

# Relatório Consolidado Final

Referência: Agosto de 2022 a Julho de 2023

Julho de 2023

Agente Financiador:



**COMITÊ DE BACIA  
DO RIO MACAÉ**

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS



**inea** instituto estadual  
do ambiente

**FUNDRHI**

Entidade Delegatária



Entidade Executora



## EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação / Função / Contato	Registro Conselho de Classe
Ronaldo Leão Guimarães	PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto <a href="mailto:ronaldoleao@oceanus.bio.br">ronaldoleao@oceanus.bio.br</a>	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto <a href="mailto:rsecioso@oceanus.bio.br">rsecioso@oceanus.bio.br</a>	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger	Gestora Ambiental Coordenadora Geral* <a href="mailto:viviane@oceanus.bio.br">viviane@oceanus.bio.br</a>	CREA/RS nº 195090
Silvia Lisboa de Araujo	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos	CRBio nº 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais <a href="mailto:edson@oceanus.bio.br">edson@oceanus.bio.br</a>	CRQ/RJ nº 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório <a href="mailto:mribeiro@oceanus.bio.br">mribeiro@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo <a href="mailto:oceanus@oceanus.bio.br">oceanus@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 78165/02-D
Rafaela dos Santos Costa	Dra. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, graduada em Ciências Biológicas <a href="mailto:projetos04@oceanus.bio.br">projetos04@oceanus.bio.br</a>	-
Roberta Guarany Oberlaender	Mestre em Planejamento Ambiental, graduada em Ciências Biológicas <a href="mailto:projetos01@oceanus.bio.br">projetos01@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 96578/02-D-
Debora Costa	Supervisora de Logística <a href="mailto:deboracosta@oceanus.bio.br">deboracosta@oceanus.bio.br</a>	-
Thalles Barreto de Abreu	Coordenação de Campo <a href="mailto:coletas@oceanus.bio.br">coletas@oceanus.bio.br</a>	-
Allan Guilherme Rodrigues de Souza	Analista de Amostragem <a href="mailto:coletas02@oceanus.bio.br">coletas02@oceanus.bio.br</a>	-
Pedro Octavio da Silva Luna	Técnico de Campo	-
Leonardo Anunciação da Silva	Técnico de Campo	-

Legenda: \*Comunicação sempre em cópia (suplente).

\*\*Principal contato de comunicação.

Centro de Biologia Experimental Oceanus  
Rua Aristides Lobo, 46/48  
Rio Comprido – Rio de Janeiro/RJ  
Telefone: (21) 2567-3871  
[www.oceanus.bio.br](http://www.oceanus.bio.br)

## REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio- Lagos São João
00	11/07/2023	Emissão original	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
01	28/07/2023	Adequações conforme revisão do CILSJ	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
02	04/08/2023	Adequações conforme revisão do CILSJ	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	

## Índice Geral

1	INTRODUÇÃO .....	6
2	OBJETIVO GERAL .....	7
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
4	ÁREAS DE ESTUDO .....	8
4.1	Rio Iriri.....	9
4.2	Rio Jundiá .....	10
4.3	Valão das Corujas.....	11
4.4	Rio das Ostras .....	12
4.5	Pontos amostrais .....	13
5	METODOLOGIA .....	15
5.1	Metodologia de Coleta .....	15
5.2	Metodologia de Análise .....	16
5.3	Avaliação dos Resultados .....	18
5.3.1	Índice de Qualidade de Água (IQA).....	18
5.3.2	Análises estatísticas.....	22
5.3.3	Matriz FPSEEA .....	22
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6.1	Análise físico-química e microbiológica.....	24
6.1.1	Precipitação .....	24
6.1.2	Temperatura .....	29
6.1.3	Salinidade .....	29
6.1.4	Condutividade .....	32
6.1.5	Sólidos totais em suspensão.....	34
6.1.6	Turbidez.....	34
6.1.7	pH .....	36
6.1.8	Oxigênio dissolvido .....	37
6.1.9	Demanda Bioquímica de Oxigênio .....	39
6.1.10	Nitrogênio total.....	40
6.1.11	Fósforo total.....	41
6.1.12	Coliformes termotolerantes .....	43
6.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	45
7	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL.....	46
7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA).....	50
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	53

7.3 Matriz FPSEEA .....	56
8 OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES .....	59
9 REFERÊNCIAS.....	62
10 ANEXOS.....	65

## 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 para auxiliar no processo decisório da gestão ambiental. Nesse sentido, o monitoramento ambiental com ênfase na qualidade hídrica, é fundamental, visto que esse recurso é essencial para a vida humana, e usos diversos, tais como abastecimento público, irrigação, recreação entre outros (OLIVEIRA *et al.* 2017).

Quando se trata de qualidade de corpos hídricos, evidencia-se o papel e a contribuição do emprego de diversos índices e indicadores (MEDEIROS, 2020). A utilização desses indicadores ou índices de qualidade das águas é pautada em variáveis provenientes de fontes naturais ou antrópicas (TOLEDO; NICOLELLA, 2002). Um exemplo é o Índice de Qualidade de Água (IQA) que apresenta um método integrador, no qual a qualidade do recurso hídrico é um resultado numérico, comparável a uma escala pré-estabelecida (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003; ANA, 2023).

Além do IQA, a medição de determinadas variáveis químicas e físicas pode auxiliar na compreensão da caracterização do corpo hídrico. A condutividade, por exemplo, apresenta uma influência da temperatura e das concentrações iônicas disponíveis, e por esses fatores, demonstra uma forma indireta de medição de poluentes (CETESB, 2014). Já a salinidade, refere-se aos íons inorgânicos que são dissolvidos em água (CAÑEDO-ARGUELLES *et al.* 2013). Em rios brasileiros, verifica-se o aumento desse parâmetro em detrimento da redução da vazão em ambientes aquáticos naturais, e caso seja observada uma elevação dessa salinidade, pode impactar a biodiversidade e comprometer serviços ecossistêmicos (CAÑEDO-ARGUELLES *et al.* 2013; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2022).

A realização desse monitoramento fundamenta-se já que tecnicamente há poucos estudos realizados quanto à análise de água do rio das Ostras, portanto o presente projeto contribui para o estabelecimento de diagnóstico da qualidade da água ao utilizar parâmetros indicadores (biológicos, físicos ou químicos) padronizados por entidades especializadas com metodologia específica, que servirá de informação para qualquer ação de gerenciamento, proteção ou de recuperação de um sistema hídrico.

A partir do monitoramento realizado, os dados obtidos servirão como importante instrumento de gestão, capaz de complementar informações de bancos de dados da

qualidade hídrica da Bacia do Rio das Ostras, subsidiando planejamento e execuções de medidas de mitigação e remediação, bem como ações de educação e sensibilização ambiental dos órgãos competentes.

Diante do exposto, o monitoramento da qualidade das águas da Bacia de Rio das Ostras tem como finalidade realizar o diagnóstico da situação atual da qualidade da água da região, fornecendo informações para o Comitê de Bacia a fim de propor medidas que visem à operação e ao uso sustentável dos recursos hídricos da região.

## 2 OBJETIVO GERAL

Analisar, monitorar e diagnosticar a qualidade da água com disposição para agregar informações aos bancos de dados da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras.

## 3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos têm-se:

- Realizar campanhas de monitoramento;
- Reunir e organizar os dados brutos levantados durante o período de monitoramento em planilhas, de acordo com o previsto no escopo do projeto;
- Analisar as amostras e elaborar relatórios técnicos referentes às campanhas e compará-los com a legislação vigente;
- Elaborar relatório com análises estatísticas com a finalidade de caracterizar o Diagnóstico da Qualidade das Águas na Bacia de Rio das Ostras;
- Apresentar os resultados obtidos no monitoramento ao Comitê de Bacias Hidrográficas dos rios Macaé e das Ostras (CBH Macaé).

## 4 ÁREAS DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras faz parte da Região Hidrográfica VIII (RH VIII), possui 157 Km<sup>2</sup> de área, em que 92,5% pertencem ao município de Rio das Ostras e 7,5% ao município de Casimiro de Abreu. A bacia está localizada entre as coordenadas paralelas 22°20' e 22°35' Sul e os meridianos 41°45' e 42°05' Oeste, abrangendo a região conhecida como as baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, localizando-se na faixa costeira central-norte do Estado. Apresenta suas nascentes no complexo de serras isoladas, situadas na região de Cantagalo (JARDIM, 2020). É caracterizada por ter várias áreas de inundações e grande influência de marés sobre o rio, com entrada salina do trecho Valão das Corujas que desemboca na foz do rio das Ostras (PRIOSTE, 2007). Ao longo da bacia são observadas pastagens, alagados e uma área de manguezal protegida por regulamentações estuais e federais (BARROSO, 2016).

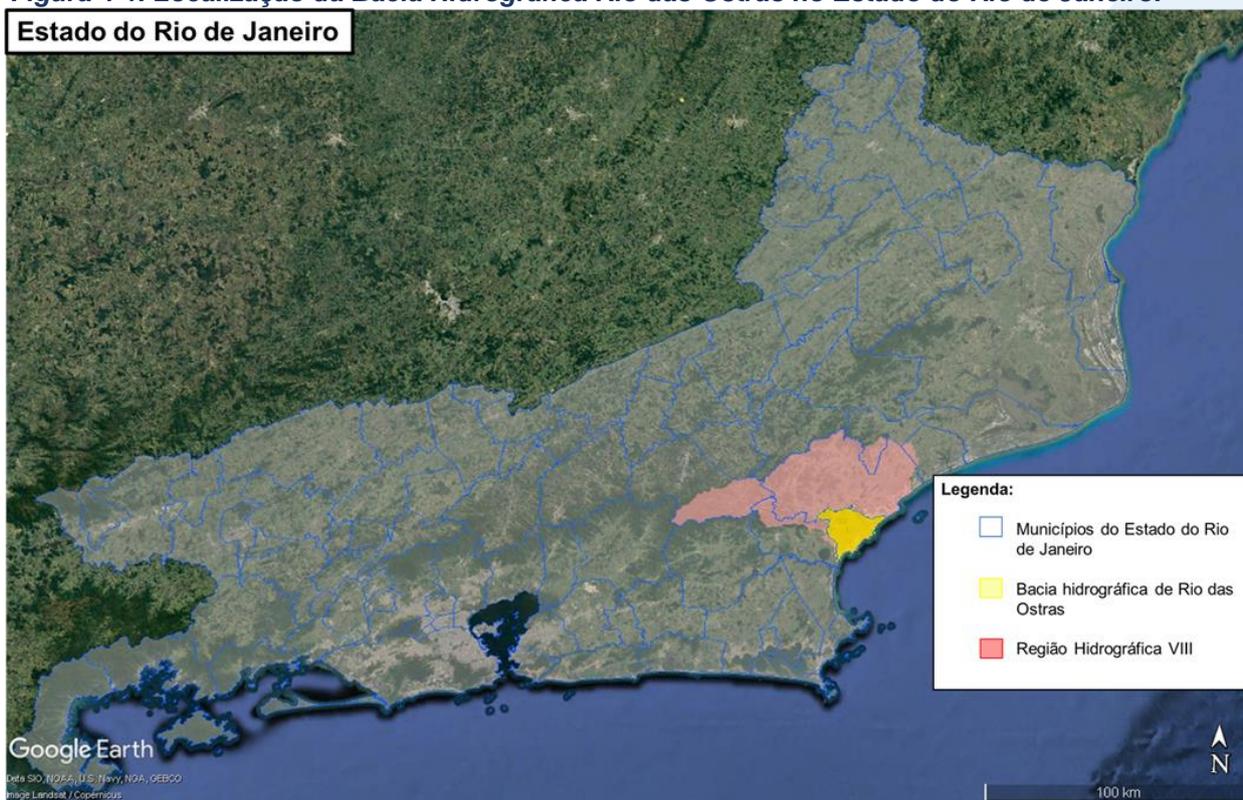
Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, há a ocorrência de duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e úmido e inverno frio e seco, com períodos mais chuvosos de novembro a março (médias mensais superiores a 100 mm) e épocas mais secas de maio a setembro (médias mensais inferiores a 50 mm). Esse regime climático atua diretamente nas características hidrodinâmicas dos rios da região, constituindo elementos de análise importantes para o entendimento do regime fluvial nos diferentes tipos de rios na região hidrográfica (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

De acordo com a classificação de KÖPPEN (1948), a RH Macaé e das Ostras apresenta clima tropical úmido (Aw) nas porções dos médios e baixos cursos dos seus rios, e clima tropical de altitude com verões quentes (Cwa) na porção dos altos cursos do rio Macaé e de seus afluentes pela margem esquerda. O levantamento prévio realizado para a região apresenta uma temperatura média anual de 23,2 C na parte baixa da RH e 18,1 C na parte alta da RH (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Essa região hidrográfica se confronta a oeste com a bacia do rio São João, ao norte com a bacia do rio Macaé e a leste com a bacia da lagoa Imboassica e tem uma área de drenagem de 77 Km<sup>2</sup> (Figura 4-1).

O rio das Ostras é um corpo hídrico meandrante, formado pela confluência dos rios Iriri (porção oeste) e Jundiá (porção leste) e percorre, aproximadamente, no sentido noroeste-sudeste, 30 km até sua foz, na Boca da Barra. Em sua foz há intensa modificação do curso original, uma vez que passa por trecho com alto grau de urbanização, com a presença de áreas de várzea e mangue aterradas e grandes trechos retificados (GOMES,2009).

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



## 4.1 Rio Iriri

O rio Iriri possui cerca de 9,3 km de comprimento e nasce em altitudes superiores a 300 m entre as serras de Jundiá, Seca e Careta. Esse rio ocupa a maior parte da região oeste da bacia hidrográfica do rio das Ostras e fica localizado na zona rural e em áreas de potencial expansão urbana (PRIOSTE, 2007; JARDIM, 2020). No núcleo urbano, o rio Iriri tem mostrado sinais de degradação, como em Rocha Leão, em que apresenta leito arenoso e margens erodidas sem proteção. Cabe salientar que, por conta de atividades de pecuária e agricultura, alguns trechos do rio foram retificados e houve a remoção de partes da mata ciliar (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO DAS OSTRAS, 2004).

Os rios Iriri e Jundiá são os dois principais afluentes do rio das Ostras. No ponto em que se unem, na Zona de Expansão Urbana nas proximidades do loteamento Chácara Mariléa e a localidade Nova Cidade, nas margens esquerda e direita, respectivamente, o leito do rio é bastante assoreado, de fundo lodoso e com um canal central em forma de “V” com mais de 2 m de profundidade. Nesse local há mangue bem desenvolvido e marca o início de Rio das Ostras (Figura 4-2).

**Figura 4-2 Coleta realizada no afluente do rio Iriri.**



## 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 Valão das Corujas

O Valão das Corujas é originalmente uma planície embrejada, com parte parcialmente aterrada, onde no centro foi aberto um canal artificial para desaguar no rio das Ostras (PRIOSTE, 2007). O valão (canal) apresenta 5 m de largura e pequena profundidade com baixa energia. O canal se caracteriza como área deposicional de areias e argilas, e, principalmente, material antrópico de diversos matizes, o que acarreta seu assoreamento. Com grau de degradação avançada, o canal apresenta histórico de ocorrência de extravasamentos, o que gera riscos à população da região (Figura 4-4).

Problemas com odores, poluição e enchentes são verificados na população que mora em torno desse valão (PRIOSTE, 2007).

