



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE BIOCÊNCIAS

BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
COM ÊNFASE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

LUCAS FELIX CABRAL DA SILVA

**MANGUEZAL CHICO SCIENCE - UM LABORATÓRIO VIVO EM MEIO AO
RIO BEBERIBE**

RECIFE

2024

LUCAS FELIX CABRAL DA SILVA

**MANGUEZAL CHICO SCIENCE - UM LABORATÓRIO VIVO EM MEIO AO
RIO BEBERIBE**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação apresentado ao Bacharelado em
Ciências Biológicas com ênfase em Ciências
Ambientais da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel

Orientadora: Jarcilene Silva de Almeida

Coorientadora: Fabiana do Carmo Santana

RECIFE

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Felix, Lucas .

Manguezal Chico Science - Um laboratório vivo em meio ao Rio Beberibe /
Lucas Felix. - Recife, 2023.

72 : il., tab.

Orientador(a): Jarcilene Silva de Almeida

Orientador(a): Fabiana do Carmo

Coorientador(a): Fabiana do Carmo Santana

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas /Ciências
Ambientais - Bacharelado, 2023.

9.3.

Inclui referências.

1. Educação ambiental . 2. Aprendizagem lúdica. 3. Sustentabilidade . I.
Silva de Almeida , Jarcilene . (Orientação). II. do Carmo, Fabiana. (Orientação).
III. do Carmo Santana , Fabiana. (Coorientação). IV. Título.

500 CDD (22.ed.)

LUCAS FELIX CABRAL DA SILVA

**MANGUEZAL CHICO SCIENCE - UM LABORATÓRIO VIVO EM MEIO AO RIO
BEBERIBE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Bacharelado em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel.

Aprovado em: 04/10/2024.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

JARCILENE SILVA DE ALMEIDA

Data: 11/10/2024 16:57:03-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Jarcilene Silva de Almeida (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco



Documento assinado digitalmente

JULIANA LUNA MOREIRA DE FARIA

Data: 11/10/2024 09:37:55-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ma. Juliana Luna Moreira de Faria (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco



Documento assinado digitalmente

ROBERTA CRISTINA DA SILVA

Data: 10/10/2024 14:40:45-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ma. Roberta Cristina da Silva (Examinador Externo)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me permitido chegar até aqui, numa trajetória que não foi fácil, de muitas lutas, adversidades mas também de muito aprendizado e experiências que irei levar para o resto da minha vida.

Além disso, sou grato pela minha família que sempre me apoiou em tudo, me deu suporte, condições e sempre esteve do meu lado nesse momento tão importante que é a graduação. Minha mãe Dorisneide, meu pai Carlos, meu irmão Arthur, que tiveram muitíssima paciência comigo, porque uma graduação não é fácil, existem dias que ficamos extremamente irritados ou sem paciência, mas eles sempre me acolheram e me ajudaram a encontrar o melhor caminho. Minha namorada Camilla, que foi essencial na construção desse trabalho, sempre me aconselhando, me ajudando, me dando suporte emocional e sempre estando presente quando eu mais precisei. Quero dizer que sem vocês eu não chegaria até aqui, amo cada um de vocês!

Não podia deixar de falar da Dona Fabiana do Carmo, a Fabi, que foi a pessoa que me criou dentro da biologia, que me deu oportunidade lá no ano de 2022 no Espaço Ce me ensinou na prática o que é ser um biólogo de verdade. Ademais, minha professora Jarcilene que toda paciência e calma me instruiu em como escrever melhor esse trabalho, corrigindo cada pedaço e aconselhando sempre no que melhorar. Tenho ambas como exemplo, de como eu quero ser um profissional biólogo no futuro.

Agradeço também a cada um dos meus amigos da graduação, meu pequeno grupo de doze pessoas que tornaram meus dias mais leves, me deixaram muito estressado mas me ajudaram bastante também e fizeram eu aproveitar cada momento. E cada professor que eu tive ao longo dessa jornada, que contribuíram cada um passando um pouco do seu conhecimento até o fim dessa graduação.

Este trabalho é resultado do esforço coletivo de muitas pessoas, e agradeço a cada uma delas por fazerem parte desta conquista

E é por isso que eu vou

Nesse rio torto

Sem fronteiras pra ninguém

Sem perder o rumo

Vou me encontrar também.

Marcos Almeida

RESUMO

O Espaço Ciência é um museu interativo em Olinda, Pernambuco, dedicado à popularização da ciência e da tecnologia para todas as idades, através de métodos lúdicos, interativos e com uma vasta área de exposição, oferece atividades e experimentos práticos. Entretanto, observa-se uma defasagem no ensino sobre ecossistemas costeiros, destacando a não valorização da importância dos manguezais, que por sua vez oferecem proteção costeira, filtragem de poluentes, berçário marinho e sumidouro de carbono. O manguezal Chico Science em Pernambuco, é um exemplo de ecossistema que realiza atividades de Educação Ambiental e práticas científicas, como o projeto de estudo do Observando os Rios. Esse estudo envolve coletas de água realizadas por monitores e estudantes, utilizando materiais como garrafas PET, luvas, termômetros, tubos de ensaio e reagentes químicos para medir parâmetros como Oxigênio (O_2), Nitrato (NO_3^-), Fosfato (PO_4^{3-}), Demanda Bioquímica de Oxigênio e pH. As coletas foram feitas mensalmente durante a maré baixa, nos anos de 2022 e 2023, são seguidas de debates sobre a importância dos manguezais, necessidade de sua conservação, abordando também as ameaças que enfrentam e sua relevância na mitigação das mudanças climáticas. Os dados são compartilhados com a ONG SOS Mata Atlântica, integrando o monitoramento das bacias hidrográficas da Mata Atlântica no Brasil. Com base nos gráficos gerados pela plataforma, embora a detecção de índices de poluição dentro de limites considerados regulares possa ser interpretada como um aspecto positivo, é essencial evitar a complacência diante desses resultados. Ademais, concluímos que o estado atual das águas do Manguezal Chico Science, com a apresentação de índices regulares de poluição, é um sinal misto que merece atenção e ação coordenada. Sendo assim, a presença de poluentes, mesmo que em quantidades aceitáveis, sugere a existência de fontes de contaminação e impactos que precisam ser monitorados e gerenciados continuamente.

Palavras-chave: Educação ambiental, Aprendizagem lúdica, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Espaço Ciência is an interactive museum in Olinda, Pernambuco, dedicated to popularizing science and technology for all ages, through playful, interactive methods and with a large exhibition area, offering practical activities and experiments. However, there is a gap in teaching about coastal ecosystems, highlighting the lack of appreciation for the importance of mangroves, which in turn offer coastal protection, pollutant filtration, marine nursery and carbon sink. The Chico Science mangrove in Pernambuco is an example of an ecosystem that carries out Environmental Education activities and scientific practices, such as the Observing the Rivers study project. This study involves water collections carried out by monitors and students, using materials such as PET bottles, gloves, thermometers, test tubes and chemical reagents to measure parameters such as Oxygen (O_2), Nitrate (NO_3^-), Phosphate (PO_4^{3-}), Biochemical Oxygen Demand and pH. The collections were made monthly during low tide, in the years 2022 and 2023, and are followed by debates on the importance of mangroves, the need for their conservation, also addressing the threats they face and their relevance in mitigating climate change. The data are shared with the NGO SOS Mata Atlântica, integrating the monitoring of the Atlantic Forest river basins in Brazil. Based on the graphs generated by the platform, although the detection of pollution levels within limits considered regular can be interpreted as a positive aspect, it is essential to avoid complacency in the face of these results. Furthermore, we conclude that the current state of the waters of the Chico Science Mangrove, with the presentation of regular pollution levels, is a mixed signal that deserves attention and coordinated action. Therefore, the presence of pollutants, even in acceptable quantities, suggests the existence of sources of contamination and impacts that need to be continuously monitored and managed.

Keywords: Environmental education, Playful learning, Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa Temático do Museu Interativo Espaço Ciência, no Memorial Arcoverde em Olinda, Pernambuco.....	20
Figura 2: Vista aérea do museu Espaço Ciência, com o Manguezal Chico Science no centro, no Memorial Arcoverde em Olinda, Pernambuco.....	22
Figura 3: Vista aérea do Complexo Salgadinho no ano de 1974 em Olinda, Pernambuco....	23
Figura 4: Raízes de mangue vermelho (<i>Rhizophora mangle</i>), vegetação típica dos manguezais.....	24
Figura 5: Local em que o Rio Beberibe se torna o limite entre as cidades do Recife e Olinda, em Pernambuco.....	27
Figura 6: Vista aérea do Museu Interativo Espaço Ciência (1997), no Memorial Arcoverde em Olinda, Pernambuco.....	29
Figura 7: Parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para Classes Especial, 1, 2, 3 e 4.....	30
Figura 8: Grade de comparação entre os diferentes parâmetros analisados, juntamente com sua cartela de resultados específica correspondente de cada amostra.....	31
Figura 9: Diagrama de representação dos processos para realização das coletas e análises da água.....	33
Figura 10: Plataforma de cadastro dos resultados analisados do Observando os Rios, SOS Mata Atlântica.....	34
Figura 11: Roda de discussão com os alunos a respeito das análises da água do manguezal Chico Science no Espaço Ciência, em Pernambuco.....	36
Figura 12: Temperaturas e precipitações médias em Recife nos últimos 30 anos.....	38
Figura 13: Condições meteorológicas observadas em Recife no ano de 2022.....	39
Figura 14: Condições meteorológicas observadas em Recife no ano de 2023.....	40
Figura 15: Condições de temperatura do ambiente e da água do Manguezal Chico Science, no ano de 2022.....	41
Figura 16: Condições de temperatura do ambiente e da água do Manguezal Chico Science, no ano de 2023.....	42
Figura 17: Resultados das concentrações de Transparência da água/turbidez (JUT) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.....	43
Figura 18: Resultados das concentrações de Oxigênio Dissolvido (mg/L) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.....	45
Figura 19: Resultados das concentrações de Nitrato (mg/L) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.....	47
Figura 20: Anomalias mensais da temperatura global do ar na superfície (°C) em relação ao período de referência de 1991–2020, de janeiro de 1940 a dezembro de 2023.....	49
Figura 21: Resultados das concentrações de Fosfato (mg/L) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.....	50
Figura 22: Resultado das altas concentrações de fosfato no Manguezal Chico Science, durante o mês de dezembro de 2023.....	52
Figura 23: Resultados das concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.....	53
Figura 24: Resultados das concentrações do potencial hidrogeniônico (pH) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Serviços ecológicos e socioeconômicos oferecidos pelos manguezais.....	18
Tabela 2: Categorias Estabelecidas pelo CONAMA para Qualidade de água.....	28
Tabela 3: Comparação de resultados, com números totais e percentuais, conforme média da qualidade da água aferida entre 2015 a 2017.....	57
Tabela 4: Comparação de resultados, com números totais e percentuais, conforme média da qualidade da água aferida em 2018, 2019 e 2021.....	57
Tabela 5: Comparação de resultados, com números totais e percentuais, conforme média da qualidade da água aferida em 2022 e 2023.....	59
Tabela 6: Número totais e percentuais conforme média da qualidade da água aferida no Brasil entre 2016 e 2023.....	60
Tabela 7: Histórico do Índice de qualidade da água do Brasil entre 2016 e 2023.....	61

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biologia

IQA - Índice de Qualidade da Água

MMA - Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Marinhos no Brasil.

NO_3^- - Nitrato

O_2 - Oxigênio

OD - Oxigênio Dissolvido

ONU - Organização das Nações Unidas

OSAR - Observatório de Saneamento e Meio Ambiente do Recife

pH - Potencial Hidrogeniônico

PO_4^{3-} - Fosfato

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVOS.....	15
1.1.1. Objetivo Geral.....	15
1.1.2. Objetivos Específicos.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 A importância dos Manguezais	16
2.2 O Museu Espaço Ciência e o Manguezal Chico Science.....	20
2.2.1 O museu Espaço Ciência como ambiente educativo.....	20
2.2.2 Manguezal Chico Science: A característica única do Espaço Ciência.....	21
2.3 Identificando a pureza das águas fluviais.....	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 Área de Estudo:.....	29
3.2 Coletas para Análise Hídrica.....	30
3.3 Descrição da Atividade de Educação Ambiental: Análise da qualidade de água.....	33
3.4 Análise dos Dados.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Impacto Educacional: Conscientização e Proteção dos Manguezais	35
4.2 Parâmetros físicos da qualidade da água.....	36
4.2.1 Precipitação mensal no período das análises.....	36
4.2.2 Análise de Temperatura do Ambiente e da água.....	40
4.2.3 Análise da Transparência da água.....	42
4.3 Parâmetros químicos da qualidade da água.....	44
4.3.1 Análise de Oxigênio Dissolvido.....	44
4.3.1 Análise de Nitrato.....	46
4.3.2 Análise de Fosfato.....	50
4.3.3 Análise de Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	52
4.3.3 Análise de pH.....	54
4.3.3 Análise comparativa do Manguezal Chico Science de 2015 a 2023.....	56
4.3.4 Média Brasileira da Qualidade da Água dos anos de 2016 até 2023.....	59
5. CONCLUSÃO	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1. INTRODUÇÃO

A água, um recurso natural escasso e vital para a vida, é categorizada como um mineral. No entanto, definir sua qualidade é mais complexo do que em relação a outros minerais, como ferro, alumínio, cobre ou ouro. Dada a importância vital da água para a vida, é essencial monitorar e assegurar sua qualidade por meio de regulamentos técnicos específicos e legislações que garantam a saúde e o bem-estar das populações humana e animal (Birkheuer *et al.*, 2017).

Segundo a Agenda 21, Capítulo 18, os recursos de água doce constituem um componente essencial da hidrosfera da Terra e parte indispensável de todos os ecossistemas terrestres. Desta forma, ela pode ser classificada como tratada, potável (adequada para o consumo humano e abastecimento público), ou destinada à sustentação da vida aquática e equilíbrio ambiental. Podendo ser utilizada para geração de energia, lazer, irrigação, indústria e diversas outras atividades, contribuindo também para a composição da paisagem e do ambiente.

Para a sustentação da vida aquática, não é necessário um nível de pureza tão elevado quanto o exigido para o consumo humano, o aspecto visual também não é tão crucial, e a maioria dos microorganismos prejudiciais aos seres humanos não afeta os peixes. No entanto, se presentes em grandes quantidades, esses microorganismos podem contaminar humanos que consomem esses organismos. Segundo documento da Organização das Nações Unidas (ONU), Agenda 21 (CNUMAD, 1992), “a utilização da água deve ter como prioridades a satisfação das necessidades básicas e a preservação dos ecossistemas.”

Sendo fundamental para a vida, a água deve conter oxigênio dissolvido e uma quantidade adequada de elementos naturais, como algas, frutos ou folhas vegetais presentes nas áreas adjacentes dos rios, conhecidas como "matas ciliares". Na literatura atual, as matas ciliares são caracterizadas como áreas que acompanham os corpos d'água, como rios permanentes ou sazonais, lagos e reservatórios, e se desenvolvem sob condições específicas das aluviões, como solos profundos e clima mais úmido (Moro *et al.*, 2015). Esses ecossistemas desempenham um papel crucial no controle da erosão e do assoreamento dos corpos hídricos, além de contribuir para o reabastecimento dos aquíferos e atuarem como corredores ecológicos

quando integrados às florestas, promovendo a proteção da biodiversidade (Ávila *et al.*, 2011; Zonta *et al.*, 2020; Teles *et al.*, 2022).

Monitorar a qualidade da água é essencial para diagnosticar a saúde do ambiente em que vivemos e atuamos. No Brasil, mais de 90% dos esgotos domésticos e cerca de 70% dos efluentes industriais são lançados diretamente nos corpos de água, sem qualquer tipo de tratamento (Brasil, 2006). Ao observar e identificar a condição ambiental dos mananciais e rios em nossas cidades, podemos reconhecer e compreender os principais desafios que enfrentamos. Isso nos permite buscar soluções integradas que promovam a melhoria da qualidade de vida, o uso sustentável dos recursos naturais, e a conservação e recuperação de ambientes.

Segundo Tucci *et al.* (2001) são vários os problemas na área de recursos hídricos existentes hoje no Brasil, sendo: escassez de água; ocorrência de enchentes periódicas nos grandes centros urbanos; inexistência de práticas efetivas de gestão de usos múltiplos e integrados dos recursos hídricos; distribuição injusta dos custos sociais associados ao uso intensivo da água; participação incipiente da sociedade na gestão; prática de tomada de decisões sem recurso sistemático e métodos quantitativos de avaliação. A gestão integrada e participativa da água, das florestas e das bacias hidrográficas é fundamental para fortalecer e exercitar a cidadania na busca do desenvolvimento sustentável.

A interconexão entre rios e manguezais é fundamental para a saúde e sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos e costeiros. Os rios, ao transportar água doce, sedimentos e nutrientes, desempenham um papel crucial no suporte e manutenção dos manguezais. Os habitats de Manguezal são encontrados em regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo, são ecossistemas vitais que oferecem diversas funções ecológicas importantes, como proteger o litoral contra erosão e tempestades e frequentemente chamados de "berçários naturais", por serem regiões extremamente ricas em nutrientes e propícias para reprodução (Rosenzweig *et al.* 2011).

São áreas potenciais de alimentação para uma variedade de espécies marinhas, as raízes dos manguezais funcionam como uma barreira natural, absorvendo a energia das ondas e fortalecendo o solo, fornecem habitat, abrigo e

alimento para uma grande variedade de espécies marinhas, incluindo peixes, crustáceos, moluscos e aves. Estas características ambientais inconstantes acabam por determinar uma fauna, flora e variedade de microrganismos específicos, que possuem adaptações estruturais e fisiológicas que os tornam aptos a suportá-las (Pinheiro *et al.*, 2008).

O manguezal atua como um filtro natural, filtrando nutrientes e poluentes da água. Isso ajuda a melhorar a qualidade da água e a manter a saúde dos ecossistemas marinhos. A diversidade de árvores chamadas de mangues auxiliam notavelmente na viabilidade do ambiente desafiador desta área onde se encontram presentes também arbustos e outras vegetações adjacentes. Essas adaptações possibilitam sua sobrevivência em condições como solo com baixa oxigenação, variações intensas de salinidade, escassez de água doce e a presença de sedimentos soltos (Schaeffer-Novelli *et al.*, 2016).

