



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS CAMPUS II  
DEPARTAMENTO AGROECOLOGIA E AGROPECUÁRIA  
CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA**

**NIEDJA SANTOS BEZERRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA,  
SEMIÁRIDO NORDESTINO, APÓS RECEBIMENTO DA ÁGUA DA  
TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

**LAGOA SECA**

**2023**

**NIEDJA SANTOS BEZERRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA,  
SEMIÁRIDO NORDESTINO, APÓS RECEBIMENTO DA ÁGUA DA  
TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Coordenação do Curso de Bacharelado em  
Agroecologia da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Agroecologia.

**Orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa**

**Coorientadora: Profa. Dra. Camila Ferreira Mendes**

**LAGOA SECA**

**2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B574a Bezerra, Niedja Santos.

Avaliação da qualidade da água do açude Epitácio Pessoa, semiárido nordestino, após recebimento da água da transposição do Rio São Francisco [manuscrito] / Niedja Santos Bezerra. - 2023.

37 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 2023.

"Orientação : Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS. "

"Coorientação: Prof. Dr. Camila Ferreira Mendes , Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."

1. Transposição. 2. Eutrofização. 3. Qualidade hídrica. 4. Variáveis ambientais. I. Título


21. ed. CDD 333.91

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA,  
SEMIÁRIDO NORDESTINO, APÓS RECEBIMENTO DA ÁGUA DA  
TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado á Coordenação do curso de  
Bacharelado em Agroecologia da  
Universidade Estadual da Paraíba, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Agroecologia.

Aprovada em: 13/06/2023.


**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Juliana dos Santos Severiano (Examinador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Fábio Agra de Medeiros Nápoles (examinador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me ter dado capacidade de raciocínio e tranquilidade durante todo meu percurso no curso de Agroecologia.

A minha família pelo apoio por sempre acreditar nos meus objetivos.

Ao Professor Francisco José Loureiro pelas aulas excelentes de recursos hídricos que me fizeram despertar o interesse para essa área tão nobre da ciência e à Professora Rita de Cássia Cavalcante por ser responsável por me apresentar ao LEAq no período de estágio supervisionado.

Ao meu orientador Professor José Etham de Lucena Barbosa pelo acolhimento no meio de toda sua equipe e minha coorientadora Professora Camila Ferreira Mendes pela disposição e paciência no desenvolvimento desse TCC.

A minha grande amiga Sayonara Medeiros Duarte que sempre me ajudou no uso das tecnologias modernas e na caminhada durante nossa graduação.

## RESUMO

Apesar do grande volume de água disposto no planeta Terra, apenas 1% está disponível para fins de sustentabilidade humana e animal e não dispõe de uma gestão adequada que possa garantir segurança hídrica a longo prazo. O semiárido nordestino tem por característica marcante a escassez de água e reservatórios com volumes reduzidos que são propensos a eutrofização de suas águas. Esses fatores levaram a execução do projeto de transposição de águas do Rio São Francisco com objetivo de abastecer reservatórios e amenizar os problemas de abastecimento da região. Impactos negativos foram evidenciados após a entrada das águas no açude Epitácio Pessoa e esta pesquisa tem por objetivo avaliar o comportamento e as tendências das características limnológicas das águas do Açude Epitácio Pessoa – Boqueirão como bacia receptora da água do Rio São Francisco nos períodos de dezembro de 2021 e maio de 2022. Foram usadas as variáveis ambientais físicas: temperatura da água, transparência e sólidos totais dissolvidos, pH e turbidez e as variáveis químicas: oxigênio dissolvido, amônia, fósforo reativo solúvel, nitrito e fósforo total e concentração de clorofila-a que serviram para determinação do índice de estado trófico e índice de poluição integrado para verificação da qualidade da água. Foi utilizado como base comparativa os resultados apresentados na pesquisa realizada por Barbosa et al. (2021) nos períodos antes da transposição: outubro e dezembro de 2015, março, junho e novembro de 2016 e fevereiro de 2017 e depois da transposição junho e novembro de 2017, julho e dezembro de 2018 e abril e outubro de 2019. O resultado comparativo entre a pesquisa realizada por Barbosa et al. (2021) e o presente estudo, mostram reduções nas concentrações das variáveis ambientais que podem estar correlacionadas com a entrada constante das águas no reservatório, entretanto houveram aumentos de IET mantendo-se eutrofizado e IPI permanecendo poluído para os períodos analisados mantendo as características hídricas adquiridas no período pós transposição. Os resultados dessa pesquisa poderão servir como base para um plano de gestão das águas do Açude Epitácio Pessoa com fins de distribuição de água de boa qualidade em períodos futuros.