*Figura 4-4 Coleta realizada Valão das Corujas.*



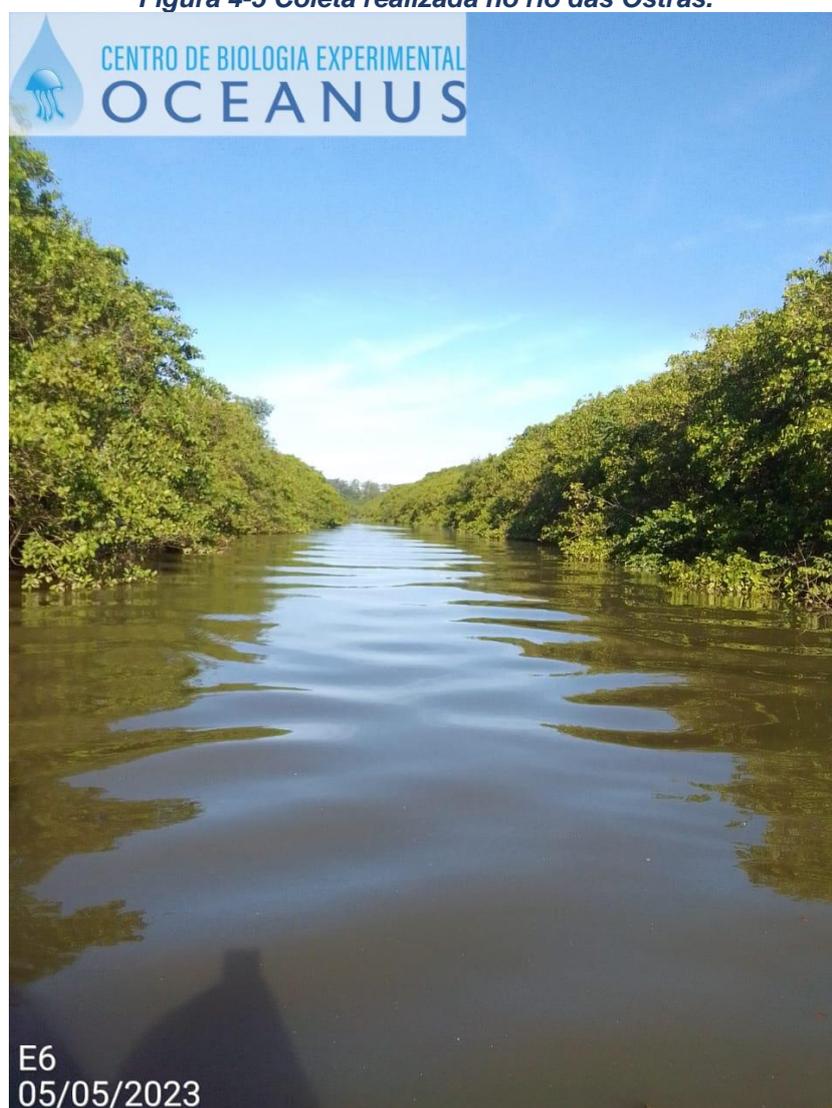
#### 4.4 Rio das Ostras

O rio das Ostras nasce da confluência entre os rios Iriri e Jundiá, possui 77 km<sup>2</sup> de área de drenagem e percorre cerca de 30 km no sentido noroeste-sudeste até a sua foz junto à Boca da Barra. O curso hídrico possui influência antrópica, principalmente na sua foz, que possui margens estreitas (10 m) e profundidade de 30 cm na maré baixa (Figura 4-5).

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 esses efeitos de remanso podem chegar a 6 km a partir da foz.

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

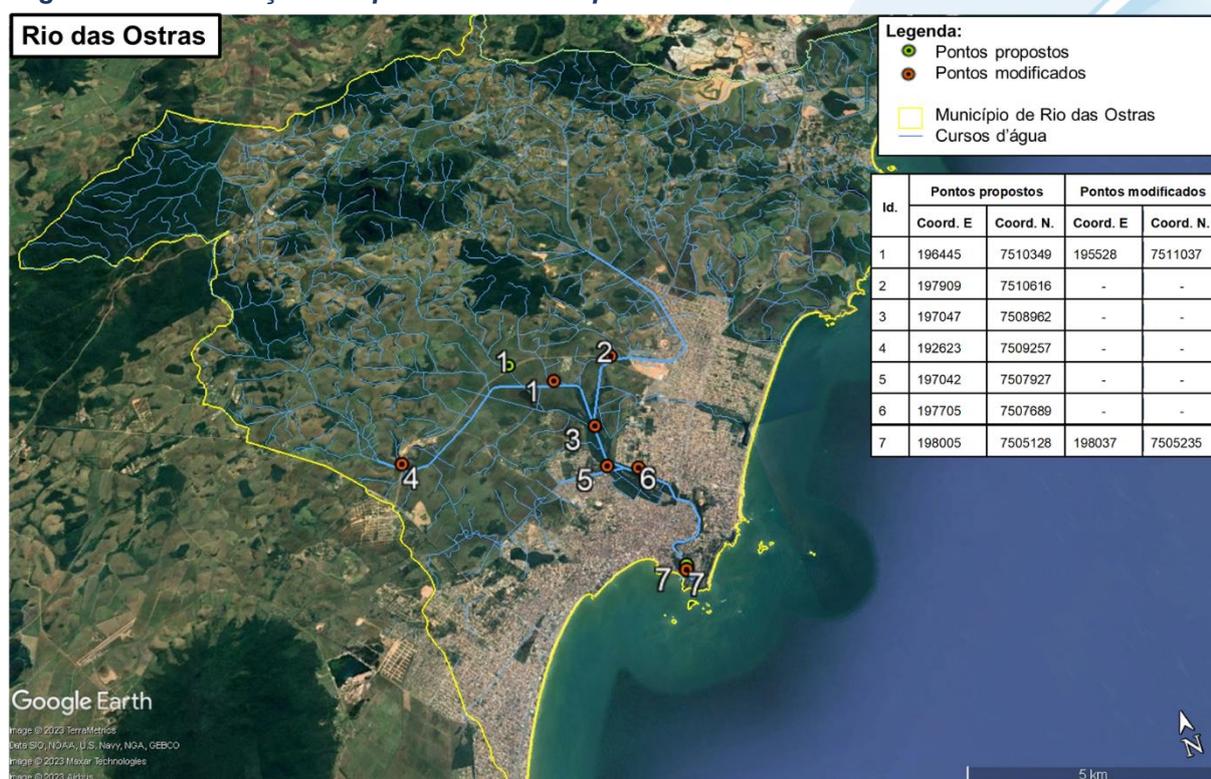
Foram coletadas amostras de água superficial em 7 (sete) pontos distintos na Bacia Hidrográfica do rio das Ostras, conforme o Quadro 4-1 e a Figura 4-6, como destacado no Termo de Referência. Em água superficial foram medidos 11 parâmetros, que são melhor descritos no item 6. Em relação ao fundo, foram avaliadas a salinidade e a condutividade.

Devido à falta de acessibilidade para as coletas realizadas em determinadas campanhas, foram realizadas alterações de coordenadas para E1 e E7 na coleta de setembro de 2022 (mantidas por todas as campanhas).

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

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Largura (Termo de Referência) (m)	Média da profundidade (m)
		E	N		
E1*	afluente do Rio Iriri	195528	7511037	8	0,9
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,1
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá	197047	7508962	20	1,5
E4	Rio Iriri, na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	1,1
E5	Valão das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	30	0,6
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do valão das Corujas	197705	7507689	25	1,3
E7*	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.24	7505235.34	30	0,6

**Figura 4-6. Localização dos pontos de coleta para monitoramento e as coordenadas em UTM.**



## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Metodologia de Coleta

Conforme previsto no Termo de Referência, cinco campanhas bimestrais de monitoramento foram realizadas ao longo do período contratual, nas seguintes datas: 09/09/2022, 21/11/2022, 19/01/2023, 20/03/2023 e 05/05/2023. As coletas de campo e análises das amostras foram executadas pelo Centro de Biologia Experimental Oceanus, acreditado pela ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 (ANEXO 1) e INEA CCL Nº IN010534 (ANEXO 2), de acordo com as normas nacionais e internacionais de monitoramento, obedecendo aos critérios rígidos de confiabilidade. Os parâmetros analisados fazem parte do escopo e matriz do credenciamento, seguindo os Planos de Monitoramento Sistemáticos de Qualidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) e atendendo aos critérios estabelecidos pela Deliberação CECA nº 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe seguiu as orientações destinadas 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, com a locomoção orientada por um equipamento de GPS a fim de garantir a precisão dos locais e pontos amostrais. O registro fotográfico de cada localidade pode ser visto no ANEXO 3. A coleta de amostras de água por sua vez, foi realizada com o uso de um balde 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 (MPM 012 HANNA HI98194) previamente calibrada, como ilustrado na Figura 5-1.

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



A fim de minimizar os riscos de contaminação das amostras, os equipamentos utilizados durante o processo foram desinfetados com álcool 70%. As amostras foram preservadas com os reagentes específicos, conforme recomendado pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 23<sup>rd</sup> ed., 2017) e o Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras (CETESB; ANA, 2011), e mantidas sob refrigeração de < 5°C até a entrega ao laboratório.

Finalizadas as coletas, as amostras foram enviadas ao laboratório para análise. Para o controle, identidade e integridade das amostras em todas as etapas do processo, foram utilizadas Cadeias de Custódia (ANEXO 4).

## 5.2 Metodologia de Análise

Ao todo foram analisados 11 (onze) parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água superficial em todos os pontos de coleta, conforme o Quadro 5-1, cujos laudos laboratoriais podem ser encontrados no ANEXO 5.

**Quadro 5-1 - Parâmetros da qualidade da água analisados nos pontos de coleta em diferentes profundidades.**

Parâmetros a serem analisados	Profundidade a ser coletada em todos os pontos amostrais	
	Superfície	Fundo
DBO - 5 dias	X	
pH	X	
Fósforo Total	X	
Coliformes termotolerantes	X	
Nitrogênio Total	X	
Oxigênio Dissolvido	X	
Salinidade	X	X
Condutividade	X	X
Temperatura	X	
Sólidos Totais	X	
Turbidez	X	

As metodologias das coletas e análises físico-químicas e microbiológicas, descritas no Quadro 5-2, 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:

- *Standards Methods for Examination of Water and Wastewater*, 23<sup>a</sup> Ed, 2017 (APHA, 23<sup>rd</sup> ed., 2017);
- Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos da ANA (CETESB; ANA, 2011).

**Quadro 5-2. Metodologias de referência empregadas nas análises por parâmetro.**

Parâmetro	Unidade	Metodologia de Referência
DBO - 5 dias	mg/L	SMWW 5210 B
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SMWW 9221 E
Fósforo Total	mg/L	EPA 6020 B / 200.8
Nitrogênio Total	mg/L	ASTM D5176-08
Oxigênio Dissolvido	mg/L	SMWW 4500-O G
pH	N.A.	SMWW 4500-H B
Condutividade:	µS/cm	SMWW 2510 B
Salinidade	‰	SMWW 2520 B
Sólidos Totais	mg/L	SMWW 2540 B
Temperatura	°C	SMWW 2550B
Turbidez	UNT	SMWW 2130B

## 5.3 Avaliação dos Resultados

Os resultados das análises dos parâmetros da qualidade da água avaliados por este Programa de Monitoramento dos Corpos Hídricos foram comparados com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005). Sendo considerados os limites estabelecidos para a Classe 2, quando a salinidade medida no momento da amostragem orientar a classificação como Água Doce e Classe 1 para Águas Salobras e Salinas, devido à influência da maré na bacia do rio das Ostras. Todos os corpos hídricos monitorados foram considerados como sistemas lóticos, principalmente para avaliação dos resultados de fósforo total e nitrogênio total.

Os dados foram analisados de maneira integrada, levando em consideração o entorno dos pontos selecionados, bem como a precipitação acumulada durante os quinze dias que antecederam a data da coleta, a partir de dados oficiais disponibilizados pelo INMET (2023) para a estação de Macaé (CEMADEM – A608). Com base nas informações meteorológicas obtidas, foram calculadas médias para a temperatura do ar e soma da precipitação do referido período.

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. A análise técnico-científica, sempre que possível, identificou a origem dos processos antrópicos e/ou naturais que contribuiriam para o atual cenário e apontou ações que permitam realizar a melhoria da qualidade da água encontrada em médio e longo prazo. 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 5-3, 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 utilizado pelo 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.

**Quadro 5-3 Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA e respectivos pesos.**

Parâmetro de Qualidade da 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 da água	0,10
Nitratos	0,10
Fosfato total*	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais Dissolvidos	0,07

Legenda: \*Para o referido projeto será utilizado o parâmetro fósforo total.

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:

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

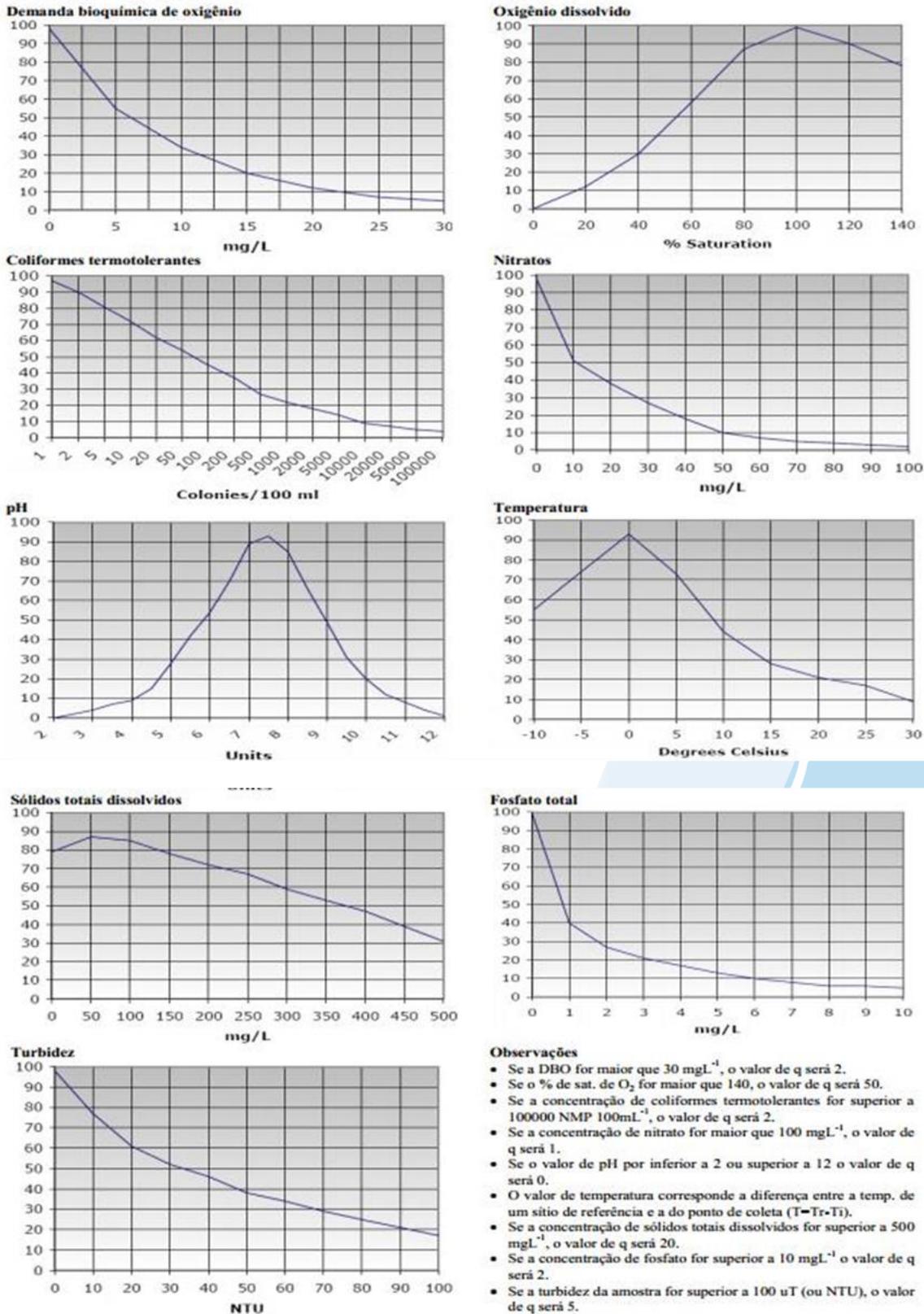
Sendo:

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 5-4 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 5-4. 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 Matriz FPSEEA

Com o objetivo de propor ações de melhoria da qualidade da água dos corpos hídricos monitorados, foi desenvolvida uma matriz FPSEEA. O objetivo dessa ferramenta é avaliar a qualidade ambiental dos corpos d'água, possibilitando proposição de medidas para tomadas de decisão (STEDILE et al. 2018).

