalidade reflete nos dados obtidos, e se existem padrões nos resultados obtidos. Além disso, poderá auxiliar no entendimento da influência da salinidade no enquadramento dos diferentes rios avaliados.



## REFERÊNCIAS

ALVARADO, Juan José; AGUILAR, José Francisco. Batimetria, 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.

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

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

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

BRASIL. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências; publicada no Diário Oficial da União em 18 de março de 2005; Brasília, Distrito Federal.

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

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

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

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

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.

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:

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

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.

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.

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-anteriores/docs/4/4ed\\_Monitoramento\\_do\\_Rio\\_Macaé\\_Rafael\\_Maria.pdf](https://www.fsma.edu.br/visoes/edicoes-anteriores/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-capitacao-de-grupos-comunitarios-em-metodologias-participativas-de->

[monitoramento-da-qualidade-da-agua---modulo-iii-avaliacao-fisico-quimica](#). Acesso em: 16 fev. 2024.

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

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

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

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

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

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. **Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras**. Relatório Síntese. 197p. Rio de Janeiro, 2014a. Disponível em: [https://cbhmacae.eco.br/plano\\_de\\_bacia/rsf-relatorio-sintese-do-plano-de-recursos-hidricos-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: DOI:<https://doi.org/10.7476/9788575413203>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/rrw5w>. Acesso em 15 jan. 2024.

PIANOWSKI, Eloisa Helena; JANISSEK, Paulo Roberto. Desinfecção de efluentes sanitários com uso de cloro: avaliação da formação de trihalometanos. **Sanare: Revista Técnica da Sanepar**, v. 20, n. 20, p. 6-17, 2003. Disponível em: [https://www.academia.edu/5929765/O\\_Usado\\_de\\_Cloro\\_na\\_Desinfec%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_%C3%81guas\\_a\\_Forma%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Trihalometanos\\_e\\_os\\_Riscos\\_Potenciais\\_%C3%A0\\_Sa%C3%BAdade\\_P%C3%BAblica](https://www.academia.edu/5929765/O_Usado_de_Cloro_na_Desinfec%C3%A7%C3%A3o_de_%C3%81guas_a_Forma%C3%A7%C3%A3o_de_Trihalometanos_e_os_Riscos_Potenciais_%C3%A0_Sa%C3%BAdade_P%C3%BAblica) Chlorine Use in Water Disinfection Trihalomethane Formation and Potential Risks to Public Health. Acesso em 03 out. 2023.

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

PRADO, Bruna Queiroz de Melo *et al.* Avaliação de variáveis climatológicas da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise de componentes principais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 407-413, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016147040>. Acesso em: <https://www.scielo.br/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.

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

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

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

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

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.

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

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

## ANEXOS

ANEXO 1 – Certificado de Acreditação INMETRO

ANEXO 2 - Certificado CCL INEA

ANEXO 3 – Registro Fotográfico

ANEXO 4 – Cadeias de Custódia

ANEXO 5 – Laudos Analíticos

ANEXO 6 – Memória de cálculo IQA

ANEXO 7 – Representação espacial