

Relatório Técnico Parcial X

Revisão 01
Referência: Abril de 2024

Agente Financiador:



Entidade Delegatária



Entidade Executora



EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação / Função / Contato	Registro Conselho de Classe
Ronaldo Leão Guimarães	PhD em Ciências Ambientais, biólogo Responsável Técnico pelo Projeto ronaldoleao@oceanus.bio.br	CRBio 2339/02-D
Richard Secioso Guimarães	Biólogo Gerente do Projeto rsecioso@oceanus.bio.br	CRBio 84682/02-D
Viviane Krüger*	Gestora Ambiental Coordenadora Geral* viviane@oceanus.bio.br	CREA/RS n° 195090
Silvia Lisboa de Araujo**	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos projetos@oceanus.bio.br	CRBio n° 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais edson@oceanus.bio.br	CRQ/RJ n° 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório mribeiro@oceanus.bio.br	CRBio n° 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo oceanus@oceanus.bio.br	CRBio n° 78165/02-D
Rafaela dos Santos Costa**	Dra. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, graduada em Ciências Biológicas projetos04@oceanus.bio.br	-
Roberta Guarany Oberlaender	Mestre em Planejamento Ambiental, graduada em Ciências Biológicas projetos01@oceanus.bio.br	CRBio n° 96578/02-D-
Debora Costa	Supervisora de Logística deboracosta@oceanus.bio.br	-
Thalles Barreto de Abreu	Coordenação de Campo coletas@oceanus.bio.br	-
Allan Guilherme Rodrigues de Souza	Analista de Amostragem coletas02@oceanus.bio.br	-
Pedro Octavio da Silva Luna	Técnico de Campo	-
Leonardo Anunciação da Silva	Técnico de Campo	-

Legenda: *Comunicação sempre em cópia (suplente).

**Principais contatos de comunicação.

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

REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio- Lagos São João
00	09/05/2024	Emissão original	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	
01	22/05/2024	Revisão	Rafaela Costa	Silvia Lisboa	

Índice Geral

1	Introdução	5
2	Objetivo geral	6
3	Objetivos específicos	6
4	Áreas de Estudo.....	7
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.....	14
5.1	Análise dos Resultados.....	16
5.1.1	Índice de Qualidade de Água (IQA).....	17
5.1.2	Análises estatísticas.....	20
6	Resultados e discussão.....	21
6.1	Análise físico-química e biológica.....	21
6.1.1	Precipitação	21
6.1.2	Temperatura	23
6.1.3	Salinidade	24
6.1.4	Condutividade	25
6.1.5	Sólidos totais.....	26
6.1.6	Turbidez.....	28
6.1.7	pH	30
6.1.8	Oxigênio dissolvido	31
6.1.9	DBO	32
6.1.10	Fósforo total.....	33
6.1.11	Nitrogênio total.....	36
6.1.12	Coliformes termotolerantes	38
7	Diagnóstico da atual campanha	40
7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA).....	42
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	45
8	Observações gerais	47
	Referências	49
	Anexos	55

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).

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 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 e 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 Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras faz parte da Região Hidrográfica VIII (RH VIII), possui 157 Km² 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 até o trecho em que o Valão das Corujas 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 estaduais e federais (BARROSO, 2016).

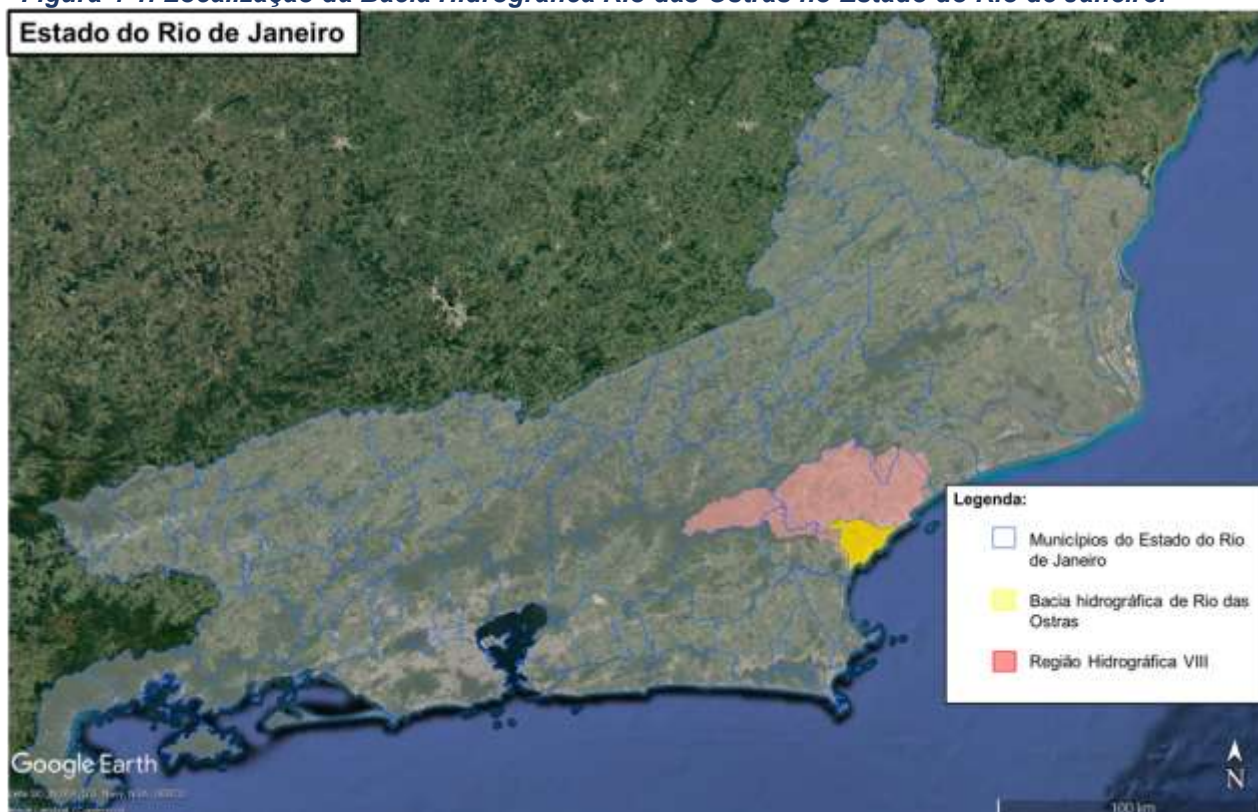
Segundo o Relatório da Caracterização da Área de Estudo da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras, há a ocorrência de duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e úmido e inverno frio e seco, com períodos mais chuvosos de novembro a março (médias mensais superiores a 100 mm) 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 Km² (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 Iri 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 Iri.



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 Iri, 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 km² 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 posteriormente. Em relação ao fundo, foram avaliadas a salinidade e a condutividade.

Devido a uma manutenção da ponte que fica em torno do ponto 7, essa estação amostral precisou ser realocada, conforme consta na cadeia de custódia (ANEXO 4).

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 (dezembro) (m)
		E	N		
E1	Rio Iriri, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	195528	7511037	8	1,10
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,95
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá	197047	7508962	20	1,30
E4	Rio Iriri, na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	1,08
E5	Valão das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	5	0,80
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do valão das Corujas	197705	7507689	25	1,40
E7*	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.24	7505235.34	30	0,50

Legenda: *Ponto E7 realocado.

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



5 Metodologia

A campanha foi realizada no dia 09/04/2024, com execução das coletas e análises das amostras pelo Centro de Biologia Experimental Oceanus, acreditado pela ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 (ANEXO 1) e INEA CCL N° IN010534 (ANEXO 2), de acordo com as normas nacionais e internacionais de monitoramento, obedecendo 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 n° 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, 23rd 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).

Ao todo foram analisados 14 (quatorze) 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	
Fosfato	X	
Coliformes termotolerantes	X	
Nitrogênio Total	X	
Nitrato	X	
Oxigênio Dissolvido	X	
Salinidade	X	X
Condutividade	X	X
Temperatura	X	
Sólidos Totais	X	
Sólidos dissolvidos 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*, 23ª Ed, 2017 (APHA, 23rd 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
Fosfato	mg/L	SMWW 4500-P E
Nitrogênio Total	mg/L	ASTM D5176-08
Nitrato	mg/L	D09727_02_Insert_Environmental_TON Vanadium Vanadium Chloride reduction - Part Thermo Fisher Scientific
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 dissolvidos totais	mg/L	SMWW, 23ª Edição, Método 2540 C
Sólidos Totais	mg/L	SMWW 2540 B
Temperatura	°C	SMWW 2550B
Turbidez	UNT	SMWW 2130B

5.1 Análise dos Resultados

Os resultados das análises dos parâmetros da qualidade da água avaliados por este Programa de Monitoramento dos Corpos Hídricos foram comparados com as normativas estabelecidas na Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005). Sendo considerados 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 foram 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 (2023) 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, foram realizadas comparações com dados pretéritos do corpo hídrico analisado, com outros trabalhos de monitoramento correlatos, em uma análise crítica/científica das informações adquiridas no monitoramento específico e de dados secundários. Também foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) que será detalhado no próximo tópico.

5.1.1 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 (q_i), pontuada de zero a 100.