Dentro desse modelo são apresentados seis componentes: o primeiro refere-se às forças motrizes (F), que correspondem às atividades que impulsionam os impactos sobre o ambiente, como por exemplo o crescimento populacional e o incremento da urbanização (WHO, 1999; EPA, 2023; STEDILE et al. 2018). Essas atividades antrópicas geram as pressões (P), que são verificadas através da utilização do ambiente em processos de exploração em diferentes setores econômicos e até mesmo a ocupação do ser humano (WHO, 1999). Em resposta às pressões, a situação (S) refere-se às alterações das condições ambientais (STEDILE et al.2018). Um exemplo desse componente é observado através da magnitude dos riscos ambientais e dos níveis de contaminação detectados (WHO, 1999). Nesse contexto, as altas concentrações de poluentes colocam em risco as condições ambientais dos corpos hídricos, portanto o pilar da exposição (E) trata-se da ameaça para a biodiversidade local e saúde humana (WHO, 1999). Essa exposição aos contaminantes ambientais, levam a efeito (E) sobre à saúde humana e ambiental, o que pode afetar o bem-estar e até mesmo levar ao desenvolvimento de doenças (WHO, 1999; STEDILE et al. 2018). Por fim, o eixo ação (A) corresponde às medidas para a melhoria da qualidade do ambiente e da população (STEDILE et al. 2018).

Essa matriz tem sido utilizada por inúmeros pesquisadores de diferentes países e adaptadas para situações diversas (STEDILE et al. 2018). No presente relatório, as informações obtidas ao longo do monitoramento da qualidade da água, bem como a observação do entorno durante as coletas, serviram como base para o preenchimento de todos os componentes e proposição das ações.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Análise físico-química e microbiológica

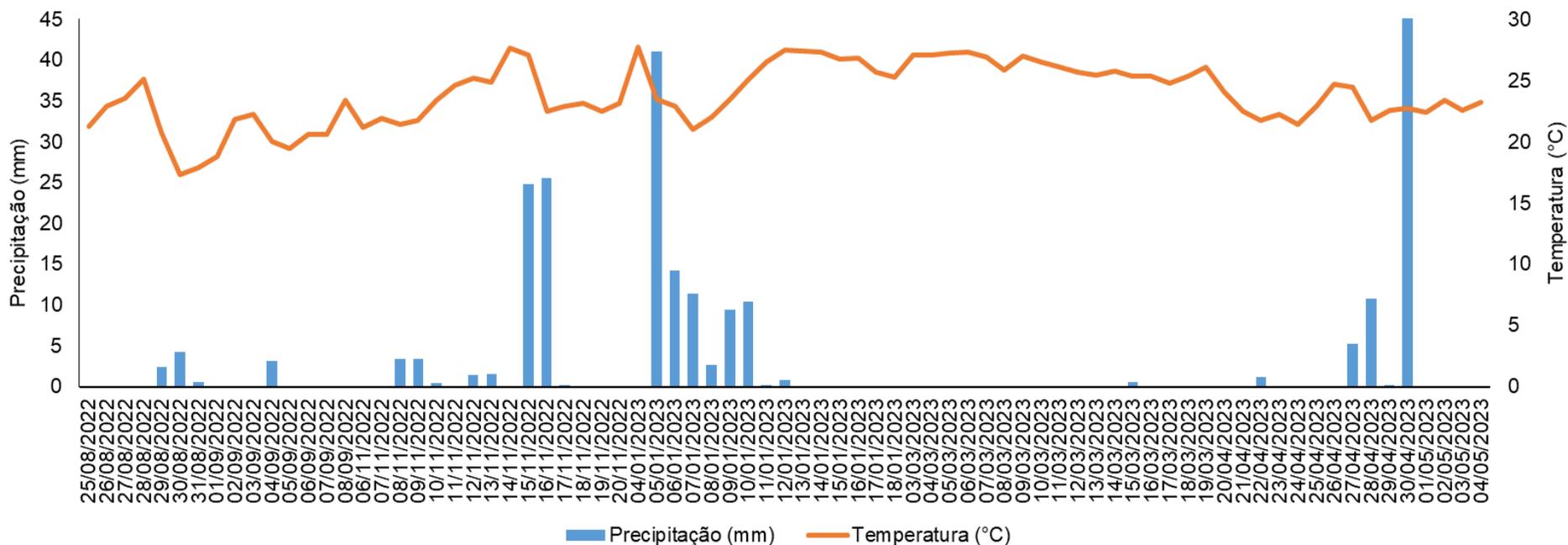
#### 6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos 15 dias que antecederam todas as coletas apresentaram uma média de temperatura de 23,84 °C e a precipitação acumulada ao longo das campanhas foi de 254,0 mm (Figura 6-1). O maior volume de chuvas foi observado no 3º Quadrimestre na campanha referente ao mês de maio de 2023 com 92,20 mm, classificada como uma precipitação muito forte segundo a *World Meteorological Organization* (WMO, 2008). Já o menor registro de pluviosidade foi registrado na campanha de março de 2023 com 0,60 mm, considerada uma precipitação fraca (WMO, 2008).

Em relação à temperatura, a menor média desse parâmetro foi verificada na campanha de setembro de 2022 com 21,05 °C e a máxima 26,18 °C em março de 2023 (Figura 6-1). Os valores obtidos em março são semelhantes ao um estudo realizado em 2004 no período de verão dessa região (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Os resultados obtidos para todas as campanhas e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 podem ser vistos nas Tabela 6-1, Tabela 6-2 e Tabela 6-3.

**Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média na quinzena anterior a cada coleta realizada.**



**Tabela 6-1 - Resultados dos parâmetros analisados para as cinco campanhas realizadas.**

Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade (m)	Estrato	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Turbidez (UNT)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
E1	09/09/2022	-	Sup	0,06	93,1	165	56,3	5,44	23,28	1,99	14	0,02	1,7	23
			Fun	0,06	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21/11/2022	0,55	Sup	0,06	123	144	12,6	6,54	25,8	1,91	12	0,04	1,9	240
			Fun	0,06	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19/01/2023	1,05	Sup	0,05	115	110	32	4,95	28,09	0,28	8	< 0,01	5,5	240
			Fun	0,07	151	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20/03/2023	0,75	Sup	0,05	101	92	31,8	6,23	27,18	1,4	13	0,03	1,1	1600
			Fun	0,05	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/05/2023	1,05	Sup	0,07	159	122	3,4	5,16	23,56	1,1	7	0,03	0,6	>160.000
			Fun	0,07	159	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E2	09/09/2022	-	Sup	0,24	346,2	280	58,4	6,17	24,55	2,34	25	0,12	5,2	>160.000
			Fun	0,25	349,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21/11/2022	1,25	Sup	0,11	224	192	17,5	6,58	26,29	3,12	13	0,06	0,9	540
			Fun	0,1	223	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19/01/2023	1,04	Sup	0,16	347	227	<0,1	4,88	29,7	1,1	9	0,04	2,8	>160.000
			Fun	0,16	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20/03/2023	1,15	Sup	0,22	472	244	83,6	6,26	30,27	3,1	20	0,11	4,7	>160.000
			Fun	0,33	487	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/05/2023	1,04	Sup	0,22	467	312	27,9	5,2	26,54	2,35	9	0,06	2,7	49
			Fun	0,27	549	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E3	09/09/2022	-	Sup	16,14	22945	15391	14,6	7,46	24,73	2,44	14	0,15	3,9	540
			Fun	17	23000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21/11/2022	1,40	Sup	0,14	295	218	27,1	6,52	26,41	3,18	11	0,03	2,1	240
			Fun	0,14	294	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19/01/2023	1,20	Sup	0,25	523	248	98,1	5,41	29,1	3,87	10	0,04	1,7	>160.000
			Fun	0,24	506	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20/03/2023	2,00	Sup	12,14	20430	10464	24,3	6,99	28,7	3,75	10	0,09	7,1	>160.000
			Fun	13,51	22530	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/05/2023	1,20	Sup	1,73	3306	1454	3,1	6,03	25,31	2,28	8	0,07	2,5	>160.000
			Fun	1,78	3397	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2			0,5	-	-	100	6 a 9	-	≥5	≤5	0,1	<2,18 (para ambiente lótico)	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*
	Águas Salobras Classe 1			0,5-30	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-	-
	Águas Salinas Classe 1			≥30	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062	-	-

**Tabela 6-2 - Resultados dos parâmetros analisados para as cinco campanhas realizadas.**

Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade (m)	Estrato	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Turbidez (UNT)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
E4	09/09/2022	-	Sup	0,06	90,9	90	19,9	5,85	25,19	3,94	14	0,01	0,6	240
			Fun	0,06	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21/11/2022	1,00	Sup	0,06	128	206	94,6	6,53	26,32	2,12	9	0,02	1,7	49
			Fun	0,06	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19/01/2023	1,15	Sup	0,06	139	150	62,5	5,15	28,94	<0,1	8	0,01	1,6	240
			Fun	0,08	168	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20/03/2023	0,93	Sup	0,09	200	160	47,8	7,23	29,51	3,73	10	0,04	1,2	>160.000
			Fun	0,1	228	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/05/2023	1,15	Sup	0,08	163	142	7,1	5,55	25,88	1,49	7	0,01	0,7	23
			Fun	0,08	161	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5	09/09/2022	-	Sup	9,06	13028	9003	14,08	7,02	24,46	2,57	12	0,2	4,8	220
			Fun	10,3	14350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21/11/2022	0,65	Sup	0,15	317	269	20,9	6,79	26,73	2,71	14	0,04	1,6	920
			Fun	0,15	318	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19/01/2023	0,53	Sup	0,28	577	335	125,9	5,95	30,16	0,89	10	0,16	3,5	>160.000
			Fun	0,28	587	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20/03/2023	0,79	Sup	28,95	45100	36192	16,1	6,75	28,5	4,21	6	< 0,01	2,3	>160.000
			Fun	29,77	46060	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/05/2023	0,53	Sup	4,17	7565	3638	6,6	6,17	25,97	2,83	14	0,09	3	23
			Fun	4,76	8495	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2			0,5	-	-	100	6 a 9	-	≥5	≤5	0,1	<2,18 (para ambiente lótico)	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*
	Águas Salobras Classe 1			0,5-30	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-	
	Águas Salinas Classe 1			≥30	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062	-	

**Tabela 6-3 - Resultados dos parâmetros analisados para as cinco campanhas realizadas.**

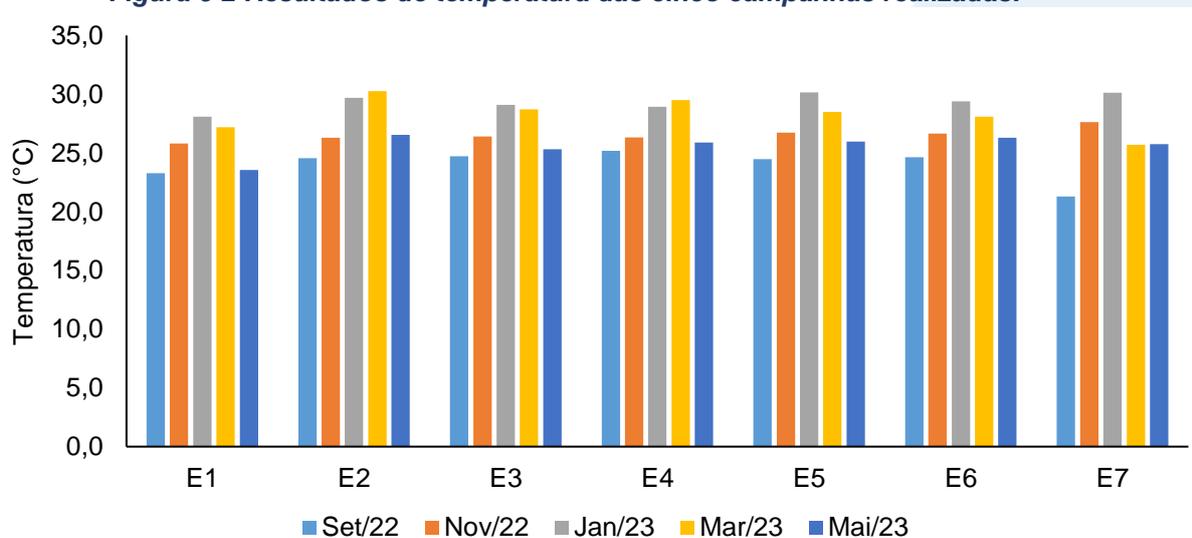
Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade (m)	Estrato	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Turbidez (UNT)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
E6	09/09/2022	-	Sup	24,4	34723	23907	18,3	7,6	24,63	2,3	18	0,11	2,2	>160.000
			Fun	25,9	35950	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21/11/2022	1,10	Sup	0,21	439	301	26,5	6,31	26,65	3,46	21	0,04	2	>160.000
			Fun	0,22	459	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19/01/2023	1,10	Sup	0,38	779	289	143,6	5,97	29,4	3,32	8	0,13	3,4	>160.000
			Fun	0,39	812	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20/03/2023	1,80	Sup	35,3	54940	34602	<0,1	7,66	28,1	4,03	13	0,03	1,8	540
			Fun	36,74	55520	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/05/2023	1,10	Sup	24,95	39230	17176	4	6,8	26,3	3,34	13	0,05	0,9	>160.000
			Fun	27,25	41840	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E7	09/09/2022	-	Sup	38,56	54500	38706	33,8	8,08	21,3	7,26	8	0,19	0,8	<1,8
			Fun	38,55	54500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21/11/2022	1,15	Sup	14,77	24450	22574	17,6	8,01	27,63	4,95	9	0,07	1,6	1600
			Fun	14,69	24310	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19/01/2023	0,25	Sup	24,39	41900	24067	28,3	7	30,13	3,25	6	0,06	2,1	>160.000
			Fun	27,75	43900	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20/03/2023	0,74	Sup	36,02	54450	37718	<0,1	7,93	25,69	6	5	0,03	0,6	240
			Fun	36	54400	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05/05/2023	0,25	Sup	40,74	60720	43814	2,4	8,76	25,76	3,82	4	0,01	0,2	1600
			Fun	40,73	60790	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2			0,5	-	-	100	6 a 9	-	≥5	≤5	0,1	<2,18 (para ambiente lótico)	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*
	Águas Salobras Classe 1			0,5-30	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-	-
	Águas Salinas Classe 1			≥30	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062	-	-

## 6.1.2 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, 2014).

Os valores de temperatura da água variam entre 21,3 °C na campanha de set/22 na estação E7 e 30,3 °C na coleta realizada no mês de mar/23 no ponto amostral E2. A maior variação foi observada em E7, e houve maiores semelhanças nas análises realizadas nas estações E4 (Tabela 6-1, Tabela 6-2, Tabela 6-3 e Figura 6-2). A média da temperatura de todas as campanhas foi de 26,8 °C.

**Figura 6-2 Resultados de temperatura das cinco campanhas realizadas.**



## 6.1.3 Salinidade

Em ambientes marinhos, os sais correspondem à maior parte dos elementos dissolvidos na água do mar, logo, a salinidade representa a quantificação do total de substâncias dissolvidas na água do mar. Sua escala se dá em grama por quilograma (g/kg) ou partes por mil (ppt ou ‰). As águas oceânicas possuem salinidade entre 33 e 37‰, enquanto águas consideradas doces possuem menos de 0,05‰ (LIBES, 2009).

A salinidade registrada ao longo das campanhas variou de 0,05‰ em E1 em janeiro e março/23 a 40,74‰ na estação E7 na coleta de maio/23 (superfície).

Como pode ser observado nas Tabela 6-1, Tabela 6-2, Tabela 6-3 e nas Figura 6-3 e Figura 6-4, não há grandes diferenças entre a salinidade registrada na superfície e no fundo dos pontos amostrais, indicando a presença de massas d'água homogêneas, sem estratificação entre água doce e salobra/salina. Esses resultados mostram que a profundidade dos corpos d'água, aferida durante as coletas, não influenciou na salinidade medida.

Esses resultados trazem classificações diferentes para a salinidade quando as estações são analisadas espacialmente, utilizando a Resolução CONAMA nº 357/2005 como referência. Em todas as campanhas, as amostras das estações localizadas nos rios Iriri e Jundiá (E1, E2 e E4) foram classificadas como Águas Doces Classe 2 (Figura 6-3). Nos pontos E3 e E5, a medição de salinidade das águas da campanha de set/22 determinou a classificação como Salobras Classe 1, já em nov/22 e jan/23 como Águas Doces Classe 2. A estação amostral E6 apresentou amostras com a maior variação de salinidade quando comparada aos demais pontos avaliados. Na campanha de set/22, a água coletada foi classificada como Salobra Classe 1, em nov/22 e jan/23 como Água Doce Classe 2, já em mar/23 foi categorizada como Água Salina Classe 1 e mai/23 como Água Salobra Classe 1.

