

Relatório Técnico Parcial XII

Revisão 01

Referência: Setembro e Novembro 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 nº 195090
Silvia Lisboa de Araujo**	MSc. Geoquímica Ambiental, bióloga Coordenadora de Projetos projetos@oceanus.bio.br	CRBio nº 96163/02-D
Edson Felipe Souza Ladeira	Químico Responsável Técnico pelas Análises Laboratoriais edson@oceanus.bio.br	CRQ/RJ nº 03155685
Mariana Ribeiro Monteiro	Bióloga Gerente de Laboratório mribeiro@oceanus.bio.br	CRBio nº 91828/02-D
Hamilton Pires Barbosa Mendes	Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, biólogo Gerente Executivo oceanus@oceanus.bio.br	CRBio nº 78165/02-D
Lara Vitória Machado Costa	Oceanógrafa Analista de Projetos Ambientais projetos10@oceanus.bio.br	-
Aíres Vanessa Cavalcante dos Santos	Bióloga Analista de Projetos Ambientais projetos01@oceanus.bio.br	CRBio nº 131476/02-D-
Debora Costa	Supervisora de Logística deboracosta@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).

**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

REGISTRO DE EMISSÕES E REVISÕES

Revisão	Data	Descrição	Autor	Revisor	Aprovação Consórcio- Lagos São João
00	26/12/2024	Emissão original	Lara Costa	Silvia Lisboa	
01	03/02/2025	Revisão	Aíres Cavalcante	Silvia Lisboa	

Índice Geral

1	Introdução	6
2	Objetivo geral	7
3	Objetivos específicos	7
4	Áreas de estudo	8
4.1	Rio Iriry	11
4.2	Rio Jundiá.....	12
4.3	Canal das Corujas	13
4.4	Rio das Ostras	14
5	Metodologia	17
5.1	Pontos amostrais	17
5.2	Atividades de campo.....	19
5.2.1	Amostragem de águas superficiais	19
5.3	Atividades de laboratório.....	21
5.3.1	Parâmetros físicos, químicos	21
5.3.2	Ensaio laboratoriais.....	22
5.4	Análise dos Resultados	23
5.4.1	Obtenção de dados secundários.....	23
5.4.2	Índice de Qualidade de Água (IQA).....	23
5.4.3	Análises estatísticas.....	32
6	Resultados e discussão	33
6.1	Análise físico-química e biológica	33
6.1.1	Precipitação	33
6.1.2	Temperatura	35
6.1.3	Salinidade	36
6.1.4	Condutividade	38
6.1.5	Sólidos totais.....	40
6.1.6	Sólidos dissolvidos totais	42
6.1.7	Turbidez.....	43
6.1.8	pH.....	45
6.1.9	Oxigênio dissolvido	46
6.1.10	DBO.....	48
6.1.11	Fósforo total.....	49
6.1.12	Fosfato.....	51
6.1.13	Nitrogênio total.....	52
6.1.14	Nitrato	53
6.1.15	Coliformes termotolerantes	55
7	Diagnóstico das campanhas de setembro e novembro	57
7.1	Análise dos Componentes Principais (PCA)	59
7.2	Índice de Qualidade da Água (IQA)	63

8 Observações gerais	69
Referências	71
Anexos	77

1 Introdução

A água superficial é de extrema importância, já que é um componente crucial para a formação do ambiente, a saúde ambiental e humana, bem como para vários processos domésticos e industriais (MIRZAEI et al. 2016; EJIGU et al. 2021; NGUYEN; HUYNH, 2022). Entretanto, esse recurso tem sido impactado por distintas atividades antrópicas, como o aumento da urbanização, industrialização e atividades agrícolas (BASHIR et al. 2020). E por consequência de tais atividades, as águas superficiais são impactadas pela ocorrência excessiva de nutrientes, que favorecem processos de eutrofização artificial, além do aporte de matéria orgânica e inúmeros poluentes que têm colocado em risco a qualidade dos ambientes aquáticos (YANG et al. 2008; EJIGU et al. 2021).

Salienta-se que os rios, por conta da sua função de transporte de águas residuais e escoamento agrícola em suas bacias de drenagem, são considerados corpos hídricos mais suscetíveis à contaminação (SINGH; MALIK; SINHA, 2005). Além disso, a qualidade da água desses ambientes aquáticos corresponde aos efeitos agregados de inúmeros aspectos ao longo dos cursos de água, sendo impactada pelas características da bacia hidrográfica (MASSOUD, 2012). Destaca-se ainda que os rios constituem os recursos hídricos essenciais para uso doméstico, industrial e de atividades de irrigação. Logo, é crucial atuar no controle e prevenção de fontes poluidoras como forma de garantir uma gestão hídrica eficaz (SINGH et al. 2004).

À vista disso, o monitoramento ambiental se apresenta como uma ferramenta de grande importância na gestão do meio ambiente, uma vez que permite a obtenção e análise sistemática das informações ambientais, auxiliando assim na tomada de decisão de gestores ambientais (BRASIL, 1981; MORESI, 2001; POZZA; SANTOS, 2015). O estudo ambiental em águas superficiais auxilia na compreensão da evolução da qualidade hídrica, no levantamento de áreas prioritárias para atuar em medidas preventivas e corretivas, no diagnóstico da qualidade para seus usos diversos, fortalecimento de normativas, dentre outros (POZZA; SANTOS, 2015).

Nesse contexto, o monitoramento da qualidade das águas da bacia do rio das Ostras permitirá diagnosticar a qualidade da água na região e propor medidas para a operação e uso sustentável dos recursos hídricos. Além disso, o monitoramento ambiental realizado proporcionará uma melhor compreensão da influência da

salinidade na bacia hidrográfica, um aspecto crucial, uma vez que, segundo a literatura, a influência da maré nessa região se estende até 6 km a montante da foz (CBH Macaé Ostras, 2012).

Diante do exposto, o monitoramento da qualidade das águas da bacia do 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

O presente Estudo de Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Salinidade na Bacia do Rio das Ostras tem como 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 CBH Macaé Ostras.

4 Áreas 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 (Figura 4-1) 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. Além disso, a bacia do rio das Ostras faz fronteira com a Região Hidrográfica Lagos São João (CBH Macaé Ostras, 2024a) e apresenta suas nascentes no complexo de serras isoladas, situadas na região de Cantagalo (JARDIM, 2020). É caracterizada por ter influência de marés sobre os rios, com entrada salina até o trecho em que o Canal 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, são observadas 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 tem um impacto direto 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 (CBH Macaé Ostras, 2012).

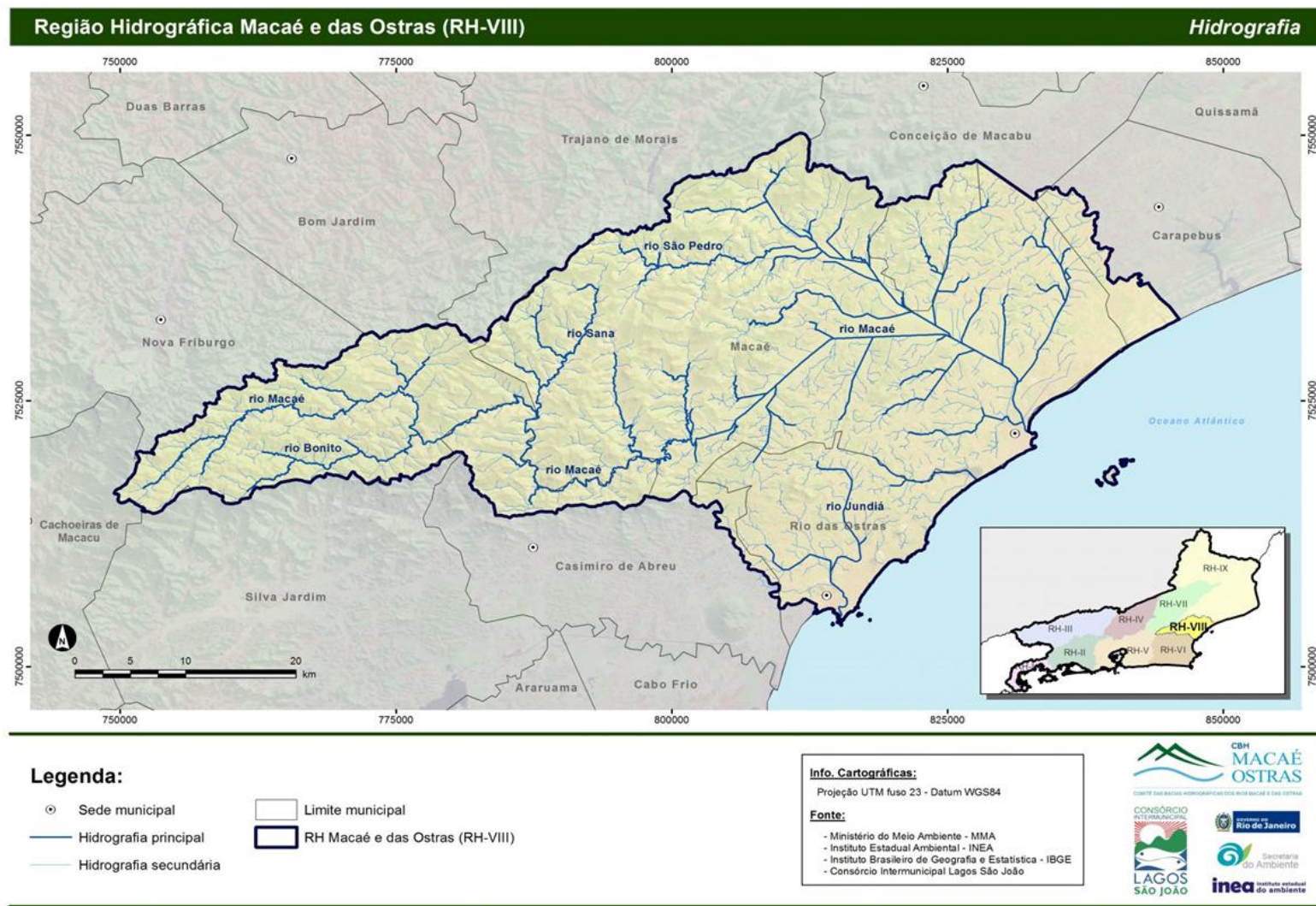
De acordo com a classificação de KÖPPEN (1948), a RH Macaé e das Ostras apresenta clima tropical úmido (Aw) nas porções dos médios e baixos cursos dos seus rios, e clima tropical de altitude com verões quentes (Cwa) na porção dos altos cursos do rio Macaé e de seus afluentes pela margem esquerda. Estudos pretéritos realizados na região demonstram uma temperatura média anual de 23,2°C na parte baixa da RH e 18,1°C na parte alta da RH (CBH Macaé Ostras, 2024a).

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.

O rio das Ostras é um corpo hídrico meandrante, formado pela confluência dos rios Iriry (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 Iriry

O rio Iriry (Figura 4-2) possui cerca de 9,3 km de comprimento e nasce em altitudes superiores a 300 m entre as serras de Jundiá, Seca e Careta em um local devastado (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). 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 Iriry 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, 2006).

Os rios Iriry 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 (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). Nesse local há mangue bem desenvolvido e marca o início de Rio das Ostras (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004).

Figura 4-2. Coleta realizada no afluente do rio Iriry.



4.2 Rio Jundiá

O rio Jundiá (Figura 4-3) nasce a oeste do povoado de Cantagalo entre as serras do Poeta e Careta a 250 m de altitude. Ele apresenta 16,5 km de comprimento e um pouco mais de 4 m de largura. Com características distintas do rio Iriry, o rio Jundiá apresenta leito pedregoso e águas claras (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004). No entanto, esse rio apresenta as margens, na maior parte de sua extensão, sem vegetação, com pontos de erosão. 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 e agricultura (GOMES, 2009). Ademais, Cantagalo tem sofrido impacto da pressão imobiliária que tem gerado ocupação desordenadas em seu território (JARDIM, 2020), o que também pode causar impactos sobre a qualidade das águas desse corpo hídrico. Além dos fatores supracitados, ocorre frequentemente ocupações irregulares nas margens desse rio contribuindo para processos de assoreamento (JARDIM, 2020).

Figura 4-3. Coleta realizada no rio Jundiá.



4.3 Canal das Corujas

O Canal das Corujas (Figura 4-4) 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 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 elevada degradação, o canal apresenta histórico de ocorrência de extravasamentos, o que gera riscos à população da região. Problemas com odores, poluição e enchentes são verificados pela população que mora em torno desse canal (PRIOSTE, 2007).

Figura 4-4. Coleta realizada Canal das Corujas.



4.4 Rio das Ostras

O rio das Ostras nasce da confluência entre os rios Iriry 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 (BIDEGAIN; VÖLCKER, 2004; CILSJ, 2022). 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, com efeitos de remanso que podem chegar a 6 km a partir da foz (CILSJ, 2022).

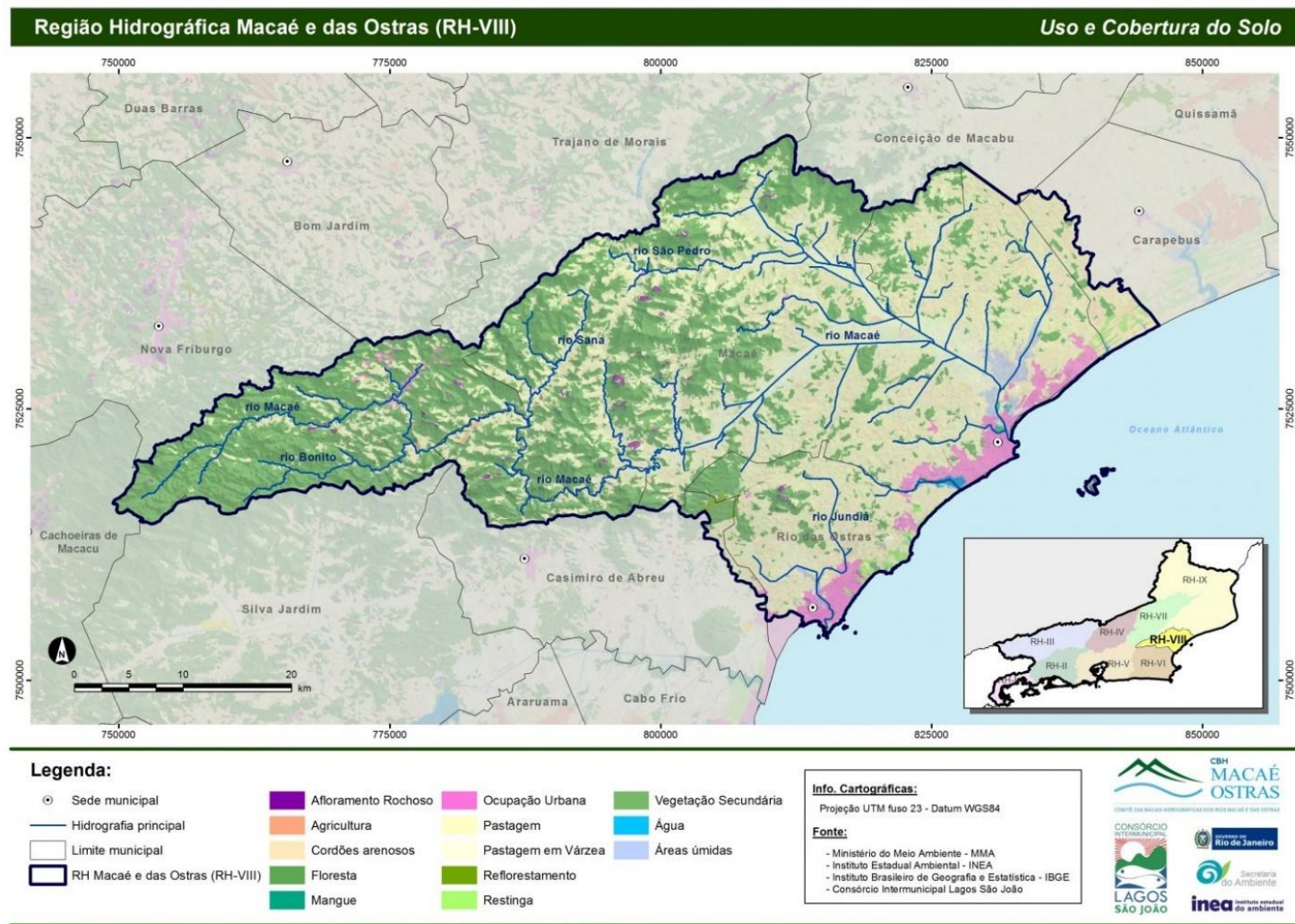
Os trechos do rio situados em áreas urbanas sofrem com diferentes tipos de ocupações, como espontâneas, loteamentos legais e clandestinos. Por conta desses processos, parte do manguezal foi aterrado e a vegetação nativa foi suprimida (GOMES, 2009).

