

# Relatório Técnico Parcial I

Revisão 02  
Referência: Setembro 2022

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



## EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação / Função / Contato	Registro Conselho de Classe
Ronaldo Leão Guimarães	PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto <a href="mailto:ronaldoleao@oceanus.bio.br">ronaldoleao@oceanus.bio.br</a>	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto <a href="mailto:rsecioso@oceanus.bio.br">rsecioso@oceanus.bio.br</a>	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger	Gestora Ambiental Coordenadora Geral* <a href="mailto:viviane@oceanus.bio.br">viviane@oceanus.bio.br</a>	CREA/RS nº 195090
Fernanda Dall'Ara Azevedo	Dra. em Ecologia, bióloga Coordenadora Técnica** <a href="mailto:fernanda@oceanus.bio.br">fernanda@oceanus.bio.br</a>	CRBio nº 96243
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
Raphael Ferreira Corrêa	Biólogo Apoio Técnico na Avaliação dos dados e Elaboração dos Relatórios <a href="mailto:projetos02@oceanus.bio.br">projetos02@oceanus.bio.br</a>	-
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	13/01/2023	Emissão original	Raphael Corrêa	Fernanda Azevedo	
01	29/03/2023	Revisão de acordo com o "I Relatório de Avaliação de Produto - Relatório Parcial I e II"	Raphael Corrêa	Fernanda Azevedo	
02	12/04/2023	Revisão de acordo com as considerações recebidas por e-mail em 11/04/2023	Raphael Corrêa	Fernanda Azevedo	

## Índice Geral

1	Introdução .....	5
2	OBJETIVO GERAL .....	6
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
4	Áreas de Estudo.....	6
4.1	Rio Iriri.....	8
4.2	Rio Jundiá .....	9
4.3	Valão das Corujas .....	10
4.4	Rio das Ostras .....	11
4.5	Pontos amostrais .....	12
5	METODOLOGIA .....	15
5.1	Análise dos Resultados.....	18
5.1.1	Índice de Qualidade de Água (IQA).....	19
5.1.2	Análises estatísticas.....	22
6	Fundamentação Teórica dos Parâmetros.....	23
6.1	Salinidade .....	23
6.2	Condutividade .....	23
6.3	Sólidos totais em suspensão.....	23
6.4	Turbidez .....	23
6.5	pH .....	24
6.6	Temperatura .....	24
6.7	Oxigênio dissolvido .....	24
6.8	DBO .....	25
6.9	Fósforo total .....	25
6.10	Nitrogênio total .....	25
6.11	Coliformes termotolerantes.....	26
7	Resultados e discussão.....	27
7.1	Análise Físico-química e biológica .....	27
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	40
8	Observações gerais .....	42
	REFERÊNCIAS .....	43
	ANEXOS .....	44

## 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 uso diversos, tais como abastecimento público, irrigação, recreação entre outros (OLIVEIRA *et al.* 2017).

Ainda nesse contexto, a utilização de indicadores de qualidade de 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, onde 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 podem 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., 2019). Já a salinidade, refere-se aos íons inorgânicos que são dissolvidos em água (CAÑEDO-ARGUELLES *et al.* 2013). Em rio brasileiros, verifica-se o aumento desse parâmetro em detrimento da redução da vazão em ambientes aquáticos naturais, e caso seja observado uma elevação dessa salinidade, pode impactar a biodiversidade e comprometer serviços ecossistêmicos (CAÑEDO-ARGUELLES *et al.* 2013; TERMO DE REFERÊNCIA DO 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 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 o 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 tem-se que:

- 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

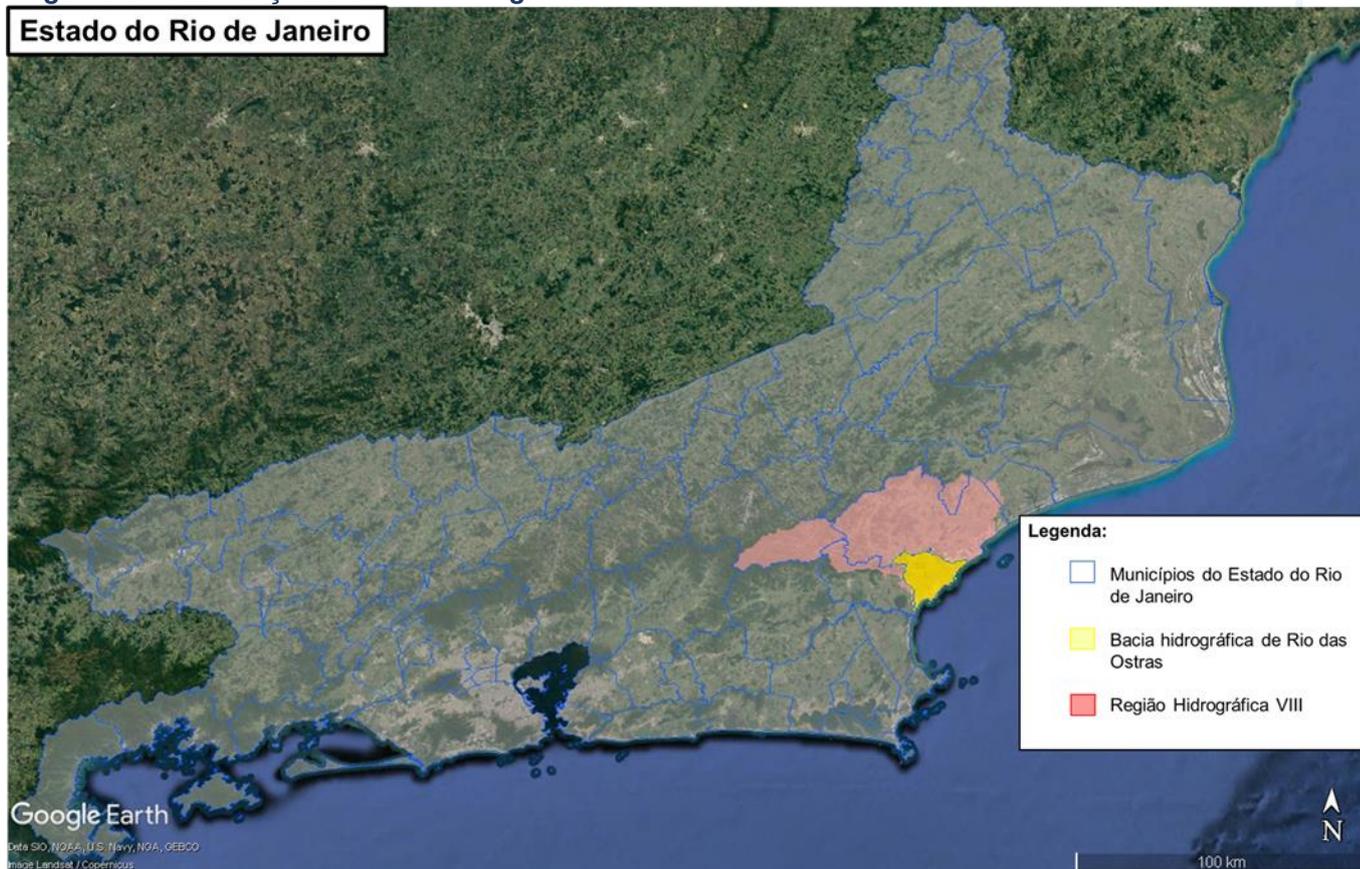
paralelas 22°20' e 22°35' Sul e os meridianos 41°45' e 42°05' Oeste, abrangendo a região conhecida como as baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, localizando-se na faixa costeira central-norte do Estado. Apresenta suas nascentes no complexo de serras isoladas, situadas na região de Cantagalo (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 é observado 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 de 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 de 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.