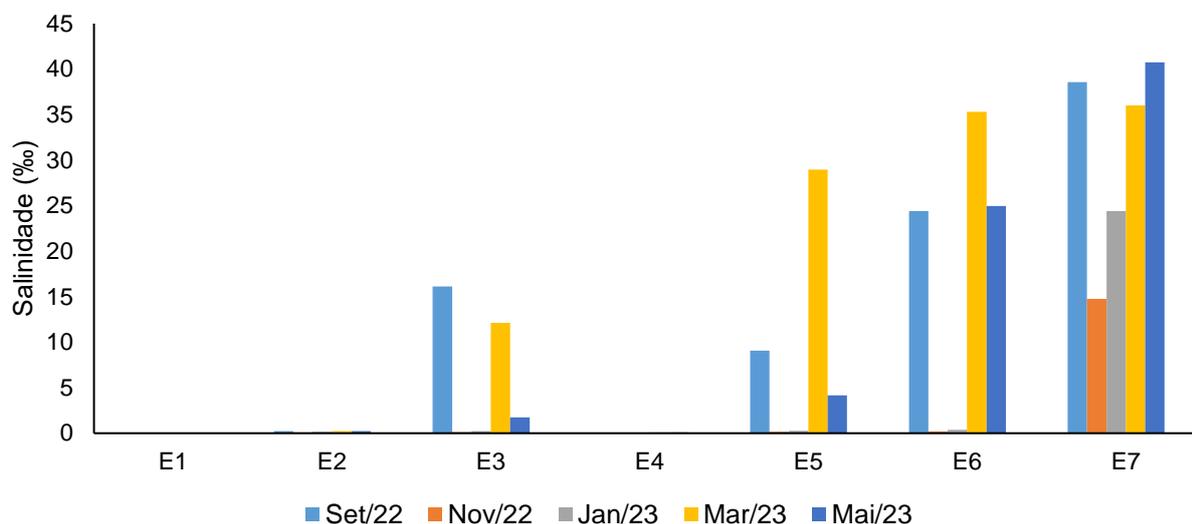
A estação E7, localizada na foz do rio, na região do estuário e com maior influência marinha, de maneira geral, apresentou as águas classificadas como Salinas Classe 1, com exceção das coletas realizadas em nov/22 e jan/23 que apresentaram amostras categorizadas como Salobras Classe 1 (Tabela 6-3, Figura 6-3).

Os valores de salinidade encontrados estão relacionados com o regime de chuvas nas campanhas de novembro e janeiro (Figura 6-1), já que pode ser observado que a maioria das águas das estações amostrais nesses meses foram classificadas como doce e a salinidade da estação E7 que foi majoritariamente salina, apresentou águas salobras nessas campanhas, devido a redução da salinidade causada pelas chuvas.

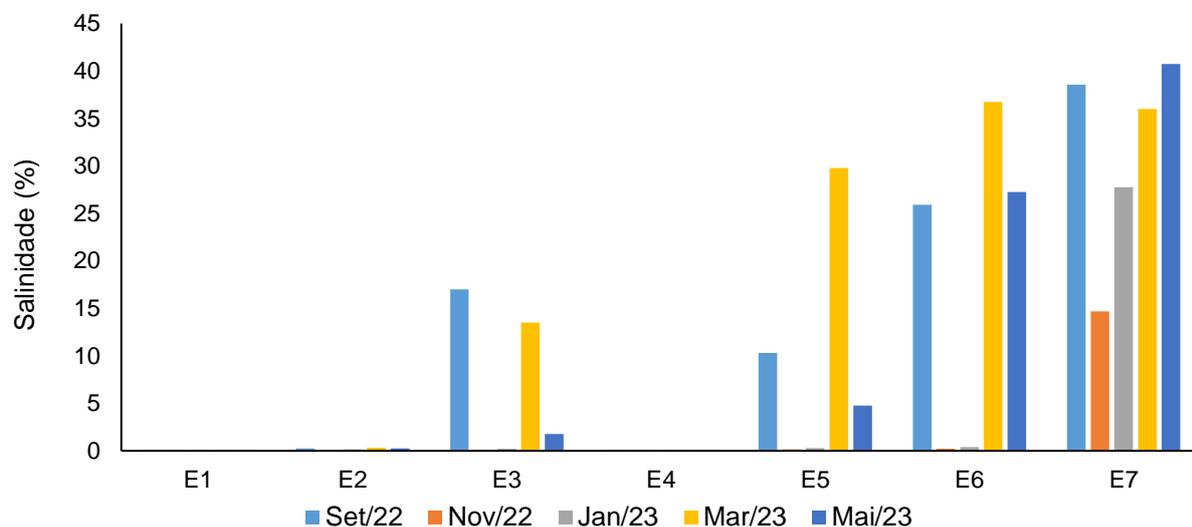
Além da precipitação, as amostras dos pontos E3, E5, E6 e E7 apresentaram uma influência de águas marinhas. Esse resultado pode estar relacionado com a ocorrência de áreas de inundação na bacia do Rio das Ostras, que é influenciada pelas marés, com efeito de remanso de aproximadamente 6 km a partir da foz (PRIMO; VOLKER, 2003),

causado pela intrusão da cunha salina, ou seja, o avanço da água do mar em direção ao continente.

**Figura 6-3 Resultados da salinidade das cinco campanhas realizadas segundo a Resolução CONAMA 357/05 referentes às coletas de superfície.**



**Figura 6-4 Resultados da salinidade das cinco campanhas realizadas segundo a Resolução CONAMA 357/05 referentes às coletas de fundo.**

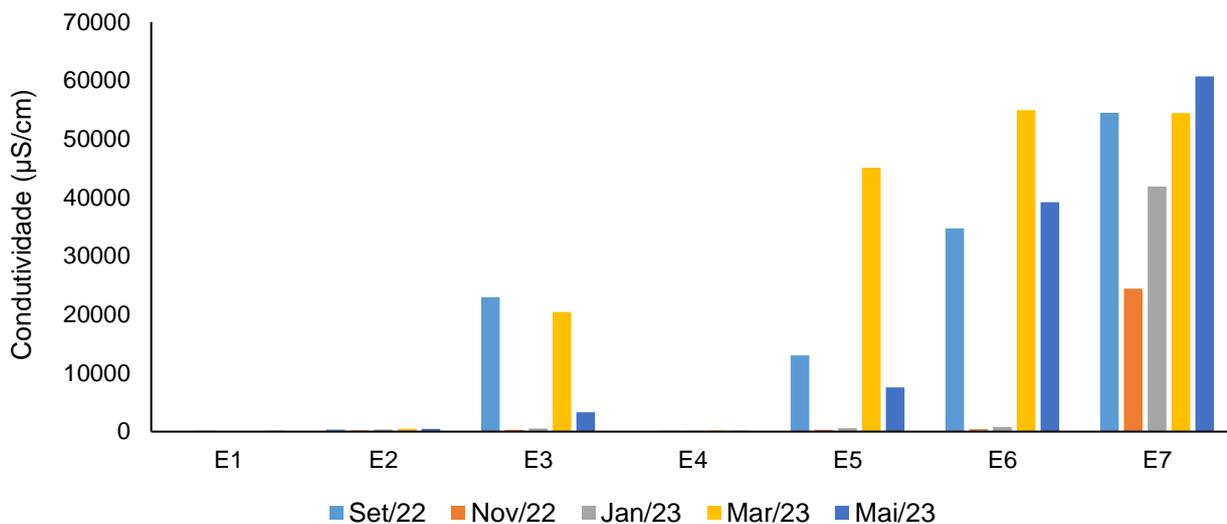


#### 6.1.4 Condutividade

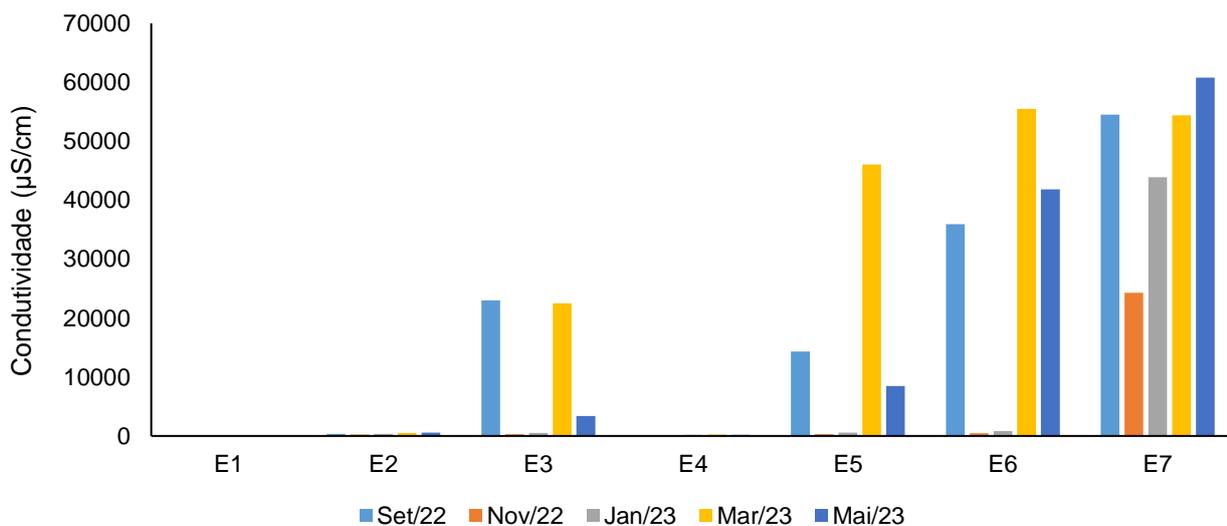
A condutividade é uma medida da capacidade de condução de corrente elétrica na água, sendo influenciada em decorrência da concentração de sólidos inorgânicos dissolvidos (ânions e cátions), compostos orgânicos (óleos, fenóis, graxas) e da temperatura da água (CETESB, 2014).

A condutividade também apresentou uma variação espacial. Os valores registrados variaram de 91  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , na amostra da campanha de set/22 em E4 (superfície) a 60.790  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , na amostra de mai/23 em E7 (fundo) (Tabela 6-2, Tabela 6-3, Figura 6-5 e Figura 6-6). As menores condutividades foram encontradas nas estações localizadas a montante da formação do rio das Ostras (E1, E2 e E4) e pode-se observar um aumento nas estações E3, E5 a E6, em que o valor máximo foi registrado na foz do rio das Ostras, na estação E7. Em relação às amostras de superfície e fundo, foram encontrados valores semelhantes para ambas as profundidades, mostrando que a profundidade dos corpos d'água não interferiu nos valores obtidos. O padrão encontrado é similar ao observado para a salinidade, que aumentou de montante para jusante, em direção ao mar. Esses resultados são um reflexo da dependência entre esses parâmetros, uma vez que a salinidade é estimada a partir dos dados de condutividade.

**Figura 6-5 Resultados da condutividade das cinco campanhas realizadas referentes às coletas de superfície**



**Figura 6-6 Resultados da condutividade das cinco campanhas realizadas referentes às coletas de fundo.**

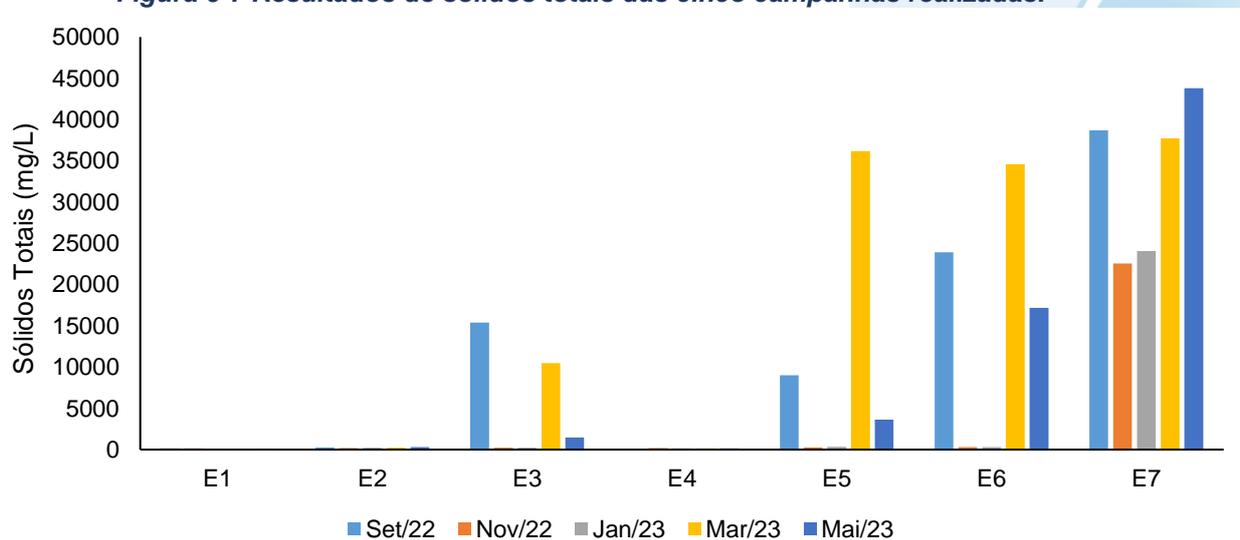


### 6.1.5 Sólidos totais em suspensão

A série de sólidos na água corresponde a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação em uma temperatura específica ao longo de um espaço de tempo. Os sólidos suspensos totais se referem à parcela de material particulado que se mantém em suspensão na água, podendo ser classificados em voláteis ou fixos. São importantes no monitoramento da qualidade da água, tendo em vista que elevadas concentrações de sólidos na água podem acarretar danos à biota em decorrência de sua sedimentação, destruindo organismos ou danificando os leitos de desovas de peixes. Os sólidos também podem reter bactérias e resíduos orgânicos, favorecendo a decomposição anaeróbia (CETESB, 2014).

Em relação aos sólidos totais, o menor valor registrado para esse parâmetro foi observado na amostra da estação E4 em set/22, registrando 90 mg/L, já o maior valor obtido foi 43.814 mg/L nas águas coletadas em mai/23 no ponto E7 (Figura 6-7). As menores concentrações de sólidos foram observadas nas amostras dos pontos E1, E2 e E4, localizados nos rios Iriri e Jundiá. Já as maiores concentrações foram verificadas em E7, que apresenta maior influência das atividades urbanas.

**Figura 6-7 Resultados de sólidos totais das cinco campanhas realizadas.**



### 6.1.6 Turbidez

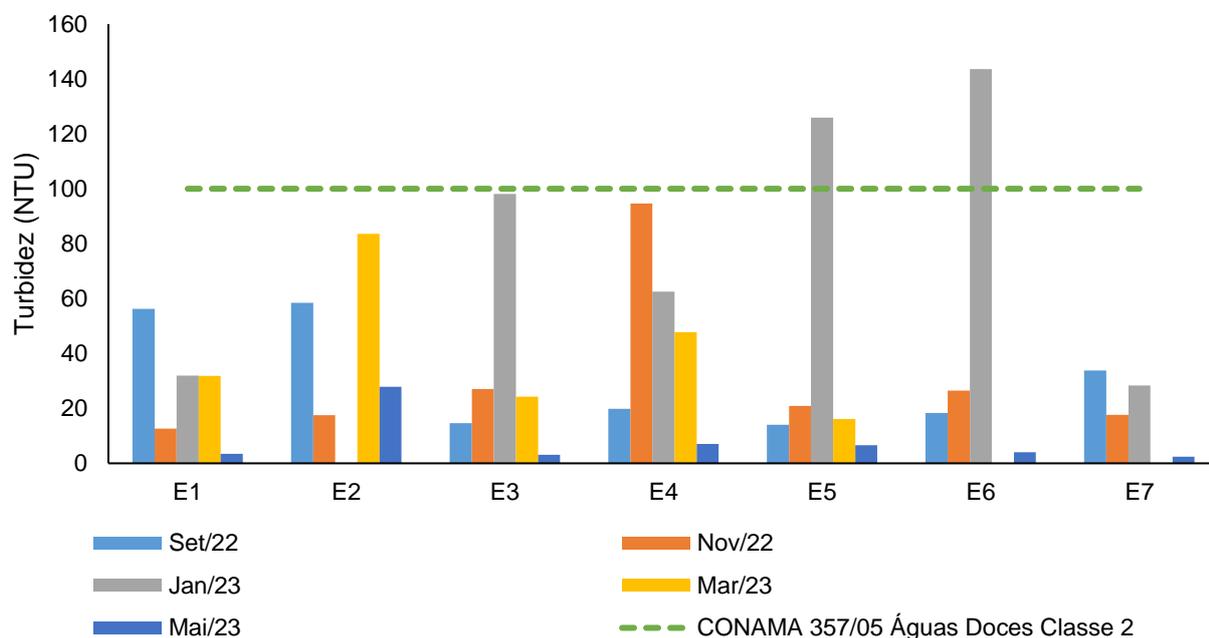
A turbidez pode ser definida como o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água devido à presença de sólidos em suspensão. Logo, em

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 observada nas análises realizadas não seguiu um padrão específico e registrou 0,1 NTU nas coletas de mar/23 em E6 e E7 até 143,6 NTU em jan/23 na estação E6. De maneira geral, foi observada uma redução na turbidez na coleta de mai/23 nas amostras de todas as pontas de coleta, com exceção de E2. Acredita-se que as atividades realizadas no entorno dessa estação, como a remoção de solo para instalação de rede de adução para abastecimento público de Rio das Ostras pela Concessionária Rio+Saneamento, podem ter influenciado no aumento da turbidez.