**Palavras-chave:** Transposição; Eutrofização; Qualidade hídrica; Variáveis ambientais.

## ABSTRACT

Despite the large volume of water available on planet Earth, only 1% is available for human and animal sustainability purposes and it does not have adequate management that can guarantee long-term water security. The northeastern semi-arid region has a marked characteristic of water scarcity and reservoirs with reduced volumes that are prone to eutrophication of their waters. These factors led to the implementation of the project to transfer water from the São Francisco River with the aim of filling reservoirs and alleviating supply problems in the region. Negative impacts were evidenced after the water entered the Epitácio Pessoa weir and this research aims to evaluate the behavior and trends of the limnological characteristics of the waters of the Epitácio Pessoa weir – Boqueirão as a receiving basin for the waters of the São Francisco River in the periods of December 2021 and May 2022. Physical environmental variables were used: water temperature, transparency and total dissolved solids, pH and turbidity and chemical variables: dissolved oxygen, ammonia, soluble reactive phosphorus, nitrite and total phosphorus and chlorophyll-a concentration which served to determine the trophic state index and integrated pollution index to verify the water quality. The results presented in the research carried out by Barbosa et al. (2021) in the periods before the transposition: October and December 2015, March, June and November 2016 and February 2017 and after the transposition June and November 2017, July and December 2018 and April and October 2019. The comparative result between the research carried out by Barbosa et al. (2021) and the present study, show significant reductions in the concentrations of environmental variables which may be correlated with the constant entry of water stimulating the process of regeneration of the reservoir, however, there were increases in IET remaining eutrophic and IPI remaining polluted for the analyzed periods. The results of this survey could serve as the basis for a water management plan for the Epitácio Pessoa weir with the aim of distributing good quality water in future periods.

**Keywords:** Transposition; Eutrophication; Water quality; Environmental variables.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Percurso percorrido pelo Rio São Francisco partindo de Itaparica-BA até o canal da transposição do Eixo Leste na cidade de Floresta – PE seguindo para o Estado da Paraíba dando suporte hídrico aos reservatórios de Poções, Camalaú e Boqueirão .. 22

**Figura 2:** Gráfico da evolução dos volumes de água do Açude Epitácio Pessoa e precipitação no município de Boqueirão -PB. A figura indica a entrada das águas da transposição do Rio São Francisco..... 23

**Figura 3:** Gráficos box plot das valores mínimos, médios e máximos da temperatura da água, pH, transparência, turbidez, sólidos totais dissolvidos e oxigênio dissolvido nos meses de dezembro de 2021 e maio de 2022 do Açude Epitácio Pessoa - Laboratório de Ecologia Aquática – LEaq - UEPB ..... 27

**Figura 4:** Gráficos box plot dos valores mínimos, médios e máximos das concentrações de amônia, nitrito, nitrato, fósforo solúvel reativo, fósforo total e clorofila-a do Açude Epitácio Pessoa nos meses de dezembro de 2021 e maio de 2022 - Laboratório de Ecologia Aquática – LEaq - UEPB ..... 28

**Figura 5:** Gráfico do índice de estado trófico do Açude Epitácio Pessoa nos meses de dezembro de 2021 e maio de 2022. As linhas tracejadas indicam a delimitação dos níveis tróficos: oligotrófico, mesotrófico e eutrófico - Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) ..... 29

**Figura 6:** Gráfico do índice de poluição integrado do Açude Epitácio Pessoa nos meses de dezembro de 2021 e maio de 2022..... 29



## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba

ANA – Agência Nacional das Águas

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Biológica de Oxigênio

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca

DS – Disco de Secchi

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IET – Índice de Estado Trófico

IPI – Índice de Poluição Integrado

LEAq – Laboratório de Ecologia Aquática

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e comunicações

ODS – Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PELD – Pesquisa Ecológica de Longa Duração