Figura 4-5. Coleta realizada no Rio das Ostras.



No que diz respeito ao uso e à ocupação dos corpos hídricos mencionados anteriormente, destaca-se que o rio Iriry e o rio Jundiá são caracterizados por áreas de pastagem de várzea, trechos com ocupação urbana e presença de vegetação secundária, embora esta última seja pouco significativa. Além disso, por meio de imagens de satélite, é possível observar os processos de assoreamento nos rios, sendo que no rio Iriry também se identificam atividades agrícolas. Quanto ao Canal das Corujas e ao rio das Ostras, esses corpos hídricos são marcados pela urbanização (Figura 4-6). Destaca-se que alguns fatores previamente mencionados podem impactar a qualidade hídrica e auxiliar na compreensão dos resultados das variáveis ambientais analisadas.

Figura 4-6. Uso e cobertura do solo que podem impactar a qualidade hídrica da bacia hidrográfica do rio das Ostras.



Fonte: CBH Macaé Ostras (2024b).

5 Metodologia

5.1 Pontos amostrais

Foram coletadas amostras de água superficial em 7 (sete) pontos distintos na Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras conforme Quadro 5-1 e na Figura 5-1, como apresentado no Termo de Referência. Cabe destacar que os parâmetros salinidade e condutividade foram avaliados na superfície e no fundo da coluna d'água.

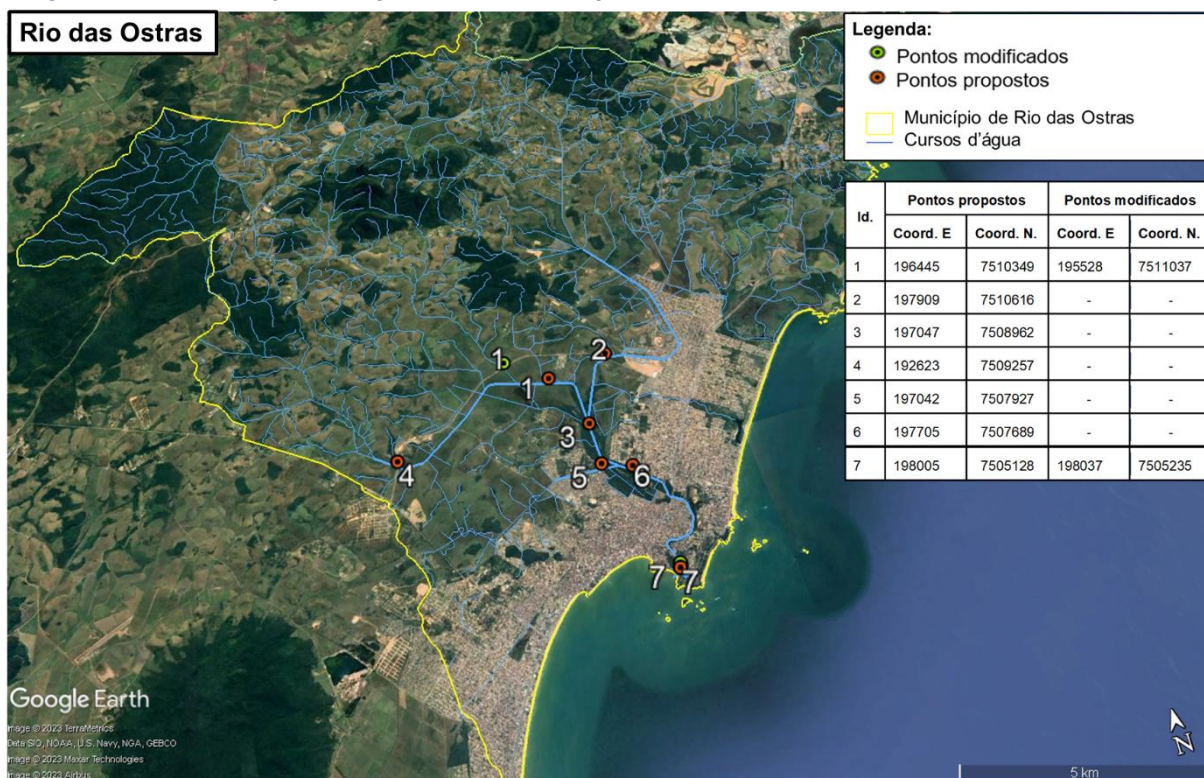
Ressalta-se que, durante o primeiro e segundo ano de monitoramento, 2 pontos foram realocados com anuência da fiscalização. Os pontos realocados são: Ponto 1, alocado para o afluente do rio Iriry devido à falta de acessibilidade na localização original; e Ponto 7, também realocado por falta de acessibilidade até a coordenada original.

Quadro 5-1. Localização dos pontos amostrais segundo suas coordenadas geográficas, referências, profundidade e largura.

Pontos Amostrais	Referência	Coordenadas (UTM)		Largura (Termo de Referência) (m)	Profundidade (setembro) (m)	Profundidade (novembro) (m)
		E	N			
E1*	Afluente do rio Iriry	195528	7511037	8	0,20	0,32
E2	Rio Jundiá, logo a montante de deságue no rio das Ostras	197909	7510616	5	1,30	0,83
E3	Rio das Ostras, logo a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá	197047	7508962	20	1,40	1,30
E4	Rio Iriry, na intersecção com a rodovia Eng° Luiz Gonzaga Quirino Tannus	192623	7509257	12	1,80	0,85
E5	Canal das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras	197042	7507927	30	0,60	0,60
E6	Rio das Ostras, logo a jusante da foz do canal das Corujas	197705	7507689	25	1,40	1,40
E7*	Rio das Ostras, a montante da sua foz, após a área urbana	198037.24	7505235.34	30	0,40	0,40

Legenda: *Pontos E1 e E7 foram realocados.

Figura 5-1. Localização dos pontos de coleta para monitoramento e as coordenadas em UTM.



5.2 Atividades de campo

5.2.1 Amostragem de águas superficiais

As campanhas do quarto quadrimestre foram realizadas nos dias 02/09/2024 e 04/11/2024, 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 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 5-2.

Figura 5-2. Figura ilustrativa da utilização do balde de plástico e sonda multiparâmetro.



Fonte: Arquivo Oceanus.

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).

5.3 Atividades de laboratório

5.3.1 Parâmetros físicos, químicos

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 5-2, cujos laudos laboratoriais podem ser encontrados no ANEXO 5.

Quadro 5-2. 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	

Os resultados obtidos, através das análises dos parâmetros acima descritos, foram avaliados de acordo com as normativas estabelecidas pela Resolução CONAMA n° 357/2005, para águas doces de Classe 2. Segundo a normativa supracitada, foram consideradas de classe 2 as águas doces que não tiverem aprovados seus respectivos enquadramentos.

Como a região pode sofrer influência do mar e as águas apresentarem concentrações de salinidade superiores a 0,5 ‰ foram utilizados como referência os limites estabelecidos para Classe 1, de águas salobras e salinas.

Destaca-se ainda que a salinidade e a condutividade foram analisadas na superfície e fundo para verificar se há uma estratificação halina da coluna d'água, já que o estuário de rio das Ostras é influenciado pelas marés, que adentra o rio por regimes de micromarés e da intrusão da cunha salina que pode chegar aproximadamente a 6,0 km para o interior do continente, dependendo do volume dos rios e da precipitação (BARROSO; MOLISANI, 2019). Além disso, as análises desses dois parâmetros em diferentes estratos podem indicar os efeitos da pluviosidade e dos processos de misturas de águas.

5.3.2 Ensaios laboratoriais

As metodologias das coletas e análises físico-químicas e microbiológicas, descritas no Quadro 5-3, estão de acordo com os requisitos estipulados pela Norma ABNT NBR ISO/IE, em especial a norma revisada NIT-DICLA-057 e pelas Instruções de Segurança na Manipulação de Reagentes e Soluções:

- *Standards Methods for Examination of Water and Wastewater*, 23^a 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 5-3. 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 Totais	mg/L	SMWW 2540 B

Parâmetro	Unidade	Metodologia de Referência
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	SMWW, 23 ^a Edição, Método 2540 C
Temperatura	°C	SMWW 2550B
Turbidez	UNT	SMWW 2130B

5.4 Análise dos Resultados

5.4.1 Obtenção de dados secundários

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). Devido a influência da maré nos pontos coletados, os parâmetros também foram analisados considerando a salinidade obtida na amostra no momento da coleta.

Além desta comparação, foi realizada a comparação com dados pretéritos do corpo hídrico analisado, com outros trabalhos de monitoramento correlatos, teses, dissertações e artigos científicos em uma análise crítica das informações adquiridas no monitoramento específico. Dentre os documentos consultados estão presentes os relatórios de qualidade de água produzidos pelo Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA), o Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e das Ostras, além dos artigos e documentos encontrados pelo método de busca.

Os dados foram analisados de maneira integrada, levando em consideração o entorno dos pontos selecionados, a precipitação durante os períodos de coleta a partir de dados oficiais do INMET (2023) para a estação de Macaé (CEMADEM – A608). Também foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA), que foi mais bem detalhado no item 4.4.2.

5.4.2 Índice de Qualidade de Água (IQA)

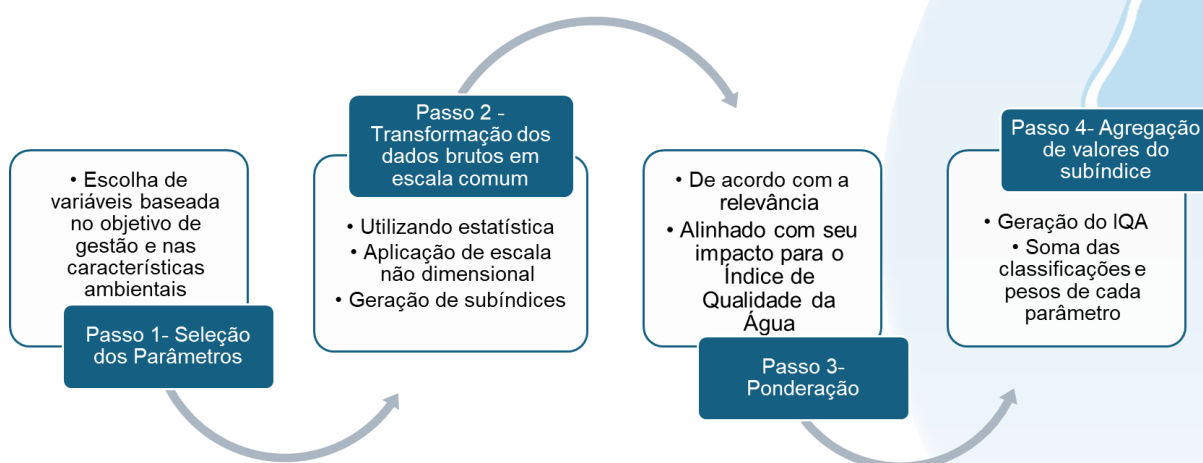
A gestão da qualidade hídrica necessita de análises de vários dados de qualidade da água, que muitas vezes podem ser complexos de avaliar e sintetizar (UDDIN; NASH; OLBERT, 2021). Nesse sentido, uma série de ferramentas foram elaboradas como forma de avaliar de forma holística os dados de qualidade da água, e uma dessas ferramentas é o Índice de Qualidade de Água (IQA) (UDDIN; NASH; OLBERT, 2021). Esse índice geralmente é utilizado por gestores e agências de

gerenciamento/abastecimento, pois permite a visualização dos dados de fácil compreensão e disseminação para a sociedade, além de fornecer subsídios para a modificação de políticas ambientais (TYAGI et al. 2013; UDDIN; NASH; OLBERT, 2021).

O Índice de Qualidade de Água é um instrumento matemático utilizado para transformar uma grande quantidade de resultados, referentes às características da água, em um único número que corresponde ao nível de qualidade hídrica. A utilização desse método é considerada uma prática simples, já que permite a categorização da qualidade da água (SÁNCHEZ, 2007).

O IQA usualmente abarca quatro processos ou componentes. O primeiro refere-se à seleção das variáveis ambientais. O segundo corresponde à análise de cada parâmetro e conversão em um subíndice adimensional de valor único. Já o terceiro é o fator de ponderação de cada parâmetro de qualidade da água e o quarto diz respeito ao índice final de qualidade, que apresenta um valor único, calculado através da função de agregação usando os subíndices e fatores de ponderação para todos os parâmetros selecionados (UDDIN; NASH; OLBERT, 2021). As etapas previamente mencionadas para o desenvolvimento e elaboração do IQA estão apresentadas de forma resumida no esquema abaixo (Figura 5-3).

Figura 5-3. Esquema das etapas do desenvolvimento do IQA.



Fonte: Adaptado de Chidiac et al. (2023).

No atual monitoramento ambiental referente ao “Estudo de Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Salinidade na Bacia do Rio das Ostras”, são utilizados dois índices: o IQA desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e o IQA da *National Sanitation Foundation* (NSF) (Quadro 5-4), método utilizado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Comparar essas duas metodologias (IQA_{CETESB} e IQA_{NSF}) tem como objetivo compreender como os resultados se distribuem nas categorias de classificação da qualidade da água, considerando que existem diferenças nas faixas de classificação, algumas mais restritivas e outras menos restritivas. Além disso, pretende-se analisar como as diferenças nas variáveis selecionadas por cada metodologia podem impactar os resultados obtidos. Essas informações servirão para subsidiar a tomada de decisão dos gestores ambientais e promover uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos. A diferença de cada método e demais caracterizações estão descritas nos tópicos a seguir.

Quadro 5-4. Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA_{NSF} 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

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 5-4. 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:

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

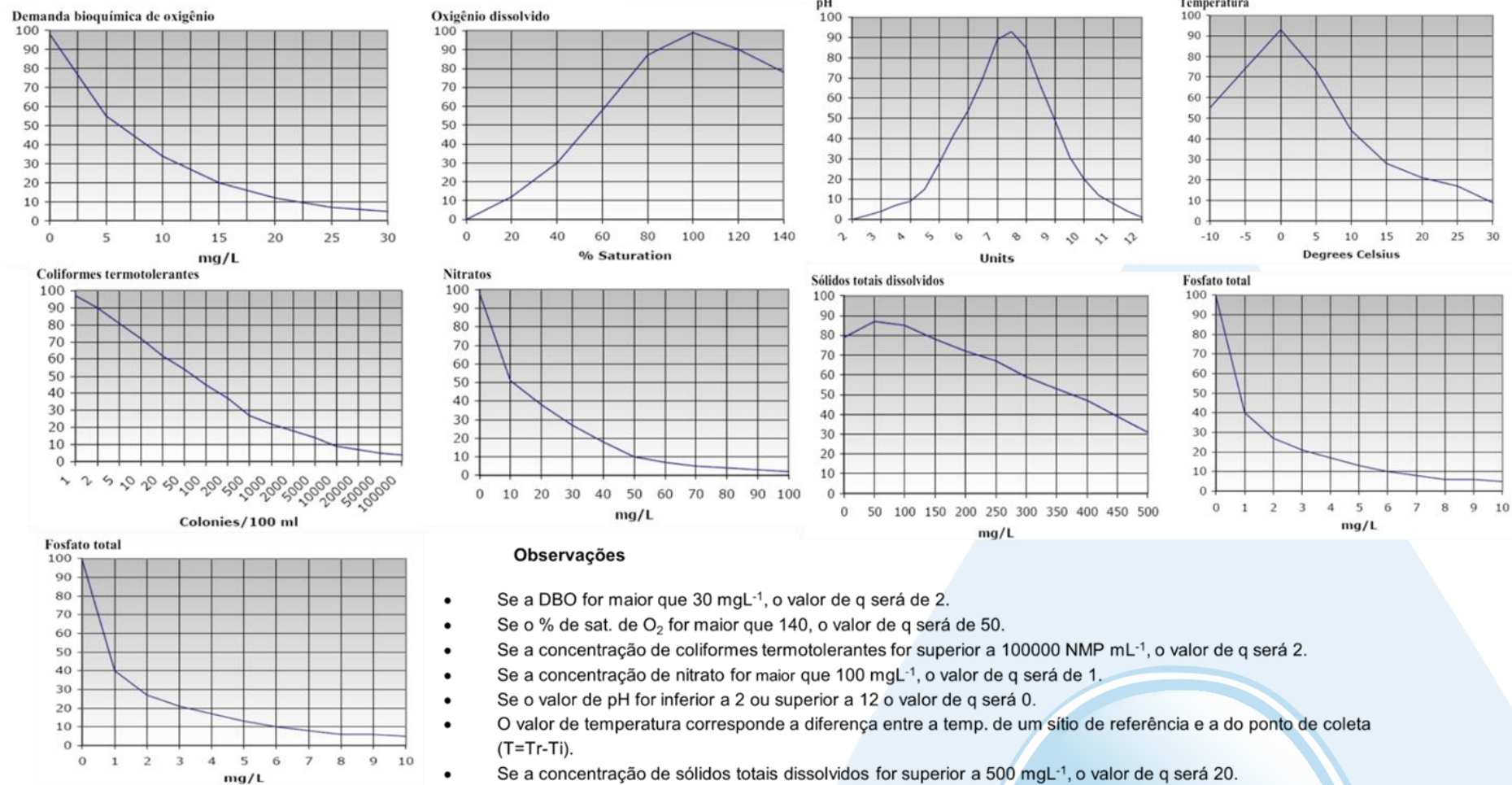
Sendo:

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 5-4. Curvas de avaliação de qualidade dos parâmetros que compõem o IQA_{NSF} .