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

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

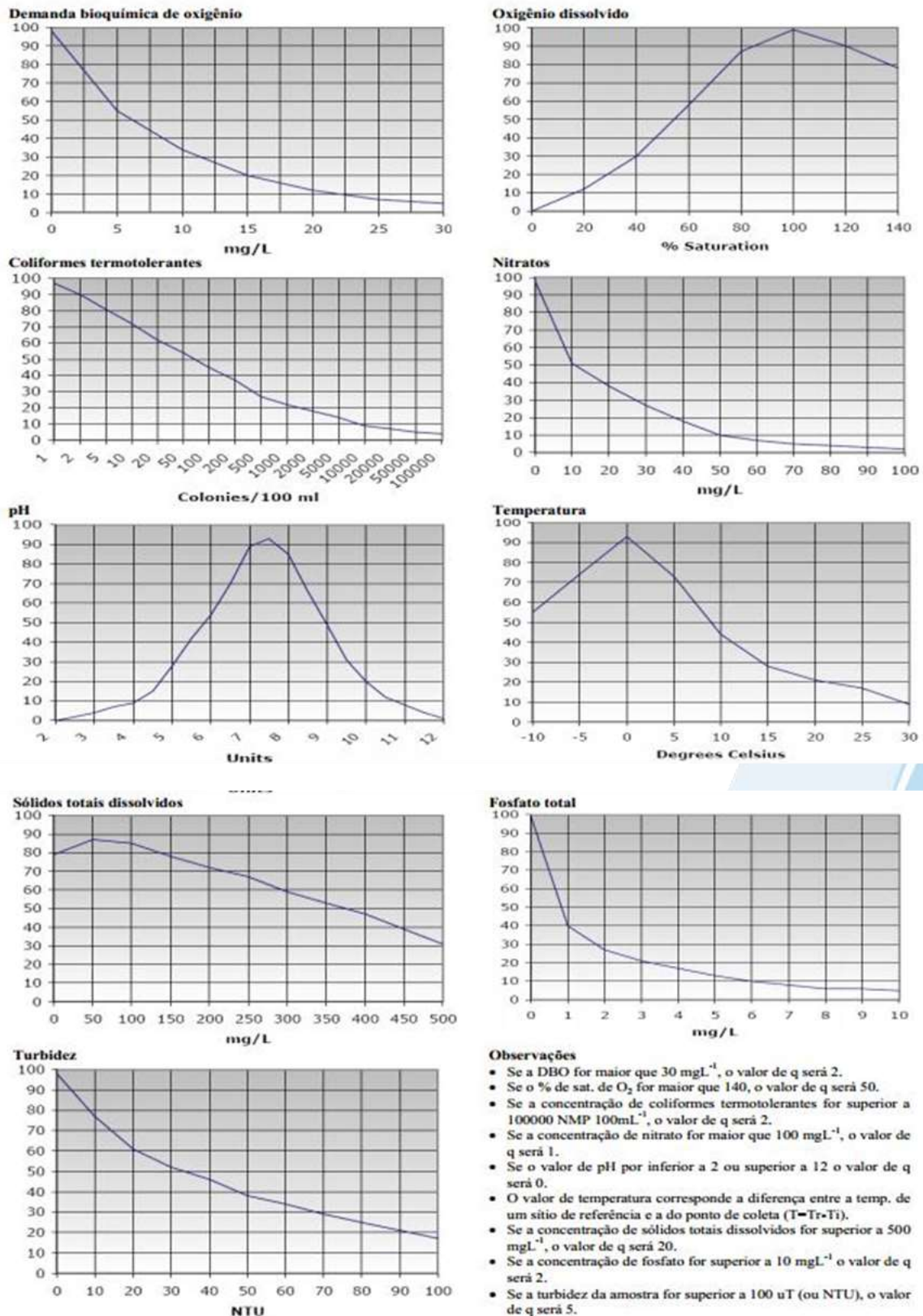
Sendo:

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

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

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

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



Fonte: INEA (2019).

O Quadro 5-4 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
Excelente	$100 \geq IQA \geq 90$	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
Boa	$90 > IQA \geq 70$	
Média	$70 > IQA \geq 50$	
Ruim	$50 > IQA \geq 25$	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
Muito Ruim	$25 > IQA \geq 0$	

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

5.1.2 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.

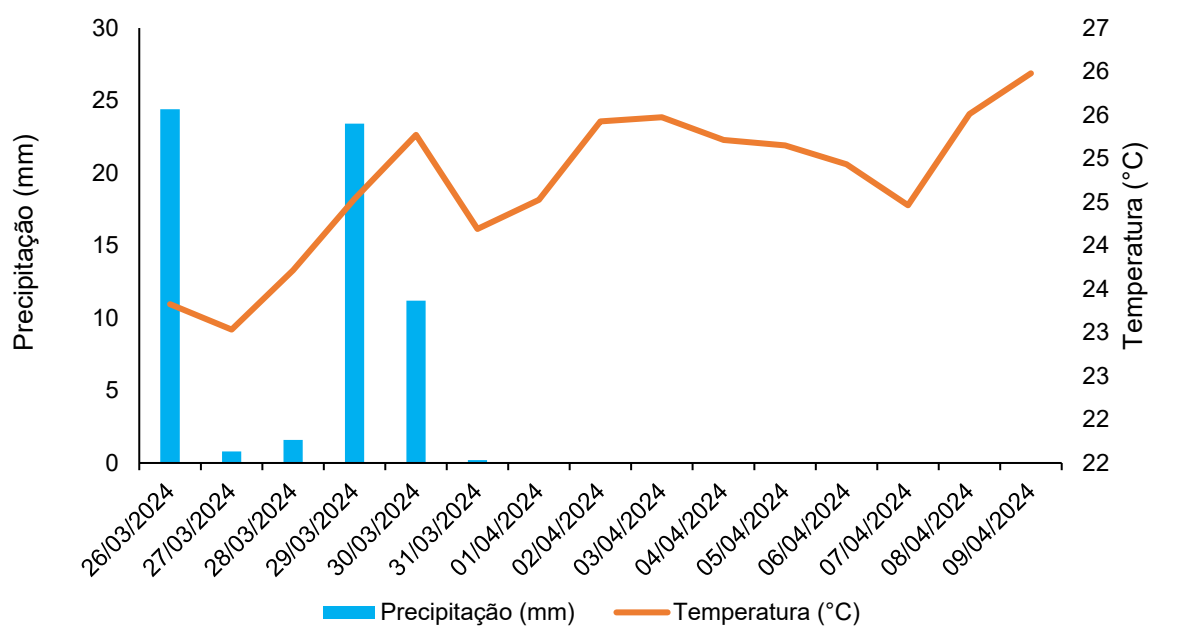
6 Resultados e discussão

6.1 Análise físico-química e biológica

6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos quinze dias que antecederam a coleta indicaram uma média de temperatura de 24,7°C e precipitação acumulada de 61,6 mm (Figura 6-1), o que indica valores de chuva extrema (>50 mm), de acordo com a literatura que descreve a classificação pluviométrica do INMET (SILVA; FRANCA, 2021).

Figura 6-1 Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores à da campanha realizada em abril de 2024.



Os resultados obtidos para a campanha de abril de 2024 e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 podem ser vistos na Tabela 6-1.

Tabela 6-1 - Resultados dos parâmetros analisados na campanha realizada em abril de 2024.

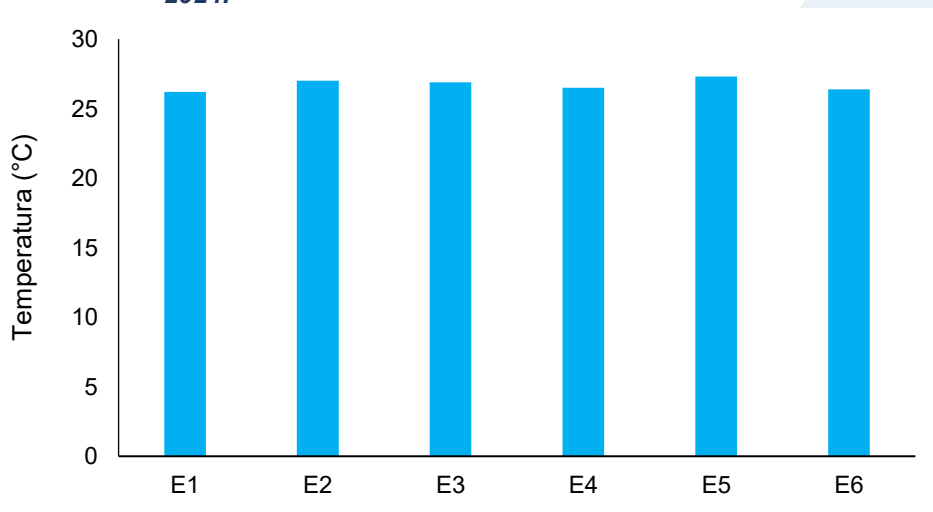
Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	DBO (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)
E1	09/04/2023	Sup	0,03	71,0	70,0	53	13,4	6,16	26,2	1,48	8,0	0,01	N.D	0,5	<0,05	1600,0
		Fun	0,03	82,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E2		Sup	0,25	526,0	434,0	416	172	6,02	27	1,67	41,0	0,28	0,26	2,7	0,09	920,0
		Fun	0,25	526,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E3		Sup	0,49	1003,0	726,0	378	85,6	5,95	26,9	3,17	16,0	0,11	0,26	3,5	0,11	>1600,0
		Fun	0,49	993,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E4		Sup	0,03	110,0	110,0	79	45,5	6,8	26,5	1,98	27,0	0,04	N.D	0,9	N.D	>1600,0
		Fun	0,03	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E5		Sup	1,85	3566,0	1618,0	1492	40	8,06	27,3	0,63	34,0	0,78	1,87	9,7	<0,05	540,0
		Fun	1,76	3380,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E6		Sup	24,07	37980,0	25744,0	20674	23,3	7,2	26,4	4,37	27,0	0,07	0,07	1,8	0,14	>1600,0
		Fun	29,08	45010,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E7		Sup	34,5	52510,0	31174,0	30826	3,2	7,33	26,1	3,8	27,0	0,14	0,27	1,1	<0,05	>1600,0
		Fun	34,6	52560,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CONAMA 357/05	Águas Doces Classe 2	0,5	-	-	500	100	6 a 9	-	≥5	≤5	0,1	<2,18 (para ambiente lótico)	10,0	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros*		
	Águas Salobras Classe 1	0,5-30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 5	-	0,124	-	0,4			
	Águas Salinas Classe 1	≥30	-	-	-	-	6,5 a 8,5	-	≥ 6	-	0,062	-	0,4			

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 apresentaram uma variação entre 26,10°C (E7) e 27,30°C (E5). Nota-se uma baixa variação desse parâmetro, nas águas analisadas dos pontos E1 (26,2°C), E2 (27,0 °C) e E4 (26,50°C), situados na região a montante do rio das Ostras, mas, na região a jusante, foram observadas diferenças maiores nas amostras de E5 a E7 (entre 26,10°C e 27,30°C) (Figura 6-2).

Figura 6-2 Resultados de temperatura da campanha realizada em abril de 2024.