PISF – Projeto de Integração do São Francisco

PNSH - Plano Nacional de Segurança Hídrica

POPs – Poluentes Orgânicos Persistentes

RIPA – Rio Paraíba Integrado

SAA – Sistemas de Abastecimento de Água

# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
<b>2 – OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
2.1 - OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
<b>3 - REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
3.1 – A IMPORTÂNCIA DE RESERVATÓRIOS PARA ABASTECIMENTO.....	11
3.2 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA.....	12
3.3 - AÇUDE EPITÁCIO PESSOA – BOQUEIRÃO: HISTÓRIA E CRISES HÍDRICAS.....	13
3.4 - RIO SÃO FRANCISCO E O PROJETO DE INTEGRAÇÃO COM O SEMIÁRIDO NORDESTINO ATRAVÉS DO EIXO LESTE (PISF).....	15
3.5 - QUALIDADE DA ÁGUA E EUTROFIZAÇÃO .....	16
3.6 – PESQUISA ECOLÓGICA DE LONGA DURAÇÃO - PELD.....	20
<b>4 - METODOLOGIA.....</b>	<b>21</b>
4.1 - ÁREA DE ESTUDO .....	21
4.2 - AMOSTRAGEM.....	22
4.3 - ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICA, QUÍMICAS E CLOROFILA- <i>a</i> .....	23
4.4 - ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET).....	24
4.5 - ÍNDICE DE POLUIÇÃO INTEGRADO (IPI) .....	25
<b>5 – RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
<b>6 –DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>33</b>

## INTRODUÇÃO

As águas estão dispostas no planeta Terra numa quantidade de 1.400 milhões de quilômetros cúbicos e segundo Paloschi et al. (2016), o maior volume delas está nos oceanos com 97,5%, e, nas calotas polares, geleiras, rios, lagos, outros reservatórios e lençóis freáticos estão 2,5% onde apenas 1% é o disponível para sustentabilidade humana, animal, fins agrícolas e industriais e suporte socioeconômico.

A ineficiência na gestão pública no que se refere a manutenção dos mananciais, gera problemas como desperdício, poluição dos corpos d'água devido ao descarte inadequado dos efluentes e má distribuição entre regiões, o que vai de encontro da afirmação de Heller e Pádua (2010) onde, as atuais e futuras gerações devem ter assegurado o abastecimento regular de uma água de qualidade e acessível para usos necessários.

Apesar do Brasil ser detentor de 12% da água doce do planeta, portanto, favorecido em disponibilidade hídrica, há uma desigualdade na distribuição, pois, 70% de toda água concentra-se na região Amazônica, região esta que abriga menos de 7% da população brasileira; 15% no Centro-Oeste, 6% no Sul e Sudeste e apenas 3% dos recursos hídricos se concentram na Região Nordeste a qual abriga 30% da população brasileira (IBGE, 2018). O Rio São Francisco é detentor de 2/3 da água doce existente em território brasileiro (SUASSUNA, 2014), e é a mais extensa bacia nacional com uma área total de 639.219 Km<sup>2</sup> onde 62,5% estão localizados na Região Nordeste (BA, PE, AL e SE), 36,8% na Região Sudeste (MG) e 0,7% na Região Centro-Oeste (GO e Distrito Federal) (FERNANDES, 2015).

Com o crescimento populacional, agrícola, industrial, e, além da evapotranspiração que ocorre naturalmente, devido ao desgaste causado ao meio ambiente por ações antrópicas, que vem acontecendo em maior magnitude e em um menor espaço de tempo, a segurança hídrica está em risco. A Organização das Nações Unidas – ONU, adverte que a não mudança das condutas governamentais sobre os recursos naturais poderá, até 2050, levar metade da população mundial sobreviver sem a cota mínima de água por pessoa (50 l/dia). Diante deste alerta, a agenda 2030 estabelece em seus Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável – ODS o manejo adequado dos mananciais em todo mundo para que toda população tenha acesso a água potável e saneamento básico sem que haja esgotamento das fontes (Parte da agenda 2030).

O Semiárido nordestino caracterizado por suas altas temperaturas, chuvas mal distribuídas e períodos de seca prolongados, possui um sistema hídrico limitado (ANDRADE, et al., 2019), porém, segundo Suassuna (2014), mesmo com períodos de baixa pluviosidade e

escassez de água na Região Nordeste, seus rios depositam nos aquíferos cerca de 58 bilhões de m<sup>3</sup>/ano e que 1/3 da quantidade armazenada supririam as necessidades da população nordestina (cerca de 47 milhões) com 200L/pessoa/dia (recomendação OMS) e irrigariam 2 milhões de ha. utilizando 7.000 m<sup>3</sup>/ha./ano.