Fonte: INEA (2019).

O Quadro 5-5 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 5-5. Faixas de classificação do IQA_{NSF}.

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	$25 > IQA \geq 0$	

5.4.2.1 IQA - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)

O IQA_{CETESB} foi elaborado e adaptado a partir do IQA_{NSF} em 1975 (ANA, 2024). E anos depois, outros Estados brasileiros, como, por exemplo, Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Norte adotaram também essa metodologia (PROGRAMA ÁGUA AZUL, 2016; INEMA, 2016; CPRH, 2024), além de ser utilizado em inúmeros estudos científicos (LEITÃO et al. 2015; ANDRIETTI et al. 2016; DE SOUZA et al. 2021; THOMAZ et al. 2023).

O IQA_{CETESB} abrange nove variáveis ambientais que são consideradas relevantes para a avaliação da qualidade hídrica, tendo como enfoque principal o seu uso no abastecimento público, após o tratamento (CETESB, 2017; ANA, 2024). Nesse sentido, cabe destacar que no IQA_{NSF}, são contemplados coliformes termotolerantes, DBO, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, turbidez, fosfato total, nitratos, e sólidos dissolvidos totais (INEA, 2019). Enquanto no IQA_{CETESB} são considerados coliformes termotolerantes, DBO, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, turbidez, fósforo total, nitrogênio total, e resíduo total (ANA, 2024).

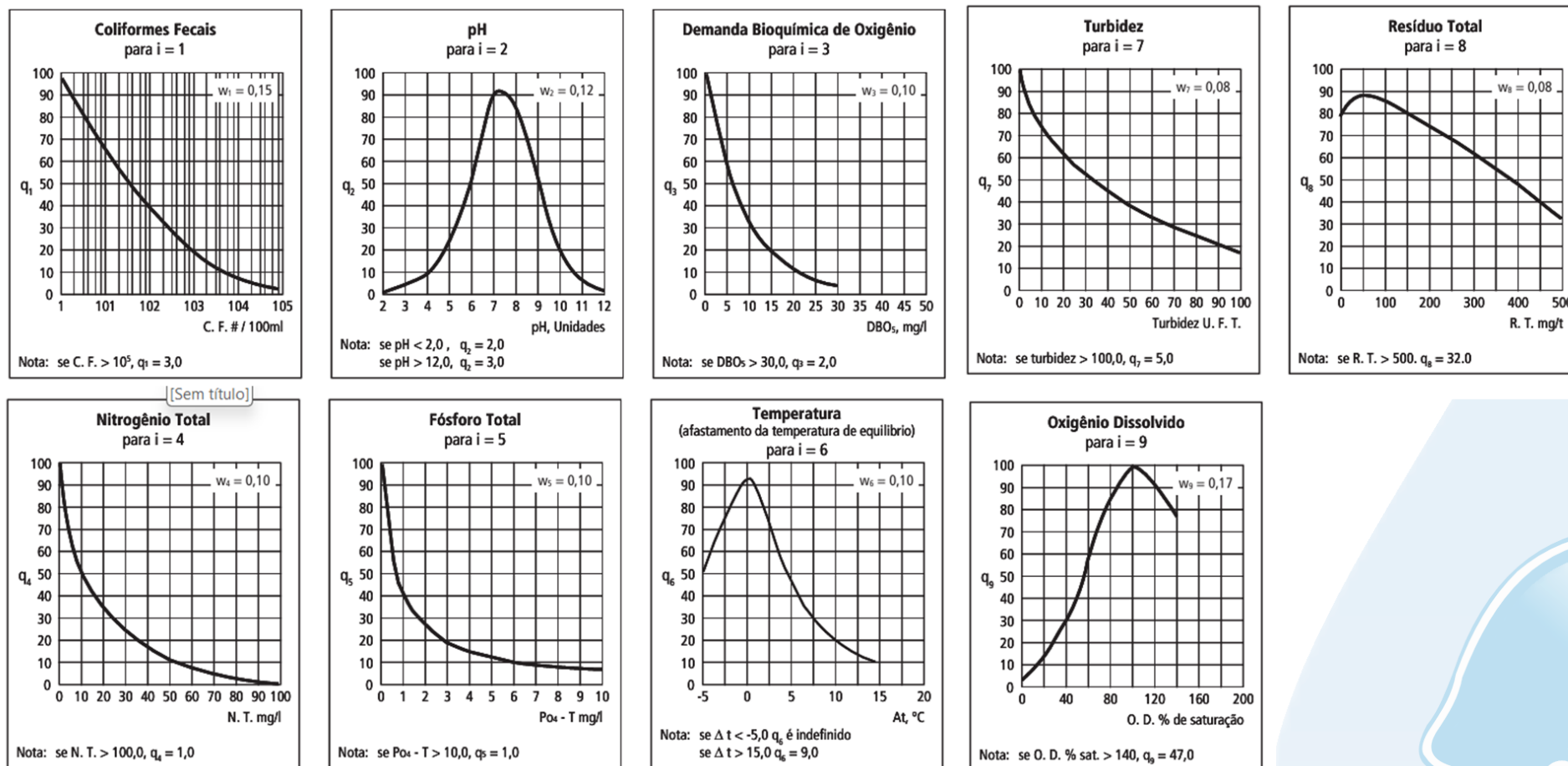
Os parâmetros previamente mencionados do IQA_{CETESB} e seus respectivos pesos estão apresentados no Quadro 5-6 e a Figura 5-5 apresenta a curva de variação de qualidade da água de cada parâmetro. Ressalta-se que a fórmula utilizada para o cálculo do IQA_{CETESB} é a mesma do IQA_{NSF}, a distinção ocorre somente para os pesos utilizados e parâmetros selecionados em cada método.

Quadro 5-6. Parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA_{CETESB} e respectivos pesos.

Parâmetro de Qualidade da Água	Unidade de medida	Peso (W)
Oxigênio dissolvido (OD)	% de Saturação	0,17
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	-	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg/L O ₂	0,10
Temperatura da água	°C	0,10
Nitrogênio total	mg/L	0,10
Fósforo total	mg/L	0,10
Turbidez	UNT	0,08
Resíduo total	mg/L	0,08

Fonte: CETESB (2017).

Figura 5-5. Curvas de avaliação de qualidade dos parâmetros que compõem o IQA_{CETESB}.



Fonte: CETESB (2017).

A partir do cálculo do IQA efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, conforme apresentado no Quadro 5-7.

Quadro 5-7. Faixas de classificação do IQA_{CETESB}.

Categoria de Resultados	IQA	Significado
Ótima	$79 < \text{IQA} \leq 100$	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
Boa	$51 < \text{IQA} \leq 79$	
Regular	$36 < \text{IQA} \leq 51$	
Ruim	$19 < \text{IQA} \leq 36$	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
Péssima	$\text{IQA} \leq 19$	

Fonte: CETESB (2017).

Verifica-se uma distinção na faixa de classificação entre o IQA_{CETESB} (Quadro 5-7) e o IQA_{NSF} (Quadro 5-5). O IQA_{CETESB} apresenta maior amplitude, com faixas mais largas, na categoria de resultados boa e ótima, enquanto o IQA_{NSF} para essas classificações dispõe de faixas mais restritivas (WANICK et al. 2011).

Salienta-se que no monitoramento ambiental foi realizado o cálculo dos dois índices detalhados previamente, com seus respectivos pesos e classificações de referência. Uma diferença importante entre eles é que o IQA_{NSF} apresenta maior restrição nas categorias que indicam a qualidade da água, com intervalos de valores mais baixos. Entretanto, a principal diferença foi na seleção das variáveis ambientais. De maneira geral, os parâmetros são semelhantes, mas o IQA_{NSF} inclui sólidos dissolvidos totais, fosfato total e nitratos, enquanto o IQA_{CETESB} avalia resíduo total, fósforo total e nitrogênio total (INEA, 2019; ANA, 2024).

Um fator importante do IQA, considerando os dois métodos, é que embora a avaliação da qualidade da água pelo índice de IQA seja amplamente utilizada, essa ferramenta apresenta limitações, já que sua análise não contempla alguns parâmetros importantes para o abastecimento público, como por exemplo, metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos, protozoários patogênicos e compostos capazes de alterar as características organolépticas da água (ANA, 2024).

Para avaliar a evolução do IQA ao longo do monitoramento, foi realizada a comparação entre o IQA calculado da campanha com os IQAs do último ano de

monitoramento realizado, bem como os resultados apresentados nos boletins disponibilizados pelo INEA. A taxa de mudança no valor do IQA está apresentada em porcentagem.

5.4.3 Análises estatísticas

Com o objetivo de avaliar e entender quais são os principais parâmetros que contribuem para a qualidade da água, a avaliação conta com uma Análise de Componentes Principais, do inglês *Principal Component Analysis* (PCA).

A PCA é uma ferramenta utilizada na análise de dados que permite a transformação de variáveis em um conjunto de componentes principais (SILVA, RAMOS; ANDRADE, 2018). Essa ferramenta é uma técnica estatística de análise multivariada que tem por característica verificar padrões de dados em que sua expressão através de fatores pode se apresentar por semelhanças ou diferenças (SILVA, RAMOS; ANDRADE, 2018). Além disso, a PCA é conhecida pela diminuição da quantidade de dados com a menor perda possível das informações (HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JUNIOR, 2015).

Nas análises dos dados é necessário avaliar a aplicabilidade do método da PCA. Para tal, foram utilizados os testes estatísticos de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de Esfericidade de Bartlett (OLINTO, 2007). Para conferir a adequação da PCA, é realizada uma análise de matriz de correlações por meio do teste de Bartlett, em que o requisito é que as variáveis apresentem normalidade (PRADO et al. 2016). E consiste em testar a hipótese nula, na qual a matriz de correlações é similar à matriz de identidade. No teste de Bartlett, o resultado igual ou menor a 0,05 demonstra que os dados produzem uma matriz de identidade, desta forma, o modelo fatorial é adequado para a realização da análise de dados (OLINTO, 2007; PRADO et al. 2016).

Já o teste KMO apresenta a proporção da variância que os indicadores demonstram em comum, sendo considerados valores razoáveis de KMO entre 0,6 e 0,7, já entre 0,7 e 0,8 são avaliados como um KMO médio, e um resultado entre 0,8 e 0,9 indica um KMO bom e com valores acima de 0,9 o KMO é considerado muito bom (DINI et al. 2014).

Os testes de Bartlett e KMO foram executados no software Jamovi versão 2.3.21 e a PCA, no *Paleontological Statistics* (PAST) na versão 4.03.

6 Resultados e discussão

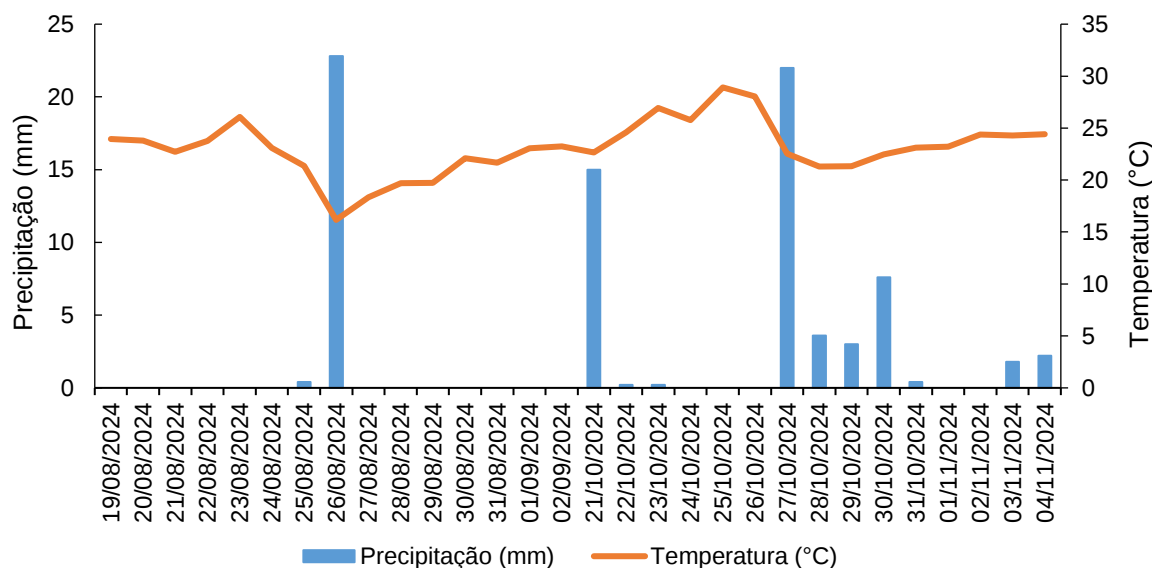
6.1 Análise físico-química e biológica

6.1.1 Precipitação

A precipitação e a temperatura nos quinze dias que antecederam a coleta de setembro de 2024 indicaram uma média de temperatura de 21,9°C e precipitação acumulada de 23,2 mm (Figura 6-1), sugerindo valores de chuva moderada (15 mm a 25 mm), segundo estudos prévios que descrevem a classificação do INMET (SILVA; FRANCA, 2021). Já na campanha de novembro de 2024, a média da temperatura foi de 24,3°C e a pluviosidade acumulada foi de 56,0 mm, o que indica uma chuva extrema (>50 mm) (SILVA; FRANCA, 2021).

Destaca-se que as variáveis físico-químicas e microbiológicas analisadas, além de apresentarem relações, também podem ser influenciadas pela precipitação, conforme será discutido nos tópicos de cada corpo hídrico.

Figura 6-1. Precipitação acumulada e temperatura média nos quinze dias anteriores às coletas dos dias 02/09/2024 e 04/11/2024.



Os resultados obtidos para as campanhas de setembro e novembro de 2024 e os respectivos limites de cada parâmetro contemplado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 podem ser vistos nas Tabela 6-1.

Tabela 6-1. Resultados dos parâmetros analisados para a coletas dos dias 02/09/2024 e 04/11/2024.