Cabe destacar também, que são um importante sumidouro de carbono, ajudando a mitigar as mudanças climáticas globais, pois, a sua vegetação acumula carbono em suas raízes e solo, ajudando a reduzir a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera. Por esse processo natural de “filtragem” de substâncias gasosas nocivas ao meio e em função do atual quadro de intensa poluição atmosférica, o plantio e manutenção de florestas de manguezais tem sido uma prioridade em projetos de diminuição de poluentes atmosféricos (Mattos-Fonseca, 2005).

Além de sua importância ecológica, os habitats do manguezal também fornecem muitos benefícios econômicos e culturais para as comunidades humanas, como por exemplo, eles apoiam a pesca comercial e de subsistência. Podemos destacar o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*), que é alvo de captura e consumo humano, particularmente pelas populações litorâneas. Essa espécie é considerada chave no ecossistema manguezal, onde assume importante papel ecológico, por ser responsável pelo consumo e degradação de mais da metade da serrapilheira disponível sobre o sedimento local (Wolff *et al.*, 2000; Koch & Wolff, 2002; Koch & Nordhaus, 2010; Christofolletti *et al.*, 2013).

No entanto, esses ecossistemas também estão ameaçados por atividades humanas, como desmatamento, poluição, desenvolvimento costeiro e o avanço das estradas costeiras, a urbanização dos resorts à beira-mar e as construções de aterros que impactam no fluxo das marés no interior do ecossistema de manguezal (2003), de modo que se forem mantidas as atuais taxas de destruição desse ecossistema, em aproximadamente 100 anos não teremos mais nenhuma área de manguezal (Duke et al., 2007).

Cabe citar o exemplo de um manguezal que foi bastante impactado nas últimas décadas, que é a região de manguezal Chico Science, que exhibe traços distintivos e encontra-se situada no Espaço da Ciência, museu de ciência em Olinda. O nome de Chico Science, ícone cultural e artístico, foi perpetuado neste manguezal em reconhecimento à sua contribuição. Cujo propósito é fomentar a disseminação do conhecimento científico e aprimorar o ensino das disciplinas científicas, colaborando estreitamente com instituições de ensino públicas e privadas, além de engajar diversos setores da comunidade (Gouveia *et al.*, 1999) mas que na verdade se tornou um manguezal que está sofrendo com ações humanas prejudiciais, é fundamental destacar sua relevância ecológica e promover iniciativas de conservação para garantir que esses ecossistemas vitais continuem a oferecer seus inúmeros benefícios ambientais e sociais.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água do manguezal Chico Science, situado no Espaço Ciência em Pernambuco.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver e implementar uma atividade prática que envolva a coleta de amostras de água mensalmente do manguezal Chico Science, garantindo a consistência e a precisão dos dados ao longo dos anos de 2022 e 2023.
- Examinar e elucidar os dados coletados durante a amostragem de água, identificando os parâmetros para avaliar a qualidade da água do manguezal Chico Science.

- Confrontar os resultados obtidos com os padrões e normas ambientais estabelecidos pelos órgãos reguladores para avaliar a conformidade da qualidade da água.
- Registrar e analisar as mudanças na qualidade da água durante os anos de estudo, identificando possíveis melhorias ou deteriorações ao longo do tempo.
- Inserir os dados das análises físicas e químicas da água do manguezal Chico Science, na plataforma da ONG SOS Mata Atlântica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A importância dos Manguezais

Esses ecossistemas são encontrados em áreas tropicais e subtropicais em todo o mundo, desempenhando funções ecológicas vitais (Ewel *et al.*, 1998). Eles funcionam como uma barreira natural contra a erosão costeira e tempestades, bem como purificam a água de poluentes. Além disso, desempenham um papel fundamental como berçário para várias espécies marinhas, fornecendo habitat, refúgio e alimento para peixes, crustáceos, moluscos e aves.

Os manguezais também têm a notável capacidade de capturar e armazenar grandes quantidades de carbono, auxiliando na redução dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera e, conseqüentemente, desacelerando o aquecimento global (Fonseca, 2002). Assim, a conservação dos manguezais são essenciais para a manutenção dos serviços ecossistêmicos que eles proporcionam, além de terem um potencial considerável para integrar mercados de carbono (Sapkota; White, 2020).

O Brasil possui a segunda maior área de manguezais do mundo, representando 7% de todos os manguezais globais e 50% dos manguezais da América Latina (Fao 2007; Giri *et al.* 2010). No entanto, o Brasil perdeu 50 mil hectares de manguezais nos últimos 25 anos, principalmente ao longo das costas sudeste e sul (FAO 2007), e as projeções indicam que essas perdas devem continuar aumentando rapidamente (Duke *et al.* 2007). Estima-se que os

manguezais cobrem aproximadamente 13 mil km² de áreas descontínuas, do norte ao sul do país (Spalding *et al.*, 2010).

A região norte abriga mais de 80% das áreas de manguezais do país, especialmente nos estados do Amapá, Pará e Maranhão. Essa área oferece condições ideais para o crescimento e desenvolvimento máximo dos manguezais, como alta umidade ao longo do ano, rios abundantes que transportam matéria orgânica e sedimentos, regime de marés elevadas e temperaturas médias acima de 20°C (Spalding *et al.*, 2010). Nas regiões nordeste e sudeste do Brasil, os manguezais foram severamente impactados pela urbanização descontrolada das áreas costeiras, restando apenas alguns fragmentos, muitos deles degradados ou em risco de extinção.

A expansão urbana descontrolada, a exploração indiscriminada de recursos naturais e a poluição têm resultado na degradação e destruição desses ecossistemas essenciais (Lu *et al.*, 2013). Até recentemente, muitos governos em todo o mundo viam os manguezais como áreas inúteis e pantanosas, resultando em políticas de gestão sustentável e administração ambiental que demoraram a ser implementadas em muitos lugares (Walters *et al.*, 2008). A falta de conscientização acerca da relevância dos manguezais e a ausência de políticas de conservação eficazes têm agravado essa situação.

Cabe destacar, que o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biologia desempenha um papel fundamental na proposição de estabelecimento de unidades de conservação e na gestão delas. A priorização dos manguezais na agenda do ICMBio é evidente, considerando a sua colaboração com o MMA na formulação de um Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil. Apesar da rápida degradação dos manguezais, o relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) revelou que o Brasil apresentou uma das menores taxas de perda de áreas de manguezal em comparação com outros países. Isso foi atribuído ao fato de mais de 70% dos manguezais estarem protegidos por Unidades de Conservação, que têm, entre outras responsabilidades, a função de preservá-los (PNUMA 2014).

De acordo com o MMA (2010), esses ambientes, que são influenciados pela ação das marés e pelo fluxo dos rios, são conhecidos por sua alta produtividade. Essa produtividade é fruto do aporte significativo de nutrientes orgânicos e inorgânicos que fornecem para a zona costeira. Ou seja, o ecossistema dos manguezais é essencial não só para proteger esses recursos naturais, mas também para assegurar o bem-estar e a segurança alimentar das comunidades locais. Assim, adquirir conhecimento sobre a importância da conservação se torna crucial para nosso desenvolvimento como indivíduos. Portanto, a conservação dos manguezais se torna essencial para a conservação da biodiversidade marinha e para a capacidade de recuperação dos ecossistemas diante das mudanças climáticas e outras ameaças (Unesco, 2009).

A sua proteção não apenas garante a manutenção da biodiversidade, mas também proporciona vantagens imediatas às populações residentes. Representam fontes cruciais de recursos naturais (TABELA 1), fornecendo madeira, combustível e materiais para construção, ao mesmo tempo que atuam como fonte de alimento e fonte de renda para inúmeras comunidades pesqueiras (Sundara *et al.*, 2012). Um dos serviços socioeconômicos mais estudados e vitais oferecidos pelos manguezais é a produção pesqueira (Hamilton *et al.*, 1989). Em alguns países como Brasil, Filipinas e Bangladesh, essas atividades representam a única fonte disponível de proteínas para populações em situação de vulnerabilidade social. No entanto, devido a ações antrópicas os manguezais estão enfrentando desafios e ameaças significativas.

Tabela 1: Serviços ecológicos e socioeconômicos oferecidos pelos manguezais.

SERVIÇOS ECOLÓGICOS	SERVIÇOS SOCIOECONÔMICOS
“Berçário” da vida marinha (alimento + abrigo + elevada temperatura);	Fornecimento de proteína de origem animal;
Manutenção da biodiversidade e dos recursos genéticos;	Sustento às comunidades costeiras;
Armazenamento e reciclagem da matéria orgânica;	Absorção de dióxido de carbono, diminuindo o efeito estufa;
Produção de oxigênio;	Informações educacionais e científicas;

Influência sobre o clima local, regional e global;	Controle da erosão costeira e ribeirinha;
Suporte biofísico a outros ecossistemas costeiros;	Proteção da linha de costa contra inundações, furacões e maremotos;
Exportação de matéria orgânica e nutrientes.	Biofiltração (matriz biológica para a absorção de poluentes).

Fonte: Costanza et al. (1997), Rönnbäck (1999), Acharya (2002), FAO (2007), Spalding et al. (2010), adaptado pelo autor, 2024

Portanto, é premente que a sociedade como um todo se una para proteger e conservar os manguezais. Torna-se imperativo fomentar a conscientização ambiental e envolver as comunidades locais, promover práticas de manejo sustentável, estabelecer políticas de conservação eficazes e reforçar a fiscalização a fim de prevenir a degradação e garantir a regeneração desses ecossistemas (Melnyk et al., 2015). Ao reconhecer a importância vital dos manguezais e trabalharmos de forma colaborativa para sua conservação, estaremos contribuindo para a construção de um futuro sustentável, onde a convivência harmoniosa entre seres humanos e a natureza é viável.

Em Pernambuco, os esforços de conservação ainda são considerados inadequados. Em algumas áreas da Região Metropolitana do Recife, é comum a prática de reflorestamento ou reabilitação de árvores nos manguezais, bem como a inclusão dessas regiões em parques. Um exemplo que pode ser mencionado é o Observatório de Saneamento e Meio Ambiente do Recife (OSAR) é uma iniciativa de pesquisadores engajados de diversas áreas científicas, unidos pela preocupação com as condições sanitárias, urbanísticas e ambientais da cidade do Recife. Desta forma, a compreensão das interações entre a estrutura do ecossistema, suas funções, benefícios, usos e valor econômico ainda está em evolução. Isso torna a gestão dos manguezais ainda mais desafiadora, uma vez que os gestores precisam tomar decisões sobre a quantidade de habitat natural a ser preservada e a extensão destinada a atividades de desenvolvimento humano (Barbier et al., 2008).

2.2 O Museu Espaço Ciência e o Manguezal Chico Science

2.2.1 O museu Espaço Ciência como ambiente educativo

O Espaço Ciência surgiu em Pernambuco, no final de 1994 que foi inaugurado, em abril de 1996, mudou-se para o Parque 2 do Memorial Arcoverde, sua privilegiada sede definitiva entre as cidades de Recife e Olinda. A ambiciosa ideia funcionou com êxito até hoje graças à sua simplicidade e versatilidade.

Figura 1: Mapa Temático do Museu Interativo Espaço Ciência, no Memorial Arcoverde em Olinda, Pernambuco



Fonte: www.espacociencia.pe.gov.br/, 2017

A imagem retrata uma visão do Espaço Ciência que inclui áreas cobertas para exposições (indicadas em azul escuro no mapa) e duas Rotas ao redor do Manguezal Chico Science, a Rota da Exploração e a Rota Ecológica. A Rota Ecológica, que segue ao longo de sua margem direita, tem um enfoque mais contemplativo e voltado para a educação ambiental. A Rota da Exploração, à esquerda do manguezal, está dividida em 5 seções: água, movimento, percepção, terra e espaço, onde estão localizados diversos experimentos interativos, todos ao ar livre.

A interatividade social, pela qual os visitantes, intrigados e questionados diante dos fenômenos observados, conversam, trocam ideias, conhecimentos e encontram respostas aos seus questionamentos. No Espaço Ciência, tal nível de interatividade é estimulado com o diálogo promovido por mediadores. O essencial é valer-se das mais diferentes combinações linguísticas para apresentar a realidade mesma e, assim, despertar a curiosidade e a imaginação dos visitantes (Pavão, 2008). Com seus diversificados eixos de ação, o Espaço Ciência não apenas

reafirma o papel inerente aos museus, de difusão do conhecimento, como reivindica um papel mais ativo de transformação social por meio da democratização do acesso ao saber científico, seja nas escolas, no museu ou no dia a dia das cidades.

Wagensberg (2000) destaca que o museu, sobretudo, deve ser um lugar de conversação, com uma ideia de um conhecimento aberto, sempre em construção e fruto do diálogo e da troca, não significa, contudo, imprecisão nas informações, pelo contrário. A ciência pressupõe observação, pesquisa, experimentação, comprovação de hipóteses e num museu, a ciência não pode ser diferente. A relação deve ser aberta, assim como em toda pesquisa científica, que inclui em si mesma os pressupostos para sua superação.

O principal não é educar em ciência ou ensinar conceitos científicos, mas despertar a curiosidade, estimular o senso crítico e dar estímulos à imaginação. O visitante deve voltar para casa com vontade de saber mais, aprender e contribuir para o desenvolvimento da sociedade. Além das narrativas expositivas capazes de gerar diálogos e reflexões sobre as relações entre a ciência e a sociedade, o Museu se une aos educadores, instituições de ensino, organizações sociais e investe em estratégias diferenciadas para se tornar um ambiente de conhecimento, diversão e cidadania acessível a todos e todas.

2.2.2 Manguezal Chico Science: A característica única do Espaço Ciência

Situado em uma área privilegiada de 120 mil metros quadrados, entre as cidades de Recife e Olinda, o Espaço Ciência se destaca como um dos maiores museus de ciência ao ar livre do mundo. Uma característica marcante é o Manguezal Chico Science, uma preciosidade de beleza e relevância científica, abarcando uma área de 19.169 m² (FIGURA 3). Desde sua instalação no Parque Memorial Arcoverde em 1996, o Espaço Ciência reconheceu a importância desse ecossistema e iniciou um programa de conservação, tornando o Manguezal a pedra angular do conceito de museu de ciência a céu aberto. De acordo com Souza (2008), esta área é reconhecida como um remanescente de manguezal inserido nas regiões interfluviais do trecho final das bacias hidrográficas dos rios Beberibe e Capibaribe, localizando-se nas áreas limítrofes entre os municípios de Recife e Olinda.

Figura 2: Vista aérea do museu Espaço Ciência, com o Manguezal Chico Science no centro, no Memorial Arcoverde em Olinda, Pernambuco



Fonte: <https://www.instagram.com/espacocienciape>, 2024

Antes da inauguração do Espaço Ciência, o manguezal encontrava-se degradado e quase destruído, com uma vegetação rasteira que permitia a visão das duas margens das avenidas circundantes (FIGURA 2). Na década de 70, as cidades de Recife e Olinda passaram por um significativo processo de expansão, o que resultou em profundas alterações no ambiente ao redor, especialmente com a construção de uma via de ligação entre essas cidades. Esse projeto levou ao desenvolvimento do complexo viário de Salgadinho e à formação de manguezais urbanos, resultantes dos aterros realizados. Essas áreas alagadas apresentam características típicas do ecossistema manguezal, tornando o Manguezal Chico Science um ambiente aquático artificial, fruto dos aterros sobre o complexo estuarino dos rios Beberibe e Capibaribe (Cunha; Guimarães, 2000). Nesse mesmo período, foram construídas a Avenida Agamenon Magalhães e o complexo rodoviário de Salgadinho (Silva, 2000).

Figura 3: Vista aérea do Complexo Salgadinho no ano de 1974 em Olinda, Pernambuco



Fonte: CONDEPE-FIDEM, 1974

É crucial destacar que este ambiente é considerado artificial devido à sua formação por meio de canalizações, dragagens e drenagens (Silva, 2000). Está conectado ao Oceano Atlântico através do canal Derby-Tacaruna, utilizando estruturas subterrâneas de concreto protegidas por grades (Silva *et al.*, 2000). Além disso, é influenciado tanto pelas águas oceânicas quanto pelas águas continentais, sendo controlado pelo fluxo das marés. Por essa razão, essa lagoa exibe características de um manguezal.

O Manguezal Chico Science desempenha um papel essencial no Espaço Ciência, que é promover atividades e práticas que abordam informações e conceitos sobre o ecossistema manguezal, além de realizar ações de Educação Ambiental. Essa educação desempenha um papel crucial na compreensão da dinâmica dos ecossistemas, possibilitando uma maior conscientização sobre a importância da preservação desses ambientes (Martins; Halasz, 2011. p.12). É o grande diferencial do Espaço Ciência em relação a outros museus, resultado de um meticuloso trabalho de conservação ambiental, sendo um solo fértil para sensibilizar sobre questões ambientais. Ao longo dos anos, o manguezal tornou-se ainda mais exuberante, despertando o interesse científico de visitantes, estudantes e pesquisadores. As atividades oferecidas variam desde visitas guiadas até oficinas experimentais, incluindo um passeio de barco movido a energia solar, proporcionando um contato direto com o ecossistema.

Nas suas margens, encontra-se colonizada por uma vegetação típica de manguezal. As espécies características de mangue que ocorrem na área de estudo são *Avicennia germinans* (mangue preto ou siriúba), *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), que ocupam a maior parte da área de estudo e há ocorrência de *Laguncularia racemosa* (mangue branco), observada apenas na borda. Ao todo no território Brasileiro ocorrem 6 gêneros e aproximadamente 60 espécies (Souza e Lorenzi, 2008).

De acordo com o ICMbio, o bosque de mangue cresce em substrato lodoso composto por lama e areia. Algumas espécies possuem raízes-escora, como os rizóforos e as raízes adventícias, enquanto outras possuem pneumatóforos que crescem na direção oposta da gravidade. Os pneumatóforos são importantes substratos para outras plantas e animais, como algas macroscópicas e microscópicas, que servem como hábitat para invertebrados. As raízes radiais são responsáveis pelo sistema de sustentação das árvores de mangue-branco e mangue-preto, que precisam ser estabilizadas em substratos pouco consolidados. Já o mangue-vermelho se ancora por meio das ramificações dos rizóforos no substrato.

Figura 4: Raízes de mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), vegetação típica dos manguezais.



Fonte: Autoral, 2023

Como discutido por Santos (2020), museus a céu aberto que recriam habitats tradicionais em um ambiente mais ou menos modificado, representando um espaço natural que preserva os elementos do contexto original. Eles se destinam a um público nacional e buscam reconectar as pessoas com o ambiente que os envolve, considerando a população local como o público principal da educação ambiental, embora com certas limitações. Esta é também uma das metas da exposição Chico Science, que visa ampliar a compreensão sobre a importância desse ecossistema, de modo que a população adote uma nova perspectiva e se empenhe na conservação deste ambiente, que foi severamente afetado principalmente pelas práticas de descarte de lixo, dejetos e aterros, resultando em uma significativa redução da biodiversidade.