**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 (PMRO, 2003).

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 Mariléa Chácaras e a localidade Nova Cidade, 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 que o 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 a 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 parcial 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 assoreamento do canal. Com grau de degradação avançada, o canal apresenta o histórico de ocorrência de extravasamentos, o que gera riscos a população da região (Figura 4-4). Problemas com odores, poluição e enchentes são verificadas 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, 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 sofre 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**

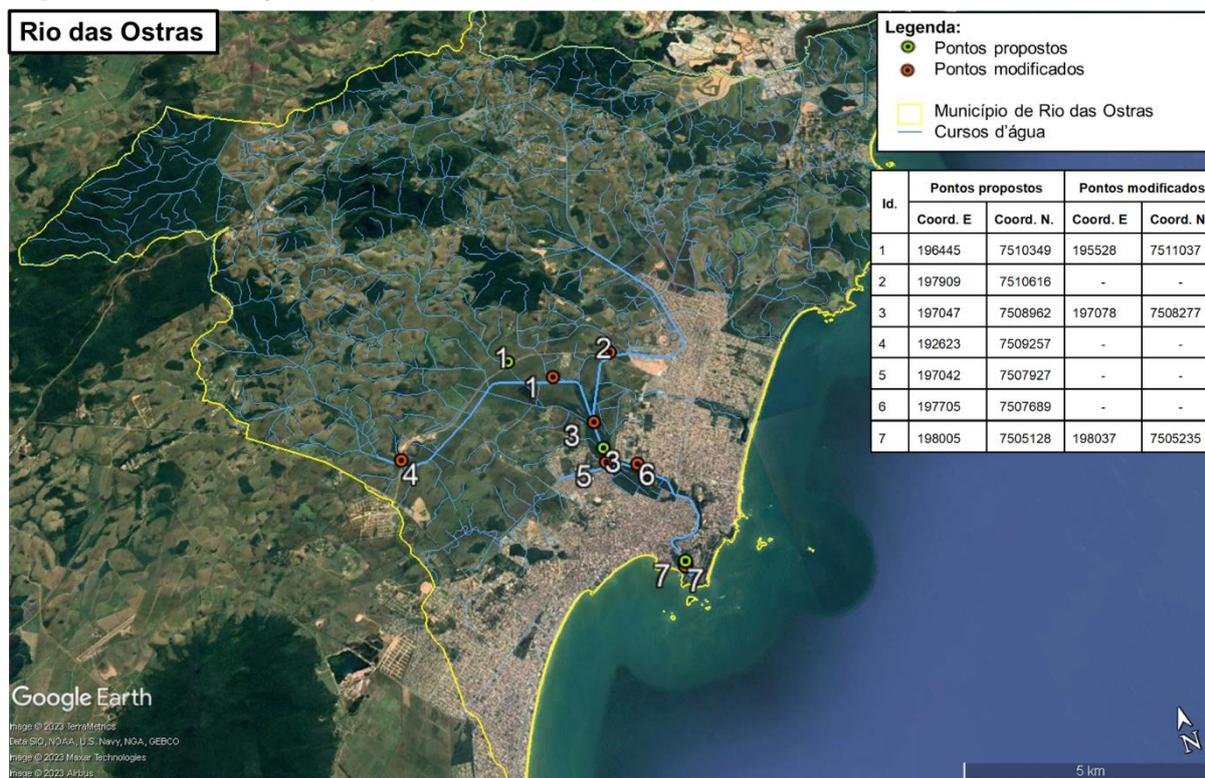
Foram coletadas amostras de água superficial em 7 (sete) pontos distintos na Bacia Hidrográfica do rio das Ostras conforme o Quadro 4-1 e a Figura 4-6, como destacado no Termo de Referência. Em água superficial foram medidos 11 parâmetros, que são melhor descritos no item 6. Em relação ao fundo, foram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

Devido à falta de acessibilidade para as coletas realizadas na presente campanha (09/09/2022), foram feitas alterações de coordenada para E1 como solicitado pelo cliente (coletado no afluente do rio Iriri), enquanto as estações amostrais E3 e E7 não dispunham de acesso para a embarcação, assim como descrito nas Cadeias de Custódia (ANEXO 4). As alterações das coordenadas originais podem ser vistas no Quadro 4-2.

**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)	Profundidade (Termo de Referência) (m)
		E	N		
E1	Rio Iriri, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	196445	7510349	8	1
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,5
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
E5	Valão das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	30	1,5
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do valão das Corujas	197705	7507689	25	1,5
E7	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198005	7505128	30	2,5

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



**Quadro 4-2 – Localização dos pontos amostrais alterados durante a coleta realizada no dia 09/09/2022.**

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas UTM (24K)		Largura (m)	Profundidade (m)
		E	N		
E1	Afluente do rio Iriri	195528	7511037	8	1
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá	197078	7508277	20	1,5
E7	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.23	7505235.33	30	2,5

## 5 METODOLOGIA

A campanha do dia 09/09/2022, com execução das coletas e análises das amostras pelo Centro de Biologia Experimental Oceanus, acreditado pela ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 (ANEXO 1) e INEA CCL Nº IN010534 (ANEXO 2), de acordo com as normas nacionais e internacionais de monitoramento, obedecendo aos critérios rígidos de confiabilidade. Os parâmetros analisados fazem parte do escopo e matriz do credenciamento, seguindo os Planos de Monitoramento Sistemáticos de Qualidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) e atendendo aos critérios estabelecidos pela Deliberação CECA nº 707 de 12/09/1985, atualmente regido pela NOP-INEA-003-Revisão 02. A equipe seguiu as orientações 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, e o registro fotográfico de cada localidade pode ser visto no ANEXO 3. A coleta de amostras de água por sua vez, foi realizada com o uso de um balde de plástico 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 de plástico 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, são utilizadas Cadeias de Custódia (ANEXO 4).