6.1.3 Salinidade

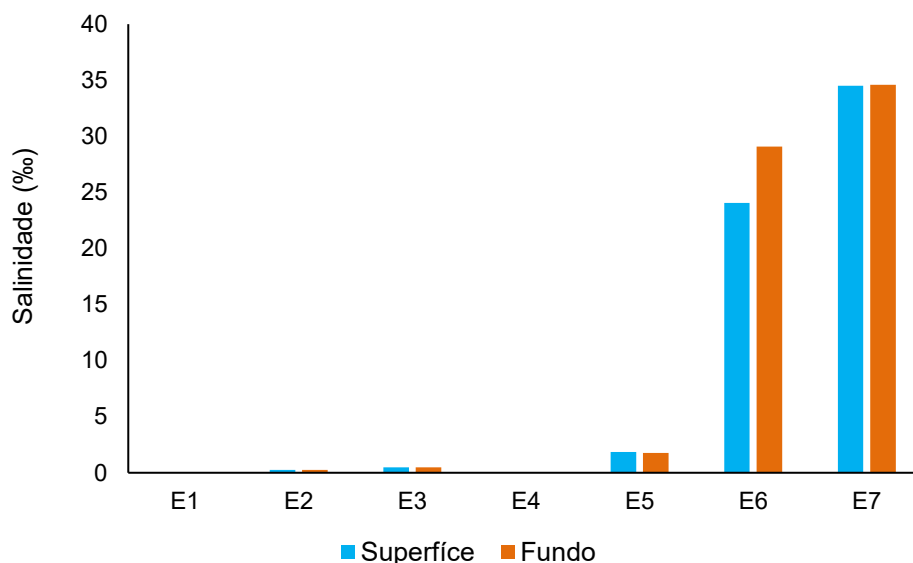
Em ambientes marinhos, os sais correspondem a maior parte dos elementos dissolvidos na água do mar, logo, a salinidade representa a quantificação do total de substâncias dissolvidas na água do mar. Sua escala se dá em grama por quilograma (g/kg) ou partes por mil (ppt ou ‰). As águas oceânicas possuem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

A salinidade na presente campanha apresentou uma variação entre 0,03‰ nas águas analisadas em E1 e E4 (superfície) a 34,5‰ na amostra de E7 (superfície). Com base nos resultados obtidos, observa-se que os menores valores dessa variável ambiental foram detectados nas amostras situadas no rio Iriri (Figura 6-3).

Como base nos resultados apresentados na Tabela 6-1 e na Figura 6-3 de maneira geral, não há grandes diferenças entre a salinidade detectada na superfície e no fundo dos pontos amostrais. A exceção ocorreu nas águas analisadas em E5 e E6, na qual é possível notar uma diferença de salinidade entre superfície e fundo, especialmente em E6 em que a salinidade de superfície foi igual a 24,07‰ e a do fundo foi de 29,08‰.

Diante dos valores registrados de salinidade, as águas analisadas nas estações E1 até E4 foram comparadas com os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Como os resultados de salinidade das amostras de E5 e E6 ficaram acima de 0,5 ‰ e abaixo de 30 ‰ as concentrações dos parâmetros avaliados nas águas nesses pontos amostrais foram equiparadas com os limites preconizados na legislação de referência para Águas Salobras Classe 1. Já na amostra de E7, os resultados obtidos foram comparados com o estabelecido pela normativa supracitada para Águas Salinas Classe 1. Destaca-se que a estação E7 está situada na foz do rio, na região estuarina e apresenta uma maior influência marinha em relação aos demais pontos amostrais.

Figura 6-3 Resultados de salinidade medida na superfície e no fundo na campanha realizada em abril de 2024.



6.1.4 Condutividade

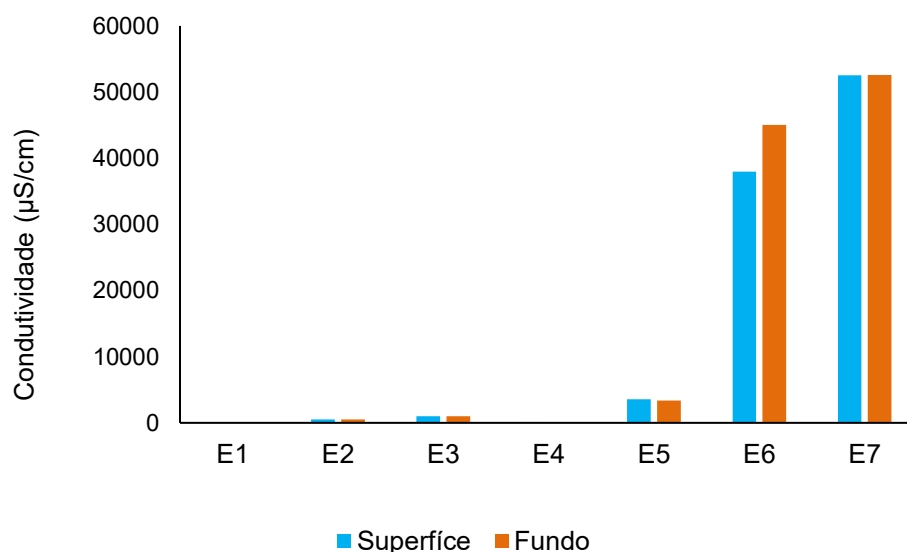
A condutividade é uma medida da capacidade de condução de corrente elétrica na água, sendo influenciada em decorrência da concentração de sólidos inorgânicos dissolvidos (ânions e cátions), compostos orgânicos (óleos, fenóis, graxas) e da temperatura da água (CETESB, 2014).

A condutividade medida em campo também apresentou uma variação espacial. Os valores reportados na superfície apresentaram uma variação entre 71,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E1 e 52510 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E7. Um padrão semelhante de resultados foi observado nos valores de salinidade (Figura 6-3), logo, os dados apresentados reforçam a relação entre essas duas variáveis, uma vez que a salinidade é calculada a partir dos resultados de condutividade. Além disso, os resultados obtidos de condutividade nas águas da estação E7 podem ter uma relação com a presença de compostos orgânicos, altas concentrações de sólidos totais e sólidos dissolvidos totais.

Ressalta-se que os menores valores de condutividade foram detectados nas amostras dos pontos E1, E2 e E4, localizados a montante da formação do rio das Ostras, com uma elevação notada a partir da amostra de E5, ponto localizado no Valão das Corujas, até o ponto E7, situado na foz do rio. Destaca-se ainda que o ponto E3, localizado no rio das Ostras e a montante do deságue do Valão das Corujas (E5), apresentou valor elevado desse parâmetro, evidenciando a atuação da intrusão salina no rio das Ostras.

De forma majoritária, os resultados de condutividade medida na superfície e no fundo não apresentaram diferenças significativas, com exceção das águas analisadas em E6 e E6, que mesmo que sutil, nota-se uma diferença nos valores de condutividade de superfície e fundo (Figura 6-4).

Figura 6-4 Resultados de condutividade da campanha realizada em abril de 2024.



6.1.5 Sólidos totais

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).

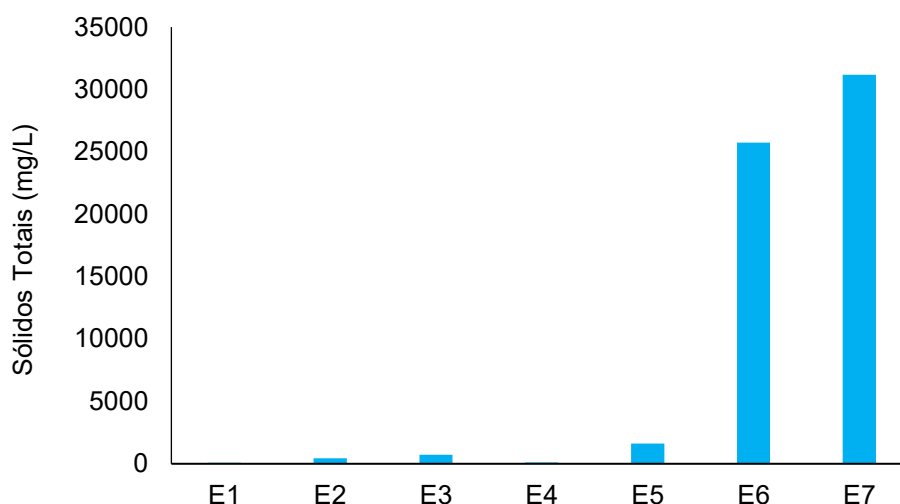
Conforme o esperado, os resultados de sólidos totais apresentaram um padrão semelhante ao que foi evidenciado nos dados de condutividade. A variação foi de 70,0 mg/L, na amostra de E1, a 31174,0 mg/L, nas águas analisadas em E7.

Os resultados obtidos para a amostra de E7 sugerem a influência de atividades urbanas e são reforçados pelos dados pretéritos de sólidos totais em estudos realizados

na mesma localidade, registrando altas concentrações para as águas situadas na foz do rio (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Destaca-se que para esse parâmetro não há valores de referência descritos na Resolução CONAMA 357/05.

Figura 6-5 Resultados de sólidos totais da campanha realizada em abril de 2024.



6.1.6 Sólidos dissolvidos totais

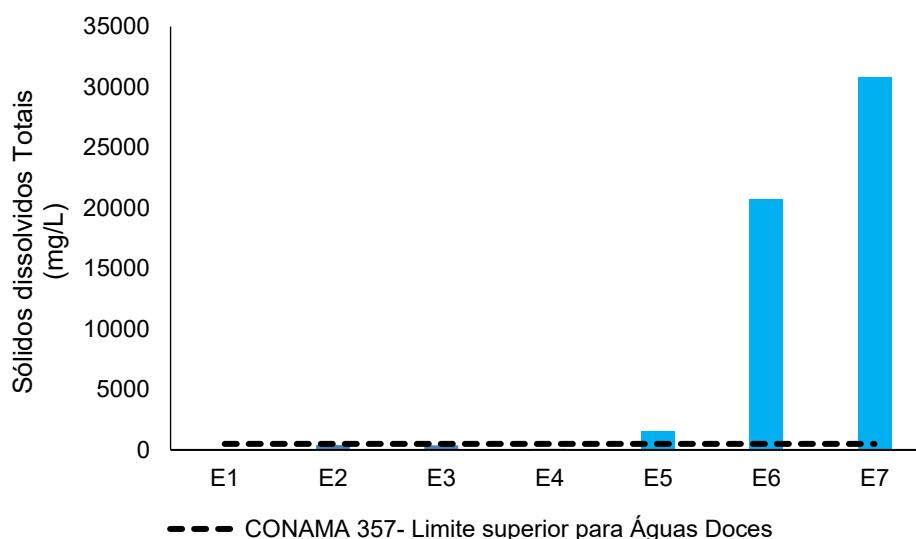
Os sólidos presentes na água são os resíduos que permanecem após diferentes processos, como evaporação, secagem ou calcinação em temperatura e tempo determinados. Esses processos determinam as diferentes frações de sólidos na água, como sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. É importante monitorar os sólidos, pois altas concentrações podem impactar a vida aquática (CETESB, 2016), afetando, por exemplo, o crescimento e sobrevivência de determinadas espécies de peixes (VINYARD; DICKERSON, 2011). Segundo a literatura, as principais fontes de sólidos dissolvidos em corpos d'água estão associados ao lançamento de esgoto sem tratamento e ao escoamento agrícola (DEY; VIJAY, 2021). Além disso, a alteração da qualidade das águas por esse parâmetro pode impactar nas suas características organolépticas e como consequência na sua disponibilidade para o abastecimento público (ADJOVU et al. 2023).

Na presente campanha, verificou-se uma variação desse parâmetro de 53,0 mg/L, nas águas analisadas em E1, a 30826 mg/L, na amostra de E7. Todas as amostras

classificadas como águas doces apresentaram valores em consonância com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500 mg/L) (Figura 6-6).