Portanto, Manguezal Chico Science enfrenta desafios, como a poluição proveniente do Canal do Tacaruna, exigindo mutirões de limpeza promovidos pelo Espaço Ciência. Esta situação serve como alerta para a necessidade de um esforço coletivo, envolvendo órgãos públicos e da cooperação internacional, visando promover a pesquisa científica e as inovações tecnológicas direcionadas à limpeza, segurança e sustentabilidade das áreas litorâneas (Oliveira, 2022).

A manutenção dessas áreas é essencial para garantir a saúde dos ecossistemas costeiros e a qualidade de vida das comunidades que dependem deles, além de contribuir para a conservação da biodiversidade global. Dada a importância de ensinar educação ambiental crítica para estudantes da educação básica, é fundamental promover a interação entre ensino e aprendizagem, especialmente no que diz respeito ao conhecimento sobre a fauna, flora e ecossistemas. Isso permite que os alunos desenvolvam também habilidades socioemocionais e éticas, incentivando o pensamento crítico e a participação ativa na solução de problemas ambientais (Medeiros, 2011).

Para incentivar uma cultura de conscientização sobre a água, é essencial que esse assunto seja abordado em diversos contextos de aprendizado, tanto formais quanto informais, visando enriquecer a educação dos estudantes e promover iniciativas para minimizar os impactos (Brasil, 2018). Além das escolas, outros espaços educativos, como centros de educação ambiental, museus, parques naturais e programas comunitários, exercem uma função importante na divulgação

do conhecimento. Esses locais proporcionam atividades práticas, exposições, palestras e programas de conscientização para envolver a população de todas as idades na proteção desses ecossistemas vitais. Além disso, a realização deste projeto se revela extremamente necessária, pois oferece aos visitantes uma oportunidade prática e acessível de testemunhar as ramificações da poluição e da ausência da conservação desses ecossistemas.

2.3 Identificando a pureza das águas fluviais

Os rios, classificados como recursos naturais essenciais, são oferecidos pela natureza para nosso aproveitamento, apresentando características singulares que merecem consideração. Nesse contexto, a qualidade da água é representada por um grupo de características intrínsecas, geralmente mensuráveis. O conjunto desses elementos que a compõem assegura determinado uso ou o conjunto de usos, bem como permite o estabelecimento de padrões de qualidade e classificação da água (Derisio, 2000). Nas condições naturais, a água do rio se apresenta límpida, com baixa presença de sedimentos decorrentes da erosão durante chuvas. Sua coloração levemente amarelada é resultado do húmus e da decomposição de folhagens no solo. Contém oxigênio em quantidade adequada, a menos que seja impactada por esgotos e outros resíduos em decomposição. Ademais, é rica em elementos como: frutos, folhas e algas, proporcionando um ambiente propício para diversos organismos aquáticos.

As investigações voltadas para avaliar a qualidade da água estão concentradas principalmente nas águas de superfície, uma vez que são as principais fontes de fornecimento, lazer, agricultura e paisagismo (Pereira *et al.*, 2013). A avaliação da qualidade da água de um rio pode ser amplamente conduzida por meio de observação visual, envolvendo outros sentidos como olfato e sensação térmica.

Figura 5: Local em que o Rio Beberibe se torna o limite entre as cidades do Recife e Olinda, em Pernambuco



Fonte: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2021/03/12>.

Conforme as propriedades da água, é viável categorizá-la mediante critérios, indicadores ou padrões, dependendo das finalidades para as quais será utilizada. A poluição das águas de superfície por resíduos provenientes das atividades humanas tem sido um dos principais elementos de perigo para a saúde da população, sobretudo em áreas com deficiências no sistema de saneamento e distribuição de água (FUNASA, 2003).

No contexto brasileiro, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), como órgão supremo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), estipulou o Índice de Qualidade da Água (IQA) e uma classificação das águas fundamentada em mais de 70 parâmetros. Muitos desses parâmetros exigem a utilização de instrumentação avançada, disponível em um reduzido número de laboratórios no Brasil. O CONAMA 2016 estabelece categorias para a qualidade da água em rio, como listado a seguir:

Tabela 2: Categorias Estabelecidas pelo CONAMA para Qualidade de água.

Classe Especial	Águas que, sem tratamento, servem para consumo humano e sustentam a vida aquática. Encontradas em áreas protegidas.
Classe 1	Águas para abastecimento público com cloração, usadas para recreação, irrigação e criação de organismos aquáticos comestíveis.
Classe 2	Águas para abastecimento doméstico após tratamento convencional, servindo para recreação, irrigação e criação de organismos aquáticos comestíveis.
Classe 3	Águas que exigem tratamento especial para abastecimento, sendo utilizadas para irrigação de plantas não consumidas cruas e para dar de beber ao gado. Preservação de fauna e flora.
Classe 4	Águas destinadas principalmente à navegação e usos menos exigentes, como diluição de efluentes. Cada classe tem parâmetros definidos, sendo mais exigentes para as classes superiores.

Fonte: CONAMA (2016), adaptado pelo autor, 2024

Conforme estabelecido CONAMA (TABELA 2), cada categoria é determinada por uma série de critérios que devem ser rigorosamente observados. Naturalmente, nas classes mais exigentes ou 'superiores', a quantidade de critérios a ser atendida é mais extensa. Para controlar a poluição nos rios e reservatórios, são empregados critérios de qualidade, estabelecendo os limites de concentração que cada substância na água deve respeitar.

No Brasil, desde 1974, o Índice de Qualidade das Águas (IQA) é utilizado para comunicar à população os dados sobre a qualidade da água. Esse índice foi adaptado do desenvolvido pela National Sanitation Foundation nos Estados Unidos em 1970. que foram selecionados por especialistas e técnicos como os mais significativos para a avaliação das águas doces brutas destinadas ao abastecimento público e a diversos usos. Ele foi adaptado do índice desenvolvido pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, e é calculado a partir da soma de parâmetros físicos, químicos e biológicos presentes nas amostras de água.

Ele incorpora 9 parâmetros (temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio a 5 dias a 20°C, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez), escolhidos por especialistas como os mais

relevantes para avaliar as águas destinadas ao abastecimento público. A qualidade da água bruta é categorizada como ótima, boa, regular, ruim e péssima.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo:

O presente estudo foi desenvolvido no manguezal Chico Science, localizado dentro do Espaço Ciência. A área apresenta aproximadamente 19.169 m². Apresenta sua influência hídrica tanto marítima quanto de água doce de maneira indireta, estabelecendo conexão com o Canal da Tacaruna, por meio de oscilações de fluxo e refluxo ocasionadas pelas marés, juntamente com a introdução de resíduos domésticos ricos em material orgânico. Possui uma configuração elipsoidal, com eixo orientado no sentido norte-sul, e se caracteriza por três áreas de estreitamento.

Figura 6: Vista aérea do Museu Interativo Espaço Ciência (1997), no Memorial Arcoverde em Olinda, Pernambuco.



Fonte: CONDEPE-FIDEM, 1997

3.2 Coletas para Análise Hídrica

As coletas foram realizadas uma vez no mês no píer de apoio da área da Trilha Ecológica do Espaço Ciência durante o período de janeiro de 2022 até dezembro de 2023, no turno da manhã, acompanhando sempre a tábua de maré, no momento em que a maré está mais baixa, entre 0,1 e 0,5 metros, considerado ideal para a coleta de água para estudos químicos.

Primeiro, durante a maré baixa, é possível acessar áreas que ficam submersas durante a maré alta, o que pode aumentar a diversidade de amostras coletadas. Além disso, durante a maré baixa, é possível coletar amostras de sedimentos e outros materiais que ficam expostos na superfície do manguezal, é importante para algumas análises químicas. A avaliação é realizada observando o depósito de material no fundo de um recipiente durante um período de repouso da água.

As coletas das amostras foram realizadas com uso de materiais como garrafa pet de 1 litro, para coletar a água, luvas de procedimento, termômetro de mercúrio, tubos de ensaio com tampa rosqueado e reagentes químicos para mensurar os parâmetros de água, de acordo com o CONAMA (2005).

Figura 7: Parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para Classes Especial, 1, 2, 3 e 4

Parâmetros	Classes				
	Especial	1	2	3	4
OD mg/l	7 a 10	6	5	4	2
DBO mg/l	-	3	5	10	-
Nitrogênio Nitrato	-	10	10	10	-
Fósforo*	-	0,025	0,025	0,025	-

Fonte: www.sigrh.sp.gov.br/enquadramentodoscorposdagua - adaptado da Resolução CONAMA 357/2005

Em seguida, verte entre 5ml e 10ml da água coletada em tubos de ensaio, adicionando o reagente químico específico correspondente de cada amostra. Após a adição do reagente, é agitada a mistura por aproximadamente 3 a 5 minutos, até que o tubo de ensaio mude de coloração. Sendo comparado o resultado da coloração com a cartela correspondente.

Figura 8: Grade de comparação entre os diferentes parâmetros analisados, juntamente com sua cartela de resultados específica correspondente de cada amostra.



A - Cartela de Turbidez; B - Cartela de Oxigênio Dissolvido; C - Nitrato; D - Cartela de Fosfato; E - Cartela de Demanda Bioquímica de oxigênio; F - Cartela de pH

Fonte: Autoral, 2023

- Transparência da água ou Turbidez: Medida pelo método Jackson (JTU) da LaMotte, com intervalos de 0 JTU, 20 JTU, 40 JTU, 60 JTU, 80 JTU e 100 JTU.
- Oxigênio Dissolvido (OD): Medido com pastilhas específicas da LaMotte TesTabs, com intervalos de 0 ppm, 4 ppm e 8 ppm.
- Nitrato: Determinado através de pastilhas específicas da LaMotte TesTabs, com intervalos de 0 ppm, 5 ppm, 20 ppm e 40 ppm.

- Fosfato: Medido com pastilhas específicas da LaMotte TesTabs, com intervalos de 0 ppm, 1 ppm, 2 ppm e 4 ppm.
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): Determinada através de pastilhas específicas da LaMotte TesTabs, com intervalos de 0 ppm, 4 ppm e 8 ppm.
- pH: Determinado com pastilhas específicas da LaMotte TesTabs, com faixas de pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9, pH 10 e pH 11

3.3 Descrição da Atividade de Educação Ambiental: Análise da qualidade de água

Figura 9: Diagrama de representação dos processos para realização das coletas e análises da água



3.4 Análise dos Dados

Os resultados das análises são registrados pelo pesquisador em formulários disponíveis na plataforma do SOS Mata Atlântica, na seção "Observando os rios". Esses dados são disponibilizados ao público através do link: <https://observandoosrios.sosma.org.br/grupo/1048/espaco-ciencia-chico-science>. Neste formulário, foram inseridos todos os valores coletados das amostras e o próprio sistema da plataforma gera um gráfico que mostra o valor do resultado que varia entre Ótima, Boa, Regular, Ruim e Péssima que se baseia nos parâmetros do Índice de Qualidade da Água (IQA).

Figura 10: Plataforma de cadastro dos resultados analisados do Observando os Rios, SOS Mata Atlântica.

The screenshot shows the 'Cadastro de Análises' (Analysis Registration) page on the SOS Mata Atlântica website. The page is titled 'Observando os Rios' and is part of the 'Espaço Ciência Chico Science' group. The main navigation menu includes: SOBRE, HISTÓRIA, RESULTADOS, INDICADORES, COMO PARTICIPAR, CADASTRO DE ANÁLISES (selected), DADOS DO GRUPO, DOE PARA O OBSERVANDO OS RIOS, and RIOS SEM PLÁSTICOS. The user is logged in as 'ESPAÇO CIÊNCIA CHICO SCIENCE'.

The registration form contains the following fields:

- Número de participantes:** Input field with placeholder 'Número de Participantes'.
- Data e hora:** Input field with placeholder 'Ex: 29/08/2018 11:48'.
- Clima do dia anterior:** Dropdown menu.
- Clima:** Dropdown menu.

On the right side, there is a summary section for the 'ÚLTIMA ANÁLISE' (Last Analysis) and a 'HISTÓRICO' (History) section.

ÚLTIMA ANÁLISE:

- Date: 29/05/2024
- Time: 08:00
- Weather: Nublado
- Score: 28
- Quality: Regular

HISTÓRICO:

Qualidade	Intervalo
Ótima	Maior que 40
Boa	Entre 35 e 40
Regular	Entre 25 e 35
Ruim	Entre 20 e 25
Péssima	Menor que 20

Fonte: observandoosrios.sosma.org.br

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Impacto Educacional: Conscientização e Proteção dos Manguezais

O Espaço Ciência tem se destacado como um dos principais centros de divulgação científica na região metropolitana do Recife. Nos anos de 2022 e 2023, esse impressionante museu recebeu cerca de 173 mil visitantes em cada ano, demonstrando o crescente interesse da população pela ciência e suas maravilhas. Esse público diversificado é composto por pessoas de todas as idades, desde estudantes em grupos escolares até famílias e amigos em busca de momentos de aprendizado e diversão. Essa variedade de visitantes enriquece ainda mais a experiência proporcionada pelo Espaço Ciência, pois permite que o conhecimento científico seja compartilhado e absorvido por públicos de diferentes perfis.

Dentre esses visitantes, um grupo especial se destaca: os estudantes. Em 2022, cerca de 250 alunos tiveram a oportunidade única de participar diretamente das coletas e análises físicas e químicas da água do manguezal Chico Science. Já em 2023, esse número chegou a 150 estudantes, todos ávidos por explorar os mistérios da natureza e compreender a importância desse ambiente. Essa experiência prática é fundamental para o desenvolvimento da educação ambiental, pois permite que os alunos compreendam de forma tangível a complexidade e a fragilidade dos ecossistemas naturais.

Os estudantes que participaram das análises da água do Manguezal Chico Science receberam uma explicação sobre os conceitos dos reagentes utilizados, entendendo a funcionalidade de cada um e como podemos ver exemplos de sua aplicação no cotidiano. Além disso, foi aberta uma discussão ampla sobre a importância dos manguezais, as principais ameaças que eles enfrentam e como podemos protegê-los.

Durante essa discussão, foram abordados temas como o papel fundamental dos manguezais na mitigação das mudanças climáticas globais, o impacto do aumento do nível do mar nos manguezais e nas comunidades costeiras, bem como as técnicas e tecnologias utilizadas para monitorar a saúde desses ecossistemas e avaliar sua capacidade de se recuperar de distúrbios. Por fim, é destacado como os manguezais são considerados na formulação de políticas ambientais e na tomada de decisões de

desenvolvimento, servindo de subsídio para a aplicação de atividades de fixação do aprendizado na sala de aula, do professor responsável pela turma, sobre a importância desse ecossistema tão valioso.

Essa abordagem abrangente permite que os estudantes compreendam não apenas os conceitos técnicos, mas também a relevância dos manguezais em um contexto mais amplo, capacitando-os a se tornarem entendedores a respeito da proteção e conservação desse importante ecossistema. Ao realizar atividades práticas, os alunos se tornam mais conscientes sobre os impactos das ações humanas nos ecossistemas e a importância de preservar a biodiversidade. Este tipo de educação prática é essencial para formar cidadãos informados e responsáveis, capazes de tomar decisões que promovam a sustentabilidade.

Figura 11: Roda de discussão com os alunos a respeito das análises da água do manguezal Chico Science no Espaço Ciência, em Pernambuco.



Fonte: Autoral, 2023

4.2 Parâmetros físicos da qualidade da água

4.2.1 Precipitação mensal no período das análises

Cerca de 70% da população brasileira vive nos principais centros urbanos situados ao longo dos litorais, incluindo áreas estuarinas. Os estuários possuem importância não apenas ecológica, mas também econômica e populacional, sendo um dos ecossistemas mais produtivos do mundo, comparáveis até mesmo às florestas

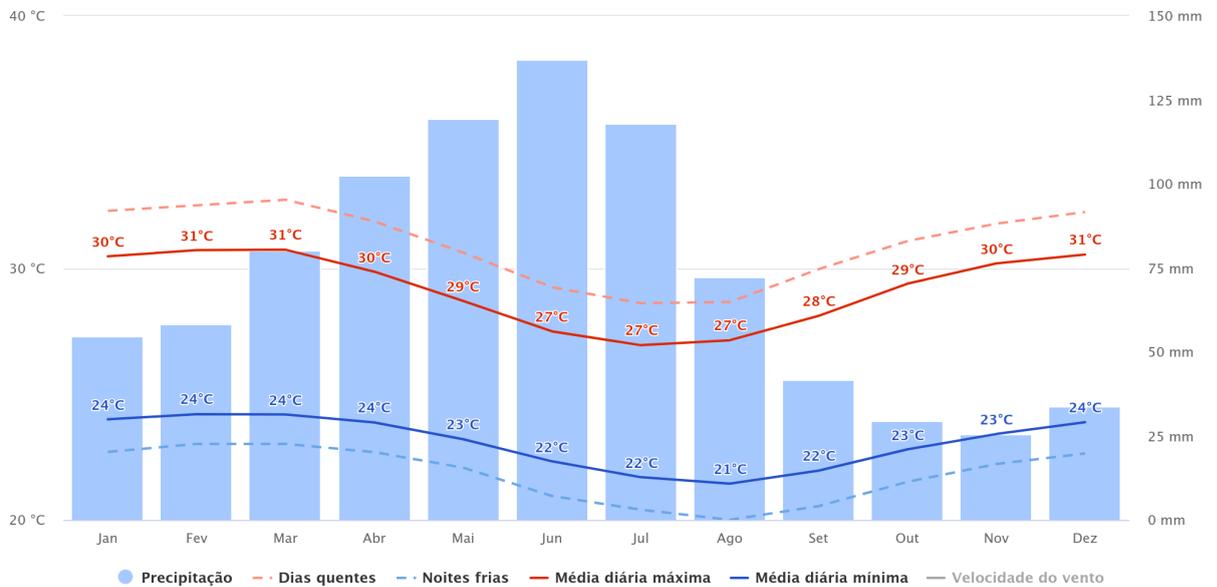
tropicais. Eles também servem como importantes vias de acesso aos rios interiores, contribuem para a estabilização da linha costeira, purificam águas poluídas devido à sua capacidade natural de renovar periodicamente suas águas sob influência das marés e fornecem recursos alimentares e energéticos (Silva *et al.*, 2016; Silveira *et al.*, 2013; Costa *et al.*, 2012).