Ao todo foram analisados 11 (onze) parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água superficial em todos os pontos de coleta, conforme Quadro 5-1 e podem ser encontrados também nos Laudos Analíticos (ANEXO 5).

**Quadro 5-1 - Parâmetros da qualidade da água a serem 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 a seguir:

- *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, 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

Os resultados obtidos, através das análises dos parâmetros acima descritos, foram avaliados de acordo com as normativas estabelecidas pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005), para Águas Doces de Classe 2 e da CONAMA n° 430/2011 (BRASIL, 2011). Segundo a CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005), serão consideradas Águas Doces de Classe 2 as águas que não tiverem aprovado seus respectivos enquadramentos.

Como a região sofre influência do mar, e as águas apresentarem concentrações de salinidade superiores a 0,5 ‰ será utilizado como referência os limites estabelecidos para Águas Salobras e Salinas de Classe 1.

## 5.1 Análise dos Resultados

Os resultados das análises dos parâmetros da qualidade da água avaliados por este Programa de Monitoramento dos Corpos Hídricos serão comparados com as normativas estabelecidas nas Resoluções CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005) e n° 430/2011 (BRASIL, 2011). Como dito anteriormente, será considerado os limites estabelecidos para a Classe 2, quando a estação for classificada como Água Doce e Classe 1 para Águas Salobras e Salinas, devido à influência da maré na bacia do rio das Ostras.

Os dados são analisados de maneira integrada, levando em consideração o entorno dos pontos selecionados, bem como a precipitação acumulada durante os quinze dias que antecedem a data da coleta, a partir de dados oficiais disponibilizados pelo INMET (2022) para a estação de Macaé (CEMADEM – A608). A partir dos dados meteorológicos obtidos, foram calculadas médias para a temperatura do ar e soma da precipitação do referido período.

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

### 5.1.1 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 do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA). Essa padronização dos pesos permite a comparação entre as informações obtidas e as informações disponibilizadas nos Boletins do órgão.

**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:

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

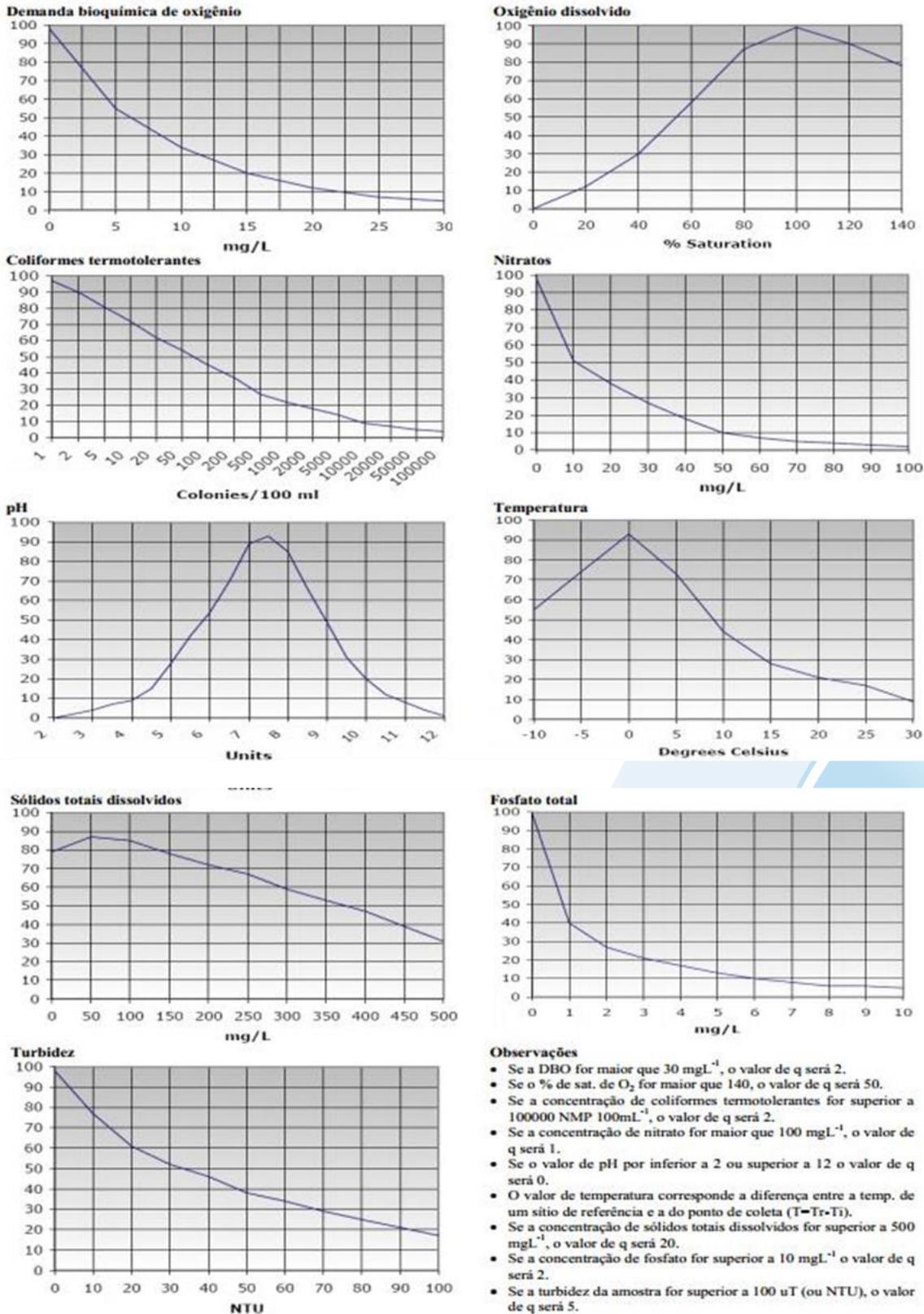
Sendo:

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: ANA (2021).

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.

**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.

### 5.1.2 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.

## 6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DOS PARÂMETROS

### 6.1 Salinidade

Em ambientes marinhos, os sais correspondem a 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‰.