Salienta-se que para essa variável ambiental não existem valores de referências para águas salobras e salinas. No entanto, evidencia-se um valor elevado dessa variável nas águas analisadas em E7, o que reforça os resultados de condutividade, já que é uma forma indireta de medição de sólidos dissolvidos. Adicionalmente, acredita-se que além das atividades urbanas apresentarem uma relação com esse parâmetro, a influência de ventos e marés pode favorecer a movimentação de massas e contribuir para o aumento dos sólidos dissolvidos.

Figura 6-6 Resultados de sólidos dissolvidos totais da campanha realizada em abril de 2024.



6.1.7 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).

Em relação à turbidez, as análises das águas da presente campanha, não apresentaram um padrão específico para esse parâmetro. O menor valor de turbidez foi observado na amostra do ponto E7, reportando 3,2 NTU, e o maior valor registrado foi de 172,0 NTU, nas águas analisadas em E2.

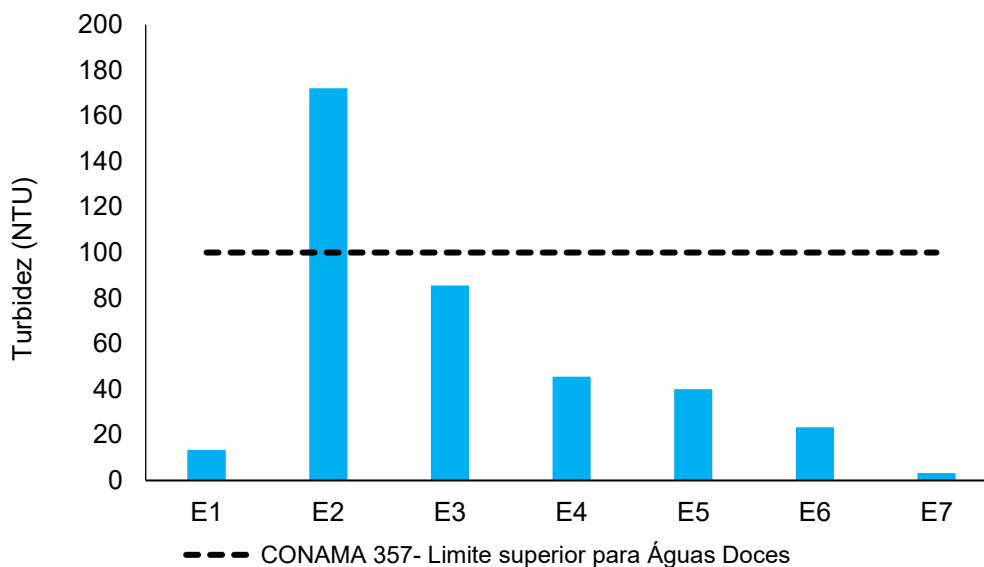
Os resultados obtidos na amostra de E7 estão em conformidade com o registro histórico de monitoramento, de acordo com os dados obtidos em maio de 2023, onde a turbidez medida foi de 2,4 NTU, indicando talvez um padrão sazonal. Já para as águas analisadas na estação E2, nota-se um aumento desse parâmetro a partir da campanha de outubro de 2023. Acredita-se que os processos de erosão, bem como o uso e ocupação do solo no entorno tenham refletido no aumento da turbidez na referida amostra.

Em relação à comparação dos resultados com a normativa de referência, verifica-se que todas as amostras classificadas como águas doces estão em conformidade com o valor máximo estipulado pela normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (100 NTU), com exceção da amostra de E2. Salienta-se que para águas salobras e salinas, não há limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Além da estação E2, observou-se um aumento dos níveis de turbidez nas águas analisadas em E3, quando comparado com os registros históricos das demais campanhas do segundo ano de monitoramento. Este cenário pode estar associado aos altos valores de nitrogênio total, que favorecem os processos de eutrofização e alteram as características da água, sendo a turbidez uma delas. Além disso, sugere-se que o aumento das atividades antrópicas no entorno da estação E3, possa ter favorecido o aumento dessa variável ambiental.

Destaca-se ainda de forma geral, um aumento da turbidez ao longo das campanhas de monitoramento em comparação aos dados pretéritos obtidos em 2023, nos quais a variação desse parâmetro foi de 8,4 NTU a 13,10 NTU para as mesmas estações amostrais utilizadas no presente monitoramento (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012), reforçando os impactos da erosão dos solos, bem como os processos de eutrofização que degradam a qualidade das águas e levam ao aumento da turbidez.

Figura 6-7 Resultados de turbidez da campanha realizada em abril de 2024.



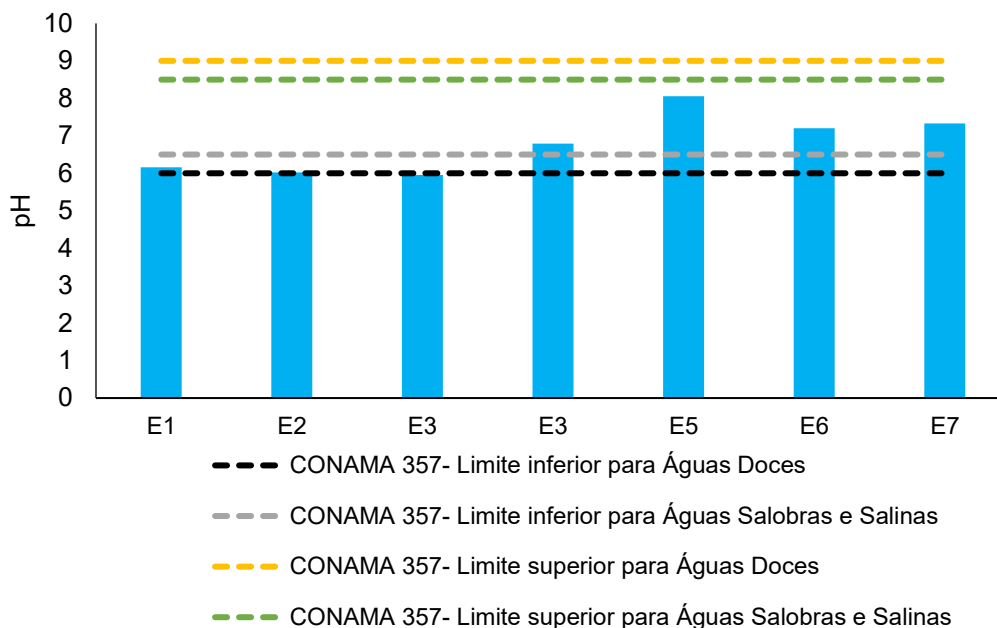
6.1.8 pH

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).

No que se refere a essa variável química, foi observada uma variação entre 5,95 na amostra de E3 e 8,06 nas águas analisadas em E5 (Figura 6-8). No que se refere aos valores estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, observou-se que somente a amostra de E3 (5,95) apresentou valor levemente abaixo do estabelecido para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6 e 9). Sugere-se que a decomposição da matéria orgânica e a lixiviação do solo podem ter influenciado a redução do pH nas águas analisadas em E3.

As demais amostras analisadas apresentaram valores de pH dentro dos limites estabelecidos pela legislação supracitada para Águas Doces Classe 2, Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1.

Figura 6-8 Resultados de pH da campanha realizada em abril de 2024.



6.1.9 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).

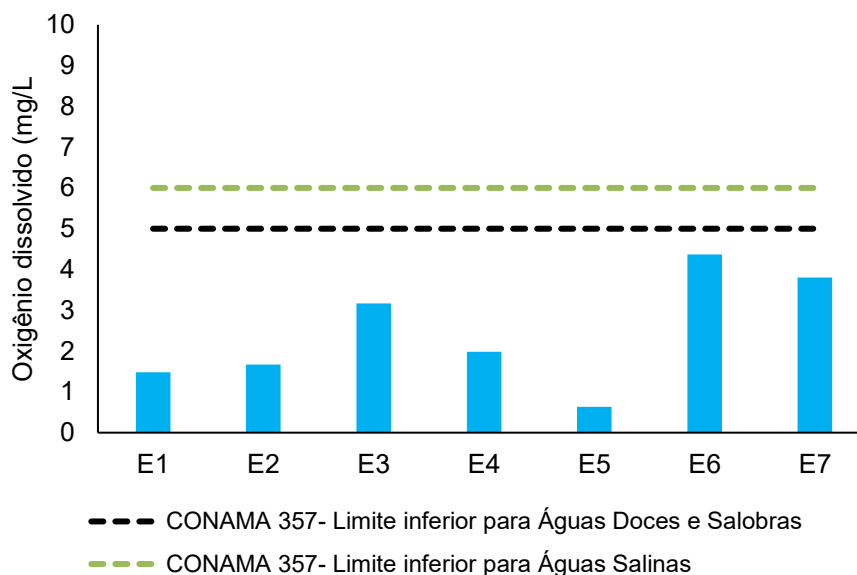
No que se refere a esse parâmetro, verificou-se que a concentração de oxigênio dissolvido apresentou uma variação de 0,63 mg/L nas águas analisadas em E5 a 4,37 mg/L na amostra avaliada em E6. Diante dos resultados obtidos, todas as amostras analisadas apresentaram valores abaixo do indicado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L), Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L) e Águas Salinas Classe 1 (>6 mg/L) (Figura 6-9).

Com base no exposto, é notória a alta carga de matéria orgânica nas águas das distintas estações amostrais monitoradas, o que indica a degradação da qualidade das águas dos diferentes corpos hídricos. Destaca-se ainda, que de acordo com dados históricos, baixos valores de OD já foram reportados nas águas das mesmas estações

amostrais do presente estudo ambiental, variando de 4,1 a 4,8 mg/L (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Sendo assim, os dados prévios e os resultados apresentados no presente relatório reforçam o lançamento de efluentes nos sistemas. Ademais, os valores de OD observados nas águas analisadas em E1 (1,48 mg/L), E2 (1,67 mg/L), E4 (1,98 mg/L) e E5 (0,63 mg/L) servem como um ponto de atenção, já que valores de OD abaixo de 2 mg/L podem levar a uma condição de hipoxia e levar a mortalidade de animais (CETESB, 2023). Portanto, os resultados indicam um risco para a biodiversidade local e para a população do entorno, que utiliza os serviços ecossistêmicos fornecidos por esses corpos hídricos.

Figura 6-9 Resultados de OD da campanha realizada em abril de 2024.