Observa-se que em algumas regiões do mundo, especialmente em áreas estuarinas influenciadas tanto por águas marinhas quanto fluviais, a combinação com eventos climáticos extremos, como precipitação intensa, pode levar a um aumento do nível médio do mar. Como consequência desse aumento, ocorre uma redução no escoamento de água doce, alterando assim a qualidade da água nos estuários. Fatores como a natureza dos terrenos urbanos, a configuração das áreas agrícolas, as variações de temperatura, os padrões de precipitação e a altitude têm um papel crucial na qualidade da água. Essa interdependência entre fatores é consistente com os achados de Wang *et al.* (2020), que destacam que análises de tendências em bacias hidrográficas chinesas indicam um aumento no risco à qualidade da água ao longo do trajeto de montante a jusante.

A utilização de dados meteorológicos permite observar variações climáticas ao longo do período estudado e correlacionar como esses dados afetam diretamente a qualidade da água do Manguetal Chico Science (Pereira *et al.*, 2017; Fraga *et al.*, 2012; Mendeiros *et al.*, 2018; Alvez *et al.*, 2012, Souto *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2014; Lima *et al.*, 2014).

Outros pesquisadores, como Kolm *et al.* (2016), Ventura *et al.* (2017), Sabino *et al.* (2017), Ribeiro *et al.* (2016), e Uele *et al.* (2017), também estudaram e avaliaram a qualidade da água durante dois períodos distintos, sendo um chuvoso e outro de estiagem. Esses estudos observaram a influência da precipitação em vários parâmetros físico-químicos, notando que, durante o período chuvoso, certos parâmetros tendem a aumentar.

Figura 12: Temperaturas e precipitações médias em Recife nos últimos 30 anos



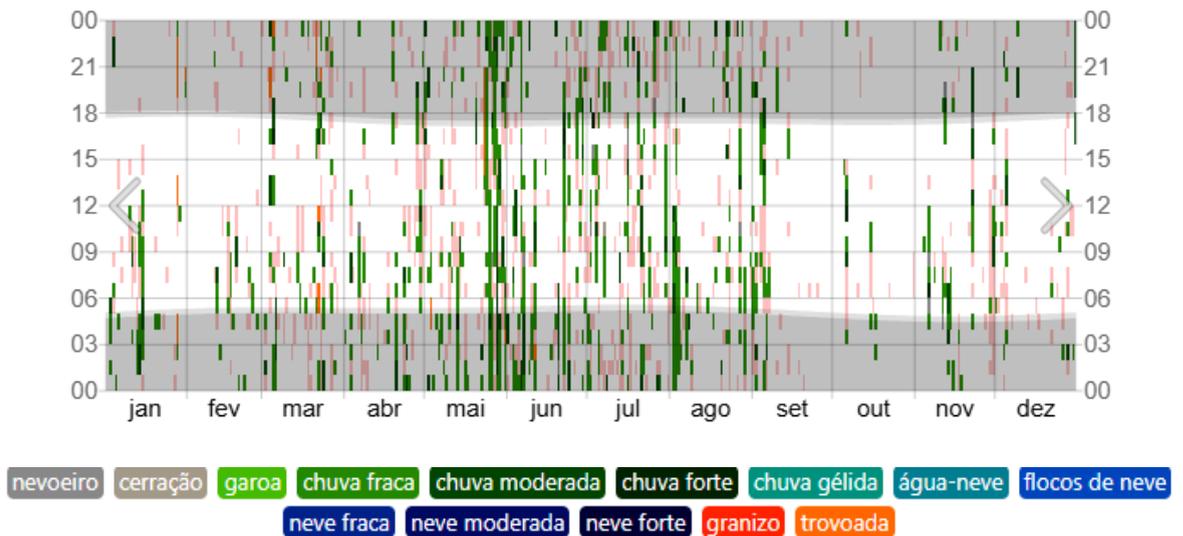
Fonte: Dados históricos simulados de clima e tempo para Recife - meteoblue. meteoblue, 2024

A figura 12, apresenta Temperaturas e precipitações médias em Recife nos últimos 30 anos, a "máxima diária média" (linha vermelha contínua) representa a média da temperatura máxima registrada em um dia para cada mês em Recife. De maneira semelhante, a "mínima diária média" (linha azul contínua) indica a média da temperatura mínima. Os dias mais quentes e as noites mais frias (linhas vermelhas e azuis tracejadas) mostram a média do dia mais quente e da noite mais fria de cada mês ao longo dos últimos 30 anos. Referente à parte pluviométrica apresenta a precipitação média mensal em Recife ao longo do ano.

Recife exibe uma variação significativa na precipitação ao longo do ano, com os meses mais chuvosos ocorrendo geralmente entre abril e agosto. Em abril, a precipitação média atingiu o pico, com cerca de 150 mm. Os meses de junho e julho também registram altos índices de precipitação, em torno de 100 mm. De setembro a dezembro, há uma diminuição gradual na precipitação, com valores variando entre 50 mm e 75 mm.

Janeiro e fevereiro tendem a ter a menor precipitação, com médias de 25 mm a 50 mm, sugerindo um período mais seco no início do ano. A análise dos dados indica que Recife possui um padrão de chuvas concentradas, com a maior parte da precipitação ocorrendo no meio do ano e uma estação seca mais pronunciada no início do ano.

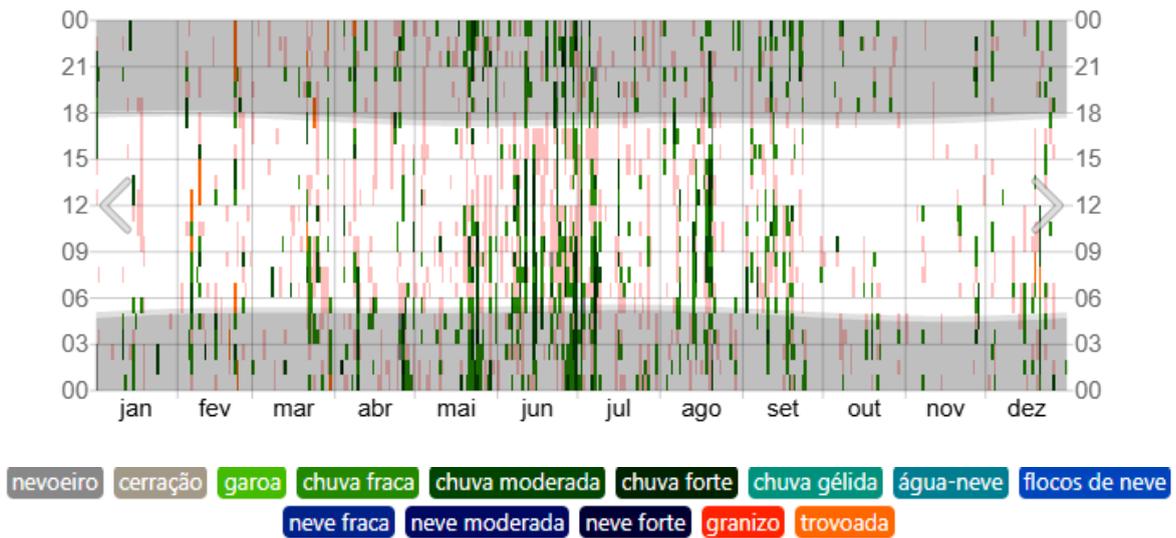
Figura 13: Condições meteorológicas observadas em Recife no ano de 2022



Fonte: Condições meteorológicas passadas em Recife em 2022 (Pernambuco, Brasil) - Weather Spark, Weatherspark. 2024.

Em relação aos menores índices pluviométricos, 2022 (Figura 14) apresentou uma precipitação menor ao longo do ano. No caso de 2023, de janeiro a maio, foram registrados períodos mensais de chuva superiores que os outros anos, enquanto nos meses de menor pluviosidade (outubro a dezembro), períodos com menos chuvas, especialmente em outubro. Assim, esses resultados indicam uma sazonalidade contrastante da precipitação pluviométrica na bacia durante o período estudado.

Figura 14: Condições meteorológicas observadas em Recife no ano de 2023



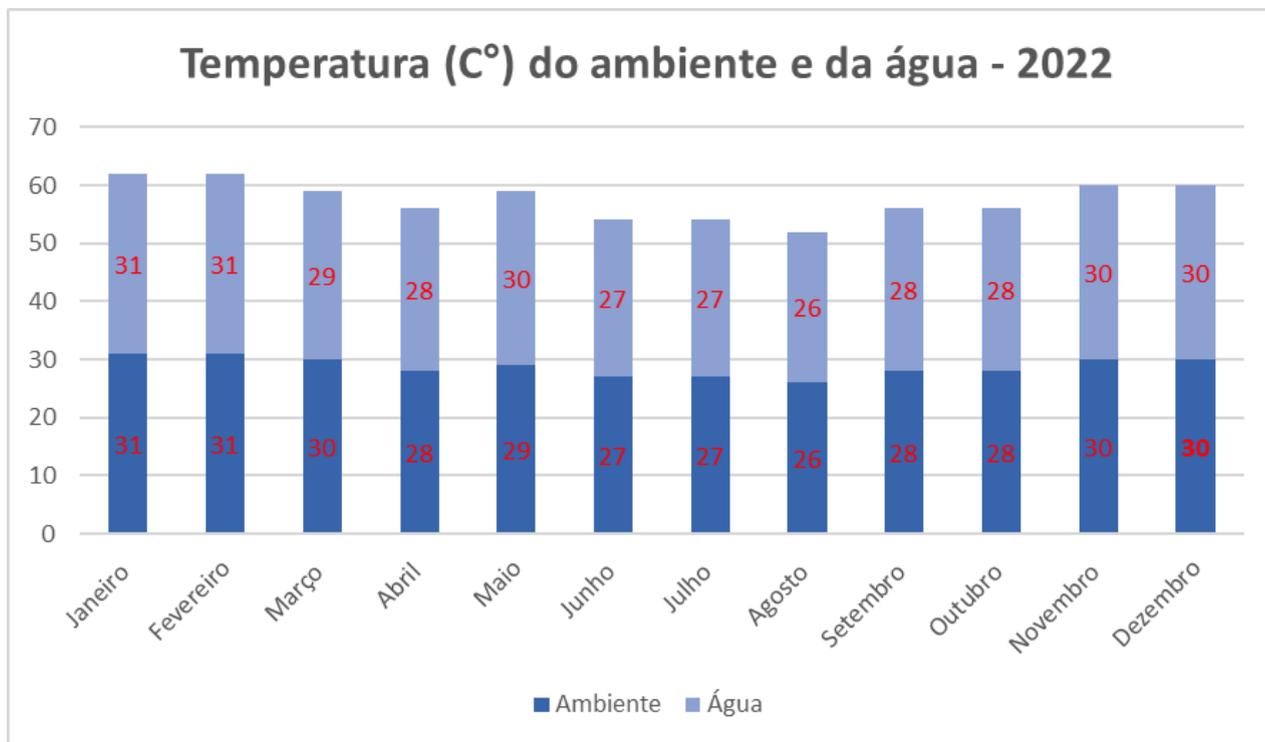
Fonte: Condições meteorológicas passadas em Recife em 2023 (Pernambuco, Brasil) - Weather Spark, Weatherspark. 2024.

4.2.2 Análise de Temperatura do Ambiente e da água

Examinando outra variável que é fortemente influenciada pela precipitação, temos a temperatura da água. Esta é uma variável crucial no meio aquático, pois afeta significativamente o metabolismo das comunidades, incluindo a produtividade primária, a respiração dos organismos e a decomposição da matéria orgânica (Santos et al., 2003).

É apresentado uma visão geral das temperaturas médias ao longo de 30 anos (FIGURA 12), proporcionando um panorama climático mais abrangente. As temperaturas apresentadas são médias calculadas a partir de um amplo conjunto de dados, refletindo um valor típico para cada mês. Entretanto, os dados que se referem ao ano de 2022 (Figura 13), fornecem informações detalhadas sobre esse período. As medições de temperatura foram realizadas no Manguezal Chico Science, o que pode resultar em variações em relação às médias da cidade como um todo.

Figura 15: Condições de temperatura do ambiente e da água do Manguezal Chico Science, no ano de 2022.

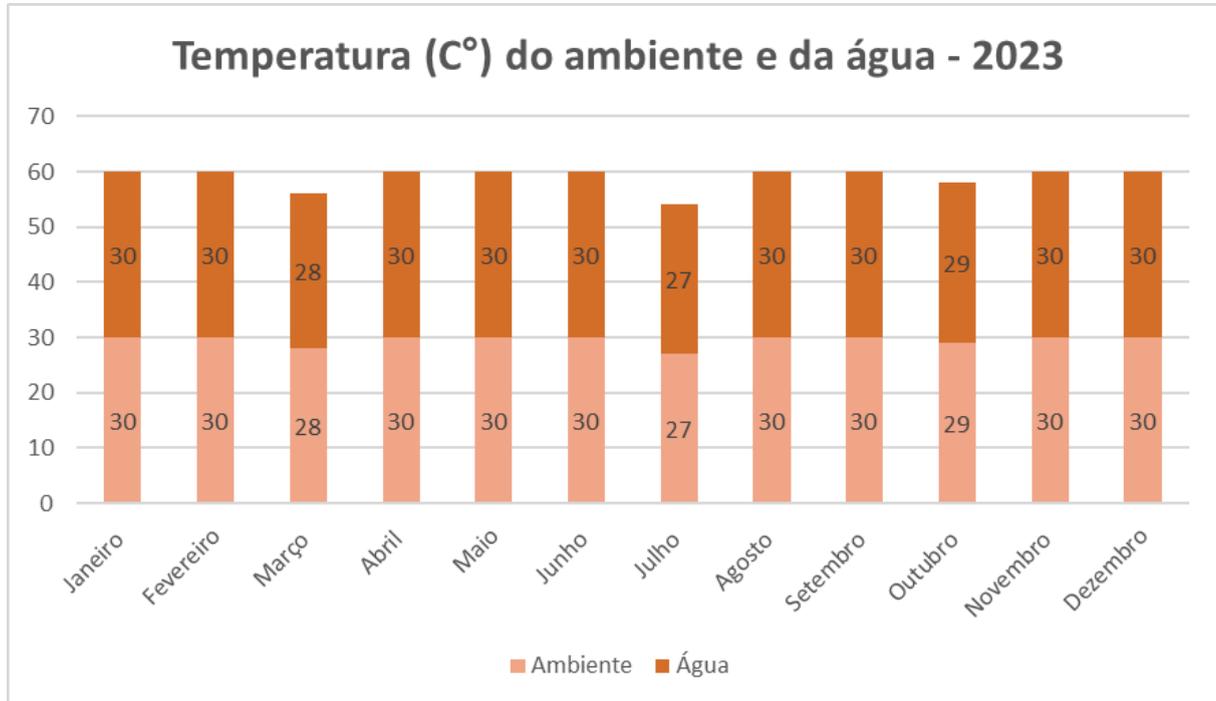


Fonte: Autoral, 2023

As imagens (FIGURAS 15 e 16) analisadas indicam que Recife possui um clima quente durante todo o ano, com temperaturas mais altas nos meses de verão, de dezembro a abril, e mais baixas no inverno, de junho a agosto. As variações entre os dados de um ano específico, e as médias de longo prazo (FIGURA 12), são esperadas devido a influências de fenômenos climáticos como El Niño, La Niña e eventos extremos.

As temperaturas medidas no Manguezal Chico Science podem diferir ligeiramente das médias da cidade como um todo, devido a fatores locais como a proximidade do mar, a presença de vegetação e o grau de urbanização. Esse local específico pode registrar temperaturas que refletem essas influências, resultando em variações sutis em relação às médias urbanas. Essas nuances são importantes para compreender o impacto das condições locais no clima registrado, oferecendo uma perspectiva mais detalhada e precisa sobre o comportamento térmico da região.

Figura: 16: Condições de temperatura do ambiente e da água do Manguezal Chico Science, no ano de 2023.

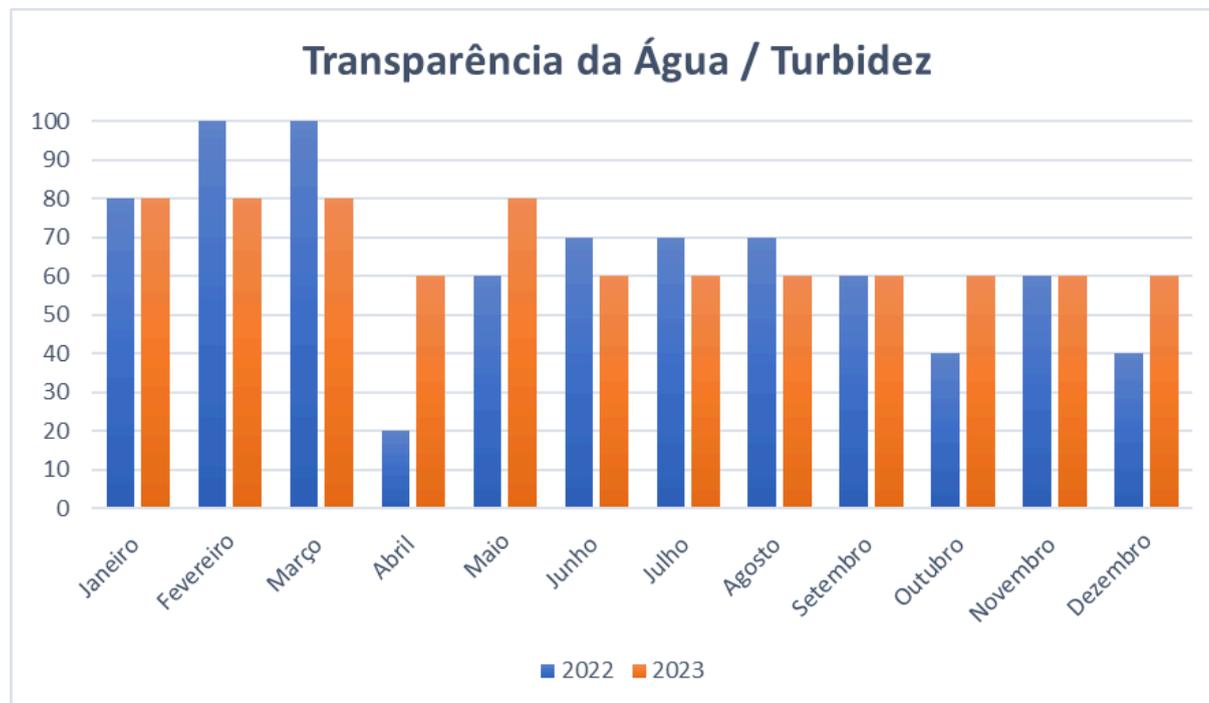


Fonte: Autoral, 2023

4.2.3 Análise da Transparência da água

Na avaliação da qualidade da água por parâmetros físicos, a transparência da água, conhecida como turbidez, apresenta uma variação entre turva e límpida. A turvação ocorre quando partículas provenientes do solo, atividades minerais ou esgotos urbanos permanecem suspensas na água. Conforme Oliveira-Filho *et al.* (1994), a degradação das matas ciliares têm colaborado para o assoreamento, o incremento da turvação das águas, a perturbação do padrão de cheias e a erosão das margens de muitos cursos d'água. Como consequência do aumento da turbidez da água, a fotossíntese da vegetação submersa e de algas é reduzida, o que acaba por suprimir a produtividade de seres vivos, como é o caso dos peixes (CETESB, 2019).