Estações amostrais	Data de coleta	Profundidade	Salinidade (‰)	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos (mg/L)	Turbidez (UNT)	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	02/09/2024	Sup	0,07	148,0	168,0	66,5	66,90	6,51	21,71	1,33	45,0	0,07	N.D	1,3	0,23	920,0
	04/11/2024	Fun	0,08	172,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E2	02/09/2024	Sup	0,07	166,0	168,0	83,0	18,10	6,27	26,30	1,80	15,0	0,03	N.D	1,4	0,44	94,0
	04/11/2024	Fun	0,02	231,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E3	02/09/2024	Sup	0,26	531,0	300,0	246,3	35,90	6,33	23,04	1,28	30,0	0,06	0,18	1,2	0,70	540,0
	04/11/2024	Fun	0,25	529,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E4	02/09/2024	Sup	0,31	683,1	430,0	365,9	7,70	6,16	26,10	2,10	23,0	0,09	N.D	1,1	0,08	>1600,0
	04/11/2024	Fun	0,38	701,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E5	02/09/2024	Sup	7,38	11720,0	29248,0	29246,0	18,19	7,77	24,60	3,11	9,0	0,41	0,14	2,1	0,19	920,0
	04/11/2024	Fun	7,68	12160,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E6	02/09/2024	Sup	1,13	2222,0	1230,0	1116,0	23,90	6,93	27,70	1,14	8,0	0,15	N.D	1,1	0,14	240,0
	04/11/2024	Fun	0,92	2075,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E7	02/09/2024	Sup	0,11	227,0	111,0	75,7	31,10	7,51	22,92	1,21	31,0	< 0,01	N.D	0,4	0,21	920,0
	04/11/2024	Fun	0,08	168,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E8	02/09/2024	Sup	0,07	182,8	160,0	91,4	91,10	6,31	26,00	1,82	21,0	0,03	N.D	0,5	0,07	920,0
	04/11/2024	Fun	0,09	176,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E9	02/09/2024	Sup	3,32	6129,0	3666,0	3661,0	18,79	7,39	25,50	1,22	47,0	1,96	5,42	16,1	0,12	>1600,0
	04/11/2024	Fun	3,33	6137,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E10	02/09/2024	Sup	1,76	3397,0	1828,0	1698,5	36,20	7,54	26,30	3,06	38,0	1,61	N.D	13,7	0,09	>1600,0
	04/11/2024	Fun	2,38	3410,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E11	02/09/2024	Sup	36,71	50530,0	6820,0	6783,0	26,70	7,60	24,80	5,82	34,0	0,28	0,27	9,3	0,46	>1600,0
	04/11/2024	Fun	38,09	52200,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E12	02/09/2024	Sup	14,32	23750,0	16912,0	16625,0	23,10	7,51	28,45	3,05	22,0	0,63	N.D	1,4	0,44	>1600,0
	04/11/2024	Fun	13,82	23480,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E13	02/09/2024	Sup	37,98	57025,0	33780,0	33775,0	9,07	8,02	23,96	4,46	7,0	0,06	0,10	1,1	0,18	540,0
	04/11/2024	Fun	37,99	57030,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E14	02/09/2024	Sup	37,09	55850,0	36181,0	36050,0	19,70	8,13	24,10	4,87	7,0	< 0,01	N.D	1,2	N.D	>1600,0
	04/11/2024	Fun	36,15	51595,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
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	

*Legenda: N.D: Não Detectável.

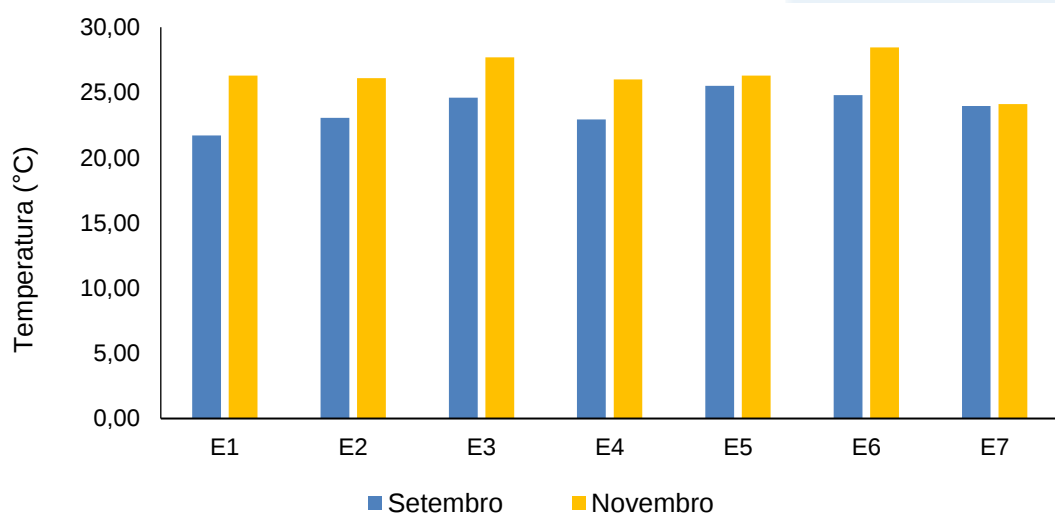
6.1.2 Temperatura

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 da campanha de setembro de 2024 apresentaram variação entre 21,71°C (E1 – afluente do rio Iriry) e 25,50°C (E5 – canal das Corujas). A variação desse parâmetro foi observada, de maneira geral, tanto nas amostras dos pontos E1 a E4, situados na região a montante do rio das Ostras, quanto na região a jusante, onde temperaturas mais elevadas foram registradas nas amostras de E5 e E6 (25,50°C e 24,80°C, respectivamente) (Figura 6-2).

No mês de novembro de 2024, a menor temperatura foi registrada nas águas da foz do rio das Ostras (estação E7 - 24,1°C) e a maior, no rio das Ostras, na região a jusante da foz do canal das Corujas (E6 - 28,5°C). Em relação às campanhas, nota-se que as temperaturas mais elevadas foram observadas na campanha realizada em novembro de 2024.

Figura 6-2. Resultados de temperatura das campanhas realizadas em setembro e novembro 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 registrada na campanha de setembro de 2024 apresentou variação de 0,07‰ em E1 (superfície – afluente do rio Iriry) a 37,99‰ na amostra de E7 (fundo – rio das Ostras). Diante dos resultados, verificou-se que os menores valores desse parâmetro foram detectados nas amostras do rio Iriry (Figura 6-3), ademais, não há grandes diferenças de salinidade registradas na superfície e no fundo dos distintos pontos amostrais (Tabela 6-1).

Considerando os valores de salinidade medidos na campanha de setembro de 2024, nota-se que as águas analisadas nas estações E1 (0,07‰ e 0,08‰), E2 (0,26 ‰ e 0,25‰) e E4 (0,11‰ e 0,08‰), localizadas na região a montante do rio das Ostras, foram equiparadas com os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Já os resultados de E3 (7,38‰ e 7,68‰) e E5 (3,32‰ e 3,33 ‰), localizados no rio das Ostras e no canal das Corujas, ficaram acima de 0,5‰ e abaixo de 30‰, sendo assim, as concentrações dos parâmetros avaliados nessas amostras foram comparadas com os valores máximos estabelecidos pela normativa supracitada para Águas Salobras Classe 1. As amostras de E6 (36,71‰ e 38,09‰) e E7 (37,98‰ e 37,99‰), ambos localizados no rio das Ostras, um a jusante da foz do canal das Corujas (E6) e o outro na foz do rio (E7), apresentaram valores que são categorizados como águas salinas, portanto, os resultados dessas estações foram comparados com os limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salinas Classe 1.

Ao analisar a salinidade registrada na campanha de novembro de 2024, notou-se uma variação de 0,02‰ em E1 (fundo – afluente do rio Iriry) a 37,09‰ na estação E7 (superfície – rio das Ostras). Observa-se que os menores valores desse parâmetro foram detectados nas amostras da região do rio Iriry (E1 e E4) (Figura 6-3).

Assim como na campanha de setembro de 2024, foi observado um padrão semelhante de resultados de salinidade de superfície e fundo na amostragem realizada em novembro de 2024 (Tabela 6-1).

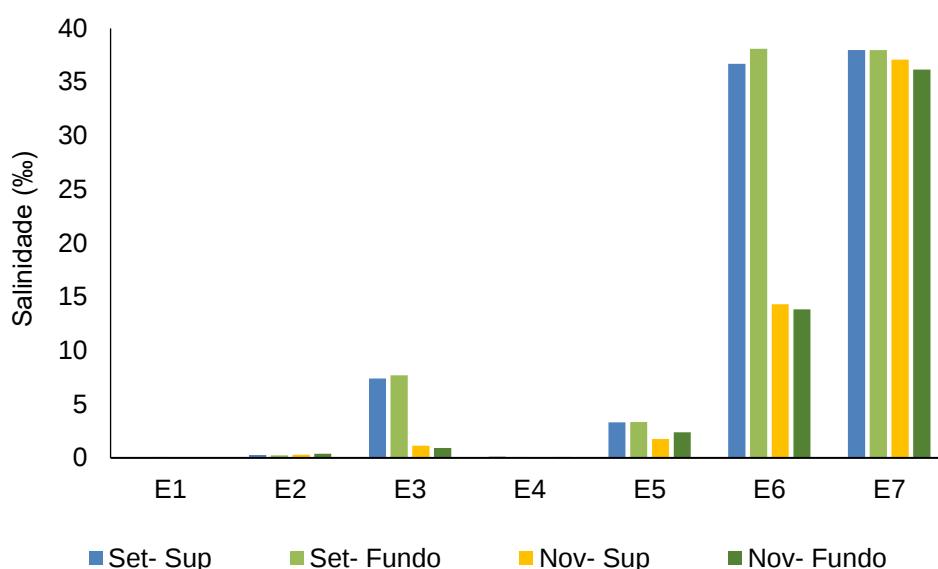
Na campanha de novembro de 2024, as amostras avaliadas dos pontos E1 (0,07‰ e 0,02‰), E2 (0,31 ‰ e 0,38‰) e E4 (0,07‰ e 0,09‰), localizados no afluente do rio Iriry e nele próprio (E1 e E4) e rio Jundiá (E2), foram comparadas com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2. Já as águas das estações E3 (1,13‰ e 0,92‰), localizada no rio das Ostras, a jusante da confluência dos rios Iriry e Jundiá, E5 (1,76‰ e 2,38‰), localizada no canal das Corujas, e E6 (14,32‰ e 13,82‰), localizada no rio das Ostras, a jusante da foz do canal das Corujas, foram comparadas com os limites das Águas Salobras Classe 1, de acordo com a normativa de referência. Destaca-se que a estação E7 (37,09‰ e 36,15‰) está situada na foz do rio das Ostras, na região estuarina, e apresenta uma maior influência marinha em relação aos demais pontos amostrais. Desta forma, os resultados dessa estação foram comparados com os limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salinas Classe 1.

Ao comparar os resultados de salinidade observados na estação E6, localizada no rio das Ostras, nota-se que de setembro (36,71‰ e 38,09‰) para novembro (14,32‰ e 13,82‰), houve uma redução expressiva dos valores. No entanto, observa-se que esse padrão se iniciou em E3 (rio das Ostras, a jusante da confluência dos rios Iriry e Jundiá), e seguiu em E5 (canal das Corujas, a montante do seu deságue no rio das Ostras).

Os resultados observados em novembro apresentaram um padrão esperado conforme o regime de maré e a localização dos pontos (Figura 5-1), demonstrando a entrada da cunha salina ao longo do rio das Ostras. Em relação à campanha de setembro, ao considerar a sequência de realização das amostragens, os maiores valores observados podem ser decorrentes da influência da maré de sizígia, uma vez que a amostragem em E5 foi realizada durante a maré enchente, enquanto em E3 ocorreu em horário próximo à preamar, causando o aumento da salinidade devido à entrada da cunha salina. Por fim, a alta salinidade observada em E6, além de estar associada à influência da maré, pode estar relacionada também à baixa precipitação no período da amostragem.

Portanto, a variação de salinidade reportada apresenta uma relação com a ação das marés, uma vez que estuário de rio das Ostras é influenciado pelas marés, que adentram o rio por regimes de micromarés e da intrusão da cunha salina que pode chegar cerca de 6,0 km para o interior do continente, dependendo do volume dos rios e das chuvas (BARROSO; MOLISANI, 2019).

Figura 6-3. Resultados de salinidade das campanhas realizadas em setembro e novembro 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).

Os valores registrados na coleta de setembro de 2024, na superfície, variaram de 148 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nas águas analisadas em E1 (afluente do rio Iriry) a 57025,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na amostra de E7 (foz do rio das Ostras). Os menores valores desse parâmetro foram reportados nas amostras nos pontos localizados a montante da formação do rio das Ostras, e o aumento desse parâmetro é observado em E3 (rio das Ostras), e da estação E5 (canal das Corujas) até E7, na qual foi registrado o maior valor de condutividade. Na campanha de novembro de 2024, nas amostras de superfície, o menor valor de condutividade foi detectado na amostra da estação E4 (182,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$), situada no rio Iriry, e o maior valor reportado de condutividade foi nas águas da

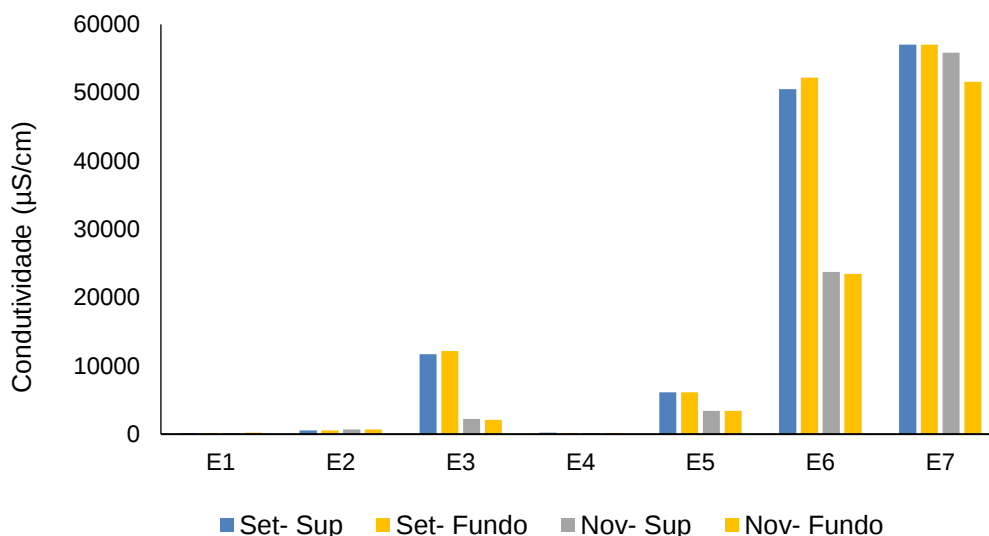
estação E7, localizada na foz do rio das Ostras (55850 $\mu\text{S/cm}$) (Tabela 6-1 e Figura 6-4).

Ao comparar os resultados de condutividade observados na estação E6, localizada no rio das Ostras, nota-se que de setembro (50530 $\mu\text{S/cm}$ e 52200 $\mu\text{S/cm}$) para novembro (23750 $\mu\text{S/cm}$ e 23480 $\mu\text{S/cm}$), houve uma redução notória dos valores. No entanto, da mesma forma que o observado para salinidade, esse padrão se iniciou em E3 (rio das Ostras, a jusante da confluência dos rios Iriry e Jundiá), e seguiu em E5 (canal das Corujas, a montante do seu deságue no rio das Ostras).

Os resultados de condutividade exibiram um padrão similar aos resultados de salinidade, tendo em vista que esse parâmetro é um indicativo da quantidade de sais presentes na coluna d'água (CETESB, 2020). Em se tratando da amostragem de novembro, a variação dos resultados apresentou relação com a localização das estações amostrais (Figura 5-1), e com a entrada da cunha salina ao longo do rio das Ostras, como esperado. Por outro lado, os resultados mais altos da campanha de setembro, considerando a sequência de realização das amostragens, são decorrentes da influência da maré de sizígia, além da baixa precipitação no período amostral.

À vista disso, de maneira geral, as amostras analisadas de superfície e fundo não apresentaram divergências expressivas nos valores de condutividade (Tabela 6-1 e Figura 6-4), o que comprova a relação entre condutividade e salinidade.

Figura 6-4. Resultados de condutividade das campanhas realizadas em setembro e novembro 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).