### 6.2 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).

### 6.3 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 a 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).

### 6.4 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).

## 6.5 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).

## 6.6 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).

## 6.7 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. 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).

## 6.8 DBO

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

## 6.9 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 (ESTEVEZ, 2011).

## 6.10 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-o eutrofizado. O nitrogênio total é a soma das formas orgânicas e inorgânicas de nitrogênio encontradas no ambiente (CETESB, 2016).

## 6.11 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).

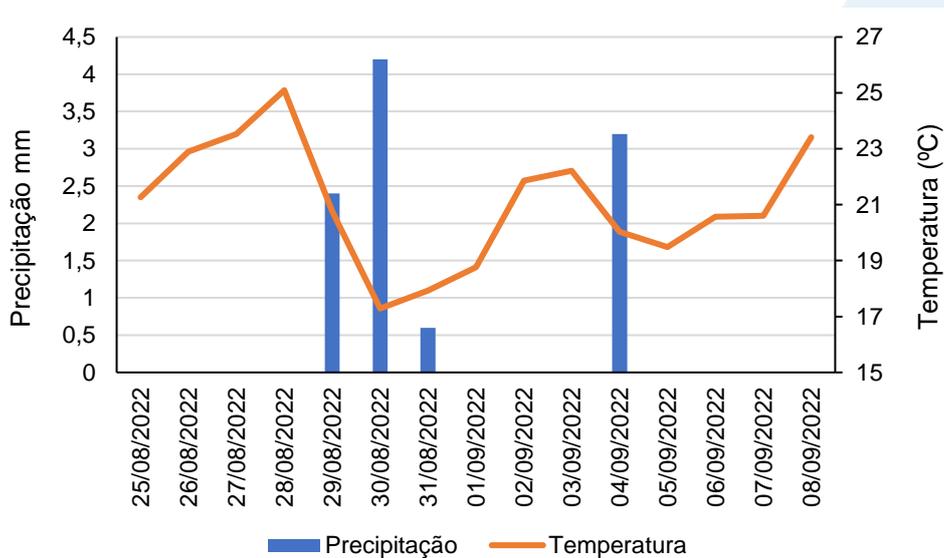
## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 Análise Físico-química e biológica

A precipitação e temperatura dos quinze dias que antecederam a coleta indicaram uma média de temperatura de 24,02°C e precipitação acumulada de 10,40 mm (Figura 7-1), sugerindo valores de chuva moderada, segundo o World Meteorological Organization (2008).

Esses resultados seguem o histórico encontrado para o inverno da região (Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras, 2012).

**Figura 7-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores às coletas do dia 09/09/2022.**



Os resultados obtidos para a campanha de setembro de 2022 e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005) podem ser vistos nas Tabela 7-1 e Tabela 7-2 e nas Figura 7-2 e Figura 7-3.

**Tabela 7-1 - Resultados dos parâmetros analisados para a coletas do dia 09/09/2022.**

Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Temperatura (°C)	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	pH	Turbidez (UNT)	Sólidos Totais (mg/L)
E1	09/09/2022	Sup	23,28	0,06	93,1	5,44	56,3	165
		Fun	-	0,06	93	-	-	-
E2		Sup	24,55	0,24	346,2	6,17	58,4	280
		Fun	-	0,25	349,9	-	-	-
E3		Sup	24,73	16,14	22945	7,46	14,6	15391
		Fun	-	17	23000	-	-	-
E4		Sup	25,19	0,06	90,9	5,85	19,9	90
		Fun	-	0,06	92	-	-	-
E5		Sup	24,46	9,06	13028	7,02	14,08	9003
		Fun	-	10,3	14350	-	-	-
E6		Sup	24,63	24,4	34723	7,6	18,3	23907
		Fun	-	25,9	35950	-	-	-
E7		Sup	21,3	38,56	54500	8,08	33,8	38706
		Fun	-	38,55	54500	-	-	-
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2	-	-	0,5	-	6 a 9	100	-
	Águas Salobras Classe 1	-	-	0,5-30	-	6,5 a 8,5	-	-
	Águas Salinas Classe 1	-	-	≥30	-	6,5 a 8,5	-	-

**Tabela 7-2 - Resultados dos parâmetros analisados para as coletas do dia 09/09/2022.**

Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Colif. Termotolerantes (NMP/100mL)
E1	09/09/2022	Sup Fun	1,99	14	0,02	1,7	23
E2		Sup Fun	2,34	25	0,12	5,2	1600
E3		Sup Fun	2,44	14	0,15	3,9	540
E4		Sup Fun	3,94	14	0,01	0,6	240
E5		Sup Fun	2,57	12	0,2	4,8	220
E6		Sup Fun	2,3	18	0,11	2,2	1600
E7		Sup Fun	7,26	8	0,19	0,8	1,8
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2		≥5	≤5	0,1	<2,18 (para ambiente lótico)	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral
	Águas Salobras Classe 1		≥ 5	-	0,124	-	
	Águas Salinas Classe 1		≥ 6	-	0,062	-	

Os valores de temperatura da água foram de 21,3°C (E7) até 25,19°C (E4). A maior variação foi observada na parte montante do rio das Ostras (estações E4, E1, E2 e E3), quando comparado com a parte a jusante, onde houve maior semelhança entre as temperaturas registradas (E5 a E6) (entre 24,46°C e 24,63°C) (Tabela 7-1, Figura 7-2).

A salinidade registrada na campanha de setembro variou de 0,06‰, em E1 e E4, a 38,56‰ na estação E7. Para essa campanha pode-se observar valores menores nas estações localizadas nos rios Iriri e Jundiá e um aumento importante a partir do rio das Ostras, estação E3 (16,14‰). Como pode ser observado na Tabela 7-1 e Figura 7-2, não há diferenças entre a salinidade registrada na superfície e no fundo.

Esses resultados trazem classificações diferentes para a salinidade quando as estações são analisadas espacialmente, utilizando a Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005) como referência. Na atual campanha, as estações localizadas nos rios Iriri e Jundiá foram classificadas como Águas Doces Classe 2. A partir da formação do rio das Ostras (estações E3, E5 e E6), as águas foram enquadradas como Águas Salobras Classe 1; já na estação E7, na foz do rio, na região do estuário e com maior influência marinha, a água foi classificada como Águas Salinas Classe 1. De maneira geral, foram encontrados valores semelhantes entre as amostras de superfície e fundo, o que indica a presença de massas d'água homogêneas (Tabela 7-1, Figura 7-2).

Assim como ocorreu para a salinidade, a condutividade também apresentou uma variação espacial. Os valores registrados variaram de 90,90 µS/cm (E4) a 54.500 µS/cm (E7). 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 E7, em que o valor máximo foi registrado na foz do rio das Ostras, na estação E7 (Tabela 7-1, Figura 7-2). Em relação às amostras de superfície e fundo, foram encontrados valores semelhantes para ambas as profundidades. 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.