Figura 17: Resultados das concentrações de Transparência da água/turbidez (JUT) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.



Fonte: Autoral, 2023

O gráfico (Figura 17) apresentado ilustra a variação da turbidez da água ao longo dos meses dos anos de 2022 e 2023. Valores próximos de 100 indicam alta turbidez, ou seja, menor transparência da água, enquanto valores próximos de 0 indicam água mais clara e transparente. De forma geral, a turbidez da água se mantém em níveis relativamente elevados ao longo de todos os meses e anos analisados, sugerindo baixa transparência na maioria das vezes.

Em todos os anos, há picos de turbidez em determinados meses, indicando que existem períodos do ano em que a água se torna ainda mais turva, possivelmente devido a fatores como chuvas intensas, ventos fortes ou atividades humanas na região. A água de alta turbidez é indicativa de um alto conteúdo orgânico e inorgânico em suspensão que pode fornecer abrigo para microorganismos e diminuir a eficiência do tratamento químico ou físico da água (Sperling, 2005).

O ano de 2022 registrou a maior turbidez média, enquanto 2023 apresentou a menor turbidez média, indicando que, em média, a água esteve mais turva em 2022 do que em 2023. Analisando a tendência ao longo do ano, observa-se que em 2022 e 2023, a turbidez tende a diminuir ao longo do ano, sugerindo uma melhora na qualidade da

água nesses períodos. Em contraste, 2023 não apresenta uma tendência clara de aumento ou diminuição da turbidez ao longo do ano.

Esses dados mostram que o padrão de variação da turbidez ao longo do ano difere entre os anos. Em 2022, há uma tendência de melhora da qualidade da água ao longo do ano, enquanto em 2023 não há um padrão claro.

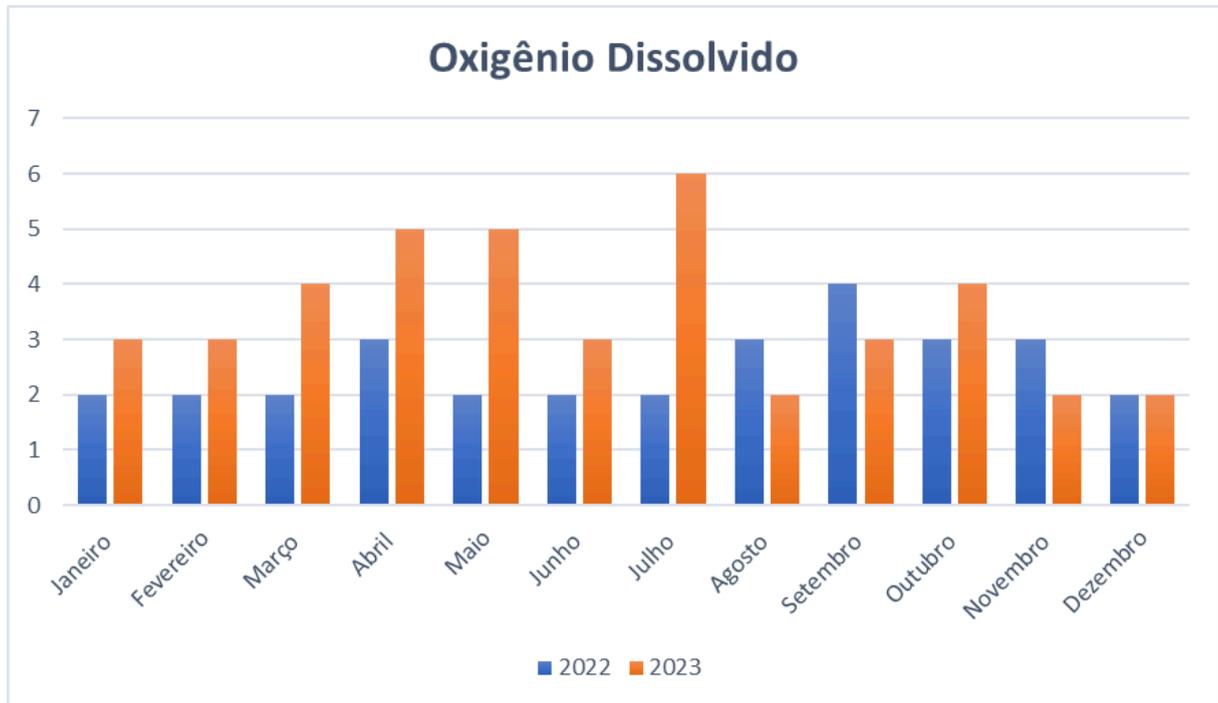
4.3 Parâmetros químicos da qualidade da água

4.3.1 Análise de Oxigênio Dissolvido

Na avaliação da qualidade da água por parâmetros químicos, é importante avaliar a concentração de saturação de oxigênio dissolvido (O_2) na água, uma vez que é vital para animais e microorganismos. Segundo Valente *et al.* (1997) a concentração de saturação de oxigênio dissolvido está em torno de 8,0 mg.L⁻¹, a 25°C, entre 0 e 1000 metros. Essa quantidade varia com temperatura e pressão, aumentando em temperaturas mais baixas e pressões mais altas.

Águas paradas ou lentas tendem a ter baixa oxigenação, enquanto ambientes com muita matéria orgânica veem uma diminuição do oxigênio, consumido por bactérias na decomposição, dessa forma, o oxigênio dissolvido é um indicador crucial da vitalidade aquática. O oxigênio dissolvido é crucial para os corpos d'água, pois afeta a sobrevivência da vida aquática e sustenta os processos de autodepuração, que é a capacidade natural do corpo hídrico de restaurar suas características ambientais (CETESB, 2019).

Figura 18: Resultados das concentrações de Oxigênio Dissolvido (mg/L) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.



Fonte: Autoral, 2023

A concentração de oxigênio dissolvido em água é uma variável importante para observar indiretamente outros parâmetros da qualidade da água (Pinto, 2010). De acordo com Araújo *et al.* (2004), o oxigênio é o principal parâmetro de qualidade da água e é fundamental para avaliar o impacto dos poluentes nos corpos d'água. O consumo de oxigênio ocorre devido à oxidação da matéria orgânica, à respiração dos organismos aquáticos e à demanda bentônica de oxigênio nos sedimentos. Nos ecossistemas aquáticos naturais, o oxigênio é essencial para a sobrevivência de diversos organismos, com destaque para os peixes, os quais geralmente não toleram concentrações de oxigênio dissolvido na água abaixo de 4,0 mg/L (FIGURA 18).

Sendo assim, o Manguezal Chico Science, um ecossistema vital para a biodiversidade local, enfrenta um cenário preocupante. Uma análise detalhada dos níveis de oxigênio dissolvido (OD) no manguezal entre 2022 e 2023 revela tendências que exigem medidas urgentes para sua proteção. Ao contrário do que se pode pensar, 2022 não foi um ano de melhores níveis de OD no Manguezal Chico Science, pois, durante onze meses foram registrados valores abaixo de 4 mg/L, o limite crítico para a sobrevivência dos organismos aquáticos. Em 2023, a situação não melhorou muito, o

número de meses com OD abaixo de 4 mg/L caiu para sete, evidenciando preocupação com a qualidade da água.

O escoamento de esgoto é a principal causa da redução dos níveis de OD no Manguezal Chico Science. O esgoto contém altos níveis de matéria orgânica, que, ao se decompor, consome oxigênio da água. Além disso, o esgoto pode conter substâncias tóxicas que prejudicam a respiração dos organismos aquáticos. A complexa interação entre as atividades humanas e os ecossistemas naturais ao longo do Rio Beberibe cria um contexto multifacetado para a análise da qualidade da água (CPRH, 2021).

O nível da maré também influencia a oxigenação do Manguezal Chico Science, pois, considerando o Rio Beberibe em seu curso inferior, caracterizado por ser um rio de planície, a ausência de quedas d'água naturais limita sua oxigenação natural, pois, a taxa de transferência de oxigênio para a água é maior em um rio de corrente rápida do que em um lago de represa (CETESB, 2019). Mesmo durante a maré alta, quando a água externa adentra o manguezal e se mistura com a água ali presente, os resultados são mínimos, podendo ocorrer um refluxo das águas fluviais, o que agrava ainda mais a oxigenação. Isso explica por que, no trecho final do rio, os baixos níveis de OD indicam e evidenciam o comprometimento da fauna e flora do ecossistema.

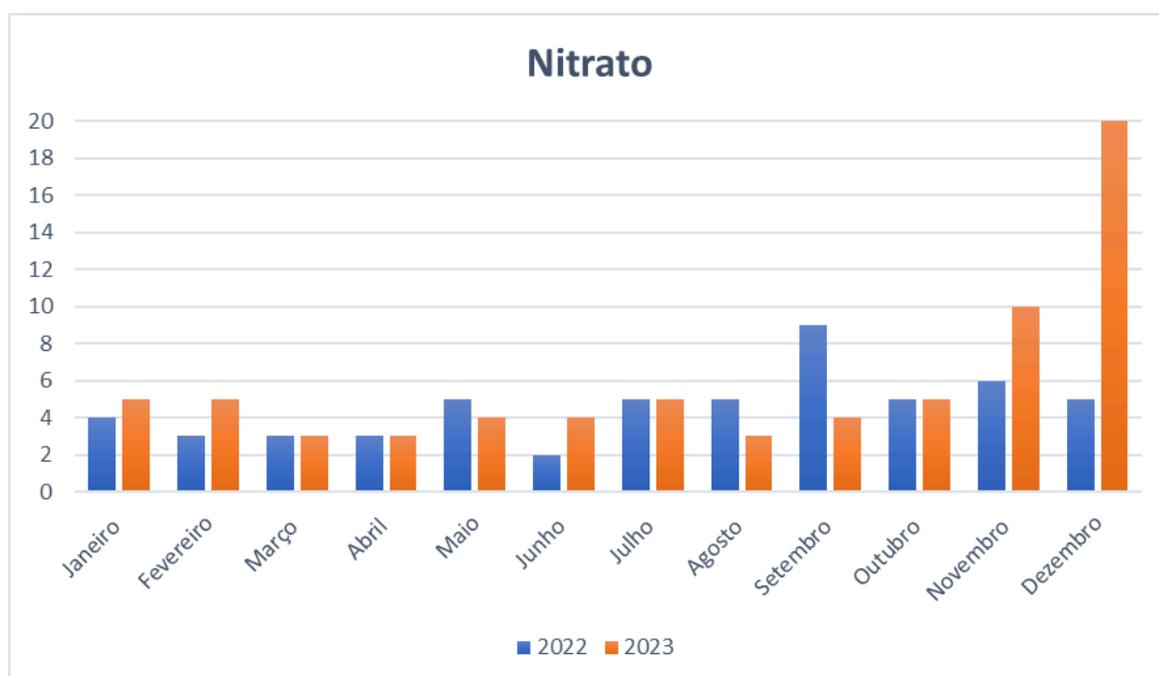
Os baixos níveis de OD no Manguezal Chico Science estão causando diversos impactos na fauna e flora local. Quando os níveis de OD estão significativamente baixos, desencadeia a proliferação de bactérias anaeróbias, que liberam gases tóxicos e mal cheirosos, indicando um alto nível de poluição. Em casos extremos de excesso de matéria orgânica, todo o oxigênio dissolvido na água é consumido; nessas condições, as águas tornam-se ricas em nutrientes minerais e orgânicos, promovendo um crescimento excessivo de vegetação, o que dificulta a vida animal. Esse processo é conhecido como eutrofização (Barreto, 2013).

4.3.1 Análise de Nitrato

Outro parâmetro analisado é o nitrato (NO_3^-) a forma predominante de nitrogênio presente nas águas. Níveis deste elemento acima de 10 mg.L⁻¹ indicam condições sanitárias deficientes, uma vez que as principais fontes de nitrato são resíduos de origem humana e animal (BRASIL, 2004). Suas fontes incluem o ar, adubos (como o NPK usado na agricultura) e matéria orgânica em decomposição.

De acordo com Costa, Kempka e Skoronski (2016), há uma correlação entre a expansão da urbanização e as atividades dos centros rurais, que contribuem para a contaminação do solo e dos recursos hídricos pelo nitrato. As elevadas concentrações de nitrato podem ter como principais fontes de contaminação tanto vias pontuais, como esgotos, fossas sépticas, resíduos (atividades antrópicas) e excrementos de animais, quanto vias não pontuais, como fertilizantes nitrogenados (Dias, 2016; Simões, 2020). Os dados comparativos entre os anos de 2022 e 2023 (FIGURA 19), mostram a evolução desses níveis ao longo de cada mês.

Figura 19: Resultados das concentrações de Nitrato (mg/L) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.



Fonte: Autoral, 2023

O nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas. Altas concentrações deste nutriente, demonstram condições sanitárias inadequadas, uma vez que as principais fontes de nitrato são dejetos humanos e animais (Brasil, 2004). De acordo com Kaminishikawahara *et al.* (2011), em áreas urbanas densamente povoadas é cada vez mais frequente a contaminação da água subterrânea por nitrato.

Por estar conectado diretamente com o Canal Derby/Tacaruna, o Manguezal Chico Science acaba recebendo altos níveis de descargas de dejetos todos os dias. Como risco ambiental, o aumento de nitrogênio ocorre a eutrofização nos rios, com os aumentos de cianobactérias, turbidez, cor, diminuição de oxigênio e de espécies

aquáticas (Cabral, 2020). Além da perda de biodiversidade, há também a acumulação de resíduos no solo e na água em todo o ecossistema. Destacando a importância da realização de análises de nitrato para monitorar e mitigar os impactos da contaminação na saúde do ecossistema e na qualidade de vida das comunidades locais.

Ao observar os valores representados (FIGURA 19), foi observado que em sua maioria, os valores de nitrato em 2023 são superiores aos de 2022 para a maioria dos meses. Isso sugere um aumento na concentração de nitrato nos corpos d'água durante o ano de 2023 em comparação com o ano anterior. No entanto, o aspecto mais interessante a se destacar é a tendência de os valores de nitrato serem mais baixos nos períodos de meses chuvosos, especificamente, podemos observar isso nos meses de março, abril, maio e junho.

Essa redução nos níveis de nitrato durante os meses chuvosos pode ser atribuída a diversos fatores, como a diluição do nitrato devido ao aumento do volume de água causado pelas chuvas, a maior capacidade de absorção e filtragem do solo durante esses períodos, e possíveis processos de degradação ou remoção do nitrato pela própria natureza. Durante a estação chuvosa (FIGURA 13), com maior volume hídrico disponível, o nitrato presente no ambiente aquático é diluído de maneira mais eficaz, resultando em concentrações mais baixas. O aumento das chuvas intensas também desempenha um papel crucial na redução da concentração de esgoto nos canais urbanos.

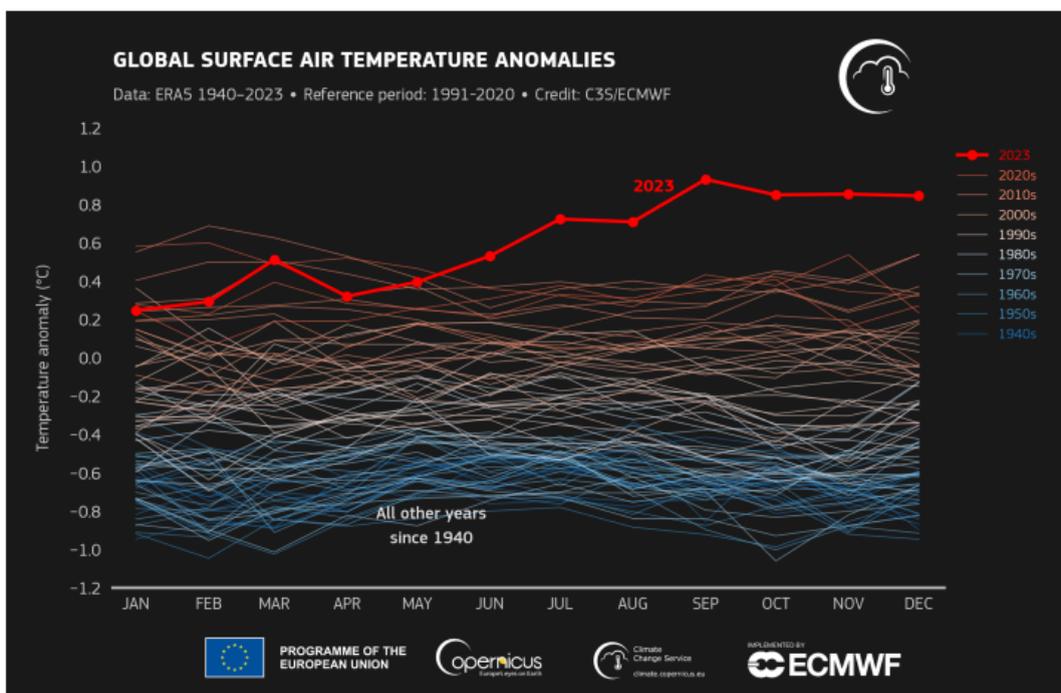
Esse crescente aumento no volume de água promove a diluição do esgoto e conseqüentemente da quantidade de matéria orgânica dentre outros poluentes que chegam aos corpos d'água. Esse processo, que libera nitrato no ambiente aquático, é menos pronunciado durante os meses chuvosos, contribuindo para essa diminuição. Adicionalmente, as chuvas frequentes nos meses de precipitação diluem continuamente o nitrato, evitando que sua concentração se eleve.