Os resultados obtidos para turbidez de todas as campanhas realizadas estiveram abaixo do limite estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (100 UNT), com a ressalva das águas coletadas em jan/23 nas estações E5 e E6, que registraram 125,9 e 143,6 NTU, respectivamente (Figura 6-8). Esses valores podem estar relacionados com fortes indícios de influência urbana. Além disso, verificou-se um aumento da turbidez quando comparado a dados históricos de 2003, que reportam uma variação de 8,4 NTU a 13,10 NTU de análises realizadas nas mesmas estações amostrais do presente monitoramento (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

**Figura 6-8 Resultados de turbidez das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.**



### 6.1.7 pH

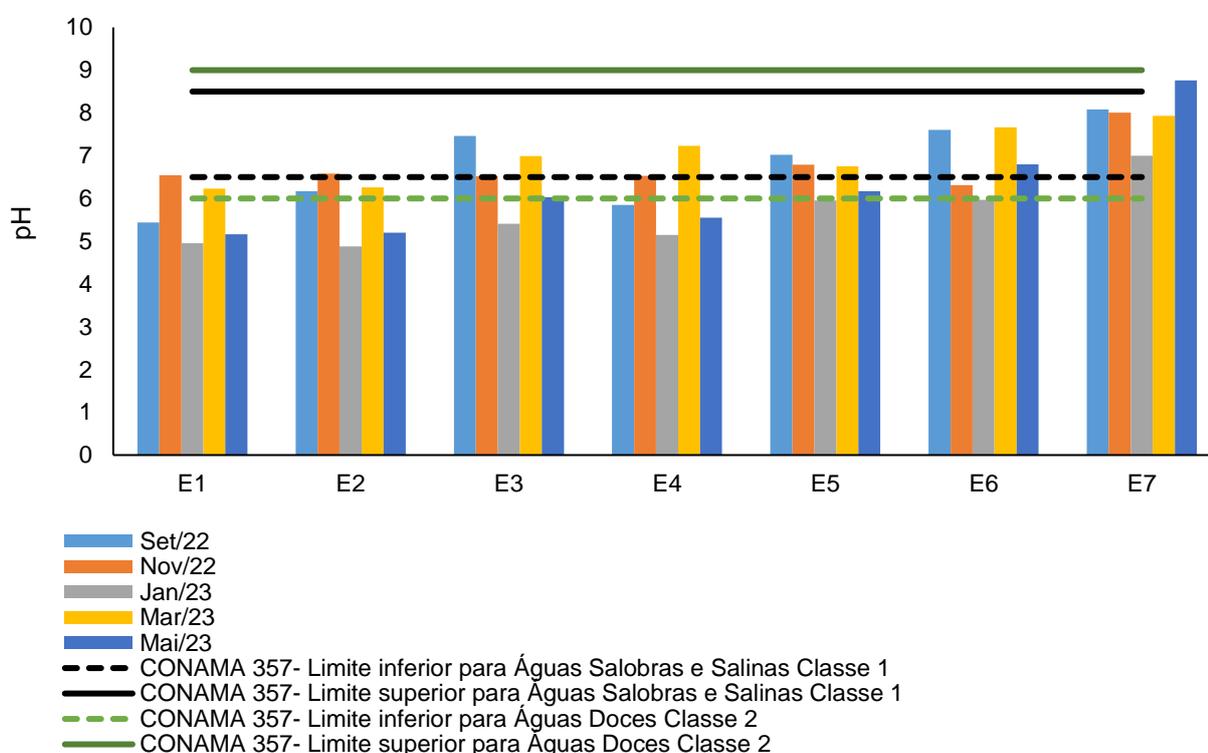
O potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da atividade dos íons hidrônio ( $H^+$ ) dentro de uma solução, sendo esse parâmetro essencial para o bom funcionamento dos ecossistemas aquáticos, tendo em vista seu papel como regulador de diversas atividades bioquímicas de organismos. Diversos fatores podem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

O pH variou entre 4,88 na coleta realizada em jan/23 em E2 a 8,76 na estação E7 em mai/23 e assim como os demais parâmetros, houve um padrão espacial claro, em que as estações localizadas nos rios Iriri e Jundiá apresentaram pH mais ácidos nas estações E1, E2 e E4 (Figura 6-9). Já no início do rio das Ostras, a partir de E3, observam-se pequenas elevações do potencial hidrogeniônico. Os resultados encontrados podem estar relacionados com as diferentes contribuições entre água doce e marinha, uma vez que uma contribuição maior da água doce tende a diminuir o pH, por apresentar menor salinidade e, possivelmente, conter maior contribuição de compostos húmicos.

Em relação aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, as amostras das estações E2, E3 e E5 apresentaram desenquadramento nas campanhas de

jan/23 e mai/23. As análises das águas do ponto E1, classificadas em todas as análises como Águas Doces Classe 2, apresentaram valores de pH abaixo do limite estabelecido pela normativa supracitada em todas as coletas, com exceção de nov/22. A estação E4, de forma similar ao ponto E1, também teve as amostras de todas as campanhas categorizadas como Águas Doces Classe 2 tendo resultados de pH em conformidade com a faixa estipulada pela Resolução CONAMA nº 357/2005 somente nas coletas de jan/23 e mai/23. Os pontos E6 e E7 apresentaram valores de pH nas amostras de jan/23 e mai/23 em desconformidade com a legislação em vigor (Tabela 6-3 e Figura 6-9).

**Figura 6-9 Resultados de pH das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.**



### 6.1.8 Oxigênio dissolvido

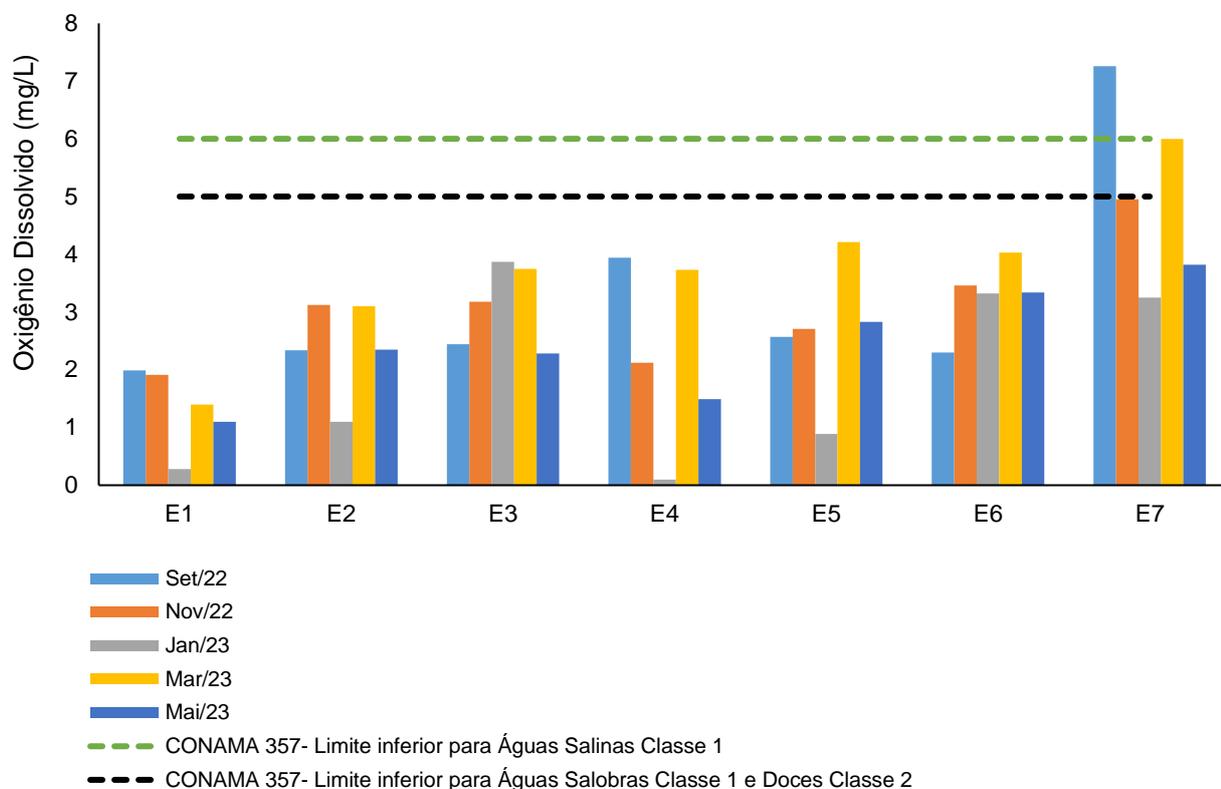
O oxigênio representa o gás mais importante para manutenção da vida, sendo fundamental para diversas atividades metabólicas relacionadas ao crescimento, reprodução e obtenção de energia na maioria dos seres vivos (ALVARADO; AGUILAR, 2009). Para ecossistemas aquáticos, o oxigênio dissolvido, além de sua 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, 2009).

A concentração de oxigênio dissolvido indicou uma variação de 0,28 mg/L na amostra da coleta de jan/23 em E1 a 7,26 mg/L, nas águas analisadas em set/22 na estação amostral E7 (Tabela 6-1, Tabela 6-3 e Figura 6-10). De maneira geral, as maiores concentrações desse parâmetro ocorreram nas amostras da estação E7 na foz do rio, na região do estuário, que recebe águas mais oxigenadas.

Salienta-se que de 35 amostras analisadas, somente as águas analisadas da coleta de set/22 e mar/23 na estação E7 estiveram em conformidade com o que preconiza a Resolução CONAMA nº 357/2005 (>6 mg/L para águas salinas classe 1 e >5 mg/L para águas doces classe 2 e águas salobras classe 1). Os demais valores medidos estiveram abaixo do que é estabelecido pela normativa supracitada, para seus respectivos enquadramentos. Uma avaliação da qualidade da água realizada pela Prefeitura do Município de Rio das Ostras em dezembro de 2003, com as mesmas estações analisadas no presente monitoramento, também detectou baixas concentrações de OD, variando de 4,1 a 4,8 mg/L (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Esse estudo também reforça que o lançamento de esgoto sem tratamento nos corpos hídricos, reduz o teor de OD, já que é consumido em processos bioquímicos e esse cenário coloca em risco o equilíbrio da cadeia trófica, comprometendo a biota e a comunidade que vive no entorno (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Logo, os resultados do monitoramento citado anteriormente e as informações levantadas no presente monitoramento, indicam uma alta concentração de matéria orgânica no sistema, o que tem contribuído para uma diminuição da qualidade hídrica.

**Figura 6-10 Resultados de OD das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.**



### 6.1.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio

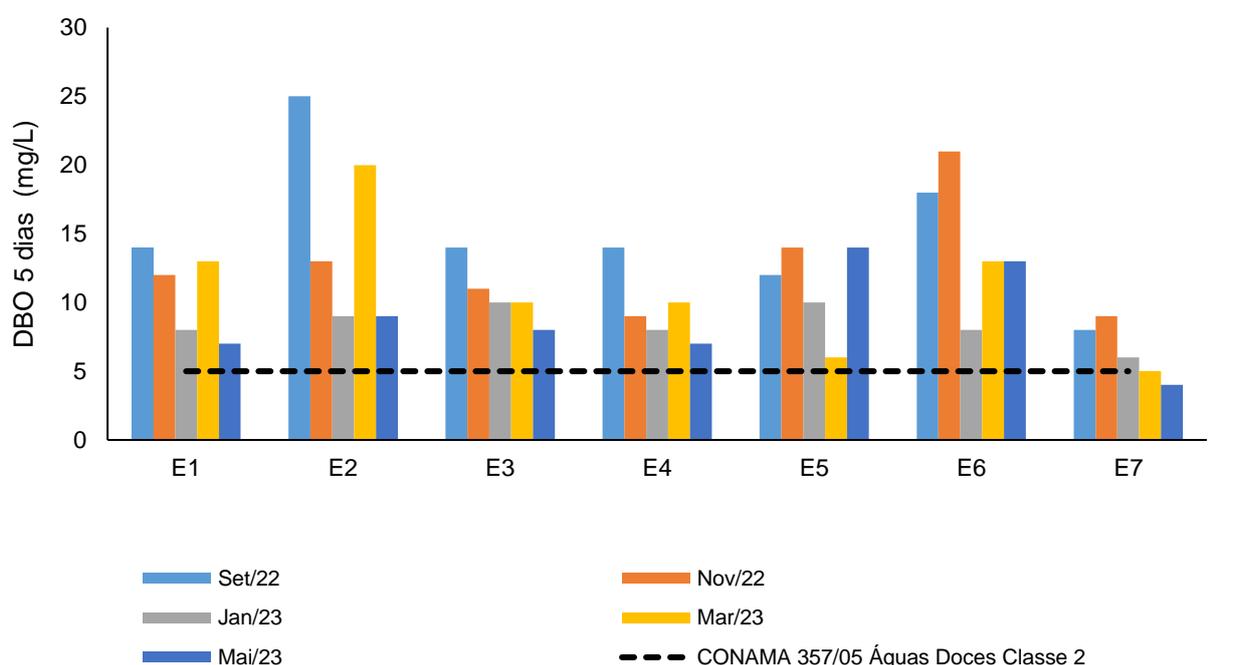
A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos na degradação de compostos orgânicos. Sob a ótica da qualidade da água, a DBO é uma importante variável indicadora de poluição por resíduos orgânicos, uma vez que quanto maior a DBO (i.e., mais compostos orgânicos a serem degradados), menor será a disponibilidade de oxigênio para seres vivos como peixes, organismos zooplanctônicos e macroinvertebrados (CETESB, 2014).

Em relação à DBO, foram registrados valores entre 4 mg/L nas amostras da coleta de mai/23 na estação E7, localizada na foz do rio das Ostras a 21 mg/L, nas águas da estação amostral E6, situada em Rio das Ostras, a jusante da foz do valão das Corujas na campanha de nov/22.

Os valores de DBO estão acima do estipulado para todas as amostras das coletas realizadas (Tabela 6-1, Tabela 6-2, Tabela 6-3 e Figura 6-11) onde as águas das foram classificadas como Águas Doces de Classe 2 (5 mg/L). Destaca-se que para esse parâmetro não há limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas

Salobras e Salinas Classe 1. Os valores de DBO podem estar relacionados com o uso e ocupação do entorno das estações, uma vez que se observa que os maiores registros ocorreram nas estações E5 e E6, que apresentam maior influência de área urbana. Já as amostras de E7, um ponto que apresenta alta influência de urbanização, apresentaram as menores concentrações de DBO. Esses resultados podem ter uma relação com a diluição sofrida na região do estuário.