6.1.10 DBO

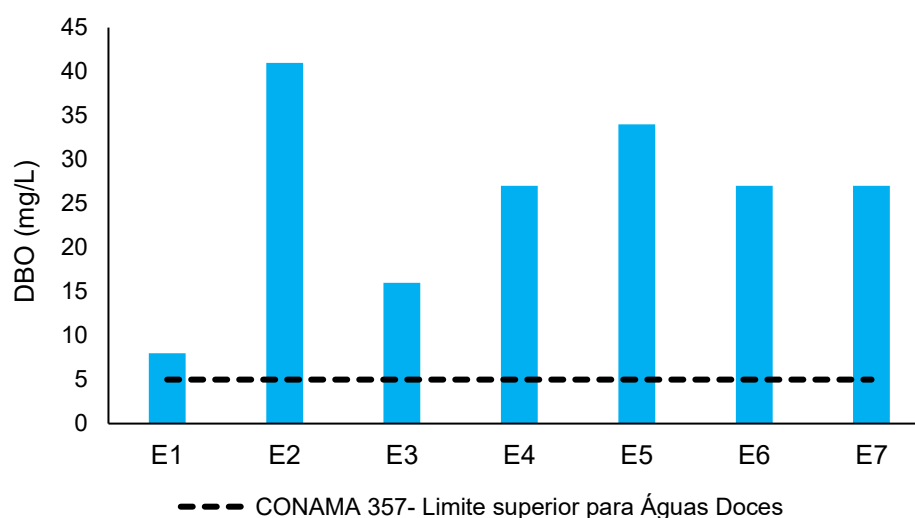
A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos na degradação de compostos orgânicos. Sob a ótica da qualidade da água, a DBO é uma importante variável indicadora de poluição por resíduos orgânicos, uma vez que quanto maior a DBO (i.e., mais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

Em relação à DBO, foram detectados valores entre 8,0 mg/L na amostra de E1, a 41,0 mg/L nas águas analisadas em E2. Os resultados obtidos demonstram a relação inversamente proporcional entre DBO e OD, já que em todas as amostras foram observadas baixas concentrações de OD, e valores elevados de DBO (Figura 6-10).

Vale salientar que as amostras de E1 (8,0 mg/L), E2 (41,0 mg/L), E3 (16,0 mg/L) e E4 (27,0 mg/L) apresentaram concentrações acima do valor máximo estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/05 para todas as amostras classificadas como Águas Doces Classe 2 (5 mg/L). Reforça-se que não há limite estabelecido pela legislação de referência para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1.

Além disso, os valores de DBO sugerem a influência do uso e ocupação do solo no entorno das estações amostrais, que reflete nos resultados de alguns parâmetros, como a DBO. Adicionalmente, vale salientar que as águas analisadas em E5 têm um histórico de despejo de águas residuais (PRIOSTE, 2007), o que corrobora com os resultados encontrados para DBO.

Figura 6-10 Resultados de DBO da campanha realizada em abril de 2024.



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).

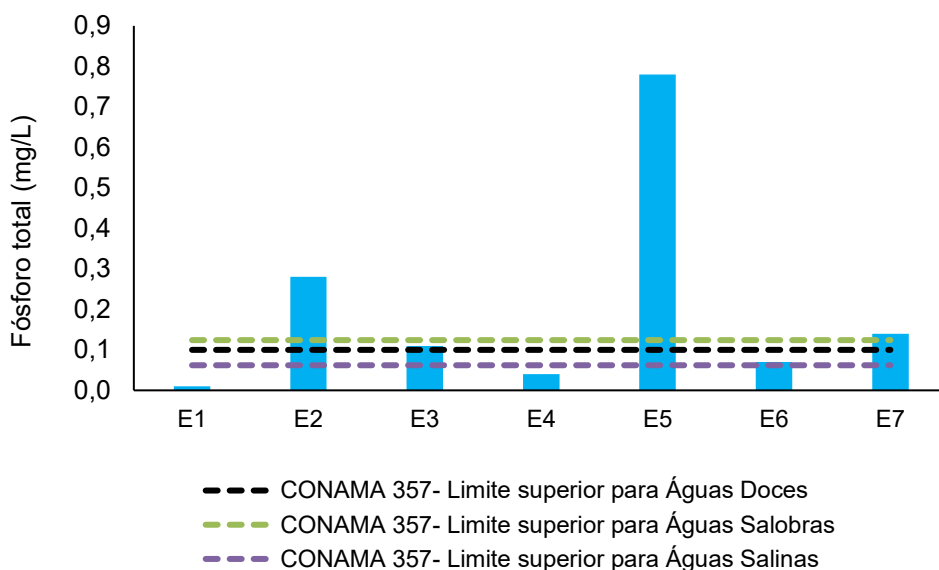
Quanto ao fósforo total, a variação desse parâmetro foi de 0,01 mg/L, na amostra de E1 a 0,78 mg/L, nas águas analisadas em E5 (Figura 6-11). Notou-se que na presente campanha, as menores concentrações desse parâmetro foram detectadas no rio Iriri.

Em relação à comparação dos valores detectados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, verificou-se que para as amostras classificadas como doces, as concentrações obtidas nas águas analisadas em E2 (0,28 mg/L) e E3 (0,11 mg/L) extrapolaram o limiar preconizado na normativa de referência para Águas Doces Classe 2 (0,1 mg/L). A amostra de E5 (0,78 mg/L), apresentou a maior concentração desse parâmetro e ficou acima do valor máximo permitido descrito na Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salobras Classe 1 (0,124 mg/L). Já a amostra de E7 (0,14 mg/L), categorizada como salina, apresentou concentração acima do limite descrito na legislação supracitada para Águas Salinas Classe 1 (0,062 mg/L).

Com base nos resultados encontrados, sugere-se um aporte de efluentes no sistema. Nesse sentido, reforça-se que o fósforo, aliado a outros fatores ambientais, pode favorecer o processo de eutrofização nos corpos hídricos monitorados e apresentar uma série de impactos, que vão desde a mortalidade de animais e implicações na água de abastecimento até riscos para a saúde pública.

Conforme mencionado em relatórios prévios, as elevadas concentrações de fósforo que estão sendo observadas ao longo das campanhas devem ser um ponto de alerta para futuras campanhas, para verificar se o padrão irá se manter.

Figura 6-11 Resultados de fósforo total da campanha realizada em abril de 2024.



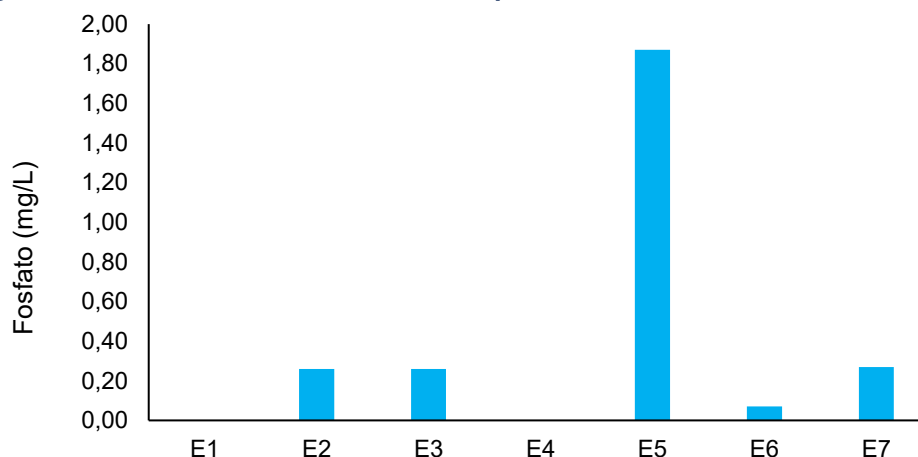
6.1.12 Fosfato

O fósforo pode se apresentar em diversas formas, incluindo sais inorgânicos, como o fosfato. Embora o fosfato seja um nutriente essencial para as plantas, o seu excesso proveniente de atividades humanas, como esgoto doméstico, fertilizantes e resíduos urbanos, tem contribuído para o fenômeno da eutrofização. Esse processo pode ter impactos negativos na vida aquática e na saúde humana (CETESB, 2016; CARBINATTI, 2019).

Em relação aos valores de fosfato, não foram detectadas concentrações de fosfato nas águas analisadas em E1 e E4 (Figura 6-12). Para as demais amostras a variação desse parâmetro foi de 0,07 mg/L, nas águas analisadas em E6, a 1,87 mg/L, na amostra de E5.

Salienta-se que na Resolução CONAMA 357/2005 não há valores de referência para essa variável ambiental. No entanto, é importante frisar que as águas analisadas em E5 apresentaram valores elevados tanto de fósforo como de fosfato, reforçando a presença de efluentes nas águas do Valão das Corujas, bem como condições ambientais que favorecem o processo de eutrofização.

Figura 6-12 Resultados de fosfato da campanha realizada em abril de 2024.



6.1.13 Nitrogênio total

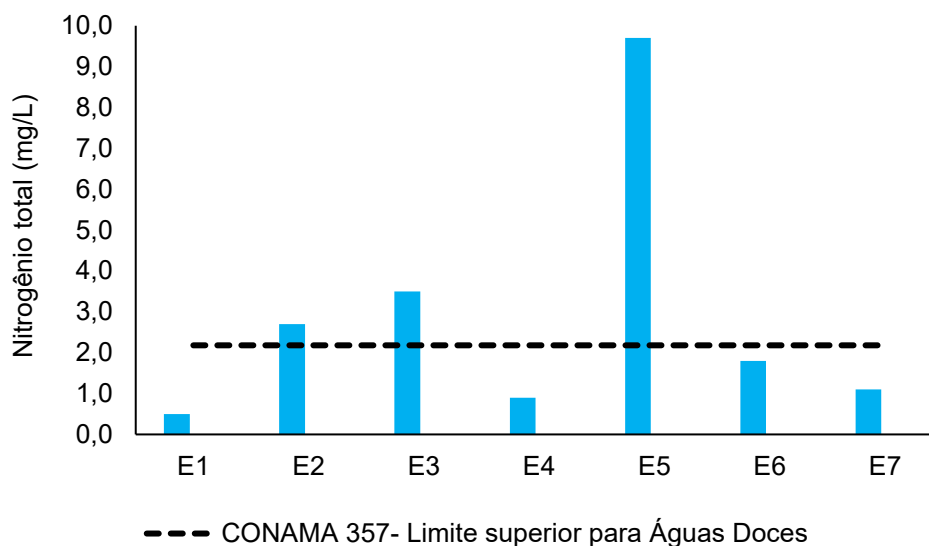
As fontes de nitrogênio para os sistemas aquáticos são diversas. No entanto, o esgoto sanitário é a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico na água. Alguns efluentes industriais provenientes de petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, também realizam descarte de nitrogênio orgânico e amoniacal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

No que se refere aos valores desse nutriente, foi observada uma variação de 0,5 mg/L, na amostra de E1, a 9,7 mg/L, na amostra de E5 (Figura 6-13).