Ademais, ao examinar os dados fornecidos (FIGURA 19), notamos que, em geral, os valores de nitrato são mais elevados nos meses mais secos, especialmente no final do ano, como em outubro, novembro e dezembro. Em particular, o mês de dezembro destaca-se como um período em que os níveis de nitrato atingem um pico significativo

em 2023, sendo mais elevados do que em qualquer outro momento dos dois anos analisados.

A afirmação de que dezembro de 2023 se destaca como o pico anual de nitrato, superando qualquer outro momento dos dois anos analisados, levanta questões sobre os fatores que contribuíram para esse aumento significativo. No final de 2023, a transição das condições La Niña para El Niño influenciou significativamente o aumento da temperatura global em 2023 (Copernicus, 2023), determinando um cenário propício para o aumento dos níveis de nitrato nos rios e lagos. Dezembro de 2023 não apenas se destacou pela anomalia de precipitação, mas um novo relatório do observatório europeu Copernicus revela que o ano de 2023 foi o mais quente desde 1940 (FIGURA 20).

Figura 20: Anomalias mensais da temperatura global do ar na superfície (°C) em relação ao período de referência de 1991–2020, de janeiro de 1940 a dezembro de 2023



Fonte: OBSERVER: 2023 - A year of unprecedented heat and climate extremes | Copernicus.

Em contraste com a expectativa de chuvas intensas no final do ano, em decorrência do El Niño, dezembro de 2023 apresentou uma anomalia de precipitação. A previsão do modelo do boletim da ação conjunta entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD com o objetivo de apresentar o monitoramento e previsões sobre o

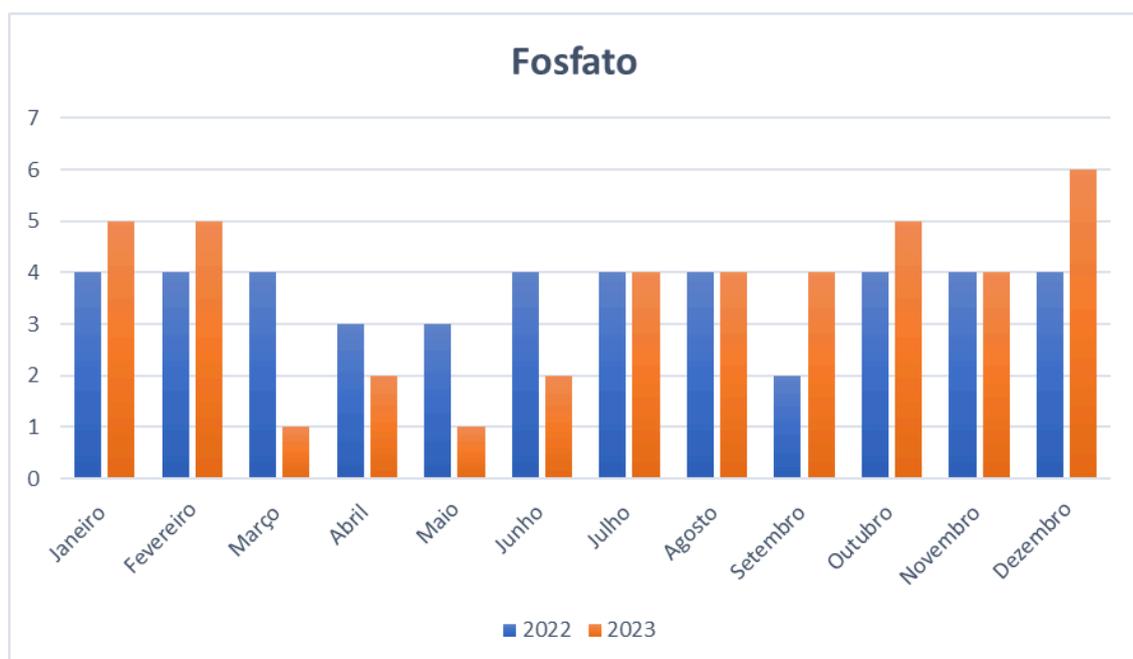
fenômeno El Niño em 2023, emitiu que em dezembro, indicava condições mais úmidas do que o normal em grande parte do país. No entanto, no Nordeste brasileiro a realidade foi diferente, ocorreram precipitações abaixo da média em diversos estados da região.

Esse calor recorde acelerou a decomposição da matéria orgânica presente nos rios e lagos, liberando ainda mais nitrato no ambiente aquático. Portanto, os resultados obtidos, especialmente durante os meses mais quentes do verão de 2023, são um sinal de alerta para a necessidade urgente de implementar políticas públicas que promovam a universalização dos sistemas de saneamento básico e fornecimento de água.

4.3.2 Análise de Fosfato

Similar ao nitrato, o fosfato está presente em pequenas quantidades na água. Grandes quantidades podem resultar do uso de adubos fosfatados, decomposição de materiais orgânicos ou lançamento de esgoto, já que detergentes contêm essa substância. O nitrogênio orgânico é encontrado na água em suspensão e é principalmente derivado de fontes biogênicas. Resultados de análises de água com variações de nitrogênio sugerem que a fonte de poluição está próxima, o que significa que é uma poluição recente (IGAM, 2007).

Figura 21: Resultados das concentrações de Fosfato (mg/L) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.



Fonte: Autoral, 2023

Certos efluentes industriais, como os das fábricas de fertilizantes e dos abatedouros, além das águas drenadas de áreas agrícolas e urbanas, podem resultar em um excesso de fósforo (PO_4^{3-}) na água (CETESB, 2019). Em grandes quantidades, provenientes principalmente de fontes antrópicas, como residências, escolas, hospitais, indústrias e atividades agrícolas, esses compostos podem causar sérios problemas ambientais em lagos, rios e mares (Guimarães *et al.*, 2017; Piratoba *et al.*, 2017).

O gráfico (FIGURA 21) apresentado, demonstra a variação dos níveis de fosfato no Manguezal Chico Science ao longo dos anos de 2022 e 2023. A análise detalhada dos dados revela aspectos importantes sobre a dinâmica do fósforo nesse ambiente e seus impactos potenciais. É possível observar que em 2022, a concentração de fosfato permaneceu relativamente estável, com leves oscilações ao longo dos meses. Essa estabilidade pode indicar uma certa consistência nas condições ambientais e nas fontes de fosfato durante o ano.

Por outro lado, em 2023, os níveis de fosfato apresentaram uma tendência geral de queda, com valores mais altos no início e no final do ano, mas com um declínio significativo entre março e julho. Essa queda pode ser atribuída a uma série de fatores, principalmente ligados a precipitação (FIGURA 12), sendo o período de chuvas da região. Essa variação nos níveis de fosfato ao longo dos anos pode ter impactos significativos no ecossistema do manguezal. Os meses com valores mais altos de fosfato, provocam desequilíbrios consideráveis nos ecossistemas aquáticos e terrestres (Fennel, 2018; Greenwood *et al.*, 2019).

Altas concentrações de fosfatos em corpos d'água podem incentivar o crescimento em grande escala de micro e macro-organismos aquáticos fotossintéticos, o que pode levar a processos de eutrofização (Parron *et al.*, 2011). Isso resulta em uma camada verde na superfície da água que bloqueia a passagem da luz, prejudicando a fotossíntese das plantas aquáticas e diminuindo os níveis de oxigênio dissolvido, o que pode levar à morte das populações aquáticas dependentes de oxigênio.

Figura 22: Resultado das altas concentrações de fosfato no Manguezal Chico Science, durante o mês de dezembro de 2023.



Fonte: Autoral, 2023

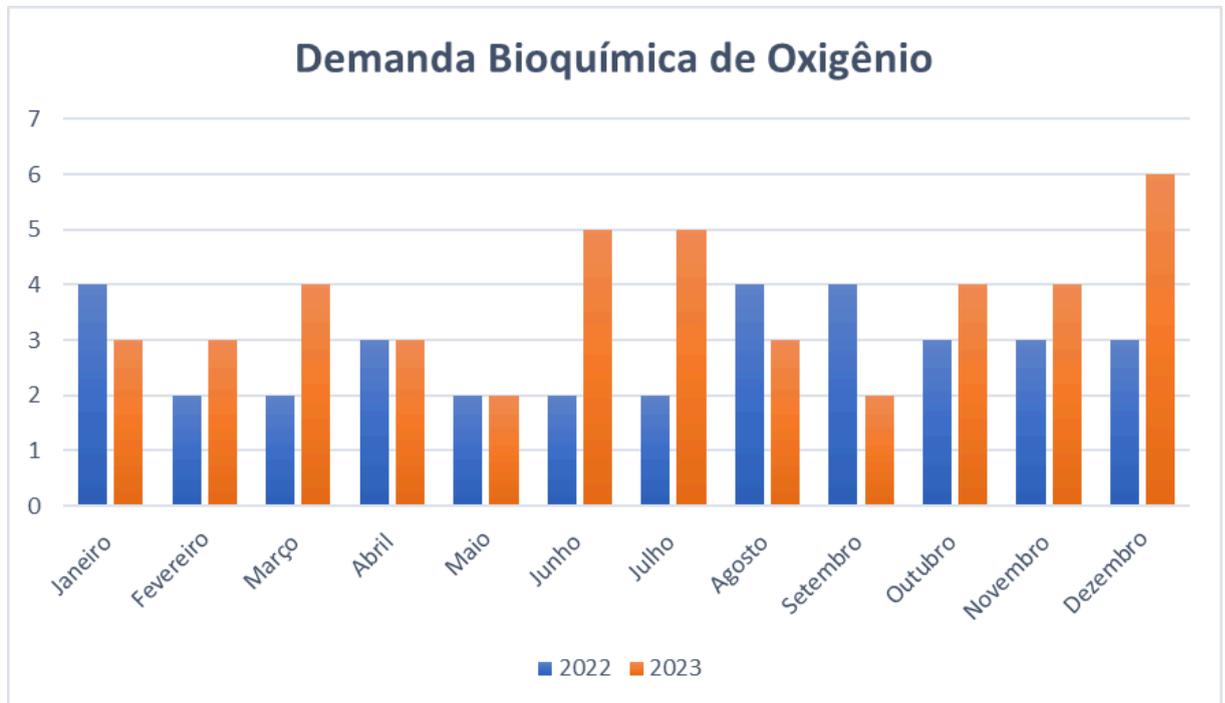
Como fica claro na imagem (FIGURA 22), a análise da dinâmica do fósforo no Manguezal Chico Science em 2022 e 2023 revela a necessidade urgente de ações para reduzir a poluição por fósforo e proteger esse importante ecossistema. Entre as medidas que podem ser tomadas, estão a implementação de tratamento adequado dos efluentes domésticos e industriais. É fundamental investir em sistemas eficientes para reduzir a carga de fósforo no Canal Derby/Tacaruna. Além disso, o monitoramento regular dos níveis de fósforo é essencial para acompanhar a evolução da situação e avaliar a efetividade das medidas tomadas.

4.3.3 Análise de Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) mede a poluição, analisando a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica na água. Quanto mais matéria orgânica, maior a quantidade de oxigênio necessária para purificar a água. De acordo com Almeida e Schwarzbald (2003), os índices de DBO são diminuídos em zonas com menos intervenção humana, enquanto aumentam em regiões dominadas por atividades industriais ou em proximidade a áreas urbanas. Cabe destacar, a presença de coliformes, que são bactérias presentes no intestino de animais de sangue quente,

auxiliando na digestão. Quando o esgoto é despejado no rio, há a presença de coliformes não nativos, podendo causar doenças.

Figura 23: Resultados das concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.



Fonte: Autoral, 2023

Conforme destacado (FIGURA 23), as bactérias aeróbicas são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, convertendo-a em compostos simples e, ao fazer isso, consomem oxigênio. Para quantificar essa demanda, recorre-se à Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, que indica a quantidade de oxigênio molecular necessária para estabilizar a matéria orgânica em decomposição devido à atividade bacteriana aeróbica.

A medição da DBO avalia as demandas relativas de oxigênio de águas residuais, efluentes e águas contaminadas. Ela quantifica o oxigênio consumido durante um período específico de incubação para degradar a matéria orgânica e oxidar a matéria inorgânica. A tabela fornecida pelo CONAMA 357/2005 (FIGURA 7) estabelece 10 mg/L de Demanda Bioquímica de Oxigênio como o limite máximo para a classe à qual o corpo hídrico pertence. Assim, quanto menor o valor em relação a esse limite, melhor será a qualidade da água; por outro lado, quanto maior o valor indicado, mais comprometida

estará a condição do ambiente aquático, podendo induzir ao esgotamento de oxigênio e acabar com comunidades de seres vivos (CETESB, 2019).

Sendo assim, verifica-se (FIGURA 23) que apesar dos impactos sofridos pelo Manguezal Chico Science, os padrões de demanda bioquímica de oxigênio ainda se encontram dentro dos parâmetros exigidos. Isso sugere uma relativa estabilidade no ecossistema, mesmo diante das pressões ambientais presentes. No entanto, é crucial não baixar a guarda e permanecer vigilante. A proteção desse manguezal, tão importante para a biodiversidade e para o equilíbrio ambiental, requer uma atenção contínua e ações proativas. É necessário estar alerta para evitar que os impactos atuais e potenciais, sejam eles de origem humana ou natural, ultrapassem os limites toleráveis. A conservação desse ecossistema não é apenas uma responsabilidade local, mas uma preocupação global, exigindo o engajamento de todos na sua proteção e restauração.

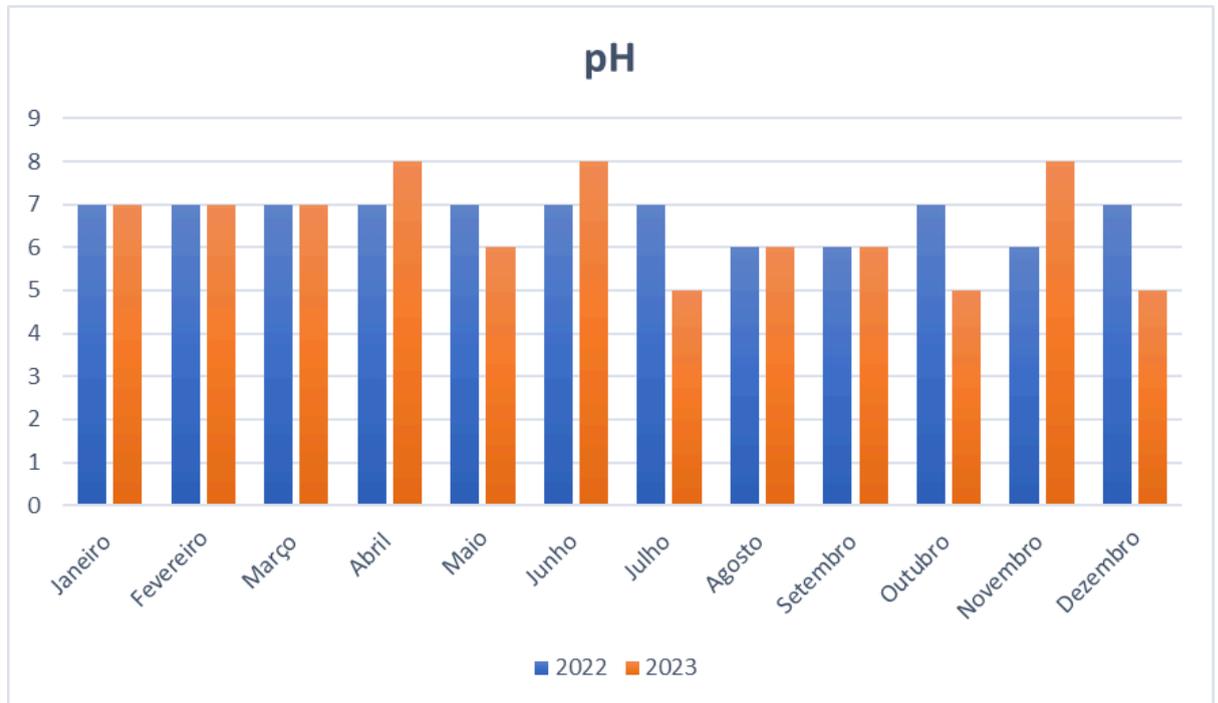
4.3.3 Análise de pH

O pH (Potencial hidrogeniônico) avalia a acidez ou alcalinidade de uma substância, compostos químicos sempre presentes em nosso cotidiano. São matérias primas importantes na indústria de transformação e necessárias para o controle de vários processos industriais, além de participarem ativamente do metabolismo dos organismos vivos e, quando lançadas indevidamente no ambiente, podem alterar as condições ambientais favoráveis ao bem estar humano (Andrade, 2017).

Assim como limão ou vinagre são ácidos, e a água sanitária é alcalina, a água varia em pH devido a substâncias presentes, naturais ou antrópicas. O pH constitui uma das variáveis de potabilidade da água, de modo que as águas destinadas ao abastecimento público devem apresentar valores entre 6,0 e 9,5, conforme a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011).

No entanto, para a classificação dos corpos hídricos de água doce nas Classes 1, 2, 3 e 4 como apresentado na Tabela 2, o pH deve variar entre 6 e 9, de acordo com o estabelecido pela legislação federal, enquanto os critérios de proteção da vida aquática estipulam o pH entre 6 e 9 (ANA, 2009).

Figura 24: Resultados das concentrações do potencial hidrogeniônico (pH) no Manguezal Chico Science, durante os anos de 2022 e 2023.



Fonte: Autoral, 2023

Ao influenciar diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro crucial em muitos estudos no campo do saneamento. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais ocorre diretamente devido aos seus efeitos sobre a fisiologia das diferentes espécies.

Além disso, o efeito indireto é significativo, podendo certas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos e outras condições podem afetar as solubilidades de nutrientes. Desta forma, o pH é um parâmetro importante no controle dos processos físico-químicos de tratamento de efluentes industriais (CETESB, 2008). Sendo assim, para análise do pH foi utilizado os limites da Resolução CONAMA 357/2005, que se estende de 6,0 a 9,0. Sendo assim, é possível observar (FIGURA 24), que ao longo dos dois anos, foram obtidos em sua grande maioria valores considerados aceitáveis, apenas saindo dos padrões de normalidade nos meses de julho, outubro e dezembro de 2023.

Sendo assim, as águas apresentam um nível de pH considerado adequado, o que é um indicativo positivo para a saúde desse ecossistema diversificado, pois, encontra-se dentro de uma faixa que favorece as condições ideais para a vida aquática e os processos biológicos que ocorrem no manguezal. Esse equilíbrio é essencial para a manutenção da qualidade da água e dos ciclos biogeoquímicos que sustentam toda a vida no manguezal.