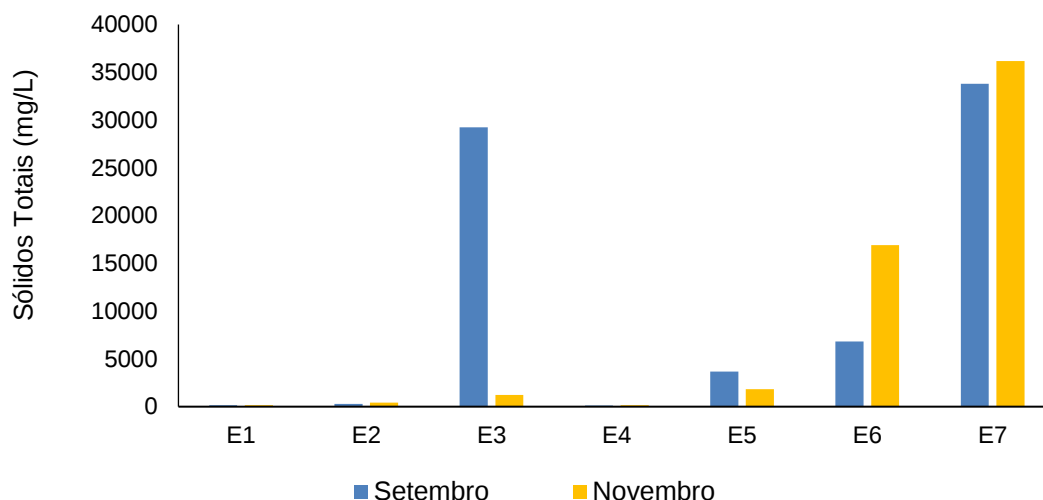
Como esperado, os resultados de sólidos totais apresentaram um padrão similar aos resultados de condutividade e salinidade. A menor concentração desse parâmetro, na campanha de setembro de 2024, foi observada na amostra de E4, ponto localizado no rio Iriry, registrando 111 mg/L (Figura 6-5). Já o maior valor registrado foi de 33780 mg/L nas águas analisadas no ponto E7, localizado na foz do rio das Ostras. O mesmo padrão ocorreu na coleta de novembro de 2024, na qual foi notada a menor concentração na amostra de E4 (160 mg/L) e a maior concentração, nas águas analisadas em E7 (36181 mg/L).

Diante dos resultados obtidos para a amostra de E7 (foz do rio das Ostras) nas duas campanhas de monitoramento realizadas, observa-se a forte influência da área urbana e esses valores são confirmados também por dados históricos de sólidos totais em um monitoramento ambiental realizado na mesma localidade, que registrou valores elevados dessa variável ambiental para as águas situadas na foz do rio (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Além disso, a influência das marés e dos fortes ventos na movimentação das massas favoreceram os resultados obtidos nas águas analisadas na foz do rio das Ostras, em E7, e podem ter influenciado também os resultados na estação E6, localizada no mesmo rio, mas a jusante da foz do canal das Corujas.

Adicionalmente, outra amostra que se destacou, apresentando um aumento abrupto, em comparação às campanhas anteriores, e caracterizando o segundo maior valor na amostragem de setembro, foi a de E3 (29248 mg/L), ponto localizado no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá. Por se tratar de um evento pontual, que foi normalizado na campanha seguinte, torna-se difícil fazer possíveis inferências de sua causa, evidenciando a necessidade da continuidade no monitoramento realizado.

Destaca-se que na Resolução CONAMA nº 357/05 não há limites estabelecidos para esse parâmetro.

Figura 6-5. Resultados de sólidos totais das campanhas realizadas em setembro e novembro de 2024.



6.1.6 Sólidos dissolvidos totais

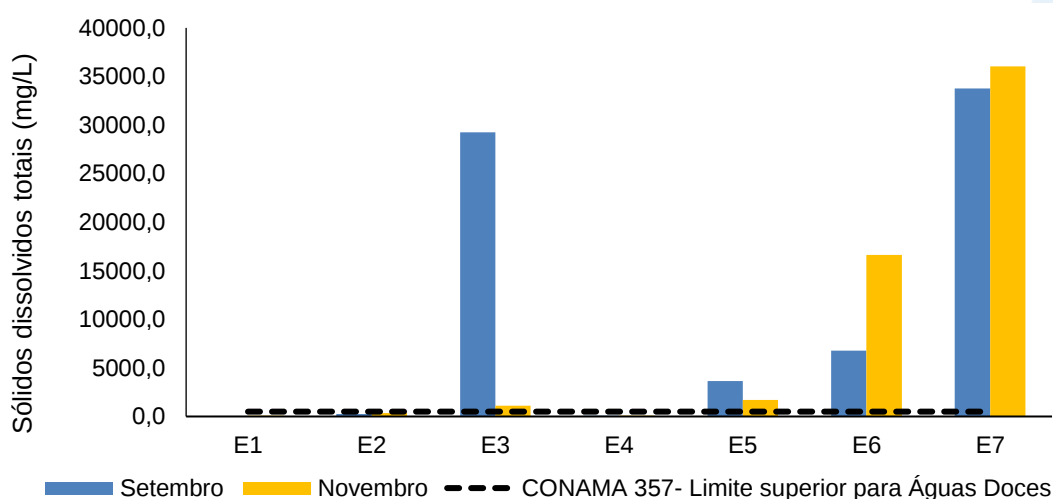
Os sólidos presentes na água são os resíduos que permanecem após diferentes processos, como evaporação, secagem ou calcinação em temperatura e tempo determinados. Esses processos determinam as diferentes frações de sólidos na água, como sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. É importante 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 campanha de setembro de 2024, observou-se que as águas analisadas em E1 (66,5 mg/L), E2 (246,3 mg/L) e E4 (75,7 mg/L), pontos localizados na região a montante do rio das Ostras, apresentaram valores de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (500 mg/L) (Figura 6-6). Na campanha de novembro de 2024, as amostras de E1 (83 mg/L), E2 (365,9 mg/L) e E4 (91,4 mg/L) também registraram concentrações de

sólidos dissolvidos totais que ficaram em conformidade com o valor máximo preconizado pela normativa de referência (Figura 6-6).

Não existem limites de referência para águas salobras e salinas na Resolução CONAMA nº 357/2005 para sólidos dissolvidos totais. Entretanto, nota-se uma alta concentração desse parâmetro nas estações amostrais de E3, E6 e E7, localizadas no rio das Ostras, corroborando os resultados obtidos para condutividade, uma vez que o aumento dessa é decorrente da presença de sólidos dissolvidos na água (CETESB, 2020). Ademais, sugere-se que além das atividades antrópicas, outros fatores ambientais, como a ação de ventos e marés, podem favorecer a movimentação de massas e propiciar o incremento de sólidos dissolvidos no sistema.

Figura 6-6. Resultados de sólidos dissolvidos totais das campanhas realizadas em setembro e novembro 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, a análise das águas da campanha de setembro de 2024 não apresentou um padrão específico para esse parâmetro (Figura 6-7). Verificou-se que o menor valor dessa variável foi obtido nas águas analisadas em E7 (9,07 NTU – foz do rio das Ostras), já o maior valor foi reportado na amostra de E1 (66,9 NTU – afluente do rio Iriry). Já na campanha de novembro de 2024, o menor valor de turbidez foi observado em E2 (7,7 NTU – rio Jundiá), enquanto o maior valor desse parâmetro foi reportado nas águas analisadas em E4 (91,1 NTU – rio Iriry).

Acredita-se que os altos níveis de turbidez na estação E4, que estão acima dos dados históricos do segundo ano de monitoramento, podem ter uma relação com o aumento dos processos erosivos no rio Iriry. De acordo com Gomes (2009), a presença da Rodovia Engenheiro Luiz Gonzaga Quirino Tannus, que atravessa o rio Iriry e o rio Jundiá, na qual foram feitos aterros para a construção da rodovia, favoreceu uma alteração na região, aumentando a declividade e expondo o material que antes estava protegido das ações de fatores climáticos. Dessa forma, com a ocorrência de precipitações intensas, observam-se processos erosivos ao longo da rodovia mencionada. A água carrega partículas para as áreas mais baixas; logo, um dos problemas ambientais do rio está associado ao processo de assoreamento, causado pela remoção da mata ciliar e pelas partículas transportadas pela chuva (GOMES, 2009) (Figura 6-1).

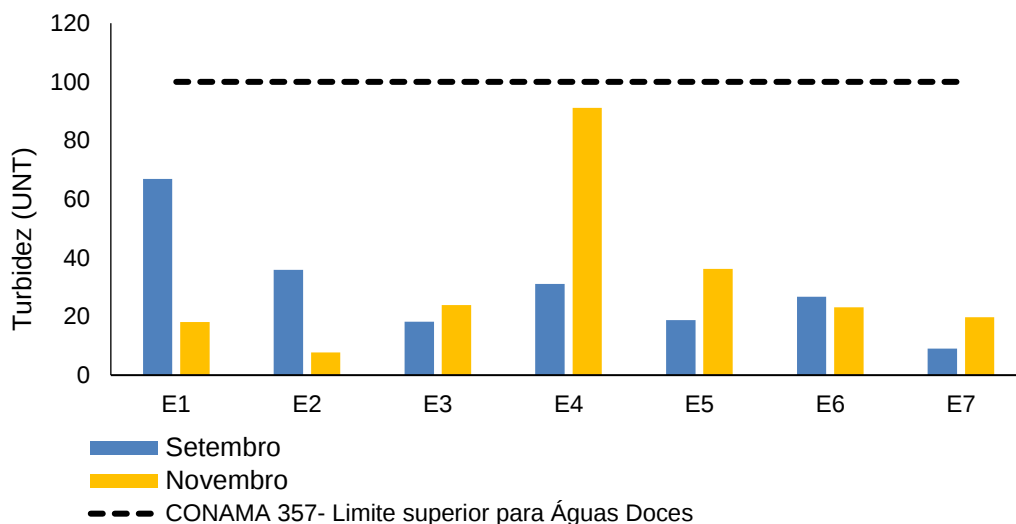
Adicionalmente, o uso e a ocupação do solo nas proximidades da estação E4 também podem estar relacionados aos altos níveis de turbidez observados. Conforme apresentado no ANEXO 3 da atual campanha e das pretéritas, observa-se a ausência de mata ciliar e a dessedentação de animais, uma vez que a área é destinada à pastagem.

No entanto, no que se refere à comparação dos resultados com a Resolução CONAMA nº357/2005, nota-se que todas as amostras classificadas como águas doces atenderam ao limite para Águas Doces Classe 2 (100 NTU). Ressalta-se que para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 não há valores de referência descritos na normativa supracitadas.

Ademais, com base nos resultados do presente monitoramento, foi observado um aumento da turbidez ao longo das campanhas realizadas em comparação aos

dados pretéritos obtidos em 2013, nos quais a variação desse parâmetro foi de 8,4 NTU a 13,10 NTU para as mesmas estações amostradas no presente monitoramento (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). Sendo assim, esses resultados indicam os impactos da erosão dos solos e dos processos de eutrofização, que favorecem o aumento da turbidez.

Figura 6-7. Resultados de turbidez das campanhas realizadas em setembro e novembro 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).

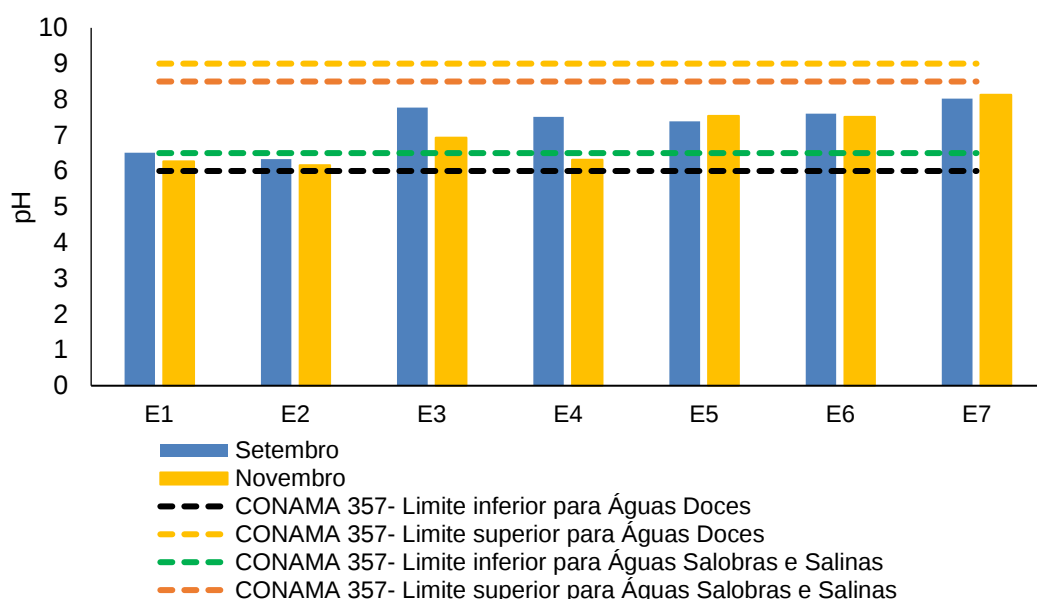
Na campanha de setembro de 2024, foi observada variação do pH entre 6,33 nas águas analisadas no rio Jundiá (E2) a 8,02 na amostra da foz do rio das Ostras (E7) (Figura 6-8). Já na amostragem realizada em novembro de 2024, o menor valor de pH foi observado em E2 (6,16 – rio Jundiá) e o maior foi registrado nas águas de E7 (8,13 – Rio das Ostras).

No que se refere aos limites descritos na Resolução CONAMA nº 357/2005, evidencia-se que todas as amostras, em ambas as campanhas, estão em

consonância com os valores de referência para Águas Doces Classe 2 (pH entre 6 e 9) e para Águas Salobras e Salinas Classe 1 (pH entre 6,5 e 8,5).

Os resultados observados podem estar atrelados às contribuições de água doce e marinha, uma vez que uma contribuição maior de água doce tende a diminuir o pH por apresentar menor salinidade e, provavelmente, conter maior contribuição de compostos húmicos.

Figura 6-8. Resultados de pH das campanhas realizadas em setembro e novembro 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).

A concentração de oxigênio dissolvido na campanha de setembro de 2024 apresentou uma variação de 1,21 mg/L nas águas analisadas em E4, no rio Iriry, a 5,82 mg/L na amostra de E6, no rio das Ostras (Figura 6-9). Quando comparados os valores obtidos com a Resolução CONAMA nº 357/2005, observa-se que para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L), Águas Salinas Classe 1 (>6 mg/L) e Águas Salobras

Classe 1 (>5 mg/L), nenhuma amostra de setembro de 2024 apresentou concentrações de OD que atingiram a concentração mínima estipulada pela normativa de referência.

Na campanha de novembro de 2024, a variação desse parâmetro foi de 1,14 mg/L na amostra de E3 (rio das Ostras) a 4,87 mg/L nas águas analisadas em E7 (foz do rio das Ostras). De forma semelhante à campanha de setembro de 2024, todas as amostras avaliadas em novembro de 2024 apresentaram baixos resultados de OD, estando em não conformidade com o estipulado para Águas Doces Classe 2 (>5 mg/L), Águas Salinas Classe 1 (>6 mg/L) e Águas Salobras Classe 1 (>5 mg/L).

Os resultados encontrados reforçam a carga elevada de matéria orgânica nas águas nos diferentes corpos hídricos monitorados, evidenciando a degradação das águas dos pontos amostrais. Historicamente as águas dessas estações amostrais já apresentavam valores de oxigênio dissolvido variando entre 4,1 e 4,8 mg/L (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012). No entanto, os resultados de OD do presente estudo ambiental revelam a necessidade de ações para a melhoria da qualidade hídrica.

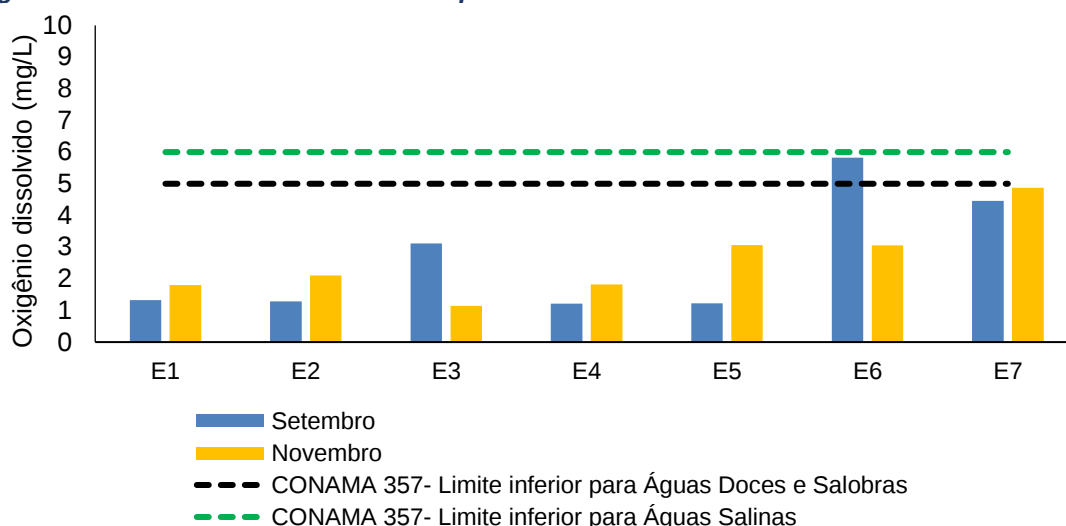
Destaca-se também que um estudo realizado por Regina e colaboradores (2021) na bacia hidrográfica do Rio das Ostras contém um ponto de coleta próximo à estação E2 deste estudo ambiental, localizada no rio Jundiá. Os autores indicam que as águas dessa localidade recebem o lançamento de águas residuais sem tratamento, uma vez que é uma área afetada por invasões e processos de favelização, onde o descarte de efluentes é feito diretamente no rio. Esses fatores podem estar relacionados aos resultados de oxigênio dissolvido (OD) observados nas águas de E2.