O menor valor registrado para sólidos totais foi obtido na estação E4 (90 mg/L), localizada antes da formação do rio das Ostras, seguindo um gradiente de aumento no sentido da foz do rio a partir de E3 (15.391 mg/L), até atingir o maior valor em E7 (38.706 mg/L) (Tabela 7-1, Figura 7-2). Esses resultados sugerem uma maior contribuição

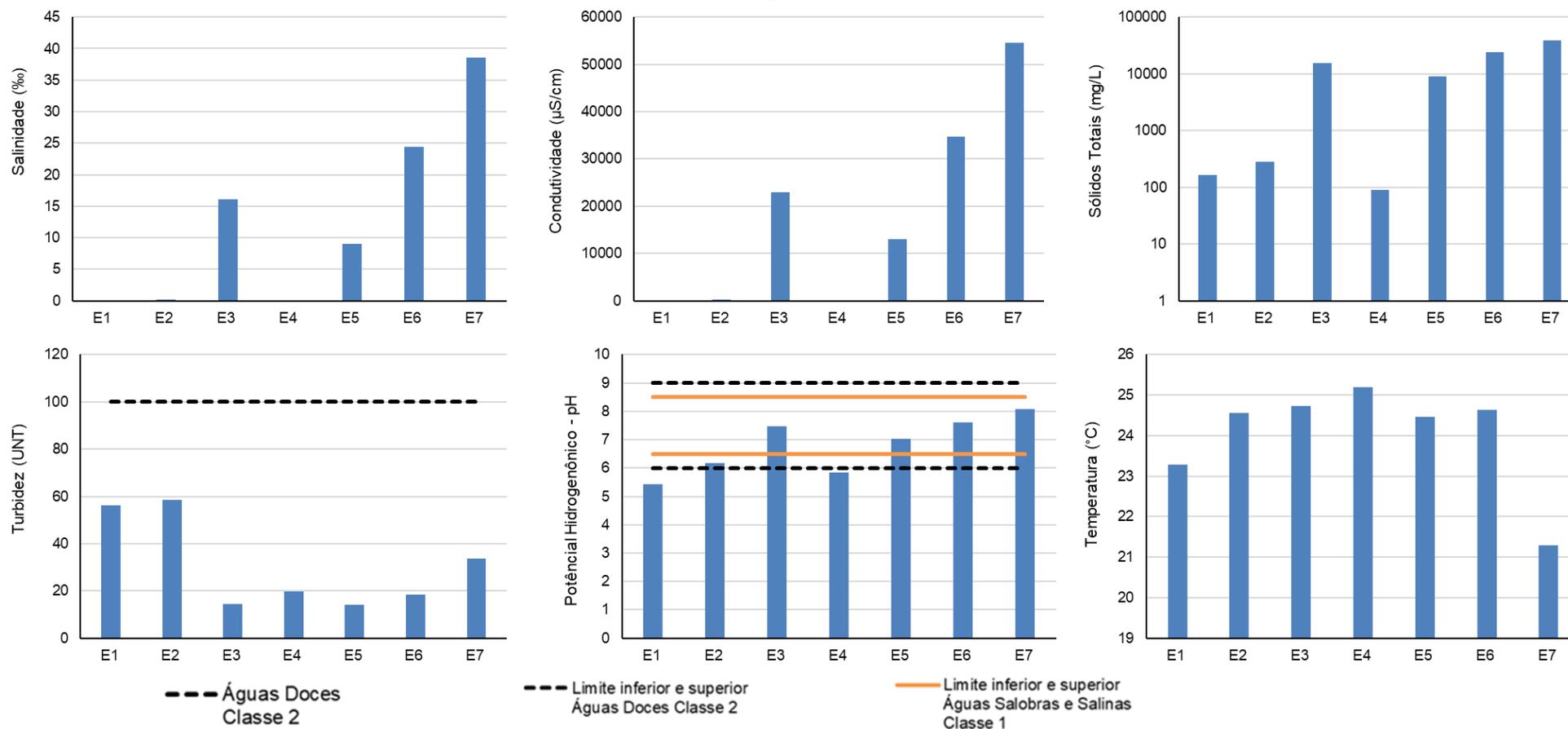
oceânica nos sólidos, uma vez que os maiores registros foram encontrados justamente nas localidades de maior salinidade.

A turbidez observada nas análises apresentou maiores valores na região do afluente do rio Iriri e do rio Jundiá, com 56,3 UNT e 58,4 UNT, para as estações E1 e E2, respectivamente. A localidade do estuário também apontou para resultados mais elevados em E7 (33,8 UNT), enquanto as demais estações amostrais entre E3 e E6 indicaram menores valores (Tabela 7-1, Figura 7-2). Essas estações se encontram próximas a uma área de solo exposto, com fortes indícios de erosão (E2) e influência urbana (E7). Mesmo assim, os resultados encontrados para turbidez estiveram dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), Águas Doces Classe 2 (100 UNT) (Tabela 7-1).

O pH variou entre 5,44 (estação E1) e 8,08 (estação E7) e assim como ocorreu para salinidade e outros parâmetros, houve um padrão espacial claro, em que as estações localizadas nos rios Iriri e Jundiá apresentaram valores mais ácidos como 5,44; 6,17 e 5,85 nas estações E1, E2 e E4, respectivamente. Já no início do rio das Ostras, a partir de E3, observa-se valores mais neutros e básicos. Esses resultados 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 legislação em vigor, Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), tem-se que E1 e E4 registraram valores inferiores ao intervalo estabelecido pela legislação; já para as demais amostras, o pH registrado esteve dentro dos seus respectivos padrões para Águas Doces, Salobras e Salinas (Tabela 7-1, Figura 7-2).

**Figura 7-2 Resultados e limites de salinidade, condutividade, sólidos totais em suspensão (\*), turbidez, pH e temperatura segundo a Resolução CONAMA 357/05. (\*) Resultados apresentados em escala logarítmica.**



A concentração de oxigênio dissolvido indicou uma variação de 1,99 mg/L (E1) a 7,26 mg/L, em E7 (Tabela 7-2, Figura 7-3). Como pode ser observado nos resultados, a maior concentração de OD, nessa campanha, ocorreu na região de maior mistura das massas d'água fluviais e marinhas. Os valores encontrados de OD para a região dos rios são considerados bem baixos e somente a área do estuário (E7) registrou concentrações de OD acima do que é estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), para seus respectivos enquadramentos. Esses resultados indicam uma alta concentração de matéria orgânica no sistema, o que tem contribuído para uma diminuição da qualidade da água.