No que tange à comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005, verifica-se que as amostras de E2 (2,7 mg/L) e E3 (3,5 mg/L), classificadas como águas doces, apresentaram concentrações acima do estipulado pela normativa de referência para Água Doce Classe 2 em ambientes lóticos (2,18 mg/L). Destaca-se que na legislação de referência não há limites estabelecidos para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1. No entanto, é importante frisar, conforme já mencionado no tópico anterior, que as altas concentrações de nutrientes como o nitrogênio, fosfato e fósforo detectados

especialmente nas águas de E5, sugerem o aporte de efluentes no Valão das Corujas, bem como a ocorrência de processos de eutrofização.

Figura 6-13 Resultados de nitrogênio total da campanha realizada em abril de 2024.



6.1.14 Nitrato

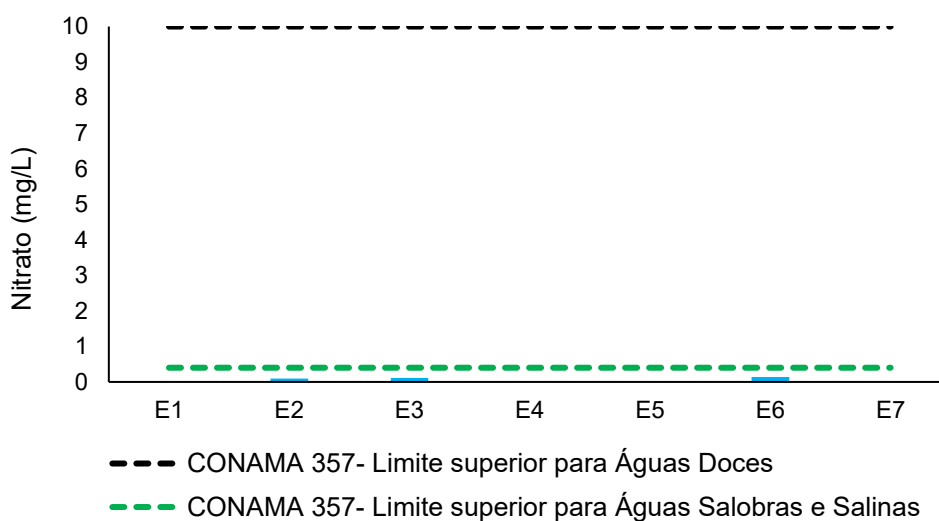
O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato (CETESB, 2014). Nesse sentido, destaca-se que o nitrato é um íon relevante e ocorre naturalmente no ambiente, mas, atualmente, sua detecção em excesso nos diferentes compartimentos ambientais está associada a diferentes fontes de contaminação antrópica como efluentes domésticos e industriais e de atividades, bem como a utilização exacerbada de fertilizantes na agricultura (ALAHÍ; MUKHOPADHYAY, 2018; CETESB, 2022). Essa variável ambiental, segundo a literatura é considerada um poluente que mais traz prejuízo para os recursos hídricos, já que favorecem a produção excessiva de algas e fitoplâncton que levam a processos de eutrofização (ALAHÍ; MUKHOPADHYAY, 2018) e está associada a contaminação da água potável (BURT et al. 2010). Por conta dos fatores previamente elencados, o monitoramento do nitrato nos corpos hídricos tem ganhado cada vez mais destaque em estudos ambientais.

No que tange ao nitrato, foi observado que esse parâmetro não foi detectado na amostra de E4 e nas águas analisadas em E1, E5 e E7 os valores encontrados ficaram abaixo do limite de quantificação do método analítico. Para as demais amostras a variação de nitrato foi de 0,09 mg/L, nas águas analisadas em E2, a 0,14 mg/L, na amostra de E6.

Quando equiparadas aos limites descritos na Resolução CONAMA 357/2005, evidencia-se que todas as amostras apresentaram concentrações que estavam em conformidade para Águas Doces Classe 2, Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 (Figura 6-14).

Um fator importante nesse contexto, é que as formas do nitrogênio detectadas na água podem sugerir o nível de contaminação de um corpo hídrico. Altas concentrações de nitrogênio na forma orgânica apontam para uma poluição atual, já a ocorrência majoritária de nitrato sugere uma poluição mais antiga (VON SPERLING, 2014). Sendo assim, os valores de nitrato registrados apontam ausência de contaminação prévia, e as concentrações de nitrogênio total apontam aportes recentes mais significativos para a qualidade hídrica, especialmente nas águas analisadas em E5, situado no Valão das Corujas.

Figura 6-14 Resultados de nitrato da campanha realizada em abril de 2024.



6.1.15 Coliformes termotolerantes

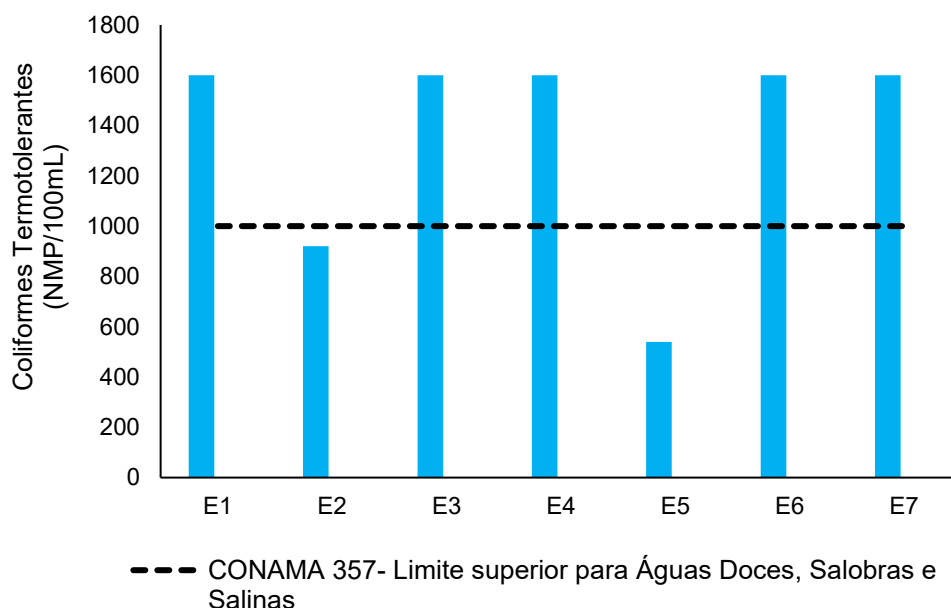
A poluição por esgoto sanitário pode levar a uma série de alterações em ecossistemas aquáticos, levando ao aumento nas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos, graxas, turbidez e coliformes. Os coliformes são bactérias presentes no trato intestinal humano e animal, sendo assim, as concentrações de coliformes termotolerantes e coliformes totais presentes na água são bons indicadores do grau de despejo de esgoto sanitário em ambientes aquáticos (CETESB, 2014).

Na presente campanha, esse parâmetro microbiológico apresentou uma variação de 540,0 NMP/100 mL na amostra de E5 a >1.600,0 NMP/100 mL (acima do valor máximo quantificável pelo método analítico) nas águas analisadas em E3, E4, E6 e E7.

Com base nos resultados encontrados, observa-se que as amostras de E1, E3, E4, E6 e E7 apresentaram valores acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2, Águas Salinas Classe 1 e Águas Salobras Classe 1 (1.000 NMP/100 mL).

Diante disso, os resultados registrados de coliformes termotolerantes na presente campanha, bem como o histórico evidenciado nas últimas campanhas de monitoramento, sugerem um grau elevado de poluição aquática oriunda de lançamento de águas residuais sem tratamento no sistema.

Figura 6-15 Resultados de coliformes termotolerantes da campanha realizada em abril de 2024.



7 Diagnóstico da atual campanha

Em relação à caracterização da área de estudo, quanto à salinidade, nota-se aumento dessa variável ambiental, de maneira geral, de E1 a E7 em direção à foz, ponto esse que apresentou características de águas salinas de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005. Os resultados obtidos reforçam que o estuário do rio das Ostras sofre uma grande 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 em períodos com menor pluviosidade e volume dos rios (BARROSO; MOLISANI, 2019).

Adicionalmente, diante dos resultados apresentados nos tópicos anteriores, de forma majoritária, nota-se que não há estratificação halina entre as massas d'água da superfície e do fundo. As exceções ocorreram nos valores de salinidade e condutividade registrados nas águas analisadas em E5 e E6, nas quais foram observadas diferenças sutis dos valores desses parâmetros nas diferentes profundidades.

De maneira geral, observou-se que os maiores valores registrados para salinidade, condutividade, sólidos totais dissolvidos e pH ocorreram nas águas analisadas em E7, situado 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 (ESTEVES, 2011). Estudos prévios também indicam o aumento do pH no estuário do rio das Ostras, bem como das outras variáveis ambientais previamente mencionadas (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

No que tange à turbidez, constata-se que as águas analisadas em E2 apresentaram os maiores valores desse parâmetro. Esse resultado pode ter uma associação com a ocorrência de matéria orgânica oriunda da decomposição de matéria vegetal, que favorece a liberação de ácidos húmicos, escurecendo a água e impedindo a penetração de luz (BARROSO; MOLISANI, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Salienta-se ainda que os resultados obtidos de turbidez na amostra de E2, podem ter uma associação com o uso e ocupação irregular no entorno, como evidenciado pela presença de empreendimentos na proximidade, o que pode ser verificado em imagens de satélite, as quais demonstram a área de exposição de sedimentos que são carregados

diretamente para o rio. Outro fator importante é que o rio Jundiá está situado na zona de expansão do município de Rio das Ostras, segundo o Plano Diretor da cidade (RIO DAS OSTRAS, 2006). Sendo assim, todas as condicionantes previamente mencionadas e os processos erosivos no entorno dessa estação amostral podem ter levado à elevação da turbidez.

Ainda no que se refere ao ponto E2, salienta-se que a presença de macrófitas no rio, conforme as imagens disponíveis no ANEXO 3, sugerem o aporte de efluentes no sistema e como consequência, valores elevados de fósforo e nitrogênio total nas águas analisadas nessa estação.

Ao analisar os nutrientes, que podem ser incorporados no ambiente de diversas formas, constatou-se que as maiores concentrações de fósforo total, fosfato e nitrogênio total foram obtidas na amostra de E5. Ademais, apesar dos valores de coliformes termotolerantes estarem em conformidade com a normativa de referência, o resultado registrado dessa variável é um valor elevado (540 NMP/100mL), indicando uma contaminação fecal recente no corpo hídrico. No entanto, essa variável pode ser impactada por condições ambientais, tais como salinidade, insolação, competição com outros grupos, o que pode influenciar nos resultados. Dessa forma, os resultados registrados reforçam as implicações de ações antrópicas nas águas do Valão das Coruja, como por exemplo, o lançamento de esgoto sem tratamento nesse corpo hídrico. Essa situação também é evidenciada na literatura, evidenciando a degradação macroscópica das águas dessa localidade (PRIOSTE, 2007).