Para o semiárido, a qualidade da água pode ser alterada quando combinada a períodos de estiagem com a diminuição do volume dos reservatórios facilitando o acúmulo de substâncias químicas como fósforo e nitrogênio, aumentando a produção exagerada de microrganismos, entre eles as cianobactérias, que podem produzir e liberar as cianotoxinas, tornando o uso da água limitado para algumas finalidades (GUERRA, et al., 2019).

Os anos entre 2010 e 2017 foram marcados por uma longa estiagem no Nordeste que reduziu o volume de água de vários reservatórios e deixou outros em situações de colapso hídrico, como foi atestado no açude de Boqueirão, na Paraíba, que chegou ao seu volume morto com percentual de águas em 2,9% da sua capacidade (BARBOSA, et al., 2021). A gravidade da situação levou a aceleração das obras da construção dos canais de transposição do Rio São Francisco iniciadas no ano de 2007 que conduziram suas águas até os reservatórios que viriam suprir as necessidades da região que sofria com a falta e a má qualidade da água.

As águas da transposição, ao chegarem até o reservatório de Boqueirão, no entanto, no primeiro momento, tiveram redução de sua qualidade devido as diversas condições encontradas em seu percurso como por exemplo o acúmulo de nutrientes depositados no solo seco os quais contribuíram para modificação do grau de estado trófico (BARBOSA, et al., 2021). Ainda segundo os autores, a junção de águas entre fontes distintas pode disseminar novos poluentes, doenças e introduzir novas espécies aquáticas que podem influenciar negativamente no habitat das espécies já existentes. Os descartes inadequados de lixo doméstico e produtos químicos nos leitos dos reservatórios, também são relevantes nos resultados para qualificação hídrica (BARBOSA, et al., 2021).

Com base nos resultados apresentados por Barbosa, et al. (2021), o presente trabalho visa a observação no comportamento das características limnológicas das águas do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), sua evolução e as tendências nos aspectos de semelhanças com o antes e o depois da transposição, haja vista, que bacias receptoras podem ser impactadas positivamente ou negativamente em sua qualidade hídrica.

## **2 – OBJETIVOS**

### **2.1 - OBJETIVO GERAL**

Avaliar o comportamento e as tendências das características limnológicas das águas do Açude Epitácio Pessoa – Boqueirão como bacia receptora das águas do Rio São Francisco.

### **2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar o reservatório quanto ao nível de poluição;
- Qualificar quanto ao nível trófico; e
- Apontar possíveis causas determinantes para classificação trófica do reservatório.

## **3 - REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 – A IMPORTÂNCIA DE RESERVATÓRIOS PARA ABASTECIMENTO**

Os sistemas de abastecimento de água – SAA, são obras de engenharia que objetivam assegurar o conforto às populações e prover a parte de infraestrutura das cidades tendo como prioridade o controle dos riscos à saúde impostos pela água (ÁGUA BRASIL, 2022). Um sistema de abastecimento de água, em geral é composto por: manancial, captação, adução, tratamento, reservatório, rede de distribuição e ligações prediais, estações elevatórias ou de recalque (ÁGUA BRASIL, 2022).

A barragem de Apipucos em Pernambuco, foi a primeira a ser construída no Brasil, com datação atribuída ao final do século XVI (CBDB, 2011). Na Região Nordeste historicamente, a construção de açudes é a principal política de obras para a relação com as secas (CIRILO, 2008) e segundo Oliveira, et al., (2016) essas construções no semiárido nordestino, se dão para suprir as necessidades da população sertaneja no enfrentamento às condições naturais desta região. As características climáticas da região semiárida nordestina, fazem com que reservatórios tenham grande relevância no Brasil pela contribuição social e econômica que é dada à toda uma população (OLIVEIRA, et al., 2016).

Embora a prioridade dos reservatórios no semiárido seja o fornecimento de água para consumo humano e animal, o bom nível no volume dos reservatórios pode fornecer outros

serviços como aquicultura e produção pesqueira, irrigação e atividades ligadas ao turismo (OLIVEIRA, et al., 2016). Segundo a Constituição Federal de 1988, todas as águas são públicas e em função de sua localização podem ser um bem de domínio da União ou dos Estados e tratada como um “bem coletivo” em razão dos seus diferentes usos (AZEVEDO, 2012).