Um outro fator importante é que os baixos valores de OD detectados nas águas de E1 (1,33 mg/L – setembro e 1,8 mg/L – novembro – afluente do rio Iriry), E2 (1,28 mg/L – setembro – rio Jundiá), E3 (1,14 mg/L – novembro – rio das Ostras), E4 (1,21 mg/L – setembro e 1,82 mg/L – novembro – rio Iriry) e E5 (1,22 mg/L – setembro – canal das Corujas) servem como um fator de atenção, uma vez que valores de OD inferiores a 2 mg/L podem levar a uma condição de hipoxia, ou seja, uma redução dos níveis de OD na água, que pode culminar na morte de peixes por desequilíbrio na oxigenação (CETESB, 2023).

Ainda nesse contexto, observa-se a ocorrência de macrófitas aquáticas nas águas analisadas no rio Jundiá (E2), conforme pode ser observado no ANEXO 3. A

presença de macrófitas no ambiente aquático indica a eutrofização do ambiente, e assim, o aumento da biomassa dessas plantas propicia a redução de outros organismos fotossintetizantes, levando, conseqüentemente, à diminuição do oxigênio dissolvido, favorecendo a via anaeróbica (PEREIRA, 2017).

Figura 6-9. Resultados de OD das campanhas realizadas setembro e novembro de 2024.



6.1.10 DBO

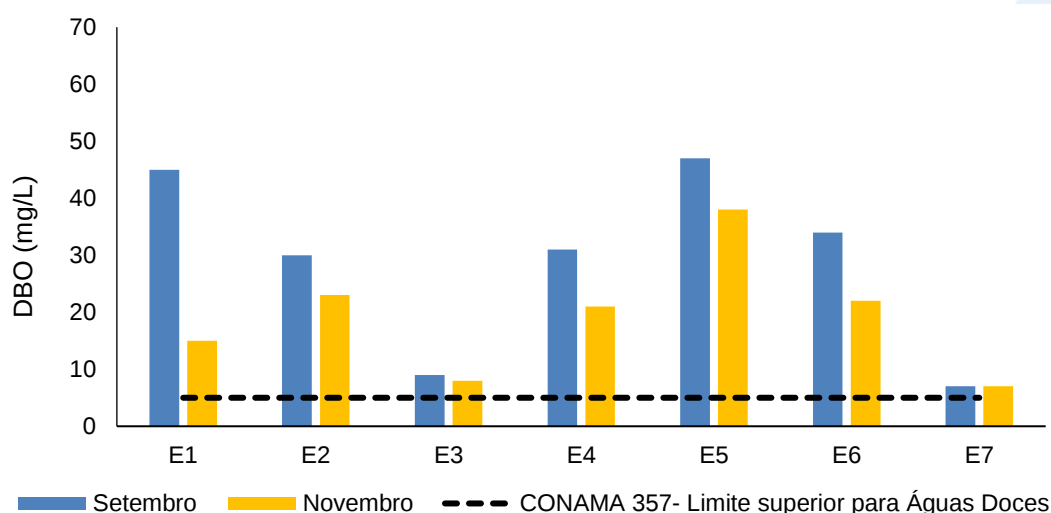
A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é definida como a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos na degradação de compostos orgânicos. Sob a ótica da qualidade da água, a DBO é uma importante variável indicadora de poluição por resíduos orgânicos, uma vez que quanto maior a DBO (i.e., mais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

No que se refere à DBO, na campanha de setembro de 2024, foram detectados valores entre 7,0 mg/L nas águas analisadas em E7, na foz do rio das Ostras, a 47,0 mg/L na amostra de E5, no canal das Corujas. Na campanha de novembro de 2024, a variação desse parâmetro foi de 7,0 mg/L na amostra de E7 a 38,0 mg/L nas águas analisadas em E5. Diante dos resultados das duas campanhas de monitoramento do sétimo quadrimestre, nota-se a relação inversamente proporcional entre DBO e OD, já que em todas as amostras dessa amostragem foram observadas baixas concentrações de OD e altos valores de DBO (Figura 6-10).

Destaca-se que todas as amostras classificadas como águas doces da campanha de setembro e novembro de 2024 apresentaram concentrações dessa variável ambiental acima do valor estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para 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, logo as amostras das estações E5 (canal das Corujas), E6 (rio das Ostras) e E7 (foz do rio das Ostras), das duas campanhas supracitadas, não tiveram comparativo de referência.

Ademais, os valores elevados de DBO e as baixas concentrações de OD sugerem o aporte de efluentes sem tratamento nas águas analisadas nas distintas estações amostrais.

Figura 6-10. Resultados de DBO das campanhas realizadas em setembro e novembro 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).

Ao analisar o nutriente fósforo total na campanha de setembro de 2024, o menor valor desse parâmetro foi registrado nas águas analisadas em E4 ($<0,01$ mg/L – rio Iriry) a 1,96 mg/L na amostra de E5, no canal das Corujas (Figura 6-11). Já na campanha de novembro de 2024, a variação foi de $<0,01$ mg/L nas águas de E7, ponto localizado na foz do rio das Ostras, a 1,61 mg/L na amostra de E5, no canal das Corujas.

Nas campanhas do sétimo quadrimestre, as estações amostrais E1, E2 e E4, situadas na região a montante do rio das Ostras, apresentaram valores em consonância com o valor máximo estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Doces Classe 2 (0,1 mg/L). As amostras de E5 (1,96 mg/L – setembro e 1,61 mg/L – novembro – canal das Corujas) e de E6 (0,63 mg/L – novembro – rio das Ostras) exibiram concentrações que extrapolaram o limite de referência da normativa supracitada, mas para Águas Salobras Classe 1 (0,124 mg/L). Já a amostra de E6 (0,28 mg/L – setembro) exibiu concentração acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Águas Salinas Classe 1 (0,062 mg/L). As demais amostras estavam em conformidade com os limiares delimitados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para os diferentes enquadramentos das águas.

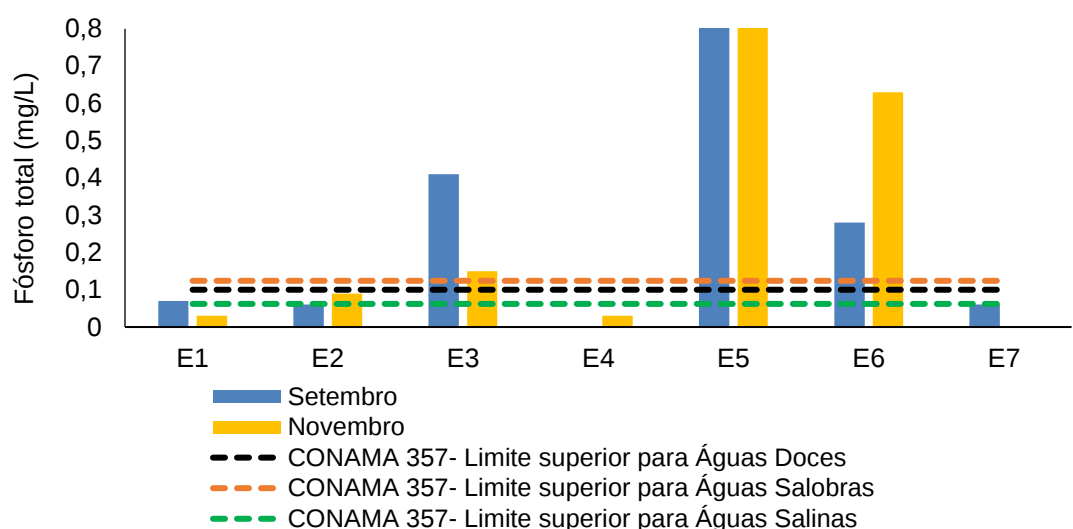
Com base nos resultados apresentados, é evidente que as águas das diferentes estações amostrais estão recebendo uma carga de nutrientes que pode estar associada ao lançamento de esgoto *in natura* nos corpos hídricos. Além disso, é importante destacar que a presença de nutrientes, como o fósforo, combinada com outros fatores ambientais, como as temperaturas elevadas observadas, por exemplo, no canal das Corujas (E5) (Figura 6-2), pode contribuir para o processo de eutrofização no ambiente. Além disso, os altos níveis de fosfato observados na estação E6 provavelmente são decorrentes do impacto observado em E5, já que o ponto E6 está localizado a jusante da confluência com o canal das Corujas.

A eutrofização das águas, resultante do enriquecimento de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, leva ao crescimento exacerbado de algas e macrófitas aquáticas. Um dos principais impactos desse processo é a produção de toxinas por cianobactérias, que podem causar efeitos negativos à biota e à saúde humana, além de reduzir os níveis de oxigênio dissolvido e provocar a mortalidade

de organismos aquáticos (FIGUEIRÊDO et al., 2007; MORAES, 2009; COSTA et al., 2021).

Ademais, as elevadas concentrações de fósforo que estão sendo observadas ao longo do período de monitoramento devem ser um ponto de alerta para futuras campanhas, para verificar se este padrão irá se manter.

Figura 6-11. Resultados de fósforo total das campanhas realizadas em setembro e novembro de 2024.



6.1.12 Fosfato

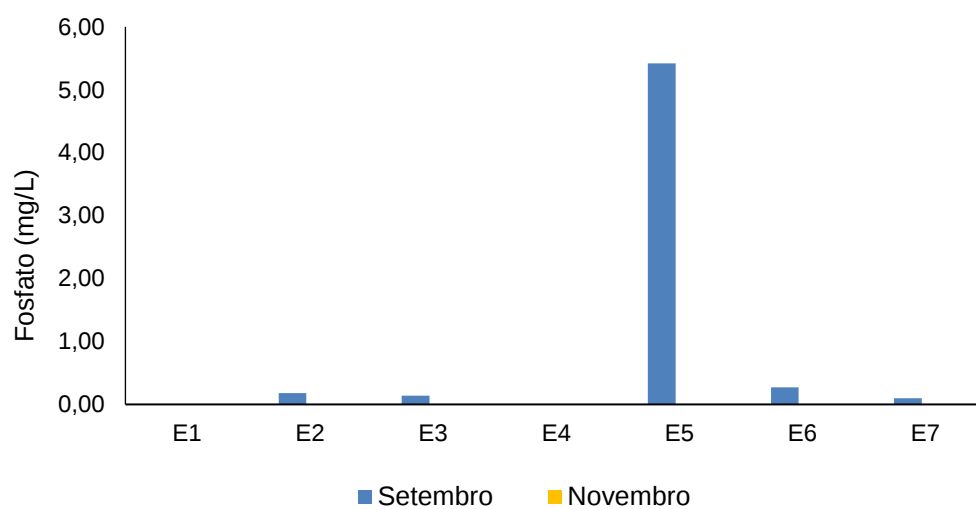
O fósforo pode se apresentar em diversas formas, incluindo sais inorgânicos, como o fosfato. Embora o fosfato seja um nutriente essencial para as plantas, o seu excesso proveniente de atividades humanas, como esgoto doméstico, fertilizantes e resíduos urbanos, tem contribuído para o fenômeno da eutrofização.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

Na campanha de setembro de 2024, de forma geral, não foram detectadas concentrações desse parâmetro nas águas analisadas nas estações E1 e E4 (Figura 6-12), localizadas no afluente do rio Iriry e no rio Iriry, respectivamente. Para as demais amostras em que o fosfato foi quantificado, a variação desse nutriente foi de 0,1 mg/L na amostra do ponto E7, localizado na foz do rio das Ostras, até 5,42 mg/L na amostra do ponto E5, situado no canal das Corujas. É válido reforçar que a ocorrência desse nutriente nas águas de E5 na campanha de setembro de 2024,

bem como de fósforo total, sugere a ocorrência de águas residuais sem tratamento nas águas do canal das Corujas. Já na campanha de novembro de 2024, não foi detectado fosfato em nenhuma amostra analisada.

É importante mencionar que na Resolução CONAMA nº 357/2005 não há valores de referência para fosfato.

Figura 6-12. Resultados de fosfato da campanha realizada em setembro e novembro de 2024.



Legenda: O resultado de novembro foi N.D (Não Detectável) para todas as amostras.

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).

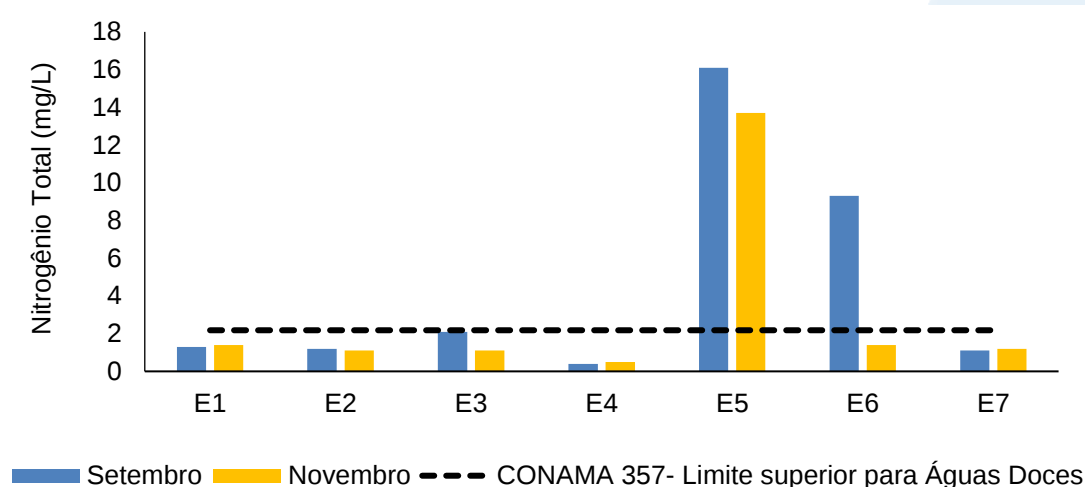
Em relação ao nitrogênio total, os valores encontrados na campanha de setembro de 2024 foram de 0,4 mg/L nas águas analisadas em E4, no rio Iriry, a 16,1 mg/L na amostra de E5, ponto localizado no canal das Corujas (Figura 6-13). Na

amostragem de novembro de 2024, a variação desse parâmetro foi de 0,5 mg/L nas águas analisadas no rio Iriry (E4) a 13,7 mg/L na amostra do ponto situado no canal das Corujas (E5).

No que tange à comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005, as amostras classificadas como águas doces apresentaram concentrações em conformidade com o preconizado pela legislação supracitada para Água Doce Classe 2 em ambientes lóticos (2,18 mg/L).

Vale frisar que na legislação de referência não há limites estabelecidos para Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1. Todavia, os elevados níveis de nitrogênio total, especialmente no canal das Corujas, juntamente com as concentrações dos demais nutrientes previamente mencionados, como fosfato e fósforo total, sugerem o lançamento de esgoto sem tratamento nas águas desse corpo hídrico. Esse cenário sugere a ocorrência de processos de eutrofização, que comprometem a qualidade das águas e representam riscos para a saúde pública.