É válido salientar que 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), o que pode ter uma associação com as elevadas concentrações de coliformes termotolerantes nas águas analisadas nas estações supracitadas.

Já nas regiões menos urbanizadas, como nos rios Iriri e Jundiá (estações E1, E2 e E4), é possível que os valores encontrados sejam relacionados com as atividades agrárias da região, uma vez 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 a região monitorada

(BARROSO; MOLISANI, 2019, BERNINI et al., 2013; CANIVETE, 2019; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2013).

Um outro fator que merece destaque são as baixas concentrações de OD em todas as amostras, especialmente nas águas analisadas de E1, E2 e E4 que apresentaram valores desse parâmetro abaixo de 2 mg/L, representando uma situação de hipoxia e podendo causar impactos desde organismos individuais até comunidades (EKAU et al. 2010). Também foram notadas concentrações elevadas de DBO em todas as amostras, confirmando a relação inversamente proporcional dessa variável com o OD, além de indicar a degradação dos corpos hídricos monitorados em decorrência do lançamento de águas residuais (JORDÃO; PESSÔA, 2014).

7.1 Análise dos Componentes Principais (PCA)

Para analisar, estatisticamente, a influência da concentração dos parâmetros avaliados em cada ponto amostral, foi realizada a Análise dos Componentes Principais (PCA).

Para comprovar a adequação da PCA realizada, foi realizado o teste de esfericidade de Bartlett e o teste estatístico de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O teste de Bartlett avalia 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 usados produzem uma matriz de identidade, portanto, o modelo fatorial utilizado é apropriado para a realização da análise de dados. Já o teste de KMO demonstra a existência e os pesos das correlações parciais, nesse caso o modelo é considerado adequado quando o coeficiente de correlação simples e parcial se aproximam a 1 (OLINTO, 2007; PRADO et al. 2016). Com base nos resultados apresentados na [Tabela 7-1](#), nota-se que o teste de esfericidade de Bartlett apresentou valores significativos ($p < 0,05$). E o teste de KMO também exibiu um valor considerado aceitável (0,500), conforme descrito na literatura (WU et al. 2010; AL-MUTAIRI et al. 2014).

Tabela 7-1 - Análise fatorial KMO e teste de esfericidade de Bartlett.

Teste	Resultado
Kaiser - Meyer - Olkin	0,500
Teste de esfericidade de Bartlett (X^2)	265
Graus de liberdade	66
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 48,01% e 29,53% da variação dos dados, totalizando 77,54%, que podem ser vistos na Figura 7-1.

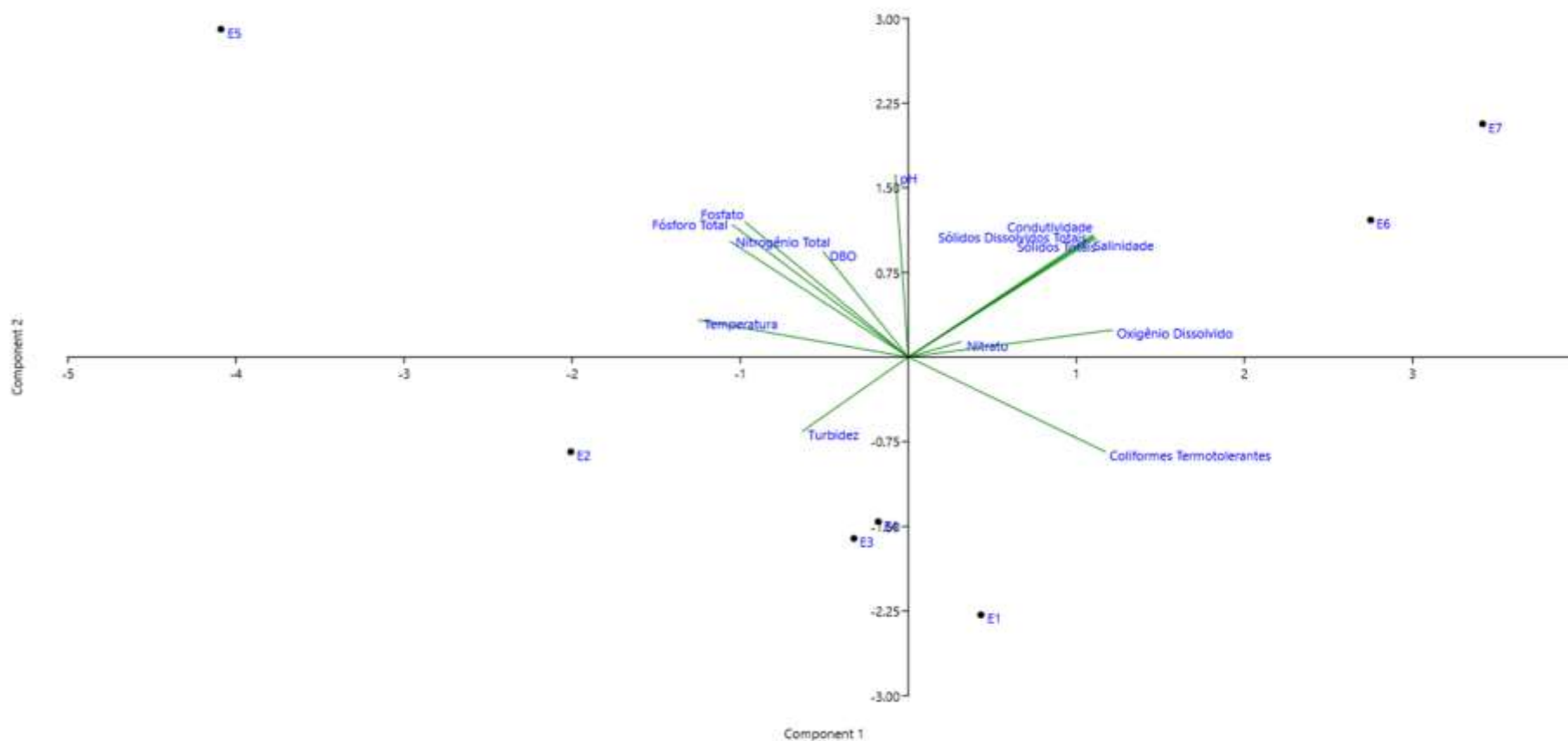
Com base na Figura 7-1, evidencia-se que condutividade, sólidos dissolvidos totais, sólidos totais e salinidade apresentaram uma influência sobre as amostras de E6 e E7, o que corrobora com os valores elevados obtidos desses parâmetros nas águas analisadas nesses pontos amostrais.

Além disso, verifica-se que coliformes termotolerantes apresentam uma influência sobre a amostra de E1, o que pode ter uma relação com as concentrações elevadas (1600 NMP/100mL) dessa variável microbiológica nas águas analisadas nessa localidade, indicando o aporte de efluentes no sistema.

Adicionalmente, nota-se que a turbidez apresentou uma influência sobre as amostras de E2, E3 e E4. Essa interferência pode ser justificada, especialmente na amostra de E2, pelos valores elevados de turbidez, que inclusive ficaram acima do preconizado pela normativa de referência.

Ademais, observa-se que as variáveis ambientais consideradas no monitoramento não influenciaram na caracterização do ponto E5.

Figura 7-1 Resultado da análise dos componentes principais.



7.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Em relação ao IQA, é importante ressaltar que para fins comparativos esse índice foi calculado de duas formas. A primeira coluna, apresentada na Tabela 7-2, abrange para a avaliação do IQA_{CETESB} os seguintes parâmetros: coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total, nitrogênio total, OD, pH, sólidos totais, temperatura e turbidez. Já a segunda coluna, para a realização do cálculo do IQA_{NSF} foram utilizadas as seguintes variáveis ambientais: coliformes termotolerantes, DBO, fosfato, nitrato, OD, pH, sólidos dissolvidos totais, temperatura e turbidez.

Em relação ao IQA_{CETESB} o menor valor registrado foi 21,31, em E5 e o maior valor em E1, com o resultado de 46,70 (Tabela 7-2). Um padrão similar de resultado foi observado para o IQA_{NSF}, no qual o menor valor foi de 20,97, em E5 e o maior foi 46,87, em E1.

Diante do exposto na Tabela 7-2, observa-se que as amostras de E1, E3, E4, E6 e E7 apresentaram uma classificação de IQA ruim e as amostras E2 e E5 foram categorizadas como muito ruins, nos dois cálculos de IQA realizados. Sendo assim, todas as amostras analisadas foram consideradas como impróprias para o tratamento convencional, sendo necessários tratamentos mais avançados (Tabela 7-2).

De acordo com os boletins disponibilizados no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os valores históricos do IQA obtidos das análises realizadas entre 2013 até 2022 apresentaram como resultado sete avaliações de classificações ruins e duas como médias (INEA, 2022). Com base no monitoramento realizado pelo órgão ambiental e diante do presente estudo ambiental, apenas a estação amostral E7 se aproxima com o ponto de coleta descrito nos relatórios consolidados do INEA da Região Hidrográfica VIII-Macaé e das Ostras. Na amostragem realizada em abril de 2024, o IQA da amostra de E7 foi categorizado como ruim, o que indica a continuidade da degradação da foz do rio das Ostras.

Destaca-se ainda que os menores valores do IQA foram reportados nas águas analisadas em E2 e E5, o que está relacionado com os altos valores de turbidez, coliformes termotolerantes e nutrientes e as baixas concentrações de oxigênio dissolvido, influenciando os resultados do IQA.

As águas analisadas das diferentes estações amostrais apresentaram uma influência significativa das marés na presente campanha, sendo caracterizadas como

Águas Doces Classe 2 as águas analisadas em E1 a E4, Água Salobra Classe 1 as amostras de E5 e E6 e Água Salina Classe 1 a amostra de E7. Posto isso, salienta-se que a variação de salinidade tem influência nos demais parâmetros, como pH, sólidos totais dissolvidos, turbidez, o que foi evidenciado nos resultados apresentados na amostra de E7. Essas condições podem mascarar ou apresentar resultados não condizentes com as categorias preconizadas pelo Índice de Qualidade da Água (IQA). Portanto, a continuidade do monitoramento poderá indicar se o índice pode ser aplicado com confiabilidade à bacia hidrográfica analisada, principalmente nos pontos que apresentam maior influência de salinidade.

Tabela 7-2 - Resultados de IQA em cada estação amostral da campanha realizada no mês de abril de 2024.