A construção de reservatórios também contribui ecologicamente com o meio permitindo o desenvolvimento da biodiversidade que está sujeita à dinâmica desses sistemas, sendo, por exemplo, diminuída na época de seca (OLIVEIRA, et al., 2016), porém, existe o descaso com a preservação do ambiente aos arredores dos corpos hídricos o que contribui com a ocorrência de danos para toda uma população (AZEVEDO, 2012). Garcia et al. (2015), explica que deteriorações nos mananciais urbanos estão acontecendo com maiores intensidades impactando economicamente nos custos com tratamento de água, despesas hospitalares, perdas na agricultura e pecuária e em atividades socioculturais.

Águas superficiais são aquelas contidas em lagos, lagoas, rios e córregos tendo seu abastecimento pelas águas das chuvas ou aquíferos e são as fontes mais acessíveis para captação, e, por estarem mais expostas às ações antrópicas, sua qualidade é inferior em comparação com as águas subterrâneas (GARCIA, et al., 2015). O atual cenário indica a existência da captação e do consumo por muitas pessoas de águas superficiais as quais não recebem forma alguma de tratamento (GARCIA, et al., 2015). Oliveira et al. (2016), especifica o Estado da Paraíba como forma de gestão hídrica aquém do necessário em alguma de suas regiões.

A gestão dos recursos hídricos devido a sua grande importância, são necessárias formas eficientes na execução do processo do fluxo da massa aquática já que é um recurso para usos variados, ser ecologicamente sustentável já que tem ligação com todos os ecossistemas, participação conjunta entre comunidade e gestão pública para que haja harmonia entre meio ambiente e os meios de desenvolvimento socioeconômicos da população (AZEVEDO, 2012).

### 3.2 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA

Segundo dados da Agência Executiva de Gestão de Águas da Paraíba - AESA, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba é considerada uma das mais importantes do semiárido nordestino com uma área total de 20.072 Km<sup>2</sup> sendo a segunda maior do Estado. Localizada entre as latitudes 6°51'31'' e 8°26'21'' Sul e longitudes 34°48'35'' e 37°2'15'', Oeste de Greenwich, sua vazão atende cerca de 1.828.178 de habitantes que corresponde a 52% da população e 38% do território paraibano.

Fazem parte de sua composição a sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto, Médio e Baixo cursos do Rio Paraíba. Com sua nascente localizada na Serra do Jabitacá na cidade de Monteiro – PB, segue seu curso dando suporte a açudes públicos que abastecem cidades com fornecimento de água para consumo humano, água para dessedentação animal, irrigação e atividades ligadas ao lazer. Suas águas desaguam no Oceano Atlântico na cidade de Cabedelo.

Na bacia do Rio Paraíba também estão incluídas a capital João Pessoa e a Cidade de Campina Grande que é o segundo maior centro urbano do Estado e tem seu fornecimento hídrico através do Açude Epitácio Pessoa – Boqueirão. Segundo NETO (2011), o maior suporte hídrico na região da bacia do Rio Paraíba se dá pelas águas superficiais contidas em açudes e barragens chegando a um percentual de 90% e apenas 10 % se utiliza de suas águas subterrâneas.

A região onde se localiza a Bacia do Rio Paraíba possui precipitações irregulares podendo ter períodos de longas estiagens como também períodos satisfatórios de chuvas (NETO et al., 2011), e, isto faz com que ao longo do seu curso existam áreas perenes e intermitentes. As chuvas ocorridas no ano de 2022 tiveram o registro de 1.460,8 mm na Zona da Mata paraibana onde fica o baixo curso do Rio Paraíba (trecho de rio perene), 831,8 mm em seu médio curso onde estão localizados os açudes de Boqueirão e Acauã (nesse trecho, o Rio depende do volume das águas do açude de Boqueirão - trecho de rio intermitente) e 655,1 mm no Planalto da Borborema onde corre o alto curso do rio (trecho intermitente) (DADOS AESA).