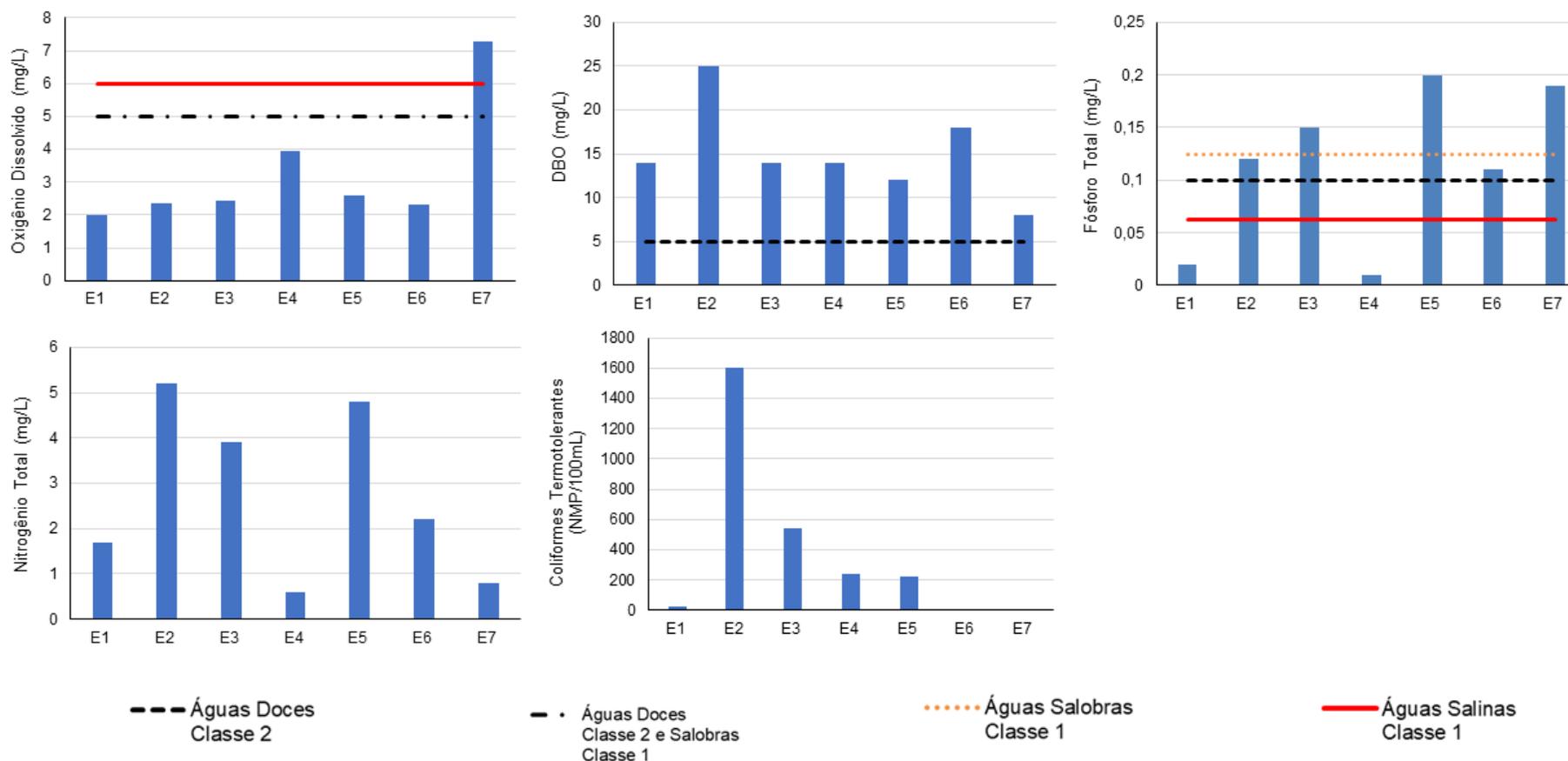
Já para a DBO, foram registrados valores entre 8 mg/L na região do estuário (E7) e 25 mg/L (E2) no rio Jundiá. Esses são valores de DBO considerados altos, principalmente para ambientes classificados como Água Doce. Vale destacar que nenhuma das localidades enquadradas como Água Doce, atendeu ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), para Classe 2 (Tabela 7-2, Figura 7-3). 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, como os vistos nas estações E2 e E6, apresentam maior influência de área urbana. Apesar da maior urbanização no entorno de E7, as menores concentrações encontradas podem ser por conta da diluição sofrida por meio do efeito das micromarés.

Quanto aos nutrientes, a variação registrada para o fósforo durante a campanha foi de 0,01 mg/L (estação E4) a 0,2 mg/L (E5). De maneira geral, pode-se observar que o rio Iriri registrou as menores concentrações de fósforo (E1 e E4) que as estações localizadas nos rios Jundiá e das Ostras. Para essa campanha, estiveram acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), as estações E2 (Águas Doces Classe 2), E3, E5, E6 (Águas Salobras Classe 1) e E7 (Águas Salinas Classe 1) (Tabela 7-2, Figura 7-3). Em relação ao nitrogênio total, as concentrações encontradas foram de 0,6 mg/L (E4) a 5,20 mg/L (E2). Essa diferença na concentração de nitrogênio total pode estar relacionada com o uso e ocupação do solo do entorno (Tabela 7-2, Figura 7-3).

Ainda em relação ao nitrogênio total, verificou-se em E2, classificado como água doce classe 2 apresentou valores acima da Resolução CONAMA 357 que estabelece um limite de 2,18 para esse parâmetro para ambientes lóticos (BRASIL, 2005).

Por fim, os coliformes termotolerantes registraram uma ampla variação para o mês de setembro, em que a menor concentração foi de  $<1,80$  NMP/100mL (estação E7), representando o limite de quantificação do método, enquanto a maior foi de  $>1600$  NMP/100mL (estações E6 e E2), acima do valor máximo quantificável pelo método. Esses resultados também parecem estar relacionados com o uso e ocupação do entorno, uma vez que as maiores concentrações foram registradas em área com maior urbanização. Segundo a Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005) para uma avaliação, em relação a esse indicador, é necessário um período de monitoramento de 01 ano com frequência bimestral.