4.3.3 Análise comparativa do Manguezal Chico Science de 2015 a 2023

Os dados obtidos, são compartilhados com a ONG SOS Mata, que é responsável pela plataforma do projeto Observando os Rios, delineando o panorama da saúde dos rios nas bacias hidrográficas das áreas de Mata Atlântica no Brasil. Além disso, os resultados das análises das amostras coletadas no manguezal Chico Science foram comparados com os valores da tabela estabelecida pela Resolução CONAMA 357/2005. Considerando que o manguezal Chico Science se enquadra nos parâmetros da Classe 3 (TABELA 1). A análise dos dados de qualidade da água ao longo dos anos revela uma trajetória marcada por flutuações significativas.

Entre 2015 e 2017 (TABELA 3), a predominância de classificações "regulares" e "ruins" aponta para um cenário preocupante. Em 2015 (TABELA 3), todas as amostras foram avaliadas como "regulares", o que, embora não seja ideal, sugere uma certa estabilidade.

No entanto, essa estabilidade começou a apresentar sinais de leve melhoria em 2016 (TABELA 3), quando 90% das amostras foram classificadas como "regulares", com apenas 10% apresentando qualidade "ruim". Essa leve tendência de melhoria continuou em 2017 (TABELA 3), onde 91,67% das amostras mantiveram a classificação "regular" e apenas 8,33% foram consideradas "ruins". Esse período inicial, embora caracterizado por uma qualidade aquática insatisfatória, mostra um esforço contínuo para monitorar e avaliar a situação hídrica.

Tabela 3: Comparação de resultados, com números totais e percentuais, conforme média da qualidade da água aferida entre 2015 a 2017

RESULTADOS	2015		2016		2017	
ÓTIMA	0	0%	0	0%	0	0%
BOA	0	0%	0	0%	0	0%
REGULAR	0	0%	9	90%	11	91,67%
RUIM	2	100%	1	10%	1	8,33%
PÉSSIMA	0	0%	0	0%	0	0%
TOTAL	2	100%	10	100%	12	

Fonte: Observandoosrios.sosma.org.br, adaptado pelo autor, 2024

Em 2018 (TABELA 4), a qualidade da água foi predominantemente "regular", com uma parte significativa das amostras sendo classificadas como "ruim". A ausência de amostras "ótimas" ou "boas" indica um cenário de preocupação, embora a maioria das amostras ainda estivesse em uma condição aceitável. Em 2019 (TABELA 4), foram feitas apenas 5 análises devido a mudança de equipe que fazia o monitoramento do Manguezal Chico Science, com todas as amostras classificadas como "regulares".

Em 2020, o cenário tornou-se mais complexo devido à pandemia de COVID-19. Embora a qualidade da água não tenha continuado a ser monitorada, muitos recursos e esforços podem ter sido desviados para lidar com a crise de saúde pública. Impactando a execução de projetos relacionados à gestão da água, até o ano de 2021 (TABELA 4) foram realizadas apenas duas análises, sendo elas regular e ruim.

Tabela 4: Comparação de resultados, com números totais e percentuais, conforme média da qualidade da água aferida em 2018, 2019 e 2021.

RESULTADOS	2018		2019		2021	
ÓTIMA	0	0%	0	0%	0	0%
BOA	0	0%	0	0%	0	0%
REGULAR	8	66,67%	5	100%	1	25%
RUIM	4	33,33%	0	0%	1	25%
PÉSSIMA	0	0%	0	0%	2	50%
TOTAL	12	100%	5	100%	4	100%

Fonte: Observandoosrios.sosma.org.br, adaptado pelo autor, 2024.

A partir de 2022 (TABELA 5), no entanto, a qualidade da água enfrentou um retrocesso alarmante. Com 41,67% das amostras classificadas como "ruins" e nenhuma amostra alcançando as classificações "boa" ou "ótima", esse ano se destacou como um dos mais críticos da série. Essa deterioração sugere a necessidade urgente de intervenções e estratégias de gestão hídrica mais eficazes.

Contraopondo-se a esse cenário preocupante, 2023 (TABELA 5) trouxe uma reviravolta significativa. A totalidade das amostras foi classificada como "regular", refletindo uma recuperação notável em relação ao ano anterior. Essa mudança drástica não apenas indica um possível sucesso nas medidas adotadas para melhorar a qualidade da água, mas também ressalta a importância de um monitoramento contínuo e de ações proativas para garantir que a água permaneça em condições adequadas para consumo e uso. A evolução da qualidade da água, portanto, não é apenas uma questão de números, mas uma narrativa que destaca a necessidade de vigilância e ação constante em prol da sustentabilidade hídrica.

De acordo com a metodologia descrita apresentam-se os resultados obtidos das 24 análises realizadas: 5 análises (41,67%) apresentaram um resultado ruim e 19 análises apresentaram um resultado regular, sendo 7 análises (58,33%) em 2022 e 12 análises (100%) em 2023, enquanto não obtivemos resultados ótimos, bons e péssimos. As análises dos dados revelam uma situação complexa e dinâmica em relação à qualidade da água. Embora haja indícios de melhoria em alguns aspectos, é fundamental que sejam realizadas ações contínuas para garantir a qualidade da água e a proteção dos recursos hídricos.

Tabela 5: Comparação de resultados, com números totais e percentuais, conforme média da qualidade da água aferida em 2022 e 2023.

RESULTADOS	2022		2023	
ÓTIMA	0	0%	0	0%
BOA	0	0%	0	0%
REGULAR	7	58,33%	12	100%
RUIM	5	41,67%	0	0%
PÉSSIMA	0	0%	0	0%
TOTAL	12	100%	12	100%

Fonte: Observandoosrios.sosma.org.br, adaptado pelo autor, 2024.

A partir de 2022 (TABELA 5), no entanto, a qualidade da água enfrentou um retrocesso alarmante. Com 41,67% das amostras classificadas como "ruins" e nenhuma amostra alcançando as classificações "boa" ou "ótima", esse ano se destacou como um dos mais críticos da série. Essa deterioração sugere a necessidade urgente de intervenções e estratégias de gestão hídrica mais eficazes.

4.3.4 Média Brasileira da Qualidade da Água dos anos de 2016 até 2023.

A Tabela 6 e a Tabela 7 apresenta um resumo da qualidade da água no Brasil entre os anos de 2016 e 2023, categorizando-a em cinco níveis: ótima, boa, regular, ruim e péssima, com base em um índice de qualidade da água (IQA). A grande maioria das amostras de água analisadas no período foi classificada como "regular" (77%), o que indica que a qualidade da água em muitas regiões do país está abaixo dos padrões ideais, demandando atenção e medidas para melhoria.

Nenhuma amostra de água foi classificada como "ótima" nesse período, sugerindo que a busca por fontes de água com a mais alta qualidade é um desafio no contexto brasileiro. Além disso, a soma das categorias "ruim" (12,1%) e "péssima" (2,9%) representa um percentual significativo, indicando a existência de problemas de contaminação em diversas localidades.

Tabela 6: Número totais e percentuais conforme média da qualidade da água aferida no Brasil entre 2016 e 2023.

RESULTADOS	2016 - 2023	
ÓTIMA	0	0%
BOA	14	8,0%
REGULAR	134	77,0%
RUIM	21	12,1%
PÉSSIMA	5	2,9%
TOTAL	174	100%

Fonte: Observandoosrios.sosma.org.br, adaptado pelo autor, 2024

A comparação da evolução do IQA nos anos de 2022 e 2023 (TABELA 7) indicou uma leve melhora na média da qualidade da água. De acordo com Observando os Rios 2024, destaca-se melhoras de alguns rios ao longo do país. O primeiro deles é o rio Mamanguape, na Paraíba, que passou de uma condição regular para boa. Esse destaque é importante porque a medição é feita na foz do rio, apesar de ele atravessar vastas áreas de cultivo de cana-de-açúcar, o que geralmente prejudica a qualidade da água, mas não foi o caso aqui.

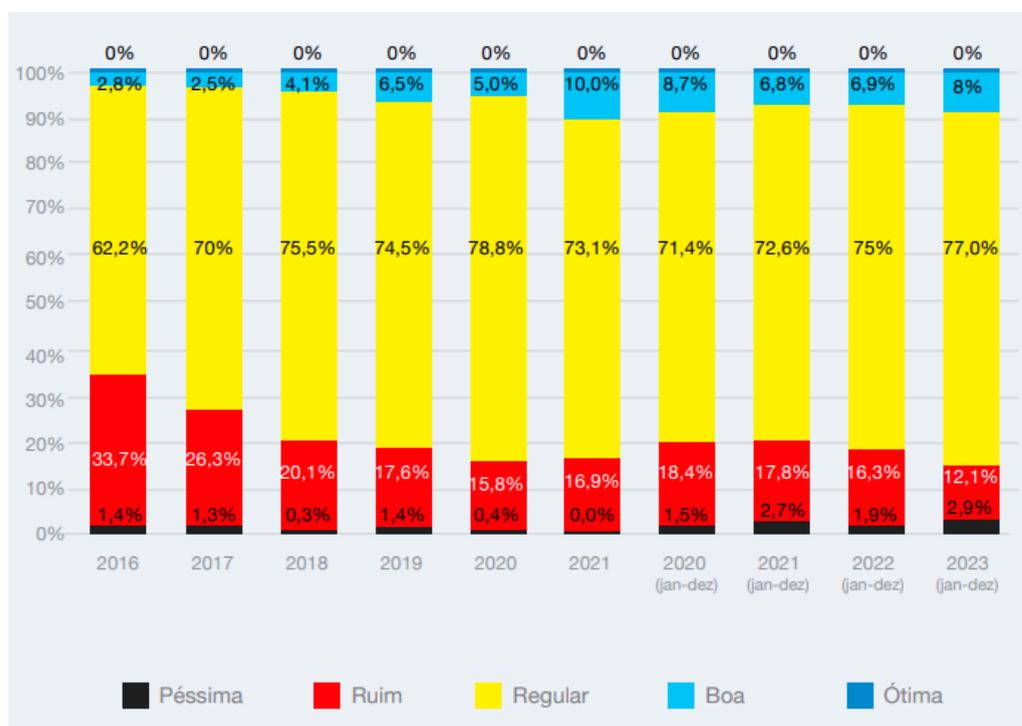
Outro rio que se destacou foi o ribeirão do Curral, em Ilhabela (SP), que passou de uma condição regular para boa. Estão em andamento obras de coleta e tratamento de esgoto neste município, embora em um ritmo mais lento do que o desejado pela população, pois outros rios monitorados na ilha mantiveram a condição regular devido à falta de estações de tratamento de esgoto. Também se destacou a melhora do rio do Brás, em Santa Catarina, que passou de média ruim para regular, assim como três corpos d'água gaúchos, o Feitoria, em dois pontos, e o Noque, que passaram de média ruim para regular.

Ainda de acordo com Observando os Rios 2024, alguns rios apresentaram um o rebaixamento da média da qualidade no ano de 2023 se comparado com o ano de 2022. No levantamento de 2022, o córrego do Sapateiro, em São Paulo, apresentou uma qualidade da água boa em sua área de nascente, mas caiu para regular. Isso demonstra a necessidade de cuidados constantes com o rio, pois, no relatório anterior, havia sido

destacada a melhora na qualidade da água em comparação com o levantamento de 2022, graças à colaboração entre os moradores locais e a prefeitura.

No entanto, a falta de ações para manter essa melhoria resultou na queda da média da qualidade da água em 2023. O mesmo se aplica ao córrego Balainho, em Suzano (SP), que também havia mostrado melhora em dois pontos no relatório anterior, mas agora voltou a apresentar uma média regular.

Tabela 7: Histórico do Índice de qualidade da água do Brasil entre 2016 e 2023.



Fonte: Observandoosrios.sosma.org.br, 2024

Num geral, houve pouca variação em relação aos resultados do período de 2022 em relação a 2023 (TABELA 7), com uma leve tendência de melhora geral. Dessa forma, a comparação entre os dados obtidos do Manguezal Chico Science (TABELA 3) e a média brasileira (TABELA 7) revela uma situação intrigante. Apesar dos diversos impactos enfrentados por esse importante ecossistema, como a poluição proveniente de resíduos urbanos e industriais, a exposição a produtos químicos nocivos, a sedimentação excessiva causada pela erosão do solo e outras atividades humanas, o manguezal consegue se manter alinhado à média nacional. Essa média, embora

classificada como 'regular' nas análises, demonstra que, mesmo diante de desafios significativos, o Manguezal Chico Science apresenta resiliência.

Isso indica que a recuperação da qualidade da água é viável através de programas de saneamento ambiental, desde que sejam contínuos, com investimentos assegurados, metas progressivas, transparência e participação da comunidade. Portanto, é fundamental continuar monitorando e preservando esses ecossistemas, garantindo que possam se adaptar e prosperar, mesmo em um cenário de adversidade.

5. CONCLUSÃO

A situação atual das águas do Manguezal Chico Science, com a apresentação dos índices regulares de poluição, é um sinal misto que merece atenção e ação coordenada. Embora a detecção de índices de poluição dentro de limites considerados regulares possa ser interpretada como um aspecto positivo, é essencial evitar a complacência diante desses resultados. A presença de poluentes, mesmo que em quantidades regulares, sugere a existência de fontes de contaminação e impactos que precisam ser monitorados e gerenciados continuamente. A poluição resultante de atividades humanas, como descargas industriais, esgotos e atividades agrícolas, pode ter efeitos progressivos e cumulativos no longo prazo, afetando a qualidade da água e a saúde do ecossistema. A melhoria da qualidade da água no Manguezal Chico Science não deve ser encarada como uma tarefa simples, mas sim como um objetivo crucial para a conservação desse valioso ecossistema.

Ainda estamos longe de alcançar as metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 - Água Potável e Saneamento (ODS 6), estabelecido para 2030, e da Universalização do Saneamento Básico, prevista para 2033. Os resultados também indicam uma distância significativa da desejada e necessária oferta de Água Limpa para todos, gerando impactos importantes na vida das pessoas, especialmente em relação aos problemas de saúde pública e aos cenários de escassez e insegurança hídrica, onde as populações mais pobres são sempre as mais afetadas pelas deficiências de infraestrutura para atender às necessidades fundamentais: água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais, os pilares do saneamento básico no Brasil. Poluir um corpo d'água é rápido, mas sua recuperação é lenta.

É necessário manter um estado de atenção constante e implementar melhorias contínuas nas estruturas de saneamento e educação para evitar sua degradação. A qualidade da água doce superficial é altamente suscetível às condições ambientais de suas bacias hidrográficas, às variações e impactos do clima, aos usos do solo e às atividades econômicas predominantes nas regiões onde se encontra.

As medidas de mitigação da poluição requerem uma abordagem integrada, incluindo a regulamentação rigorosa das atividades industriais, a implementação de sistemas de tratamento de águas residuais eficazes e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis. Além disso, a educação e a conscientização pública desempenham um papel fundamental nesse processo. Ao aumentar o entendimento sobre os riscos associados à poluição e as ações que podem ser tomadas para reduzi-la, as comunidades locais e as partes interessadas estarão mais aptas a contribuir para a melhoria da qualidade da água. É importante considerar o potencial do Manguezal Chico Science para se tornar um exemplo bem-sucedido de restauração e gestão ambiental. A conscientização sobre os riscos e a colaboração entre diferentes setores, incluindo indústrias, governos locais e organizações ambientais, pode resultar em estratégias eficazes para a redução da poluição e a melhoria contínua do estado do ecossistema.

Ademais, é de extrema importância salientar que as gerações futuras dependerão dos recursos naturais do manguezal para seu sustento, bem-estar e qualidade de vida. A saúde do ecossistema afetará a disponibilidade de alimentos, a diversidade de espécies e os serviços ecossistêmicos que ele oferece, como proteção contra desastres naturais e regulação climática. Dessa forma, é essencial considerar não apenas as necessidades imediatas, mas também o legado que estamos construindo para aqueles que virão depois de nós. A conscientização sobre os impactos das nossas ações no futuro é um motivador para a adoção de práticas sustentáveis e a redução da poluição. Ao reconhecer que nossas escolhas hoje afetam a capacidade das futuras gerações de usufruírem dos mesmos recursos e benefícios, podemos cultivar um senso de responsabilidade compartilhada para a conservação do Manguezal Chico Science. Ao educar jovens sobre a importância dos ecossistemas costeiros, os riscos da poluição e as ações que podem ser tomadas para mitigá-la, estamos capacitando-os a se tornarem defensores ativos do meio ambiente. A promoção da educação ambiental desde cedo contribui para a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a sustentabilidade.

Portanto, embora os índices de poluição nas águas do Manguetal Chico Science possam estar atualmente dentro dos limites regulares, é crucial não perder de vista a necessidade de melhorar. É nosso papel conscientizar sobre a herança que estamos construindo e o envolvimento ativo das gerações mais jovens são componentes fundamentais para garantir um futuro saudável e sustentável para esse ecossistema e para aqueles que dependem dele. A conservação desse ambiente único requer um compromisso contínuo e a implementação de ações sustentáveis para proteger não apenas o ecossistema, mas também os meios de subsistência e a qualidade de vida das comunidades locais que dependem dele.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, I. C. C., EL-Robrini, M., Santos, M. L. S., Monteiro, S. M., Barbosa, L. P. F., Guimarães, J. T. F., 2012. **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil)**. Acta Amazonia 42,115-124.

ANDRADE, João Carlos de. Química analítica básica: os conceitos acido-base e a escala de pH. **Revista Chemkeys**, Campinas, SP, n. 1, p. 1–6, 2018. DOI: 10.20396/chemkeys.v0i1.9642. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/chemkeys/article/view/9642>. Acesso em: 8 out. 2024.

APHA – AWWA – WEF, 1995. **Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th edition**. American Public Health association, American Water Works Association and Water Environment Federation.

Ávila, A.L., Araujo, M.M., Longhi, S.J., Gasparin, E., 2011. **Caracterização da vegetação e espécies para a recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS**. Ciência Florestal 10.5902/198050983229. 21, 251-260.

BARBIER, E.B. 2008. **Coastal ecosystem – based management with nonlinear ecological functions and values**. *Science*, 319: 321-323.

BELARMINO, P. **Resíduos sólidos em manguezal no rio Potengi (Natal, RN, Brasil): relação com a localização e usos**, 2014. Disponível em: Redalyc.Resíduos sólidos em manguezal no rio Potengi (Natal, RN, Brasil): relação com a localização e usos.

Birkheuer, C. de F. et al. **Qualidade físico-química e microbiológica da água de consumo humano e animal do Brasil: análise sistemática**. Caderno pedagógico, Lajeado, v. 14, n. 1, p. 134 -145, 2017

BRASIL – ANA – Agência Nacional de Águas. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**.