### 3.3 - AÇUDE EPITÁCIO PESSOA – BOQUEIRÃO: HISTÓRIA E CRISES HÍDRICAS

O Açude Epitácio Pessoa conhecido regionalmente como Açude de Boqueirão, foi construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca - DNOCS, entre os anos de 1951 à 1956 com uma capacidade inicial de armazenagem de 536.000.000 m<sup>3</sup> de água (AES A, 2013). O manancial teve sua inauguração em janeiro do ano seguinte pelo presidente Juscelino Kubitschek e atualmente, o manancial tem sua capacidade de armazenamento estimada em pouco mais de 466.000.000 de m<sup>3</sup> (AES A, 2022). O descaso com políticas de preservação ambiental para o manutenção da vegetação às margens do açude, práticas de desassoreamento e o uso inadequado do solo, são fatores que colaboram para que o manancial perca números consideráveis de sua capacidade de armazenagem (NETO et al., 2011).

O manancial está localizado na cidade de Boqueirão – PB na microrregião do Cariri Oriental paraibano a 165 Km de João Pessoa capital do Estado da Paraíba e inserido na divisa do alto e médio curso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba a uma altura de 420 m, e sua construção se deu em terreno desapropriado pelo Governo Federal que consolidava assim sua

política de serviços hídricos como se tem registrado no Coleção das Leis da República Federativa do Brasil de 1964 a seguinte citação sobre a desapropriação do terreno:

*O DOU de 19 de maio de 1954 – Declara-se de utilidade pública, para efeito de desapropriação pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, áreas de terreno necessária à construção do açude público Boqueirão, no município de Cabaceiras.*

Segundo ALVES (2017), as águas do açude de Boqueirão serviriam então ao abastecimento urbano, irrigação, geração de energia, atividades pesqueiras e também para o lazer. No ano seguinte a sua inauguração, a primeira adutora para abastecimento urbano foi construída e as águas de Boqueirão passariam a abastecer a cidade de Campina Grande que enfrentava uma crise hídrica. O abastecimento de água para Campina Grande, antes de seu atual reservatório, foi feito pelo Açude Velho (1828), Açude Novo (1830), Açude de Bodocongó (1915) construídos na própria cidade (BARBOSA, 2011) e pela represa Vaca Brava localizada próximo ao município de Areia no Agreste paraibano desde 1939.

O ano de 1999 foi marcado historicamente por ações conflitantes entre agricultores e as ações judiciais em decorrência da escassez de água que levaria a suspensão das atividades de irrigação e a retirada das populações camponesas que viviam às margens do açude de Boqueirão para que a água fosse disponibilizada apenas para o consumo humano e animal (NETO, et al., 2011). Conforme o banco de dados da AESA, o volume do manancial chegou naquele ano ao seu limite mais crítico com 14,9% da sua capacidade correspondendo a 61.492.339 m<sup>3</sup> dos 411.686.287 m<sup>3</sup> que seria seu nível máximo.

No ano de 2017 já se contavam seis anos consecutivos de estiagem no semiárido do Nordeste brasileiro levando a cidade de Campina Grande e mais 25 localidades, abastecidas pelo açude de Boqueirão, que atravessava seu segundo grande conflito, a se submeterem a rígidas condições de racionamento de água e/ou o colapso total no abastecimento (RÊGO, et al., 2017). As retiradas de água foram controladas pela Agência Nacional das Águas – ANA no mês de 2013 reduziu a vazão para 1.743 L/s sedo 1.300 L/s para o consumo humano e só em julho de 2014 foi suspensa a prática de irrigação e em novembro de 2015 a vazão estava em apenas 650 L/s, e, sem a recarga hídrica, em julho de 2016 passou a operar no seu volume morto utilizando-se bombas flutuantes (RÊGO, et al., 2017). Segundo Rêgo (2017), a qualidade das águas poderia estar em risco pela concentração elevada de cianobactérias nas águas do manancial sendo necessárias análises semanais das cianotoxinas. As cianotoxinas causam sérios danos à saúde humana e animal se ingeridas em água ou alimentos e até mesmo pelo contato com a pele (ALBUQUERQUE, et al., 2016).



No ano de 2017 o açude Epitácio Pessoa chega ao menor seu menor percentual hídrico com apenas 2,9% de sua capacidade, e, sem chuvas, as águas do Rio São Francisco eram a única alternativa de recarga através dos canais de transposição que tiveram suas obras aceleradas em alguns trechos. A chegada das águas da transposição ocorreu no dia 18 de abril de 2017 (BARBOSA, et al., 2021).