**Figura 6-11 Resultados de DBO das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.**



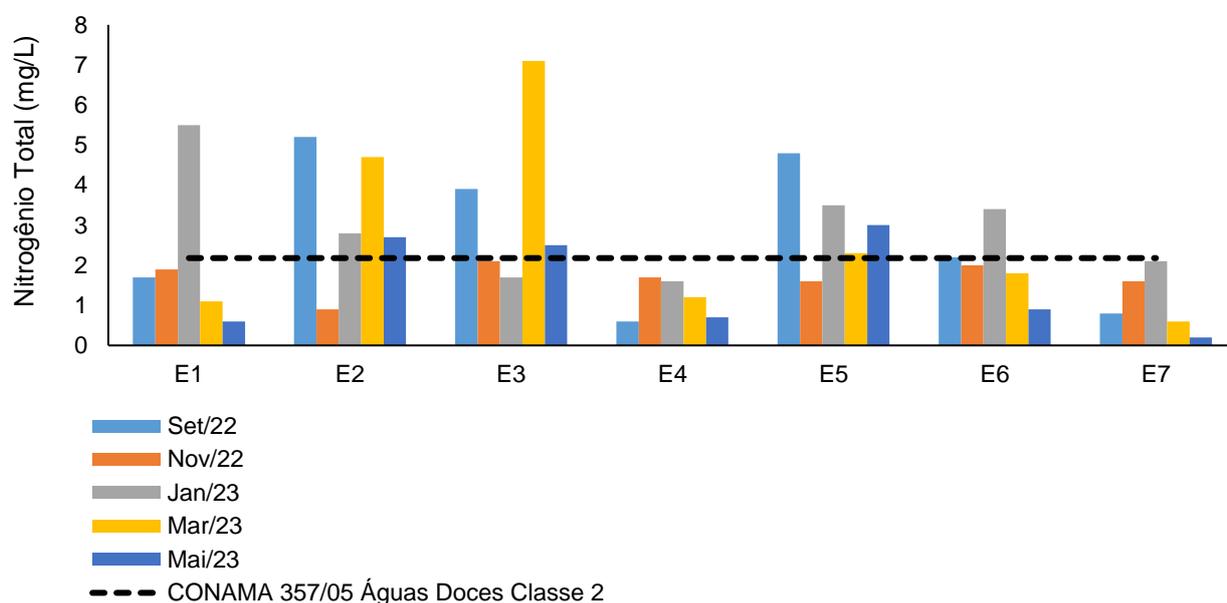
### 6.1.10 Nitrogênio total

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 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).

Em relação ao nitrogênio total, as concentrações encontradas foram de 0,2 mg/L nas águas coletadas na estação E7 em mai/23 a 7,1 mg/L nas amostras de mar/23 no ponto E5 (Figura 6-12). Essa diferença na concentração de nitrogênio total pode estar relacionada com o uso e ocupação do solo do entorno e influência dos rios das Ostras e Jundiá. Um estudo realizado em 2014 nos rios Iriri e Jundiá, verificou valores acima de 2,5 mg/L de nitrogênio total, enfatizando as elevadas concentrações desse nutriente com o aumento do crescimento populacional em torno dos corpos hídricos (MAIA, 2020).

Verificou-se ainda que as águas coletadas em jan/23 nas estações E1, E5 e E6 apresentaram valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 de 2,18 mg/L para Água Doce de Classe 2 (BRASIL, 2005) para ambientes lóticos. Já nas amostras da estação E2, observou-se um desenquadramento desse parâmetro em todas as campanhas com exceção de nov/22. Destaca-se que a legislação não aponta valores máximos para Águas Salobras e Salinas Classe 1.

**Figura 6-12 Resultados de nitrogênio total das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.**



### 6.1.11 Fósforo total

O fósforo é um nutriente que ocorre naturalmente nas águas, entretanto, altas concentrações de fósforo podem indicar aporte de esgoto e matéria orgânica para o ambiente. As principais fontes desse elemento são matéria orgânica fecal e detergentes;

além disso, alguns efluentes industriais, fertilizantes e pesticidas podem gerar aporte de fósforo. O fósforo, assim como o nitrogênio, é um dos principais nutrientes que limitam a produtividade primária em corpos aquáticos continentais, sendo o aporte excessivo de fósforo capaz de acarretar a eutrofização de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011).

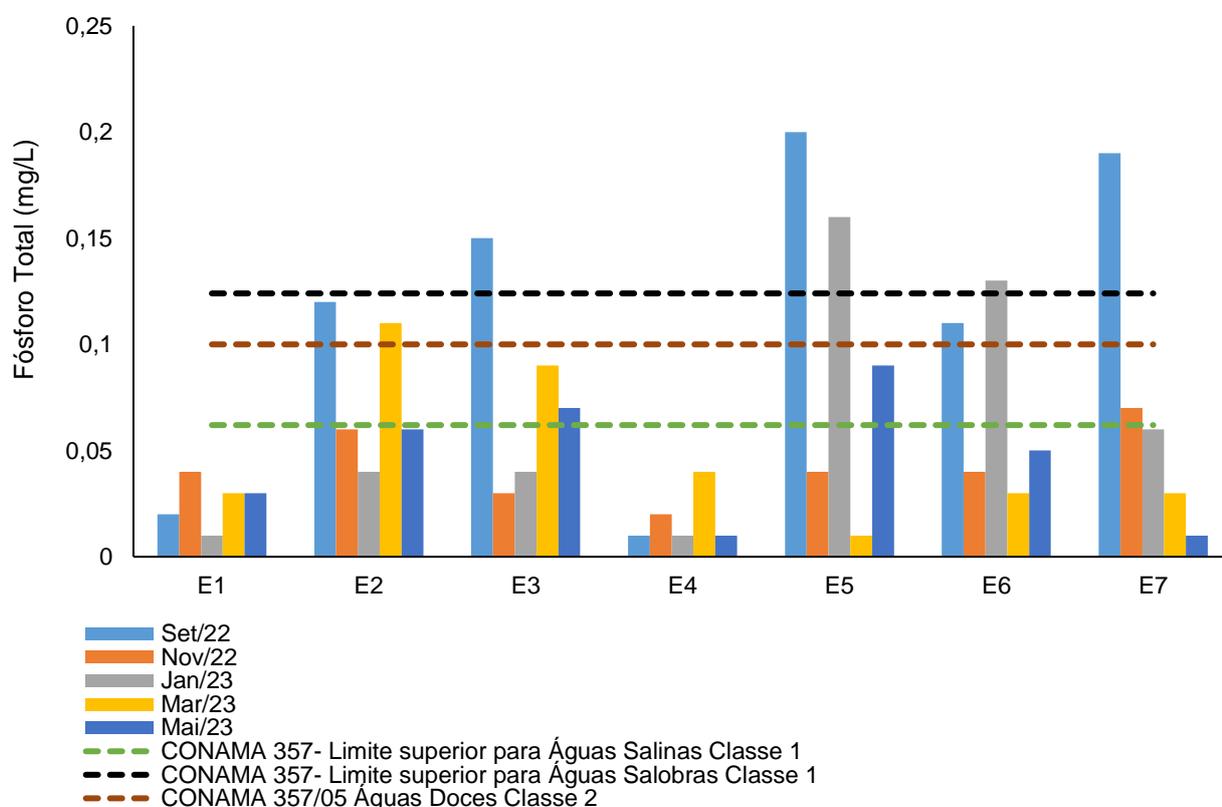
Quanto aos nutrientes, a variação registrada para o fósforo total durante a campanha, a menor concentração foi 0,01 mg/L nas amostras de E1 em jan/23, em E2 nas coletas dos meses de jan/23 e mai/23 e em E7 nas águas analisadas em mai/23. Já a maior concentração foi 0,20 mg/L na amostra de set/22 na estação amostral E5.

De maneira geral, pode-se observar que em todas as campanhas as águas analisadas do rio Iriri registraram as menores concentrações de fósforo (E1 e E4) quando comparado as amostras das estações localizadas nos rios Jundiá e das Ostras.

Em todas as campanhas, as amostras das estações E1 e E4 estiveram dentro do limite estabelecido para Águas Doces Classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para fósforo total. As amostras do ponto E2, nas campanhas de set/22 e mar/23, ficaram acima do determinado na normativa supracitada (0,1 mg/L). Nas coletas realizadas em E3, as águas analisadas ficaram acima do estipulado pela legislação na coleta feita em set/22 e mar/23, segundo o enquadramento dos corpos hídricos. Nas amostras de E5, observou-se que nas campanhas set/22 e jan/23 os valores desse nutriente ficaram acima da classificação de Águas Salobras Classe 1 (0,124 mg/L) e Águas Doces Classe 2 (0,1 mg/L), respectivamente. Nas águas analisadas no ponto E6, as amostras de set/22 e jan/23 ficaram acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Já em E7, as águas analisadas em set/22, classificadas como águas salinas classe 1, ficaram desenquadradas em relação ao limite estipulado pela legislação ambiental (0,062 mg/L) (Tabela 6-1, Tabela 6-2, Tabela 6-3 e Figura 6-13).

Cabe salientar que de maneira geral os valores encontrados ao longo das campanhas são superiores a estudos prévios realizados em 2003 nos mesmos pontos analisados, nos quais foi observada variação de <0,01 mg/L a 0,03 mg/L (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). As altas concentrações de fósforo nos corpos hídricos podem estar relacionadas ao uso de fertilizantes nas áreas rurais da Região Hidrográfica estudada, já que a literatura indica um uso e ocupação do solo voltado para agricultura (GOMES, 2009).

**Figura 6-13 Resultados de fósforo total das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.**



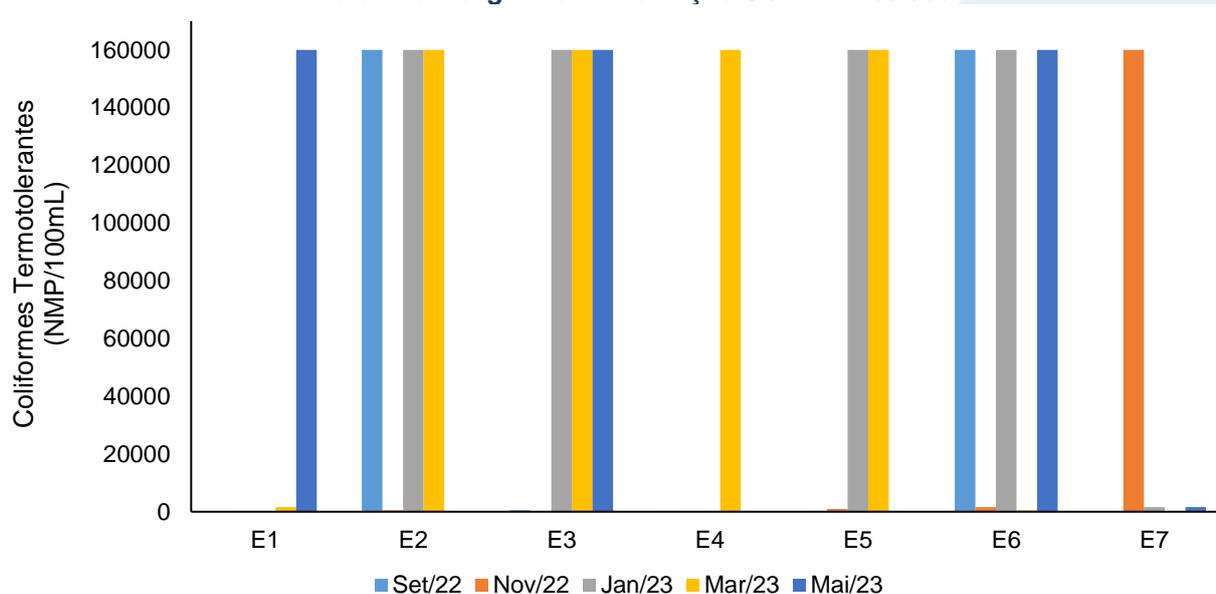
### 6.1.12 Coliformes termotolerantes

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 são bactérias presentes no trato intestinal humano, 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, 2014).

Os coliformes termotolerantes são utilizados como indicadores de poluição associada a ações antrópicas (JORDÃO; PESSÔA, 2014). Ao longo das campanhas esse parâmetro apresentou uma ampla variação, registrando a menor concentração <1,8 NMP/100 mL nas análises de set/22 na amostra de E7, enquanto a maior foi de >160.000 NMP/100 mL nas amostras de E1 (mai/23), E2 (set/22, jan/23 e mai/23), E4 (mar/23), E5 (jan/23 e mar/23), E6 (set/22, , jan/23 e mai/23) e E7 (jan/23), consideradas acima do valor máximo quantificável pelo método (Figura 6-14). Segundo a Resolução CONAMA nº

357/2005 para uma avaliação em relação a esse indicador, é necessário um período de monitoramento de 1 ano com frequência bimestral. No entanto, utilizando o valor de referência de 1.000 NPM/100 mL descrito na normativa supracitada, observa-se que 18 amostras analisadas ao longo dos três quadrimestres monitorados ultrapassam a concentração recomendada. Resultados prévios de amostras coletadas em 2003 nos mesmos pontos amostrais do presente monitoramento apresentaram uma variação de coliformes de 309 NMP/100 mL a 1.600 NMP/100 mL (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Quando comparados os valores médios das amostras analisadas, observou-se um aumento das concentrações de coliformes em todos os corpos hídricos monitorados em relação aos dados pretéritos. Esses resultados indicam um incremento do uso e ocupação do entorno, e sugerem o lançamento de efluentes sanitários nos corpos hídricos avaliados.

**Figura 6-14 Resultados de coliformes termotolerante das cinco campanhas realizadas e limite de referência segundo a Resolução CONAMA 357/05.**



## 6.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os valores de IQA das campanhas apresentaram resultados médios entre 36,69 e 47,61 nos trechos localizados nos rios Iriri (E1 e E4) e Jundiá (E2). A partir de E3, já no rio das Ostras, até E7, a variação no IQA foi de 35,55 a 55,73 (Tabela 6-4). Em médias, as análises do índice de qualidade da água apresentaram seis das sete amostras classificadas como ruins (E1 a E6) e somente E7 categorizada como média. (Tabela 6-4).

Nesse contexto, as águas de E1 a E6 foram consideradas de qualidade ruim, sendo classificadas como impróprias para o tratamento convencional visando o abastecimento público, indicando a necessidade de tratamentos mais avançados. Já em E7 o IQA foi categorizado como médio, demonstrando que a água é classificada como própria para o tratamento convencional (Tabela 6-4).

A estação amostral E7, localizada na foz do rio das Ostras, possui caráter estuarino e alta salinidade, com grande taxa de renovação e oxigenação através da maré, se mantendo na classificação média, além de responder a um enquadramento diferente das demais estações.

De acordo com os boletins disponibilizados no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os valores de IQA obtidos nas nove análises realizadas entre 2013 até 2022 tiveram como resultado sete classificações ruins e duas como médias (INEA, 2022). Quando comparado com os resultados do presente monitoramento, dentre os pontos monitorados pelo órgão ambiental, apenas o ponto P7, localizado na foz do rio das Ostras, é o que se aproxima com a estação amostral descrita nos documentos consolidados do INEA. Sendo assim, os resultados obtidos indicam que o padrão de qualidade hídrica se manteve similar às informações pretéritas, reforçando os impactos das atividades antrópicas sobre as águas dessa estação amostral.

O volume pluviométrico observado ao longo das campanhas (Figura 6-1) pode refletir um aumento na vazão dos rios, se tornando um dos principais responsáveis pela diminuição da salinidade nas estações amostrais mais interiores, além de diminuir a concentração de nutrientes nas localidades com menor influência urbana (CANIVETE, 2019).

Destaca-se ainda que, as localidades com maiores concentrações de coliformes termotolerantes, podem estar relacionadas com o uso e ocupação do entorno e as condições inadequadas de deságue de esgoto sanitário.

**Tabela 6-4 - Resultados de IQA em cada estação amostral de todas as campanhas realizadas.**

Estação	Localização	Município	Média do IQA
E1	Afluente do rio Iriri	Rio das Ostras	42,35
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	36,69
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá)	Rio das Ostras	40,28
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do valão das Corujas)	Rio das Ostras	47,61
E5	Valão das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	43,03
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do valão das Corujas)	Rio das Ostras	35,55
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	Rio das Ostras	55,73
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

## 7 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

Na caracterização do estuário, observa-se aumento da salinidade da estação E1 em direção a E7, localizado na foz do rio das Ostras, ponto este que apresentou características salinas de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Ao analisar as campanhas de monitoramento, observa-se que não há estratificação hialina entre a massa d'água superficial e a profunda, uma vez que tanto a salinidade quanto a condutividade foram muito semelhantes na superfície e no fundo da coluna d'água dos corpos hídricos monitorados. Esses resultados sugerem que o estuário do rio das Ostras sofre forte influência da maré, que adentra as regiões mais interiores do rio por meio do regime de micromarés, através da intrusão da cunha salina, que pode chegar até 6 km para o interior do continente em períodos com menor precipitação e volume dos rios (BARROSO; MOLISANI, 2019).