BRASIL. **Secretaria de Recursos Hídricos/Ministério do Meio Ambiente – Água:Manual de Uso**. Brasília – DF, 2006.

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIN, J. S. da. **Eutrofização em rios brasileiros**. Enciclopédia Biosfera, n. 16 (9), p. 2165-2179, 2013.

CABRAL, G. A. J. **Comportamento dos compostos nitrogenados, amônia, nitrito e nitratos, em águas subterrâneas**. 2020. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

CARNEIRO, T. **A poluição por plásticos e a Educação Ambiental como ferramenta de sensibilização**, 2021. Disponível em: A poluição por plásticos e a Educação Ambiental como ferramenta de sensibilização | Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA) (unifesp.br).

CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo: Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis**. 2019. Disponível em: 80 <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wpcontent/uploads/sites/12/2020/09/Apendice-E-Sinificado-Ambiental-e-Sanitariodas-variaveis.pdf>. Acesso em 06 de ago de 2024

CHRISTOFOLETTI, R.A.; HATTORI, G.Y. & PINHEIRO, M.A.A. 2013. **Food selection by a mangrove crab: temporal changes in fasted animals**. *Hydrobiologia*, 702: 63-72.

CNUMAD (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), 1992. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21**. Brasília: SenadoFederal

Condições meteorológicas passadas em Recife em 2022 (Pernambuco, Brasil) - Weather Spark. Weatherspark.com. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/h/y/31432/2022/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-hist%C3%B3ricas-durante-2022-em-Recife-Pernambuco-Brasil#Figures-ColorTemperature>. Acesso em: 30 jul. 2024.

Condições meteorológicas passadas em Recife em 2023 (Pernambuco, Brasil) - Weather Spark. Weatherspark.com. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/h/y/31432/2022/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-hist%C3%B3ricas-durante-2022-em-Recife-Pernambuco-Brasil#Figures-ColorTemperature>. Acesso em: 30 jul. 2024.

Condições meteorológicas passadas em Recife em 2024 (Pernambuco, Brasil) - Weather Spark. Weatherspark.com. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/h/y/31432/2022/Condi%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas-hist%C3%B3ricas-durante-2022-em-Recife-Pernambuco-Brasil#Figures-ColorTemperature>. Acesso em: 30 jul. 2024.

COSTA, D. D.; KEMPKA, A. P.; SKORONSKI, E. A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: o panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, n. 2, mar. 2017.

Costa, S. M. F., Montoia, G. R. M., Rangel, J. A., Lima, V. M., Issa, P., 2012. **Pequenas cidades do estuário do Rio Amazonas: fluxo econômico, crescimento urbano e as novas velhas urbanidades da pequena cidade de Ponta de Pedras**. *Revista de Desenvolvimento Regional* 17, 56-74.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente, Pernambuco, 2021. Padrões Típicos de Águas Costeiras. Disponível em: <http://www2.cprh.pe.gov.br/monitoramentoambiental/qualidade-da-agua/baciashidrograficos/indices-e-indicadores/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

CUNHA, A.; GUIMARÃES, A. 2000. **Biologia reprodutiva dos teleósteos no Manguezal Chico Science, Olinda-PE**. In: *Mangrove 2000; Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: desafios e Perspectivas*, 2000, Recife. *Trabalhos completos...* (CD-Rom) Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2000. p. 1-7.

DA COSTA, P. **MANGUE: FONTE DE SOBREVIVÊNCIA**, 2010. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=25452>.

Dados históricos simulados de clima e tempo para Recife - meteoblue.

meteoblue. Disponível em:

<https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/recife_brasil_390760>. Acesso em: 31 jul. 2024.

Derisio, J. C. (2000). **Introdução ao controle da poluição ambiental**. São Paulo: 2ª ed. Signus.

DIAS, A. C. A. **Análise e identificação da origem de contaminação dos recursos hídricos no concelho de Salvaterra de Magos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geologia Aplicada) – Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal, 2016.

DUKE, N.C.; MEYNECKE, J.O.; DITTMANN, S.; ELLISON, A.M.; ANGER, K.; BERGER, U.; CANNICCI, S.; DIELE, K.; EWEL, K.C.; FIELD, C.D.; KOEDMAN, N.; LEE, S.Y.; MARCHAND, C.; NORDHAUS, I. & DAHDUOH-GUEBAS, F. 2007. **A world without mangroves? Science**, 317: 41-43.

ESPAÇO CIÊNCIA. **Museu Interativo de Ciência de Pernambuco**. Disponível em: www.espacociencia.pe.gov.br/

EWEL, K. C.; TWILLEY, R. R.; ONG, J. E. **Different kinds of mangrove forests provide different goods and services**. *Global Ecology and Biogeography Letter*. v. 7, n.1, p. 83-94, 1998.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2007. Pesca e Aquicultura. The State of Food and Agriculture. FAO Agriculture Series, 38: 340p.

FENNEL, K.; TESTA, J. M. **Biogeochemical Controles no Coastal Hypoxia**. *Annual Review of Marine Science*, v. 11, n. 1, p. 105–130, 2018.

FONSECA, S. **Reflorestamento de ecossistemas manguezais como contribuição ao sequestro do carbono atmosférico**. 2002.

Fraga, R. S., Tavares, V. E. Q., Timm, L. C., Estrela, C. C., Bartels, G. K., 2012. **Influência da precipitação sobre parâmetros de qualidade da água utilizada para irrigação do morangueiro no município de Turuçu-RS**. *Revista Brasileira de Agrociência*, 18, 81-94.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE — FUNASA. **Relatório 2003**. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/Web%20Funasa/pub/pdf/>>.

GIRI, C.; OCHIENG, E.; TIESZEN, L.L.; ZHU, Z.; SINGH, A.; LOVELAND, T.; MASEK, J. & DUKE, N. 2011. **Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data**. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1): 154-159.

GOUVEIA, H.S.B., SOARES, N.M.S., CORRÊA, V.P.O, 1999. **Aspectos Hidrológicos do Manguezal Chico Science – Olinda Pernambuco, Monografia apresentada ao curso de Especialização em Biologia da UFRPE, Recife**.

GREENWOOD, N. et al. **Utilizing Eutrophication Assessment Directives from Transitional to Marine Systems in the Thames Estuary and Liverpool Bay, UK.** *Frontiers in Marine Science*, v. 6, n. April, 2019

GUIMARÃES, R. F. B.; FARIAS, D. S. C. R.; FARIAS, S. A. R.; NETO, J. D. N.; ARAÚJO, R. M. 2017. “**Proporções de sais em águas superficiais e subterrâneas do município de Boa Vista, PB**”, in *Revista Espacios*, Vol. 38, n. 2, p. 8-16

HAMILTON, L.; DIXON, J. & Miller, G. 1989. **Mangroves: an undervalued resource of the land and the sea.** *Ocean Yearbook*, 8: 254-288

ICMBIO, 2018. **Atlas dos manguezais do Brasil.** Disponível em: atlas-dos-manguezais-do-brasil-pdf (www.gov.br).

KOCH, V. & WOLFF, M., 2002. **Energy budget and ecological role of mangrove epibenthos in the Caeté estuary, North Brazil.** *Marine Ecology Progress Series*, 228: 119-130.

KOCH, V. & NORDHAUS, I., 2010. **Feeding ecology and ecological role of North Brazilian mangrove crabs**, 265-273. In: SAINT-PAUL, U. & SCHNEIDER, H. (eds.). **Mangrove Dynamics and Management in North Brazil.** Berlin: Springer Berlin Heidelberg.

Kolm, H. E., Siqueira, A., Machado, E. C., 2016. **Influência da pluviosidade na qualidade da água de dois sangradouros do litoral do Paraná, Brasil.** *Braz. J. Aquat. Sci. Technol*, 20. 1-11.

Lima, J. O. G., Lopes, F. C. C., Lima, J. R., 2014. **Hidroquímica do carbonato e bicarbonato: efeito na qualidade de águas subterrâneas em Crateús, Ceará, Brasil.** *Ambiente e Água*, [Online] 9. Disponível: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1405>. Acesso: 31 fev. 2024.

LU, X.; CHEN, C.; ZHANG, S.; HOU, Z.; YANG, J. **Concentration levels and ecological risks of persistent organic pollutants in the surface sediments of Tianjin coastal area, China.** *ScientificWorld Journal*, v. 2013, p. 417435, 2013.

MARTINS, C.T.; HALASZ, M.R.T. **Educação ambiental nos manguezais Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim.** *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*. v. n. 19, p. 1-17.

MATTOS-FONSECA, S. 2005. **Amazônia: receita energética para o desenvolvimento sustentável.** *Revista de Economia Contemporânea*, 9(2): 1-6.

MEDEIROS, Aurélia et al. **A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais.** *Revista Faculdade Montes Belos*, v. 4, n. 1, 2011.

Medeiros, W. M. V., Silva, C. E., Lins, R. P. M., 2018. **Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil.**

Ambiente e Água, [Online] 13. Disponível: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2054..>
Acesso: 31 fev. 2024.

MELNYK, A.; DETTLAFF, A.; KUKLINSKA, K.; NAMIESNIK, J.; WOLSKA, L.
Concentration and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (HPAs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in surface soil near a municipal solid waste (MSW) landfill. Science of the Total Environment, v. 530-531, p. 18-27, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.092>.

MESQUITA, J. **A importância do manguezal. Saiba mais sobre os mangues**, 2017.
Disponível em: <https://marsemim.com.br/a-importancia-do-manguezal>.

MMA. **Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Marinhos no Brasil.** Brasília: [s.n.].2010

Moro, M.F., Macedo, M.B., Moura-Fé, M.M., Castro, A.S.F., Costa, R.C., 2015.
Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. Rodriguésia 66, 719-743.

Observando os Rios 2023 O Retrato da Qualidade da Água nas Bacias Hidrográficas da Mata Atlântica. [s.l.: s.n.], 2023. Disponível em:
<<https://educacao.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2023/06/SOSMAObservando-os-Rios-2023.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2024.

OBSERVER: 2023 - A year of unprecedented heat and climate extremes | Copernicus. Copernicus.eu. Disponível em:
<<https://www.copernicus.eu/pt-pt/node/47936>>. Acesso em: 13 ago. 2024.

OLINDA: **Aniversário do Recife e de Olinda: divisor das cidades-irmãs, Rio Beberibe reúne histórias de luta e sobrevivência.** G1. Disponível em:
<<https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2021/03/12/aniversario-do-recife-e-olinda-divisor-das-cidades-irmas-rio-beberibe-reune-historias-de-luta-e-sobrevivencia.ghtml>>.
Acesso em: 16 ago. 2024.

OLIVEIRA, Mariana Cabral de. **Biodiversidade escondida: como as ferramentas moleculares estão ajudando a descobrir novas espécies na costa brasileira** [Depoimento]. Jornal da USP, v. 2, 2022

PAEM, 1998. **Projeto de Educação Ambiental em Sistemas de Manguezais, Recife**

Parron, L.M., Muniz, D.H.F., Pereira, C.M., 2011. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**, 1 ed. Embrapa Florestas, Colombo.

PAVÃO, A. C. **Quanta ciência há no Ensino de Ciências.** In: . PAVÃO, A, C. (Org.). Ensinar Ciência fazendo Ciência. 1a Edição. São Paulo. 2008, p. 99-102.

Pereira AR, Santos AA, Silva WTP, Frozzi JC, Peixoto KLG 2013. **Avaliação da qualidade da água superficial na área de influência de um lixão.** Ambi-água, 8(3):239-246.

Pereira, M. E. G. S., ASP Neto, N. E., Moura, H.T. G. S., Nunes, Z. M. P., 2017. **Influência das variáveis ambientais na qualidade da água de uma lagoa costeira tropical no norte do Brasil**. Arquivos de Ciências do Mar, 50, 81-93.

PINHEIRO, M.A.A.; COSTA, T.M.; GADIG, O.B.F. & BUCHMAN, F.S.C. 2008. **Os ecossistemas costeiros e sua biodiversidade na Baixada Santista**, 7-26. In: Oliveira, A.J.F.C.; PINHEIRO, M.A.A. & Fontes, R.F.C. (Orgs.). **Panorama Ambiental da Baixada Santista**. Cap. 2. São Vicente: Universidade Estadual Paulista – Campus Experimental do Litoral Paulista, 127p.

PINTO, A. L.; OLIVEIRA, G. H. de; PEREIRA, G. A. **Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS**. *Revista GEOMAE – Geografia, Meio Ambiente e Ensino*. v. 1 (1), p. 6982, 2010.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. 2017. **“Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil”**, in Revista Ambiente e Água, Vol. 12, n. 3, p. 435-456.

PNUMA, 2014. Disponível em <http://web.unep.org/destrui%C3%A7%C3%A3o-demanguezais-%C3%A9-at%C3%A9-cinco-vezes-maior-que-das-florest>

PORTAL DE QUALIDADE DAS ÁGUAS. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: [PortaldasQualidadedasÁguas\(ana.gov.br\)](http://PortaldasQualidadedasÁguas(ana.gov.br)).

Ribeiro, Karla Tereza Silva. 2004. **Água e saúde humana em Belém**. 1 ed. Coleção Megam, Belém.

Rosenzweig, C. et al., 2011: **Climate change and extreme weather events: implications for food production, plant diseases, and pests**. Global Change & Human Health, 2(2), 90-104.

Sabino, C. V. S., Lage, L. V., Noronha, C. V., 2017. **Variação sazonal e temporal da qualidade das águas em um ponto do Córrego Gameleiras usando técnicas quimiométricas robustas**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, [Online] 22, Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017158455>. Acesso: 31 fev. 2024.

Santos, Edval J. P. **Método científico: uma introdução – o desafio de ser cientista**. Edval J. P. Santos. 1a Edição - Recife: EJPS, 2018. 100 p. Formato eletrônico. ISBN: 978-85-924541-0. Acesso em 09 de fevereiro de 2020.

Santos, S. A. M., Shiavetti, A., Deberdt, A. J. 2003. **Qualidade da água. Estudos de bacias Hidrográficas – Uma estratégia para a educação ambiental**. 2 Ed. São Carlos.

SAPKOTA, Y.; WHITE, J. R. Carbon offset market methodologies applicable for coastal wetland restoration and conservation in the United States: A review. **Science of The Total Environment**, v.701, 2020.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; **Climate changes in mangrove forests and salt marshes**. **Brazilian Journal of Oceanography**, 64(sp.2): 37-52, 2016.

Silva, E. G., Rachid, E., Almeida, J. R., 2016. **Avaliação dos impactos ambientais nos estuários das regiões de Caravelas e Mucuri (BA-BRASIL) com base no modelo pressão estado impacto resposta (PEIR)**. Revista Internacional de Ciências, 6. 2 - 20.

SILVA, M. G. B. **Grandes Empreendimentos: as modernizações e a reconfiguração territorial promovida entre os centros urbanos de Recife e Olinda**. 2000. 121 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Federal de Pernambuco, 2000.

Silveira, P. C. B., Mesquita, B., Melo, L., Filho, I. O., 2013. **Estuário, paisagem-fluxo de pescadores artesanais**. Revista Iluminuras, 14. 304-323.

SIMÕES, L. C. V. **Avaliação da eficiência do processo eletroquímico na remoção de nitrato em efluente aquoso**. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Química Tecnológica e Industrial, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

Souto, L. F. L., Oliveira, T. C. de S., Silva, M. S. R., 2015. **Variação espacial de cátions, ânions e variáveis físico-químicas no rio Solimões, Amazonas entre Manaus e Jutai, Bacia Amazônica**. Acta Amazônica, 45. 415-424.

SOUSA, R.A. **Química das Águas**, 2017. Disponível em: Aula 3 - Químicas das Águas Parte 2 [Modo de Compatibilidade] (ufff.br).

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

SPALDING, M.; KAINUMA, M. & COLLINS, L. 2010. **World Atlas of Mangroves**. Earthcan, 319p.

SPERLING, M.V. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA; UFMG, 2005. 452 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.1).

SUNDARA KK, HARIKA M, ASPIYA BSK, YAMINI S (2012) **Land use and land cover change detection and urban sprawl analysis of Vijayawada City using multi-temporal landsat data**. Int J Eng Sci Tech 4(01):170–178.

Teles, R.R., Santos, J.C., Pinheiro, E.C.N.M., 2022. **A importância da preservação de matas ciliares**. Brazilian Journal of Development 8, 75348 75360. doi: 10.34117/bjdv8n11-309.

TUCCI, C.E.M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. de M. **Gestão da Água no Brasil**. Brasília – UNESCO, 2001.

Uele, D. I., Lyra, G. B., Oliveira Junior, J. F., 2017. **Variabilidade Espacial e Intranual das Chuvas na Região Sul de Moçambique, África Austral**. Revista Brasileira de Meteorologia, 32. 473-484.

UNESCO (2009). **Marine spatial planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management**. IOC, Manuals and Guides.

Ventura, C., Sousa, J., Fernandes, A., 2017. **Os estuários e as alterações climáticas: impactos da subida do nível médio das águas do mar em Vila Franca de Xira.** Revista de Geografia e Ordenamento do Território, 11. 327-350.

WAGENSBERG, Jorge. **O Museu “Total”, uma ferramenta para a mudança social.** 4o Congresso Mundial de Centros de Ciência. Mu-seu da Vida/Fiocruz. Disponível em:

<<http://www.museudavida.fiocruz.br/4scwc/Texto%20Provocativo%20-%20Jorge%20Wagensberg.pdf>

WALTERS, B.B.; RÖNNBÄCK, P.; KOVACS, J.M.; CRONA, B.; HUSSAIN, S. A.; BADOLA, R.; PRIMAVERA, J.H.; BARBIER, E. & Dahdouh-Guebas, F. 2008. **Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: a review.** *Aquatic Botany*, 89: 220-236

Wang, Y., Xu, Y., Tabari, H., Wang, J., Wang, Q., Song, S., Hu, Z., 2020. **Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall in the Yangtze River Delta, eastern China.** *Atmospheric Research* 231,1-14

WOLFF, M.; KOCH, V. & ISAAC, V. 2000. **A trophic flow model of the Caeté Mangrove Estuary (North Brazil) with considerations for the sustainable use of its resources.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50: 789-803.

Zonta, L.V., Pereira, F.V., Oliveira, V.B., Ferreira, F.M.C., 2020. **Parâmetros bióticos e abióticos de um ambiente de mata ciliar em estágio inicial de recuperação.** *Revista Ponto de Vista* 9, 54-66.