**Figura 7-3 Resultados e limites de oxigênio dissolvido, DBO, fósforo total, nitrogênio total e coliformes termotolerantes segundo a Resolução CONAMA 357/05.**



Na caracterização do estuário, quanto à salinidade, observa-se um aumento da estação E1 a E7, mostrando um gradiente em direção à foz, sendo a última estação caracterizada como salina de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005). Ao analisar as campanhas, observa-se que não há estratificação térmica ou hialina entre a massa d'água superficial e a profunda. Esses resultados sugerem que o estuário do rio das Ostras tenha uma forte influência da maré que adentra as regiões mais interiores do rio por meio do regime de micromarés, podendo chegar até 6 km para o interior do continente (BARROSO; MUSSI MOLISANI, 2019).

Assim, é provável que em momentos de menor vazão e precipitação, o menor volume de água doce que escoar não tenha capacidade de conter o avanço de massas d'água oceânicas, aumentando a salinidade e ocasionando a circulação de massas d'água devido às diferenças de densidade, levando a misturas e ressuspensão de sólidos e partículas, por exemplo. (BARROSO; MUSSI MOLISANI, 2019; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

A bacia do rio das Ostras parece ser influenciada pela dinâmica entre a ação das marés e do oceano costeiro, associada com a vazão e o fluxo da rede hidrográfica da região. De maneira geral, os resultados indicaram baixos valores de salinidade, condutividade, sólidos totais dissolvidos e pH principalmente nas estações E1 e E4, no rio Iriri e E2, no rio Jundiá. Por outro lado, os maiores valores registrados para esses parâmetros ocorreram em E7, na região estuarina, no encontro da foz do rio com o mar. Por conta da correlação 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 atuam 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). Estudos prévios também indicam o aumento do pH no estuário do rio das Ostras (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Ao contrário dos parâmetros destacados anteriormente, os maiores valores de turbidez são encontrados a montante da junção do rio das Ostras, e podem ser relacionados com a matéria orgânica dissolvida na água através da decomposição de matéria vegetal que acarreta a liberação de ácidos húmicos, escurecendo a água impedindo a penetração de luz (BARROSO; MUSSI MOLISANI, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Essas características

observadas para os afluentes do rio Iriri e do rio Jundiá a montante do rio das Ostras também refletem o caráter mais ácido dessas águas e seguem a tendência sugerida pelo Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras (2012).

Os valores encontrados para os nutrientes, como fósforo e nitrogênio, foram, em sua maioria, maiores, principalmente na estação E2 e ao longo do rio das Ostras, e podem estar ligados a ações antrópicas como o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, principalmente aquele categorizado como urbano. Essa variação pode estar relacionada ao aporte de esgoto doméstico, já que locais como Nova Cidade e Jardim Mariléa estão localizados próximos às estações E5 e E6, respectivamente. 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; LAURA; 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 64,67% e 4,92% da área do município e circundam toda a região analisada (BARROSO; MUSSI 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 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 encontrados por Barroso, Mussi e Molisani (2019), que encontraram águas mais oxigenadas na região do estuário, que possui maior mistura e renovação das águas devido à influência das correntezas e efeito da maré.

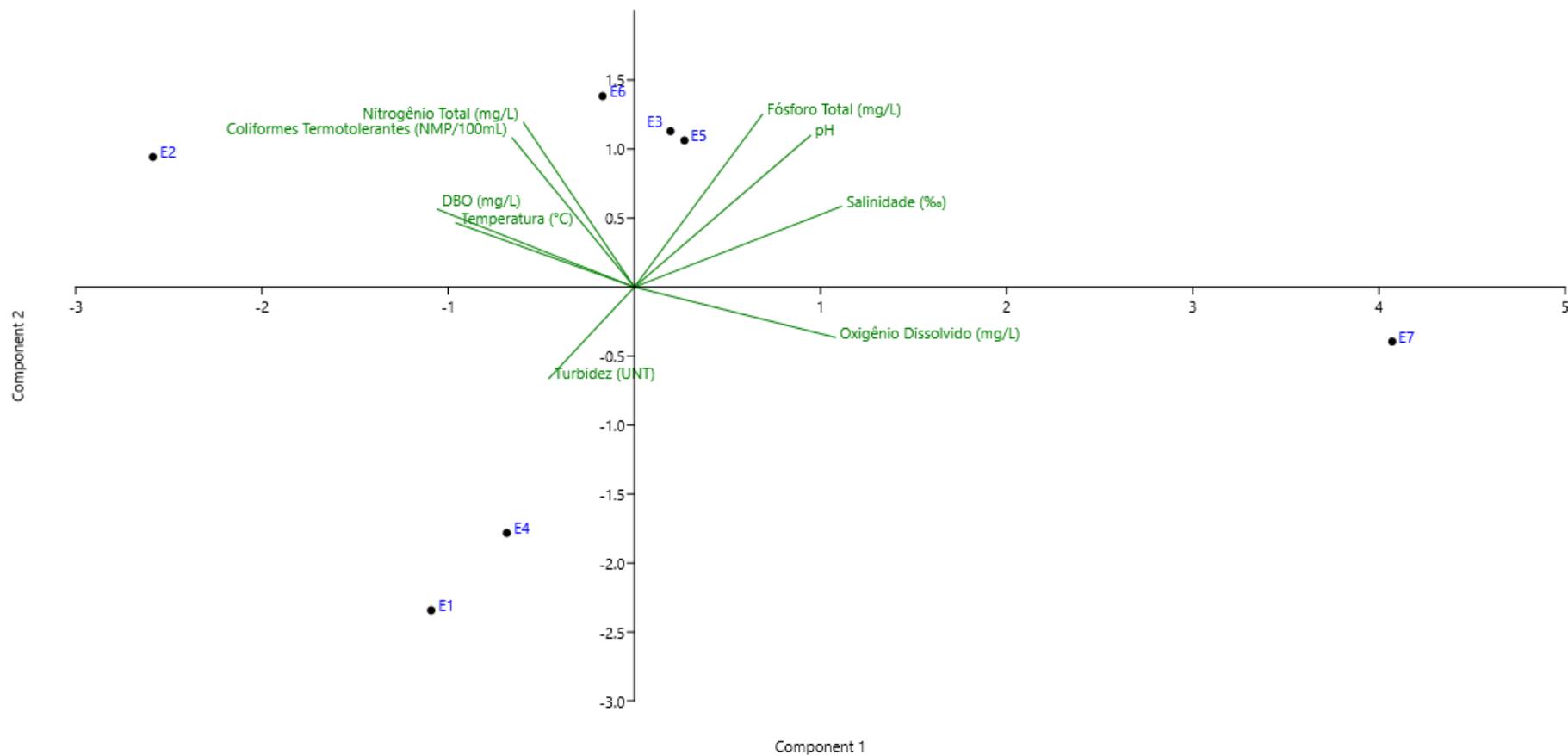
Na atual campanha, as águas mais oxigenadas e com baixa DBO foram encontradas apenas na foz do rio, na área de maior influência marinha e que se sobrepõe à baixa vazão do rio das Ostras, havendo a ação das micromarés como mencionado anteriormente (BARROSO; MUSSI MOLISANI, 2019).