Logo, é provável que a precipitação registrada anteriormente às coletas tenha gerado um maior aporte de água doce com capacidade de conter o avanço de massas d'água oceânicas, diminuindo a salinidade e ocasionando a circulação de massas d'água devido às diferenças de densidade, principalmente na região do estuário, levando a misturas e ressuspensão de sólidos e partículas, por exemplo (BARROSO; MOLISANI, 2019; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Acredita-se que a bacia do rio das Ostras é influenciada pela dinâmica entre a ação das marés e do ambiente costeiro, associada com a vazão e o fluxo da rede hidrográfica da região. Isso se comprova com os maiores valores registrados para salinidade, condutividade, sólidos totais dissolvidos e pH em E7, na região estuarina, no encontro da foz do rio com o mar. Por conta da relação entre o pH e a condutividade, essas grandezas podem sofrer influência dos sólidos totais e da salinidade, uma vez que as faixas de variação do potencial hidrogeniônico agem na precipitação de material particulado, íons e sais que medem a condutividade, o que pode ser um indicativo da atuação desse parâmetro junto com as massas d'água (ESTEVES, 2011) e segundo a literatura, há registros de aumento do pH no estuário do rio das Ostras (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Diferentemente dos parâmetros destacados anteriormente, os maiores valores de turbidez foram encontrados nas amostras de E6, no rio das Ostras. Esses valores podem estar relacionados com a influência urbana, que afeta a qualidade hídrica desse ponto amostral.

Os valores encontrados para os nutrientes, como fósforo e nitrogênio, foram majoritariamente mais elevados principalmente nas estações E2, E3 e E5, e podem estar associados a impactos antrópicos como o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, principalmente aqueles categorizados como urbano e atividades agrárias. Essa variação pode estar relacionada ao aporte de esgoto doméstico, já que locais como Nova Cidade estão próximos à estação E5. Após esse trecho, ainda existem outros locais que reconhecidamente realizam o descarte inadequado entre E6 e E7, como Boca da Barra, Nova Esperança, Costa Azul, Liberdade entre outros, que têm seus resíduos lançados no rio das Ostras (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012; GOMES, 2009).

Nas regiões menos urbanizadas como nos rios Iriri e Jundiá (estações E1, E2 e E4) é provável que haja maior influência de atividades agrárias, visto que, segundo o relatório do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras (2013), pastagem e pastagem em várzea representam, respectivamente, 64,67% e 4,92% da área do município e circundam toda a região analisada (BARROSO; MOLISANI, 2019, BERNINI *et al.*, 2013; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2013).

Esse mesmo cenário pode ser o causador do aumento nas concentrações de DBO para as amostras do rio das Ostras, principalmente em E2, E5 e E6. A entrada de matéria orgânica no ambiente aumenta a DBO e se reflete na concentração de oxigênio dissolvido, que pode não suprir essa demanda e diminuir, mesmo com a mistura de massas de água e maior aporte fluvial. Esses resultados são semelhantes aos relatados por Barroso & Molisani (2019), que encontraram águas mais oxigenadas na região do estuário, área que possui maior mistura e renovação das águas devido à influência das correntezas e efeito da maré.

A Tabela 7-1 apresenta a estatística descritiva de cada parâmetro analisado nas estações amostrais, considerando as cinco campanhas realizadas. Nela é possível observar claramente a influência da intrusão salina nos resultados obtidos, com as estações E3, E5, E6 e E7 apresentando as maiores salinidades médias em comparação às demais estações. A influência da água salina também é observada no pH, com os maiores valores sendo observados nas estações citadas anteriormente, corroborando o fato de águas salinas terem pH mais elevados. Esse padrão é observado também para outros parâmetros, como sólidos totais e coliformes termotolerantes, que apresentam menores concentrações nas estações com maior influência de águas salinas. Sendo assim, conclui-se que a localização de cada ponto amostral tem mais influência nos resultados que a data de realização de cada campanha.

**Tabela 7-1 - Estatística descritiva de cada parâmetro analisado, considerando cada uma das estações amostrais, ao longo do monitoramento realizado.**

Estações amostrais	Salinidade (‰)		Condutividade (µS/cm)		Sólidos Totais (mg/L)		Turbidez (UNT)		pH		Temperatura (°C)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)		DBO (mg/L)		Fósforo Total (mg/L)		Nitrogênio Total (mg/L)		Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
E1	0,1	0,0	122,2	26,0	126,6	28,6	27,2	20,4	5,7	0,7	25,6	2,1	1,3	0,7	10,8	3,1	0,0	0,0	2,2	1,9	32420,6	71321,8
E2	0,2	0,1	381,5	110,1	251,0	46,6	46,9	30,0	5,8	0,7	27,5	2,4	2,4	0,8	15,2	7,1	0,1	0,0	3,3	1,7	96117,8	87474,5
E3	6,3	7,4	9722,6	10844,1	5555,0	6969,8	33,4	37,4	6,5	0,8	26,9	2,0	3,1	0,7	10,6	2,2	0,1	0,0	3,5	2,2	96156,0	87422,1
E4	0,1	0,0	149,9	43,6	149,6	41,5	46,4	34,8	6,1	0,8	27,2	1,9	2,8	1,2	9,6	2,7	0,0	0,0	1,2	0,5	32110,4	71492,5
E5	8,8	11,5	13639,7	17641,6	9887,4	15128,9	36,7	50,1	6,5	0,5	27,2	2,2	2,6	1,2	11,2	3,3	0,1	0,1	3,0	1,2	64232,6	87423,9
E6	17,6	15,4	26469,2	23295,3	15255,0	15003,8	48,1	64,3	6,9	0,8	27,0	1,8	3,3	0,6	14,6	5,0	0,1	0,0	2,1	0,9	128108,0	71312,7
E7	31,2	10,2	47392,0	13575,3	33375,8	9481,0	20,5	13,8	8,0	0,6	26,1	3,2	5,1	1,6	6,4	2,1	0,1	0,1	1,1	0,8	40860,0	79429,3

## 7.1 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). Sendo assim, verifica-se com base nos resultados da Tabela 7-2 que os requisitos exigidos para a adequação da PCA foram cumpridos nos testes de KMO e observa-se que o teste de esfericidade de *Bartlett* foi significativo, com isso tem-se que a análise da PCA é adequada.

**Tabela 7-2 - Análise fatorial KMO e teste de esfericidade de Bartlett.**

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,709
Teste de esfericidade de Bartlett ( $X^2$ )	515
Graus de liberdade	55
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 45,19% e 20,04% da variação dos dados, totalizando 65,23%, que podem ser vistos na Figura 7-1. Os resultados da PCA, para a coleta de set/22 estão marcados em laranja, já de nov/22 em verde, jan/23 representado pela cor rosa, mar/23 apresenta marcações em azul e mai/23 destacado em amarelo.

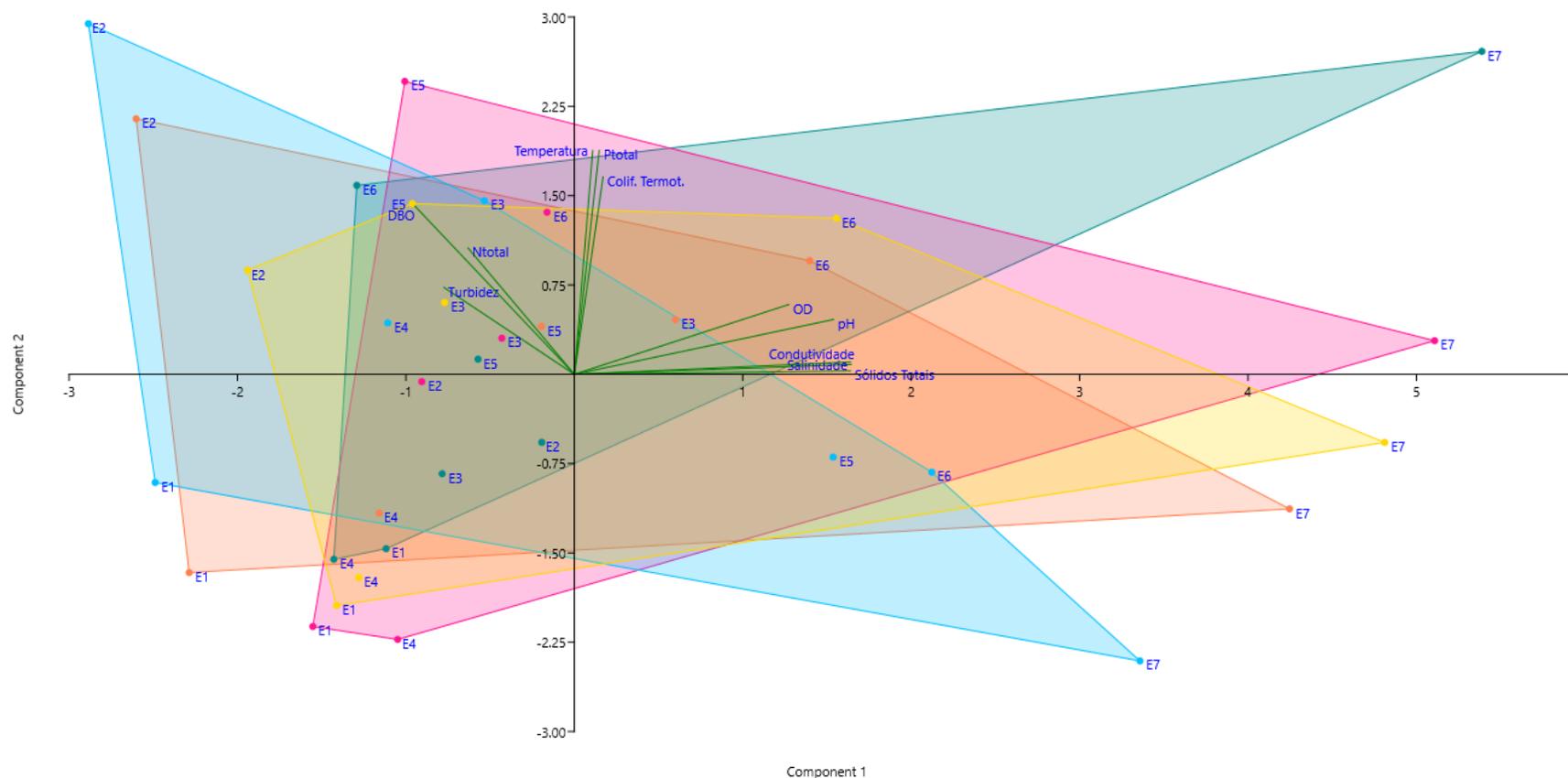
É possível concluir que diferentes fatores ambientais interferiram na caracterização dos pontos de coleta. Verificou-se que em set/22, a amostra da estação E5 apresentou uma influência de nitrogênio total e o fósforo atuando em oposição, demonstrando uma

relação entre os nutrientes. A influência do nitrogênio total nas águas analisadas em E5 para a campanha de set/22 pode ser correlacionada com a maior concentração desse parâmetro para essa amostra (Figura 6-12). Cabe destacar que o aumento desses nutrientes no ambiente favorece o processo de eutrofização nos corpos hídricos. Também é observada na campanha de set/22 que o OD e o pH, apresentaram maiores contribuições em E3.

No que se refere à campanha de nov/22, nota-se que no eixo 1, E6 foi relacionado com a DBO e nitrogênio total, e em relação oposta com o oxigênio dissolvido e o fósforo total, sugerindo uma correlação limitante entre os nutrientes no consumo por organismos. Já para a coleta realizada em jan/23, observa-se que foram relacionadas positivamente maiores contribuições de temperatura e nitrogênio total, após a junção dos rios Iriri e Jundiá, especialmente para as estações E5 e E6, respectivamente. Além disso, observa-se uma influência da turbidez na estação E3 e os sólidos totais atuando em oposição. Esses resultados reforçam a associação entre esses parâmetros e indicam a poluição do corpo hídrico monitorado.

Em relação à campanha realizada em mar/23, observa-se a influência de sólidos totais nas estações E5 e E6, o que é confirmado com as maiores concentrações desse parâmetro (Figura 6-7). Também se verifica uma contribuição de temperatura, DBO e nitrogênio na estação E3 e turbidez em E4. Na campanha de mai/23, a estação E5, apresentou maior influência da DBO e nitrogênio total. Em oposição, E6 apresentou uma maior relação com OD e pH.

**Figura 7-1 Resultado da análise dos componentes principais.**

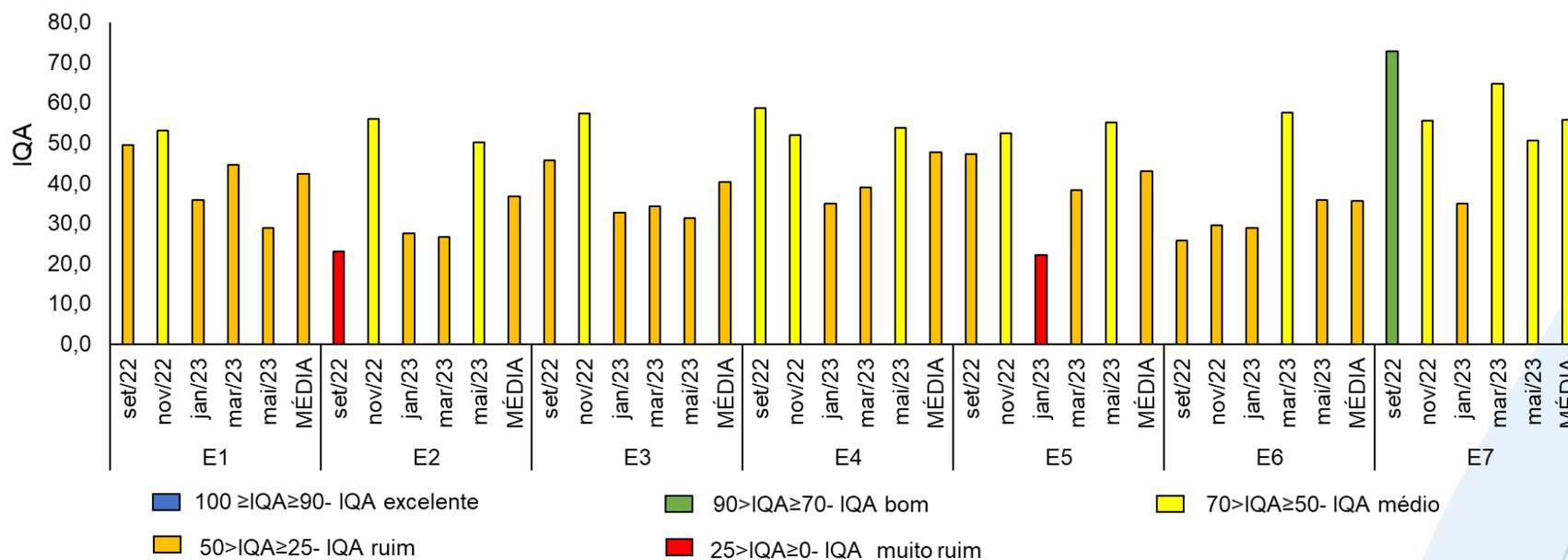


## 7.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Considerando os resultados de IQA obtidos ao longo das cinco campanhas de monitoramento realizadas, foi gerado um gráfico com a evolução dos resultados de IQA, bem como a média do índice para cada uma das estações amostrais (Figura 7-2). Os índices obtidos na estação amostral E1, localizada no afluyente do rio Iriri, variaram de 28,86 na campanha de mar/23 a 52,98 em nov/22, com isso as águas foram classificadas como ruins, com exceção da campanha de nov/22, na qual a classificação foi média. Em relação ao ponto E2, localizado no rio Jundiá, os resultados variaram entre 23,10 em set/22 e 56,04 em nov/22, com a classificação da primeira campanha (set/22) sendo muito ruim; as campanhas de nov/22 e mai/23 como médio e as campanhas de janeiro e março/23 como ruim. A qualidade da água do ponto E3, localizado já no rio das Ostras, foi classificada como ruim nas campanhas de set/22 e de janeiro, março e maio de 2023; uma exceção foi observada apenas na campanha de nov/22, na qual a classificação foi média. A variação observada nesta estação ficou entre 32,73 (jan/23) e 57,44 (nov/22). A qualidade da água no ponto E4, localizado no rio Iriri, foi classificada como ruim nas campanhas de janeiro (34,84) e março/23 (38,93); e nas demais campanhas a variação observada foi de 51,98 (nov/22) a 58,59 (set/22), com classificação média. O ponto E5, no valão das Corujas, apresentou classificação muito ruim na campanha de jan/23 (22,11), ruim nas campanhas de set/22 (47,24) e mar/23 (38,27) e média em nov/22 (52,38) e mai/23 (55,17). A classificação da qualidade da água do ponto E6 (rio das Ostras) foi média na campanha de mar/23 (57,64) e ruim nas demais campanhas, com variação de 25,75 (set/22) a 35,86 (mai/23). De maneira geral, o ponto E7, localizado na foz do rio das Ostras, apresentou os melhores índices, com classificação boa na campanha de set/22 (72,83), média nas campanhas de nov/22 (55,65), março (64,63) e maio/23 (50,55) e ruim em jan/23 (35,0). Sendo assim, a classificação muito ruim foi obtida no rio Jundiá (E2) na campanha de set/22 e no valão das Corujas (E5) na campanha de jan/23. A classificação boa foi observada apenas no ponto E7 na campanha de set/22. Cabe ressaltar que, considerando as médias dos índices obtidos em cada localidade, as águas das estações E1, E2, E3, E4, E5 e E6 foram classificadas como impróprias para o tratamento convencional visando o abastecimento público, indicando a necessidade de tratamentos mais avançados.