Figura 6-13. Resultados de nitrogênio total das campanhas realizadas em setembro e novembro 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

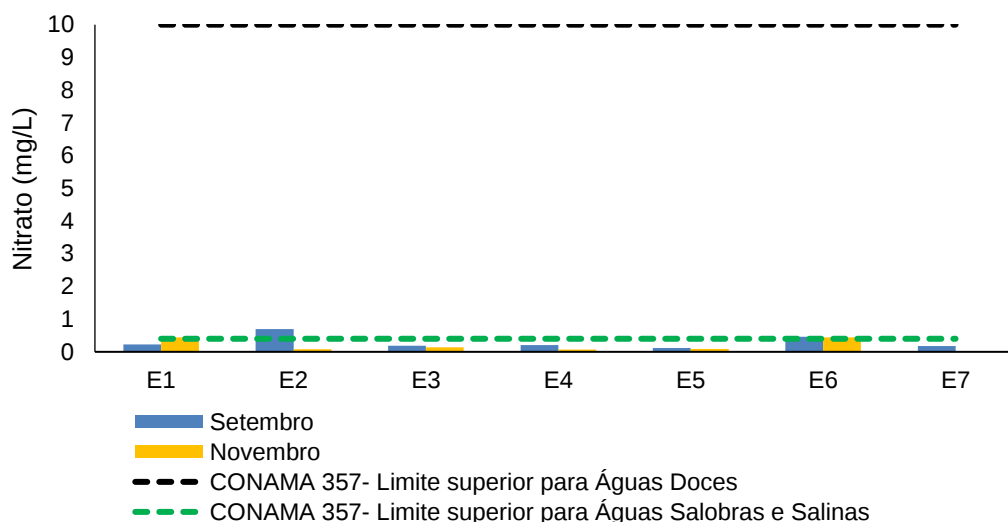
domésticos e industriais e de atividades, bem como a utilização exacerbada de fertilizantes na agricultura (ALAHÍ; MUKHOPADHYAY, 2018; CETESB, 2022). Essa variável ambiental, segundo a literatura é considerada um poluente que mais traz prejuízo para os recursos hídricos, já que favorecem a produção excessiva 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 se refere ao nitrato, na campanha de setembro de 2024, observou-se uma variação de 0,12 mg/L nas águas analisadas em E5 (canal das Corujas) a 0,7 mg/L na amostra de E2 (rio Jundiá). Já na campanha de novembro de 2024, não foi detectado nitrato na amostra de E7, ponto situado na foz do rio das Ostras, e o valor máximo detectado desse parâmetro foi registrado na amostra de E1 e E6 (0,44 mg/L), localizados no afluente do rio Iriry e no rio das Ostras. É importante destacar que valores elevados de nitrato já foram registrados nas águas de um ponto de coleta próximo ao ponto amostral E2, no estudo conduzido por Regina e colaboradores (2021). Esse estudo identificou uma correlação positiva entre esse nutriente e a alta incidência de bactérias do gênero *Pseudomonas*, conhecidas por sua capacidade de realizar metabolismo desnitrificante (ZHAO *et al.* 2018).

Quando equiparadas aos limites descritos na Resolução CONAMA nº 357/2005, nota-se que todas as amostras apresentaram concentrações em conformidade com os limites de Águas Doces Classe 2, Águas Salobras Classe 1 e Águas Salinas Classe 1 (Figura 6-14).

Ainda nesse contexto, é importante mencionar que as formas do nitrogênio detectadas na água podem apontar o nível de contaminação de um corpo hídrico. Altas concentrações de nitrogênio na forma orgânica apontam para uma poluição recente, já a ocorrência, de forma majoritária, de nitrato sugere uma poluição mais antiga (VON SPERLING, 2014). Desta forma, os valores de nitrato e de nitrogênio total obtidos, principalmente no canal das Corujas (E5), indicam uma degradação hídrica atual.

Figura 6-14. Resultados de nitrato da campanha realizada em setembro e novembro 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, 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).

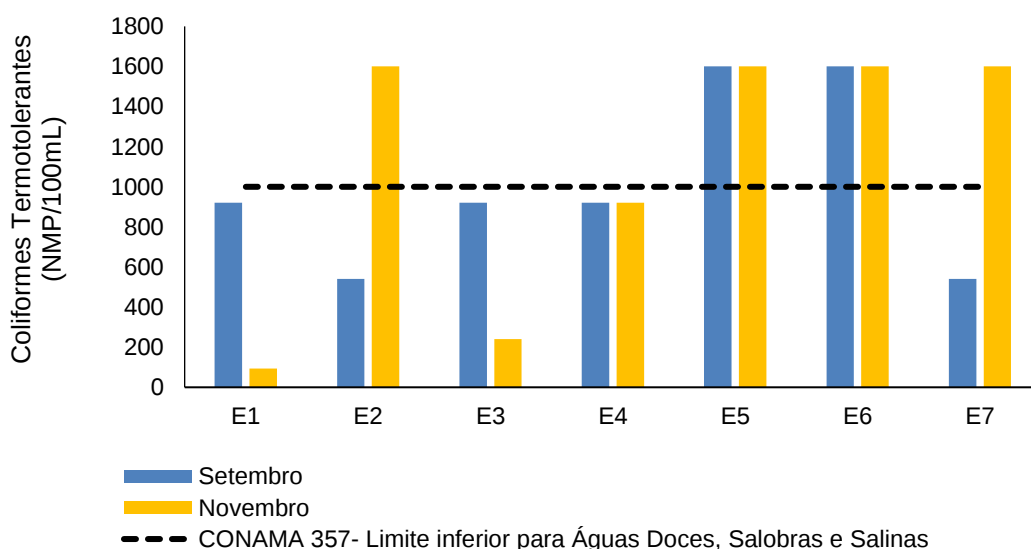
Para esse parâmetro, na campanha de setembro de 2024, a menor concentração foi de 540 NMP/100 mL nas águas analisadas em E2 e E7 (rio Jundiá e foz do rio das Ostras, respectivamente), já a maior foi >1.600 NMP/100 mL (maior que o valor máximo quantificável pelo método analítico) nas amostras de E5 e E6 (Figura 6-15), localizados no canal das Corujas e no rio das Ostras, respectivamente. Já na campanha de novembro de 2024, a menor concentração foi registrada na amostra de E1 (94 NMP/100 mL), ponto localizado no afluente do rio Iriry, e os maiores valores foram registrados nas águas analisadas em E2, E5, E6 e E7 (>1.600 NMP/100 mL).

De acordo com o estipulado na Resolução CONAMA nº 357/2005, a concentração obtida nas amostras de E5 e E6 da campanha de setembro de 2024, pontos localizados no canal das Corujas e no rio das Ostras, foi maior que o limite estabelecido (1.000 NMP/100 mL) para Águas Salobras e Salinas Classe 1. Já na

campanha de novembro de 2024, as águas analisadas em E2 (rio Jundiá), E5 (canal das Corujas), E6 (rio das Ostras) e E7 (foz do rio das Ostras) apresentaram concentrações acima do permitido para Águas Salobras e Salinas Classe 1 e Águas Doces Classe 2. As demais amostras analisadas nas duas campanhas de monitoramento do sétimo quadrimestre apresentaram valores em conformidade com o estipulado pela normativa de referência.

Os resultados registrados de coliformes termotolerantes indicam a degradação dos corpos hídricos monitorados por conta de lançamento de efluentes no sistema.

Figura 6-15. Resultados de coliformes termotolerantes das campanhas realizadas em setembro e novembro de 2024.



7 Diagnóstico das campanhas de setembro e novembro

Diante do exposto, observou-se que nas duas campanhas realizadas não houve estratificação halina entre as massas d'água da superfície e do fundo, o que é confirmado com os dados de salinidade e condutividade. É possível evidenciar um aumento desse parâmetro, de E1 a E7, ou seja, do afluente do rio Iriry até a foz do rio das Ostras. A variação de salinidade encontrada nas diferentes amostras analisadas confirma que o estuário do rio das Ostras sofre influência das marés, que adentram as regiões mais interiores do rio por meio do regime de micromarés, e que podem chegar cerca de 6 km para o interior do continente em períodos com menor precipitação e a depender do volume dos rios (BARROSO; MOLISANI, 2019).

Ademais, nas campanhas de setembro e novembro de 2024, os valores mais elevados reportados para salinidade, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e pH ocorreram na amostra de E7, ponto situado no encontro da foz do rio com o mar. Devido a correlação entre o pH e a condutividade, essas grandezas podem sofrer influência dos sólidos totais e da salinidade, já que as faixas de variação do pH agem na precipitação de material particulado, íons e sais que medem a condutividade (ESTEVES, 2011). Dados pretéritos também apontam o incremento do pH no estuário do rio das Ostras e dos demais parâmetros supracitados, indicando um padrão de resultados mais elevados para essa localidade (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS MACAÉ E DAS OSTRAS, 2012).

Salienta-se também que o resultado de turbidez na amostra de E1 (afluente do rio Iriry), na campanha de setembro de 2024, pode estar relacionado a processos de assoreamento, decorrentes da remoção da mata ciliar e das partículas carregadas pela chuva (GOMES, 2009). Esses fatores podem contribuir para a maior turbidez das águas no afluente do rio Iriry, conforme evidenciado pelas imagens disponíveis no ANEXO 3.

Um outro fator relevante observado foram as baixas concentrações de oxigênio dissolvido na maioria das amostras analisadas. Entretanto, as amostras de E1 (afluente do rio Iriry), E2 (rio Jundiá), E4 (rio Iriry) e E5 (canal das Corujas) na campanha de setembro de 2024, e de E1, E3 (rio das Ostras) e E4 coletadas na campanha de novembro de 2024 merecem maior atenção, já que apresentaram concentrações de OD abaixo de 2 mg/L, que pode levar a uma situação de hipoxia no ambiente aquático e causar impactos em organismos individuais até em

comunidades (EKAU et al. 2010). As baixas concentrações de OD e os altos níveis de DBO reforçam a ocorrência de efluentes sem tratamento nas águas dos diferentes corpos hídricos monitorados.

Com relação aos nutrientes, evidenciou-se que os valores de fósforo total, fosfato e nitrogênio total seguiram um padrão semelhante à campanha de monitoramento realizada em abril de 2024, na qual a amostra coletada no canal das Corujas (E5) também apresentou os maiores valores desses parâmetros. No entanto, constatou-se um aumento significativo no valor de nitrogênio total nas águas de E5 nas campanhas de setembro e novembro de 2024, atingindo 16,10 mg/L e 13,7 mg/L, respectivamente, em comparação com 9,7 mg/L, registrado na campanha de abril de 2024.

Diante desses resultados, é evidente a necessidade de ações que visem a redução dos impactos das atividades antrópicas nas águas do canal das Corujas, como, por exemplo, o lançamento de esgoto *in natura*. Além disso, é importante destacar que esse ambiente pode estar passando por processos de eutrofização, devido aos níveis de nutrientes detectados, o que representa um risco para a saúde ambiental e humana.

É importante frisar que após esse trecho, ainda existem outros locais que reconhecidamente realizam o descarte inadequado entre E6 e E7 (localizados no rio das Ostras), 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 relação com os valores elevados de coliformes termotolerantes nas águas analisadas nas estações previamente mencionadas.

Já nas regiões menos urbanizadas, como na dos rios Iriry e Jundiá (estações E1, E2 e E4), é possível que os valores encontrados tenham uma relação com as atividades agrárias dessa região, já que de acordo com 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).

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 utilizado 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 utilizados produzem uma matriz de identidade, portanto, o modelo fatorial utilizado é adequado 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 apropriado quando o coeficiente de correlação simples e parcial se aproximam a 1 (OLINTO, 2007; PRADO *et al.* 2016).

Diante dos resultados apresentados na [Tabela 7-1](#), constata-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 a 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)	697
Graus de liberdade	91
Significância estatística (p valor)	<0,001

A PCA realizada indica que os eixos PC1 e PC2 correspondem, respectivamente, a 42% e 26% da variação dos dados, totalizando 68%, que podem ser vistos na Figura 7-1. É possível concluir através da figura que diferentes fatores ambientais interferiram no diagnóstico dos pontos de coleta.

Verifica-se que o pH está relacionado com as amostras de E6, coletadas em setembro e novembro de 2024 no rio das Ostras, na região a jusante do canal das Corujas. Nesses pontos, o pH esteve acima de 7, indicando aumento de alcalinidade. Geralmente a pluviosidade interfere no pH das águas, e a alcalinidade das águas

aumentam quando há baixa precipitação, isso foi corroborado com os dados de precipitação. Esse ponto também apresentou um dos maiores valores de coliformes, e assim como os demais pontos, apresentou baixa concentração de OD. A presença de coliformes fecais e totais pode ser fator de decréscimo do oxigênio na água, visto que as bactérias usam esse oxigênio para a decomposição da matéria orgânica.

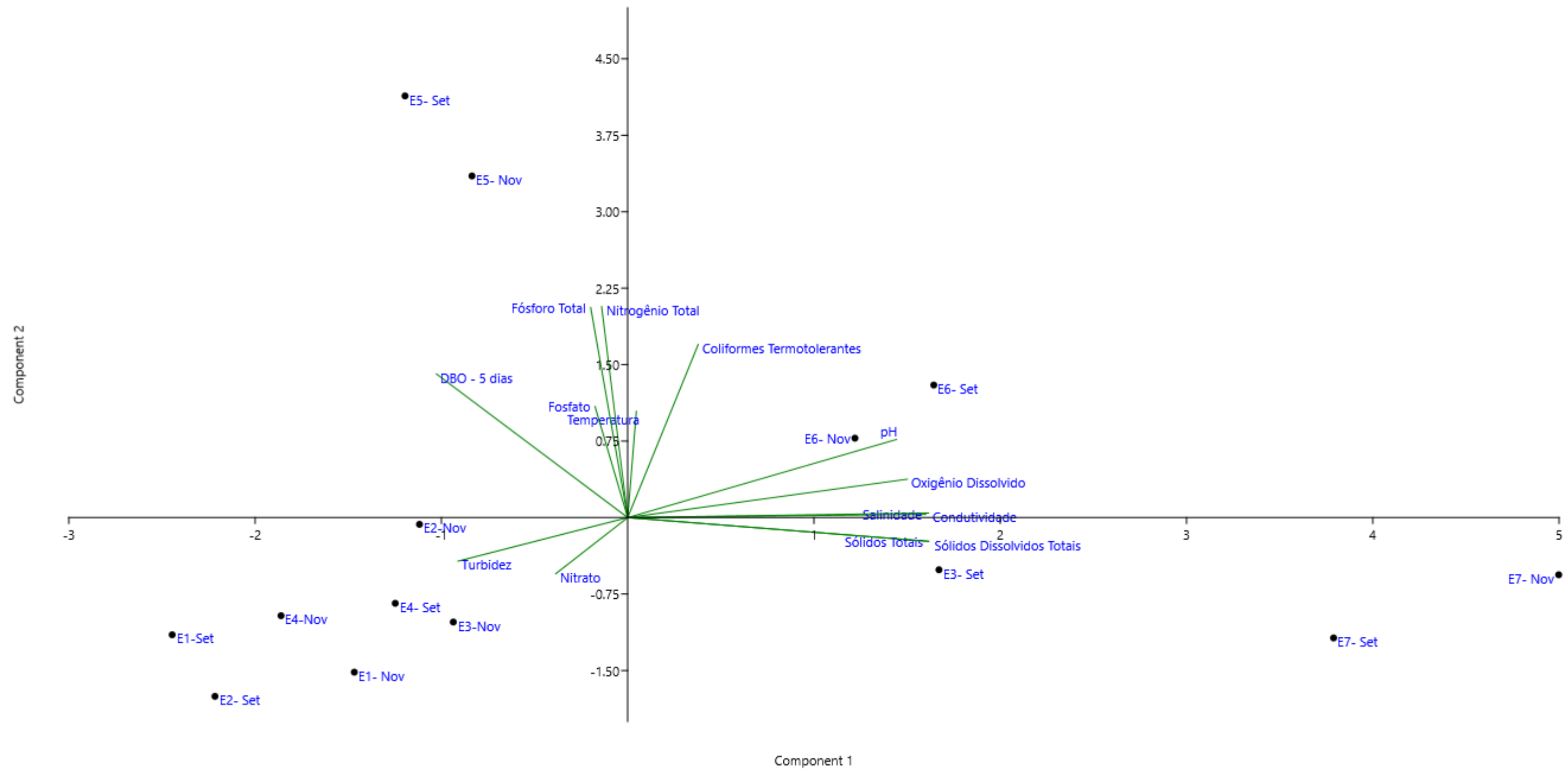
O ponto E5, tanto em setembro quanto em novembro, está sutilmente relacionado aos parâmetros fósforo total, fosfato, nitrogênio total e DBO. No geral, esses parâmetros apresentaram as maiores concentrações nas amostras coletadas nesse ponto. O ponto E5 está situado no canal das Corujas, logo a montante de seu deságue no rio das Ostras, e historicamente ele recebe aporte de nutrientes, principalmente da série fosfatada. A presença elevada desses nutrientes nas águas dos corpos hídricos monitorados favorecem o processo de eutrofização, que pode impactar a biota, a qualidade hídrica e a saúde humana (QUADRA et al. 2019). Ademais, no processo de eutrofização, há aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), corroborando com a análise multivariada.