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 46,411% e 25,988% da variação dos dados, totalizando 72,399%, que podem ser vistos na Figura 7-4. Esses resultados corroboram as observações realizadas e foram relacionados positivamente com maiores contribuições de salinidade, oxigênio dissolvido, fósforo, pH, coliformes e temperatura após a junção dos rios Iriri e Jundiá, principalmente para as estações E5 e E7. Em oposição aos valores de pH, a turbidez apresentou maiores contribuições de E1 e E4, onde as águas foram mais ácidas, assim como sugerido anteriormente. Além do pH, a turbidez também se apresenta em uma relação inversamente proporcional ao fósforo total, os pontos E1 e E4 tem as menores concentrações desses nutrientes.

Ainda no eixo 1, E2 foi relacionado principalmente com coliformes, DBO e nitrogênio total, que pode ser um indicativo de que esses elementos estão atuando diretamente em oposição ao oxigênio e ao fósforo, sugerindo uma relação limitante entre os nutrientes no consumo por organismos em relação ao O<sub>2</sub>, visto o contraste entre esses elementos no eixo 2 (Figura 7-4).

De forma resumida, entre os parâmetros que tiveram maior influência positiva no componente principal 1, o fósforo total, pH, salinidade e OD, enquanto a turbidez apresentou uma maior influência negativa, se opondo a esses parâmetros. Em relação ao componente principal 2, o nitrogênio total, os coliformes termotolerantes, DBO e temperatura estiveram relacionados de forma positiva, com uma maior influência negativa sobre OD.

Figura 7-4 Resultado da análise dos componentes principais.



## 7.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os valores de IQA da presente campanha apresentaram resultados entre 32,79 e 58,59 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 37,77 a 75,27 (Tabela 7-3). As análises do índice de qualidade da água apresentaram poucos resultados positivos, uma vez que cinco das sete amostras foram classificadas como ruins (E1, E2, E3, E5 e E6) e somente duas foram apontadas como média e boa (E4 e E7, respectivamente) (Tabela 7-3).

Nesse contexto, somente as águas de E4 e E7 foram consideradas de qualidade média e boa, respectivamente, sendo classificadas como apropriadas para o tratamento convencional visando o abastecimento público, enquanto as demais localidades foram indicadas como ruins e impróprias para o tratamento convencional (Tabela 7-3). Vale ressaltar que as águas de E7 estão na foz do rio e possuem caráter estuarino e alta salinidade, com grande taxa de renovação e oxigenação através da maré, além de responder a um enquadramento diferente dos demais.

Cabe salientar que, segundo os dados fornecidos pelo Instituto Estadual do Ambiente, a análise de IQA realizada no rio das Ostras em outubro indicou uma classificação ruim (40,3), corroborando com os resultados obtidos no presente relatório, com exceção de E4 e E7 (INEA, 2022).

O volume pluviométrico de 10,4 mm (Figura 7-1) pode representar uma baixa vazão dos rios, se tornando um dos principais responsáveis pelo aumento da salinidade nas estações amostrais mais interiores, junto com a concentração de nutrientes nessas localidades (CANIVETE, 2019).

As localidades com maiores concentrações de coliformes termotolerantes, como E2 e E6, podem estar relacionados com o uso e ocupação do entorno e as condições inadequadas de deságue de esgoto sanitário e consequente diminuição do oxigênio da localidade, acarretando um índice classificatório mais baixo.

As estações amostrais, de maneira geral, possuem grande influência da maré e podem ter características de águas salobras. Isso é refletido nos resultados encontrados, visto que somente as estações de monitoramento localizadas nos rios Iriri e Jundiá (E1, E2 e E4) apresentam enquadramento referente à Águas Doces segundo a Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005) (Figura 4-6). A variação de salinidade encontrada tem reflexo em outros parâmetros, como pH, sólidos totais dissolvidos, turbidez, entre

outros, o que pode mascarar ou apresentar resultados não condizentes com as categorias preconizadas pelo Índice de Qualidade da Água (IQA). Dessa forma, a continuidade do monitoramento poderá indicar se o índice pode ser aplicado à bacia hidrográfica analisada com confiabilidade.

**Tabela 7-3 - Resultados de IQA em cada estação amostral do mês de setembro de 2022.**

Estação	Localização	Município	IQA Set/2022
E1	Afluente do rio Iriri	Rio das Ostras	49,59
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	32,79
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá)	Rio das Ostras	47,15
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do valão das Corujas)	Rio das Ostras	58,59
E5	Valão das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	Rio das Ostras	48,82
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do valão das Corujas)	Rio das Ostras	37,77
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	Rio das Ostras	75,27
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

## 8 OBSERVAÇÕES GERAIS

Os resultados da campanha de setembro indicam que a Bacia Hidrográfica de rio das Ostras tem forte influência da dinâmica de micromarés da região. De maneira geral, observa-se que para essa campanha os parâmetros relacionados à águas salinas apresentaram um padrão espacial semelhante e levando ao enquadramento como água doce aquelas estações localizadas nos rios Iriri e Jundiá. Já as demais puderam ser enquadradas em água salobra ou salina, segundo a legislação aplicada.

Durante a atual campanha foram encontradas altas concentrações de nutrientes, principalmente o fósforo, constatando-se concentrações acima dos valores estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005). Uma atenção especial deve ser direcionada para os níveis de oxigênio dissolvido encontrados, visto que foram menores que o descrito para a região em outros trabalhos, além das concentrações da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que podem estar impactando a oxigenação do ambiente. Esses dados parecem ter refletido nos índices de IQA calculados, já que somente as águas de E4 e E7 foram consideradas de qualidade média e boa e o restante classificado como ruins. Entretanto, como a concentração de sais pode influenciar em diversos parâmetros utilizados no cálculo do IQA, a interpretação desse índice deve ser utilizada com cautela.

Por fim, observa-se que a qualidade da água na Bacia Hidrográfica do rio das Ostras tem como principais fatores de influência a dinâmica das micromarés presente na região e o uso e ocupação do entorno da bacia, em que, regiões onde há predomínio de áreas urbanas, há uma diminuição da qualidade da água.

## REFERÊNCIAS

BARROSO, G. C.; MUSSI MOLISANI, 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.

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. **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.

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

INMET. **INMET: Mapa de Estações**. Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

LAURA, M.; GOMES, 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.

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

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

## 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