Estação	Localização	IQA CETESB	IQA INEA
E1	Afluente do rio Iriri	46,70	46,87
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	22,81	23,53
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriri e Jundiá)	35,42	37,18
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do valão das Corujas)	36,21	36,83
E5	Valão das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	21,31	20,97
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do valão das Corujas)	40,23	40,78
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	39,35	38,27
Intervalo de Valores de IQA _{NSF}	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

A partir dos resultados da campanha de abril de 2024, bem como em todo o monitoramento realizado, nota-se que a qualidade hídrica na bacia hidrográfica do rio das Ostras tem como principais influências a precipitação e a ação de micromarés atuantes na região. Adicionalmente, as concentrações obtidas de diferentes parâmetros analisados reforçam os impactos das atividades antrópicas, como o aporte de efluentes sem tratamento, uso e ocupação irregular do solo e processos erosivos, que refletem na qualidade das águas dos pontos monitorados.

Um fator que merece destaque são as elevadas concentrações de coliformes totais evidenciada na maioria das amostras analisadas, já que dos sete pontos monitorados, cinco amostras exibiram valores acima do estipulado pela Resolução CONAMA 357/05, indicando, conforme previamente mencionado, o lançamento de águas residuais no sistema.

Além disso, um ponto de atenção são os valores baixos de OD evidenciado em todas as amostras, em alguns casos, abaixo de 2 mg/L, representando um risco de hipoxia que pode ter consequência para a biodiversidade local e para os serviços ecossistêmicos de suporte, abastecimento e regulação fornecidos pelos corpos hídricos.

Além dos parâmetros supracitados, foram notados valores elevados de turbidez na amostra de E2, reforçando os impactos dos processos erosivos no entorno das águas do rio Jundiá. Ademais, foram observados valores elevados de nutrientes nas águas analisadas em E5. Nesse sentido, salienta-se que a presença de nitrogênio e fósforo nas águas do Valão das Corujas favorecem os processos de eutrofização artificial que impactam a qualidade das águas, colocando em risco os organismos aquáticos.

Também foi observado que as águas analisadas em E3 apresentaram baixos valores de pH, que podem ter uma relação com a decomposição da matéria orgânica e a lixiviação do solo.

Todas as informações dos parâmetros previamente mencionados tiveram um reflexo nos resultados de IQA, com classificações que variaram entre ruins e muito ruins.

Finalmente, salienta-se que a continuidade do monitoramento pode permitir a identificação da influência da variação sazonal nos resultados e na confirmação dos padrões de resultados já evidenciados ao longo do monitoramento. De forma adicional, será capaz de auxiliar no entendimento da influência das ações da maré nos locais de

monitoramento, bem como no enquadramento dos corpos hídricos da bacia devido à presença e ação da salinidade nos parâmetros avaliados e utilizados para cálculo do IQA.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17025. 2017: Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração.** 2017.

ADJOVU, Godson Ebenezer et al. Measurement of total dissolved solids and total suspended solids in water systems: a review of the issues, conventional, and remote sensing techniques. **Remote Sensing**, v. 15, n. 14, p. 3534, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15143534>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/14/3534>. Acesso em 10 jan. 2024.

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.

ALAHY, Eshrat E.; MUKHOPADHYAY, Subhas Chandra. Detection methods of nitrate in water: A review. **Sensors and Actuators A: Physical**, v. 280, p. 210-221, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2018.07.026>. Disponível em: <https://researchers.mq.edu.au/en/publications/detection-methods-of-nitrate-in-water-a-review>. Acesso em 24 mai. 2023.

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

ALMEIDA, Marco Antônio Barreto Almeida.; SCHWARZBOLD, Albano. 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. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v8n1.p81-97>. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/37/a92b6e729e50671504266683290894eb_606a4e793c7e33f151c052dd4766cf84.pdf. Acesso em 10 jan.2024.

ALVARADO, Juan José.; AGUILAR, José Francisco. Batimetría, salinidade, temperatura y oxígeno disuelto em aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, v. 57, p. 19-29, 2009. Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000500005. Acesso em 05 jan. 2024.

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

BARROSO, Glenda Camila.; MOLISANI, Mauricio Mussi. Pequenos estuários alimentados por pequenas bacias hidrográficas: estudo de caso dos estuários dos rios Macaé e das Ostras

(RJ). In: Ferreira, Maria Inês Paes et al. **Engenharia & Ciências Ambientais: contribuições à gestão ecossistêmica**. Essentia Editora, 2019. p. 116–141. DOI: <https://doi.org/10.19180/978-85-99968-58-1.6>. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/livros/issue/view/978-85-99968-58>. Acesso em 05 jan. 2024.

BERNINI, Elaine 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. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2014v27n1p37>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2014v27n1p37>. Acesso em 05 jan. 2024.

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

BURT, Tim. et al. Long-term monitoring of river water nitrate: how much data do we need?. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 12, n. 1, p. 71-79, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1039/b913003a>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2010/em/b913003a>. Acesso em 05 jan. 2024.

CAÑEDO-ARGÜELLES, Miguel et al. Salinisation of rivers: An urgent ecological issue. **Environmental Pollution**, v.173, p.157-167. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2012.10.011>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23202646/>. Acesso em 06 jan. 2024.

CANIVETE, Géscica Dulce Rafael. **Avaliação da Influência das Descargas Fluviais na Distribuição da Salinidade no Estuário Bons Sinais-Zambézia**. 2019. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Universidade Eduardo Mondlane, Quelimane, Moçambique, 2019.

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

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2009. 531f. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em 04 mar.2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB. **Ficha de Informação toxicológica- Nitrato e nitrito**. São Paulo: CETESB, 2022. 5f. Disponível em:<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/12/Nitrato-e-Nitrito.pdf>. Acesso em 13 dez. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Oxigênio dissolvido**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>. Acesso em: 04 dez. 2023

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB. **Apêndice D- Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Apendice-D-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>. Acesso em 13 dez. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO -CETESB; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 327 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2024.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS. **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. 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, 2012. Disponível em: <https://cbhmacae.eco.br/wp-content/uploads/2020/03/RD-01-Relat%C3%B3rio-de-Characteriza%C3%A7%C3%A3o-da-%C3%81rea-do-Estudo.pdf>. Acesso em 13 dez. 2023.

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. Disponível em: https://cbhmacae.eco.br/plano_de_bacia/rd-03-relatorio-do-mapeamento-do-uso-e-cobertura-do-solo/. Acesso em 13 dez. 2023.

COMISSÃO ESTADUAL DE CONTROLE AMBIENTAL- CECA. **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**. Rio de Janeiro, 1991.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE- CONEMA. **Resolução CONEMA nº 85, de 07 de dezembro de 2018. Norma para credenciamento de laboratório (NOP-INEA-03. R-2)**. Rio de Janeiro, 2018.

DEY, Jaydip; VIJAY, Ritesh. A critical and intensive review on assessment of water quality parameters through geospatial techniques. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 31, p. 41612-41626, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-021-14726-4>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34105074/>. Acesso em 13 dez.2023.

DIAZ, Robert. Overview of hypoxia around the world. **Journal of environmental quality**, v. 30, n. 2, p. 275-281, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2001.302275x>. Disponível em: <https://nature.berkeley.edu/classes/espm-120/Website/Diaz2001.pdf>. Acesso em 12 fev. 2024

DICKERSON, Bobette.; VINYARD, Gary. Effects of high levels of total dissolved solids in Walker Lake, Nevada, on survival and growth of Lahontan cutthroat trout. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 128, n. 3, p. 507-515, 2011. DOI: [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1999\)128<0507:EOHLOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1999)128<0507:EOHLOT>2.0.CO;2). Disponível em: <https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1577/1548-8659%281999%29128%3C0507%3AEOHLOT%3E2.0.CO%3B2>. Acesso em 12 fev. 2024.

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

EKAU, Werner et al. Impacts of hypoxia on the structure and processes in pelagic communities (zooplankton, macro-invertebrates and fish). *Biogeosciences*, v. 7, n. 5, p. 1669-1699, 2010. DOI: [/10.5194/bg-7-1669-2010](https://doi.org/10.5194/bg-7-1669-2010). Disponível em: <https://bg.copernicus.org/articles/7/1669/2010/>. Acesso em 02 abr. 2024

GOMES, Maria Laura Monnerat. Ocupação Urbana de Rio das Ostras: Elementos Definidores e os Impactos nos Recursos Hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 3, n. 2, p. 145–161, 2009. Disponível em: [//editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20090018](http://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20090018). Acesso em 12 fev. 2024.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE- INEA. **Histórico dos Boletins de Balneabilidade das Praias de Rio das Ostras – 2022**. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2023/02/rio_das_ostras_historico_2022.pdf. Acesso em 24 mai. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - INEA. **Índice de Qualidade da Água NSF (IQANSF)**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wpcontent/uploads/2019/12/IQANSF-Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf>. Acesso em 31 mai. 2023

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

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. **Norma nº NIT-DICLA-057. Critérios para acreditação da amostragem de águas e matrizes ambientais**. INMETRO. Rio de Janeiro, p.01-12, 2009.

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

JORDÃO, Eduardo.; PESSÔA, Constantino. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014.

LIBES, Susan. **An introduction to Marine Biogeochemistry**. Second Edition, Elsevier, 2009.

OLIVEIRA, Regina Maria Mendes; SANTOS, Ezequiel Vieira dos; LIMA, Kalyl Chaves. 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017154657>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/M88strXhYpXfLCC7tkVYyrK/?lang=pt#>. Acesso em 12 fev. 2024.

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

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

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. Rio das Ostras, 2006.

PRIOSTE, Mauro Alexandre de Oliveira. **Bacia hidrográfica do Rio das Ostras: proposta para gestão ambiental sustentável**. 2007, 194f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007.

RIO DAS OSTRAS. **Lei Complementar nº004/2006**. Dispõe sobre Plano Diretor, o sistema e o processo de planejamento e gestão do desenvolvimento urbano do Município de Rio das Ostras.

SILVA, Alícia de Almeida; FRANCA, Rafael Rodrigues da. Identificação e classificação de episódios de chuva extrema no Distrito Federal–Período 1990-2019. **Revista Espaço e Geografia**, v. 24, n. 2, p. 134: 153-134: 153, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/article/view/40271>. Acesso em 12 fev. 2024.

SILVA, Deivid Souza.; MARQUES, Elineide Eugenio.; LÓLIS, Solange Fátima. Macrófitas aquáticas: “vilãs ou mocinhas”? **Revista Interface**, n 04, p.17-27. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/interface/article/view/355>. Acesso em 08 abr. 2024.

TOLEDO, Luís Gonzaga de.; NICOLELLA, Gilberto. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 181-186, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/kpzVhzFFCk3zxFZVFXPvZG/#>. Acesso em: 12 fev. 2024.

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

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

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

Anexos

ANEXO 1- Certificado de Acreditação INMETRO

ANEXO 2- Certificado CCL INEA

ANEXO 3- Registro fotográfico

ANEXO 4- Cadeias de custódia

ANEXO 5- Laudos analíticos

ANEXO 6- Memória de cálculo IQA