Com base no que já foi apresentado e discutido anteriormente, a variação de salinidade encontrada ao longo do monitoramento realizado reflete em outros parâmetros, como pH, sólidos totais dissolvidos, turbidez, nitrogênio total, entre outros, podendo mascarar ou apresentar resultados não condizentes com as categorias preconizadas pelo Índice de Qualidade da Água (IQA). Por conta da intrusão da cunha salina que avança pelo rio das Ostras, deve-se avaliar se a aplicação deste índice é adequada para a bacia hidrográfica em questão, uma vez que ele foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta após tratamento, visando seu uso para o abastecimento público. Além disso, os parâmetros considerados no cálculo do índice são indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos e industriais e sendo assim, a avaliação pode ficar limitada, já que outros parâmetros importantes não são analisados, tais como metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos, protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (ANA, 2023). Ainda assim, é um índice amplamente utilizado, com escala pré-definida, para avaliar a contaminação de rios por atividades antrópicas.

Figura 7-2. Evolução dos resultados de IQA.



### 7.3 Matriz FPSEEA

Os fatores que estão relacionados à qualidade ambiental da água dos corpos hídricos monitorados estão apresentados na Tabela 7-3, que se apresenta através da matriz FPSEEA. Foram descritas forças motrizes (F), dentro desse contexto, que favorecem a criação de pressões (P) observadas ao longo do monitoramento, como por exemplo a ocupação do solo de forma irregular. Essas pressões levaram à mudança da qualidade da água, representada pelo eixo situação (S), onde observa-se, por exemplo, as elevadas concentrações de coliformes termotolerantes e nutrientes. Toda essa alteração do ambiente monitorado reflete na biodiversidade local e saúde humana, como evidenciado no pilar exposição (E). Com base nisso, notam-se inúmeros efeitos (E) relacionados ao bem-estar da população associado à qualidade hídrica. Por fim, são sugeridas algumas ações (A) de médio e longo prazo como forma de reduzir os riscos relacionados às condições ambientais da água dos corpos hídricos monitorados.

**Tabela 7-3 - Aplicação da matriz FPSEEA com proposição de ações de gerenciamento da qualidade ambiental das águas dos corpos hídricos monitorados.**

Nível	Determinantes
Força motriz	Aumento da população em torno dos rios monitorados; Falta de cumprimento das leis municipais, como por exemplo, o Plano Diretor de Rio das Ostras; Atividades agrícolas.
Pressão	Ocupação urbana; Aumento da geração de resíduos; Possíveis lançamentos de fertilizantes; Lançamento de esgoto sem tratamento; Uso e ocupação irregular do solo; Remoção da mata ciliar.
Situação	Elevadas concentrações de coliformes termotolerantes nas águas avaliadas ao longo do monitoramento; Altos valores de nutrientes nas amostras analisadas; Índice de qualidade da água com classificações, de forma majoritária, ruim; Erosão do solo.
Exposição	Ameaça para a biodiversidade local e saúde humana.
Efeito	Possíveis riscos para a saúde pública, associado a ocorrência de doenças de veiculação hídrica; Alto grau de contaminação das águas; Possíveis ocorrências de processos de eutrofização, acarretando prejuízos na biota e até mesmo para a saúde humana; Efeitos negativos sobre os organismos marinhos; Redução do potencial produtivo do solo; Desequilíbrio da fauna e da flora em decorrência da erosão dos solos.
Ações de médio prazo	Aumento da fiscalização das políticas públicas ambientais e municipais; Desenvolvimento de materiais educativos e palestras nas escolas do município; Divulgação dos resultados no monitoramento realizado para a população do município.
Ações de longo prazo	Parceria com o Programa Agente Jovem Ambiental de Rio das Ostras e o Centro de Educação Ambiental de Rio das Ostras (Cedro) para ações de educação

socioambiental com o intuito de sensibilizar os moradores do município sobre os impactos das atividades humanas sobre os corpos hídricos monitorados;

Ampliação da cobertura da rede de esgoto e de tratamento de água como forma de recuperação dos corpos hídricos monitorados;

Estudos ecotoxicológicos para entender os efeitos das águas dos corpos hídricos analisados sobre a biota;

Projeto de ciência cidadã tendo com público-alvo principal os moradores do entorno dos corpos hídricos monitorados;

Continuidade do monitoramento ambiental com intuito de criar uma série histórica de dados, pois é um ambiente com literatura escassa e compreender as variações da qualidade hídrica para subsidiar ações de tomadas de decisão do Comitê de Bacias Hidrográficas Macaé e Ostras.

## 8 OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados de todas as campanhas do monitoramento realizado, observa-se que a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio das Ostras tem como principais fatores de influência a dinâmica das chuvas e das micromarés presentes na região, bem como o uso e ocupação do solo do entorno da bacia, em que regiões com predomínio de áreas urbanas demonstram diminuição da qualidade da água. Sendo assim, a qualidade da água dos corpos hídricos monitorados está associada com a contaminação proveniente das atividades antrópicas do entorno, como o lançamento de esgoto sem tratamento.

Em relação às amostras coletadas na estação E1, localizada no afluente do rio Iriri observou-se que, de maneira geral, os parâmetros pH, DBO, OD e coliformes termotolerantes apresentaram desenquadramento com a Resolução CONAMA nº 357/2005. Os mesmos parâmetros supracitados e o nitrogênio total nas águas analisadas de E2, situado no rio Jundiá, apresentaram valores que estão em desacordo com a normativa ambiental usada como referência nos três quadrimestres monitorados.

No que se refere às amostras coletadas no ponto E3 situado no rio das Ostras, verificou-se que as concentrações de DBO, fósforo total, OD, coliformes termotolerantes apresentaram valores ao longo do monitoramento que não atendem o que é descrito na Resolução CONAMA nº 357/2005. Já nas águas analisadas na estação E4, localizado no rio Iriri, notou-se que na maior parte das coletas ocorreram desenquadramentos em relação à legislação de referência dos parâmetros pH, DBO, OD e coliformes termotolerantes.

No que diz respeito às águas avaliadas na estação amostral E5, localizada no Valão das Corujas, identificou-se que ao longo dos três quadrimestres as concentrações de DBO, OD, turbidez, pH, coliformes termotolerantes e nutrientes ficaram fora dos respectivos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Para as amostras coletadas em E6, situado no rio das Ostras, as variáveis físico-químicas e microbiológicas que apresentaram valores em desconformidade com a normativa vigente nos cinco meses de monitoramento foram: DBO, coliformes termotolerantes, fósforo total, OD e turbidez. No tocante às amostras coletadas em E7, situado na foz do rio das Ostras, foram observadas concentrações ao longo do monitoramento de coliformes

termotolerantes, fósforo total, OD e pH que não estão consonância com a legislação utilizada como referência.

Diante do exposto, constata-se que as altas concentrações de carga orgânica, nutrientes e coliformes termotolerantes refletem o crescimento acelerado da população, levando ao aporte de esgoto sanitário parcialmente e/ou sem tratamento nas águas das estações amostrais monitoradas. Logo, é recomendada a melhoria e/ou implementação do tratamento do efluentes para atender as populações que vivem em torno da Região Hidrográfica VIII - Macaé e Ostras. Também, acredita-se que, devido às concentrações elevadas de nutrientes detectadas, as estações amostrais são impactadas pelo processo de eutrofização, causando prejuízo ao ambiente e em todo o ecossistema.

Por fim, com base nos resultados obtidos ao longo das cinco campanhas de monitoramento, evidencia-se que as médias apresentadas de salinidade nas amostras dos pontos monitorados, como em E3, E5, E6 e E7, a influência da intrusão salina. Além disso, as informações apresentadas ao longo do relatório demonstram através do IQA, uma degradação do ambiental, uma vez que, de maneira geral, os valores médios desse índice foram classificados como ruins nas amostras analisadas, indicando uma alta carga de matéria orgânica, sugerindo também o lançamento de efluentes e resíduos no sistema, os impactos do uso e ocupação do solo no entorno e a influência da erosão do solo na qualidade hídrica. Esses fatores demonstram a necessidade de ampliação e investimento do saneamento básico no município e ações em conjunto com a sociedade.

Nas informações reportadas no Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras é proposto o enquadramento da região da área de estudo monitorada como Classe 2, com base no uso preponderante das águas estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357/2005. Segundo as informações apresentadas ao longo do presente relatório, propõe-se utilizar o mesmo enquadramento descrito previamente, tendo em vista a destinação de suas águas, bem como os resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados durante o monitoramento. No entanto, ressalta-se a necessidade de maior cobertura e investimento no tratamento de águas residuais, para a melhoria da qualidade hídrica.

O monitoramento realizado contribuiu para demonstrar a situação da qualidade hídrica dos rios avaliados para a sociedade e órgãos responsáveis. Essas informações são importantes para o Comitê de Bacia Hidrográfica Macaé e Ostras para subsidiar a gestão ambiental dos corpos d'água e tomadas de decisão para a recuperação da

qualidade hídrica. A partir disso, as ações propostas previamente no tópico anterior na matriz FPSSEA servem como subsídio para a recuperação da qualidade hídrica da região estudada tendo em vista a melhoria da saúde ambiental e pública.

Por fim, sugere-se, além das questões da adoção de tratamento de efluentes, ações de educação ambiental em espaços formais e não-formais com as comunidades que vivem na Região Hidrográfica VIII - Macaé e Ostras, com o intuito de compartilhar informações sobre a qualidade dos rios e sensibilizar a sociedade para as questões ambientais.

## 9 REFERÊNCIAS

ABNT NBR 17025. 2017. Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 24 mai. 2023.

ALMEIDA, M. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 01 p. 81- 97, 2003.

ALVARADO, J.J.; AGUILAR, J.F. Batimetría, salinidade, temperatura y oxígeno disuelto em aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. **Rev. Biol. Trop.** 2009; 57(1): 19-29.

APHA. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. APHA AWWA E WEF, 23ª ed, 2017.

BARROSO, G. C.; MOLISANI, M. M. Pequenos estuários alimentados por pequenas bacias hidrográficas: estudo de caso dos estuários dos rios Macaé e das Ostras (RJ). Em: **Engenharia & Ciências Ambientais: contribuições à gestão ecossistêmica**. [s.l.] Essentia Editora, 2019. p. 116–141.

BERNINI, E. et al. Fitossociologia de florestas de mangue plantadas e naturais no estuário do Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 1, 10 out. 2013.

BRASIL. **Resolução CONAMA N°357, de 17 de março de 2005**. CONAMA - Ministério do Meio Ambiente, 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011**. CONAMA - Ministério do Meio Ambiente, 2011.

CAÑEDO-ARGÜELLES M et al., 2013, 'Salinisation of rivers: An urgent ecological issue', **Environmental Pollution**, 173: 157-167. doi:10.1016/j. envpol.2012.10.011

CANIVETE, G. D. R. **Avaliação da Influência das Descargas Fluviais na Distribuição da Salinidade no Estuário Bons Sinais-Zambézia**. Monografia—Quelimane: Universidade Eduardo Mondlane, nov. 2019.

CETESB. 2009. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, Brasil, 531 pp.

CETESB; ANA. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. Organizadores: Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 325 p.

CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade | Apêndice D. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**, 2014.

CETESB. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo | Apêndice E: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2022.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **Relatório de caracterização da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras (RD-01)**. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro Governo do Estado do Rio de Janeiro, jul. 2012.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **Relatório de caracterização e mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras.** Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro Governo do Estado do Rio de Janeiro, nov. 2013.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. 2022. 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. f. 6.

Deliberação CECA nº 2.333, de 28 de maio de 1991. Altera a Deliberação CECA nº 707, de 12.09.85 e consolida o disposto sobre o Sistema de Credenciamento de Laboratórios.

EPA. United States Environmental Protection Agency **DPSEEA Framework**. Disponível em: <<https://archive.epa.gov/ged/tutorial/web/html/slide0004-4.html>>. Acesso em 19 de julho de 2023.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

GOMES, L. M. 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. 145–161, 2009.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Plano de recursos hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras. Relatório síntese**. Rio de Janeiro, 2014.

JARDIM, M.E.T. **Planejamento ambiental e a Gestão de recursos hídricos: um estudo na bacia hidrográfica do Rio das Ostras, município de Rio das Ostras/RJ**. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. 128p.

JORDÃO, E.P.; PESSÔA, E.P. **Tratamento de esgotos domésticos**. 7ª edição. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

INEA. Instituto Estadual do Meio Ambiente. **Índice de Qualidade da Água NSF (IQANSF)**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/IQANSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf>. Acesso em: 31 maio. 2023

INEA. Instituto Estadual do Meio Ambiente. RH VIII - Macaé e das Ostras- Água, ar e solo. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/rh-viii-macaee-das-ostras/>. Acesso em: 26 julho. 2023.

INMET. **INMET: Mapa de Estações**. Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 29 mai 2023.

INMETRO. Norma nº NIT-DICLA-057. Critérios para acreditação da amostragem de águas e matrizes ambientais. Inmetro. Rio de Janeiro, p.01-12, 2009.

LIBES, S. M. *An introduction to Marine Biogeochemistry. Second Edition*, Elsevier, 893p.,2009.

MAIA, M.B. **Enquadramento dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé das Ostras**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020, 49f.

MEDEIROS, A.M. **Análise da qualidade dos recursos hídricos superficiais e suas consequências sanitárias no estado do Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio ambiente. 2020, 93f.

OLINTO, MTA. Padrões alimentares: análise de componentes principais. In: KAC, G., SICHIERI, R., GIGANTE, DP., orgs. **Epidemiologia nutricional**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ/Atheneu, 2007, pp. 213-225.

OLIVEIRA, R. M. M.; SANTOS, E. V. D.; LIMA, K. C. Avaliação da qualidade da água do riacho São Caetano, de Balsas (MA), com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 523-529, 2017.

PRADO, B.Q.D.M 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.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO DAS OSTRAS. Levantamento semidetalhado de solos do município de Rio das Ostras. Rio de Janeiro: GERA Consultoria e Empreendimentos Ltda. 2004.

PRIMO, P.B.; Volker, C.M. **Bacias hidrográficas dos rios São João e das Ostras: Águas, terras e conservação ambiental**. Rio de Janeiro, Consórcio Intermunicipal Lagos São João. 2003.

PRIOSTE, M. A. O. **Bacia hidrográfica do Rio das Ostras: proposta para gestão ambiental sustentável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007. 194p.

RIO DE JANEIRO (Estado). Conselho Estadual de Meio Ambiente. Resolução CONEMA nº 85, de 07 de dezembro de 2018. Norma para credenciamento de laboratório (NOP-INEA-03.R-2).

STEDILE, N. L. R. et al. A aplicação do modelo FPSEEA no gerenciamento de resíduos de serviço de saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, p. 3683-3694, 2018.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 181-186, 2002.

VON-SPERLING, M. **Introdução à qualidades das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017. v. 1.

*WHO. World Health Organization. Environmental health indicators: framework and methodologies. Protection of the Human Environment Occupational and Environmental Health Series.* Geneva, 1999.

*WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. 7. ed.* Geneva: Chairperson, Publications Board, 2008. v. 8.

## 10 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