Foi possível observar que a amostra do ponto E3, localizado no rio das Ostras, a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá, na campanha de setembro, foi influenciada pelos sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos totais (ST). No presente monitoramento, a salinidade registrada nesse ponto indicou que a água é salobra (7,68‰). Contudo, além dos sais, pode ser que outras substâncias estejam interferindo em tal resultado, visto que os SDT e ST podem contemplar substâncias orgânicas e inorgânicas, como minerais, metais, cátions ou ânions dissolvidos na água (SAMPAIO et al., 2007).

Turbidez e nitrato estiveram relacionados com diversos pontos amostrais (E1, afluente do rio Iriry - setembro e novembro; E2, rio Jundiá - setembro e novembro; E3, rio das Ostras – novembro; e E4, rio Iriry - setembro e novembro). Apesar das amostras supracitadas estarem com os resultados de turbidez em consonância com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, tal resultado pode ser considerado relevante, visto que em campanhas anteriores foram observados valores menores deste parâmetro. Quanto ao nitrato, diversas amostras apresentaram concentração limítrofe ao valor estabelecido pela legislação, enquanto outras ultrapassaram esse valor. O nutriente supracitado é responsável pela abundância de algas (PEREIRA, 2007) e macrófitas aquáticas (AMORIM, 2009), e quando em excesso, também pode propiciar o fenômeno de eutrofização (QUADRA

et al. 2019). Sendo assim, tanto as algas quanto as macrófitas e bactérias envolvidas no processo da eutrofização podem contribuir para o aumento da turbidez local.

Figura 7-1. Resultado da análise dos componentes principais das campanhas realizadas em setembro e novembro de 2024.



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, presente na Tabela 7-2, realizada para as duas campanhas do sétimo quadrimestre considerou 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 Tabela 7-3 apresenta o cálculo do IQA_{NSF} para as campanhas de setembro e novembro de 2024, abrangendo as variáveis ambientais: coliformes termotolerantes, DBO, fosfato, nitrato, OD, pH, sólidos dissolvidos totais, temperatura e turbidez.

Diante dos resultados apresentados na Tabela 7-2, na campanha de setembro de 2024, nota-se uma variação do IQA de 22,36 na amostra de E5, ponto localizado no canal das Corujas, a 57,34 nas águas analisadas em E7, na foz do rio das Ostras. Com base nos valores do IQA da amostragem supracitada, observa-se que as amostras de E1 (afluente do rio Iriry), E2 (rio Jundiá), E4 (rio Iriry), E5 (canal das Corujas) e E6 (rio das Ostras) apresentaram uma classificação de IQA ruim, na amostra de E3 (rio das Ostras) a categorização foi regular e a amostra de E7 (foz do rio das Ostras) foi classificada como boa (Tabela 7-2). À vista disso, a maioria das amostras foram consideradas como impróprias para o tratamento convencional, sendo necessários tratamentos mais avançados, com exceção das águas analisadas em E3 e E7.

Na campanha de novembro de 2024, o valor mais baixo do IQA foi observado no ponto situado no canal das Corujas (E5 - 26,46) e o maior valor foi na estação amostral localizada na foz do rio das Ostras (E7 - 55,56) (Tabela 7-2). Verifica-se um aumento do valor do IQA em quase todas as amostras, com exceção de E3 (rio das Ostras), que obteve um pequeno decréscimo no valor do IQA, com 45,72 em setembro de 2024, e 43,18 em novembro do mesmo ano. No entanto, ao considerar a classificação dos resultados, o IQA das águas analisadas em E5 (canal das Corujas) e E6 (rio das Ostras) ainda se mantém como ruim. Contudo, ainda que os dois valores de IQA supracitados tenham se mantido ruim, houve uma melhora no cenário geral das estações analisadas. Apenas duas amostras (E5 e E6) foram categorizadas como ruins e consideradas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público. A maioria das amostras foram consideradas apropriadas para

o tratamento convencional visando o abastecimento público, como expõe a Tabela 7-2.

Na Tabela 7-3, o IQA da campanha de setembro de 2024 apresentou uma variação de 19,09 na amostra de E5, ponto localizado no canal das Corujas, a 57,19 nas águas analisadas em E7, situado na foz do rio das Ostras. Na amostragem realizada em novembro de 2024, a variação foi de 32,81 na amostra de E5 a 56,00 nas águas analisadas em E7. Ao analisar a classificação do IQA das duas campanhas de monitoramento do sétimo quadrimestre, observou-se que as amostras de E1 (afluente do rio Iriry), na campanha de novembro de 2024, e de E7 (foz do rio das Ostras), em ambas as campanhas de monitoramento, foram categorizadas como médias, enquanto a amostra E5 (canal das Corujas) foi classificada como muito ruim na campanha de setembro de 2024. As demais amostras foram categorizadas como ruins nas campanhas de setembro e novembro de 2024, demonstrando que as águas dos diferentes corpos hídricos estão impróprias para o abastecimento de água, sendo necessária a aplicação de tratamentos mais avançados, com exceção das águas analisadas no afluente do rio Iriry (E1 - novembro de 2024) e na foz do rio das Ostras (E7 - setembro e novembro de 2024).

Adicionalmente, é importante salientar que, ao analisar a campanha de novembro de 2024, foram observadas diferenças notáveis em relação à categorização do IQA calculado na Tabela 7-2 e na Tabela 7-3. Apesar da pequena diferença entre os valores calculados, o IQA_{NSF} apresenta maior restrição nas categorias que indicam a qualidade da água, com intervalos de valores mais baixos, o que explica a disparidade observada.

Outro aspecto que merece atenção é que os valores elevados de DBO, fósforo total, fosfato, nitrogênio total e coliformes termotolerantes, bem como as baixas concentrações de OD, refletiram nos resultados obtidos nas águas analisadas em E5, no canal das Corujas, o que ficou evidenciado com a classificação do IQA como muito ruim e ruim (Tabela 7-2 e Tabela 7-3) nas duas campanhas realizadas.

De acordo com os boletins disponibilizados no site do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), os dados pretéritos do IQA obtidos das análises realizadas entre 2013 até 2022 apresentaram como resultado sete avaliações de classificações ruins e duas como médias (INEA, 2022). Tendo como base o monitoramento realizado pelo órgão ambiental e os resultados do presente estudo ambiental, apenas a estação amostral E7, localizada na foz do rio das Ostras, se aproxima com o ponto de coleta

descrito nos relatórios consolidados do INEA da Região Hidrográfica VIII - Macaé e das Ostras. Nas campanhas de setembro e novembro de 2024, o IQA da amostra de E7 foi categorizado como médio, o mesmo ocorre para a amostra de E1 (afluente do rio Iriry) na campanha de novembro de 2024, o que representa uma mudança dos padrões em relação ao observado nas 5 campanhas de monitoramento pretéritas. Essa alteração servirá como um ponto de atenção nas próximas campanhas, permitindo avaliar se as águas desse corpo hídrico estão apresentando melhorias na qualidade.

Cabe ressaltar que os menores valores do IQA foram obtidos para a amostra de E5, ponto situado no canal das Corujas, nas duas campanhas de monitoramento, o que está relacionado com as concentrações elevadas de nutrientes e coliformes e os baixos valores de OD, que pode ter culminado no resultado do IQA.

Além disso, outra estação amostral que apresentou elevada concentração de nutrientes, mais especificamente de nitrato (0,70 mg/L em setembro), foi a localizada no rio Jundiá (E2). Isso sugere uma contaminação recente, haja vista que em dados pretéritos, como os da campanha de abril de 2024, o valor de nitrato estava notoriamente mais baixo (0,09 mg/L). Salienta-se a importância do monitoramento desse nutriente, uma vez que altos índices de nitrato levam à eutrofização ao favorecer o *bloom* de algas e fitoplâncton (ALAHÍ; MUKHOPADHYAY, 2018), e que esse ponto amostral já possui grande ocorrência de macrófitas aquáticas (ANEXO 3).

Diante do supracitado, e considerando que o impacto pode ser levado às estações próximas, os pontos amostrais do rio das Ostras (E3 e E6) requerem atenção, pois situam-se a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá (E3) e a jusante do canal das Corujas (E6).

Em um panorama geral, em se tratando dos pontos de amostragem do rio das Ostras (E3, E6 e E7), eles obtiveram os maiores resultados em relação à salinidade, condutividade, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais e coliformes termotolerantes. Ressalta-se que o ponto E5 acompanhou altas concentrações nos parâmetros citados. Ao analisar os nutrientes, nota-se que considerando fósforo total, o maior resultado foi para o canal das Corujas (E5), seguido dos pontos E6 e E3, e o mesmo ocorreu para nitrogênio total, corroborando a possibilidade de carreamento de impactos de um ponto a outro ao longo dos corpos hídricos. Essa situação acabou refletindo no IQA, levando o ponto E3 a ficar com IQA_{CETESB} regular, e IQA_{NSF} ruim e o ponto E6 ser categorizado como ruim nos dois cálculos. O ponto E7, localizado na foz

do rio das Ostras, apresentou o melhor cenário, obtendo uma classificação boa no IQA_{CETESB} e regular no IQA_{NSF}. Isso provavelmente ocorreu por essa localização ser um ponto de deságue no mar, levando a uma menor concentração dos impactos.

Em relação à salinidade, as águas analisadas na campanha de setembro de 2024 apresentaram uma ação significativa das marés, já que as águas analisadas em E1, E2 e E4, pontos situados na região a montante do rio das Ostras, foram caracterizadas como Águas Doces Classe 2, as amostras de E3 e E5, pontos localizados no rio das Ostras e no canal das Corujas, foram classificadas como Água Salobra Classe 1 e as amostras de E6 e E7, ambos situados no rio das Ostras, como Águas Salinas Classe 1. Portanto, destaca-se que a variação de salinidade tem impacto sobre os demais parâmetros, como pH, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais e turbidez, o que foi evidenciado, especialmente na amostra de E7, situado na foz do rio das Ostras.

Na campanha de novembro de 2024, o mesmo padrão de interferência das marés foi observado nas amostras de E1, E2 e E4, pontos localizados no afluente do rio Iriry, no rio Jundiá e no rio Iriry, respectivamente, sendo classificadas como Águas Doces Classe 2, as águas avaliadas em E3, E5 e E6, localizados no rio das Ostras (E3 e E6), e no canal das Corujas (E5), como Águas Salobras Classe 1, e as amostras de E7, localizado na foz do rio das Ostras, como Águas Salinas Classe 1. Nesse aspecto, destaca-se que a oscilação observada dos resultados de salinidade pode influenciar diretamente em outros parâmetros, como pH, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, turbidez, entre outros, como pode ser observado nos resultados das amostras de E7. Esses fatores podem mascarar ou apresentar resultados não condizentes com as categorias preconizadas pelo Índice de Qualidade da Água (IQA), o que reforça a necessidade da continuidade do monitoramento ambiental para indicar se o IQA é a melhor metodologia para avaliar a bacia hidrográfica analisada, tendo em vista a influência da salinidade.

Tabela 7-2. Resultados de IQA_{CETESB} em cada estação amostral das campanhas realizadas em setembro e novembro de 2024, considerando as variáveis: DBO, OD, sólidos totais, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, pH, temperatura, fósforo total e turbidez.

Estação	Localização	IQA Set/24	IQA Nov/24	Média
E1	Afluentes do rio Iriry	30,21	53,73	41,97
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	34,28	37,60	35,94
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	45,72	43,18	44,45
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do canal das Corujas)	32,82	37,08	34,95
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	22,36	26,46	24,41
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	35,34	35,44	35,39
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	57,34	55,56	56,45
Intervalo de Valores de IQA	$79 < IQA \leq 100$ $51 < IQA \leq 79$	$36 < IQA \leq 51$	$19 < IQA \leq 36$	$IQA \leq 19$
Utilização no tratamento convencional para abastecimento	Águas apropriadas	Águas apropriadas	Águas impróprias	Águas impróprias

Tabela 7-3. Resultados de IQA_{NSF} em cada estação amostral do mês de novembro de 2024 considerando os novos parâmetros avaliados, considerando as variáveis: DBO, OD, sólidos dissolvidos totais, coliformes termotolerantes, nitrato, pH, temperatura, fosfato e turbidez.

Estação	Localização	IQA Set/24	IQA Nov/24	Média
E1	Afluentes do rio Iriry	29,69	54,44	42,07
E2	Rio Jundiá (a montante do deságue no rio das Ostras)	32,37	38,18	35,28
E3	Rio das Ostras (a jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá)	49,39	45,42	47,41
E4	Rio das Ostras (a montante do deságue do canal das Corujas)	31,24	36,42	33,83
E5	Canal das Corujas (a montante do deságue no rio das Ostras)	19,09	32,81	25,95
E6	Rio das Ostras (a jusante da foz do canal das Corujas)	36,34	39,67	38,01
E7	Rio das Ostras (a montante da sua foz, após a área urbana)	57,19	56,00	56,60
Intervalo de Valores de IQA	$100 \geq IQA \geq 90$ $90 > IQA \geq 70$	$70 > IQA \geq 50$	$50 > IQA \geq 25$	$25 > IQA \geq 0$
Utilização no tratamento convencional para abastecimento	Águas apropriadas	Águas apropriadas	Águas impróprias	Águas impróprias

8 Observações gerais

Diante dos resultados expostos no presente relatório, bem como nos dois anos de monitoramento realizado, evidencia-se que a qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio das Ostras tem como principais influências a precipitação e a ação de micromarés atuantes na região. Ademais, os valores registrados das distintas variáveis ambientais mensuradas indicam os impactos das atividades antrópicas na região, como o lançamento de efluentes *in natura*, uso e ocupação irregular do solo, remoção da mata ciliar e processos erosivos, que refletem na qualidade das águas.

Destaca-se que foram observadas concentrações de coliformes totais nas águas analisadas em E5 (canal das Corujas) e E6 (rio das Ostras), para a campanha de setembro de 2024, e E2 (rio Jundiá), E5, E6 e E7 (foz do rio das Ostras), para a campanha de novembro de 2024, que apresentaram valores acima do estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicando o lançamento de águas residuais no sistema, corroborando com o cenário de degradação da qualidade hídrica mencionado previamente.

Além disso, um outro fator que está apresentando um padrão nas últimas campanhas de monitoramento realizadas, é o OD com registros menores que 2 mg/L em algumas amostras, o que pode levar a uma condição de hipoxia, que coloca em risco a biodiversidade local, bem como os serviços ecossistêmicos de suporte, abastecimento e regulação fornecidos pelos corpos hídricos.

Também foram registrados valores elevados de DBO e todas as amostras categorizadas como águas doces exibiram concentrações desse parâmetro acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Nesse sentido, as altas concentrações de DBO e os níveis baixos de OD, bem como os valores elevados de coliformes totais, reforçam o aporte de águas residuais sem tratamento nos sistemas.

Além disso, foram detectados valores elevados de nutrientes, especialmente nas águas provenientes do canal das Corujas, estação amostral E5. Portanto, acredita-se que a ocorrência de fósforo total, fosfato e nitrogênio total nas águas avaliadas em E5 podem estar favorecendo processos de eutrofização artificial, que impactam a qualidade hídrica e colocam em risco a saúde ambiental e humana. Os resultados encontrados na amostra de E5 também refletiram nos resultados do IQA, que nos dois cálculos realizados indicaram um IQA muito ruim para essa estação amostral na campanha de setembro de 2024.

No que se refere ao IQA, a classificação observada do IQA_{NSF} e IQA_{CETESB} apresentaram uma variação entre média e muito ruim para a campanha de setembro de 2024, e média e ruim para a campanha de novembro de 2024. Os resultados do IQA também reforçam a necessidade de ações para a melhoria da qualidade hídrica.

Por fim, destaca-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 nos dois anos de monitoramento realizado. De forma adicional, será capaz de confirmar o 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 o 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.

ALAH, 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.

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, Gélica 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. **Apêndice E- Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem.** Disponível em: Apendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-variaveis.pdf. Acesso em: 31 abr. 2025.

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.

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

GOMES, Maria Laura Monnerat. Ocupação Urbana de Rio das Ostras: Elementos Definidores e os Impactos nos Recursos Hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, 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.

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.

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.

QUADRA, Gabrielle Rabelo *et al.* Water pollution: one of the main Limnology challenges in the Anthropocene. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 21, p1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X5118>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/alb/a/Y3mBFSJBBNhHVJwNxPGgrMK/abstract/?lang=en>. Acesso em 12 fev. 2024.

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.

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/kpzVhzFFCk3zxFZfVFXPvZG/#>. 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.

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