### 3.4 - RIO SÃO FRANCISCO E O PROJETO DE INTEGRAÇÃO COM O SEMIÁRIDO NORDESTINO ATRAVÉS DO EIXO LESTE (PISF)

O Rio São Francisco possui sua nascente no Estado de Minas na Serra da Canastra no município de São Roque de Minas e segundo Medeiros (2015), é a bacia hidrográfica exclusivamente brasileira com uma extensão de 2.863 Km e 639.219 Km<sup>2</sup> de área que ocupa 7,5% do território nacional. Sua divisão geográfica se dá em alto, médio, submédio e baixo São Francisco e por possuir uma longa extensão contém diversas características climáticas, existindo clima úmido (As e Aw), clima semiárido (BSh), clima quente e úmido que é o predominante na região com chuvas de inverno (AS') e clima semiárido com chuvas de pouca duração no outono-inverno (BSh) (MEDEIROS, et al., 2015). A média histórica anual de chuvas na bacia do Rio São Francisco é de 1.000 mm variando entre 350 a 1.500 mm.

O Rio São Francisco banha os Estados de Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco, é conhecido também pelas nomenclaturas de Rio da Integração Nacional e Rio dos Currais, este último, pelo fato de no início da colonização, ter atividades pecuárias desenvolvidas às suas margens (ALVES, 2017). O manancial, além da importância histórica tem sua importância no desenvolvimento econômico do país onde se destacam a irrigação a exemplo das plantações do Vale do São Francisco, as hidroelétricas de Três Marias (MG) e as usinas de Xingó, Moxotó, Paulo Afonso, Sobradinho e Itaparica todas na Região Nordeste (ALVES, 2017). Segundo Medeiros et al., (2015), o volume total armazenado nas seis barragens soma um total de 71 Km<sup>3</sup>.

As condições de preservação do Rio São Francisco vêm sofrendo alterações ao longo dos tempos com a construção de usinas para geração de energia hidroelétrica (MEDEIROS et al., 2017) e também a destruição das matas ciliares que margeiam o rio. A ausência das matas ciliares causa grandes processos de erosão assoreando os rios que perdem sua capacidade de armazenagem (NASCIMENTO, 2003).

O desenvolvimento econômico-social como também a ocupação geográfica de uma população está diretamente ligada à disponibilidade de água existente e disponível (MEDEIROS et al., 2017) e tendo o Rio São Francisco parte de seu curso localizado na região

semiárida nordestina, tornou-se a opção para através de canais levar água para regiões que sofrem com longos períodos de estiagem, um abastecimento de água potável em grande quantidade (ALVES, 2017).

A problemática hídrica do semiárido nordestino brasileiro tem ultrapassado gerações e vários modelos de políticas públicas são implantados com a finalidade de sanar o problema, porém sem efeitos duradouros. O Governo Brasileiro através do Ministério do Desenvolvimento Regional Brasileiro criou o Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF, uma grande obra de infraestrutura que tem como objetivo a captação de águas do Rio São Francisco através de canais atendendo as demandas das bacias hidrográficas dos Estados da Paraíba e Pernambuco (eixo Leste), Ceará e Rio Grande do Norte (Eixo Norte) para garantir segurança de abastecimento de água para população (DAMASCENO, et al., 2021).

A captação das águas no Eixo Leste se localiza no reservatório de Itaparica na cidade de Floresta – PE, percorrendo 220 Km por canais com vinte e cinco metros de largura por cinco metros de profundidade abastecendo nesse curso as bacias de Moxotó, Pajeú e parte do Agreste de Pernambuco e desaguam no Rio Paraíba (NETO E VIANA, 2016).

Conforme dados da Agência Nacional das Águas – ANA (2022), a vazão das águas do Rio São Francisco para o Rio Paraíba é de 4,1m<sup>3</sup>/s. Através da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, são abastecidos os açudes Epitácio Pessoa – Boqueirão e o açude Argemiro de Figueiredo - Acauã.

Segundo NETO E VIANA (2016), a importância da cidade de Campina Grande como centro industrial no interior paraibano e pelo colapso hídrico enfrentado por sua população nos anos 1998 e 1999 fez com que o Ministério da Integração Nacional nos anos 2000, apresentasse o projeto do Eixo Leste que até então era inexistente.

A perenização do Rio Paraíba é um dos objetivos principais do PISF através do eixo Leste tornando possível o abastecimento dos açudes públicos paraibanos existentes em seu curso que são: Poções, Camalaú, Acauã e Boqueirão que abastecerá através de sua adutora as cidades de Boqueirão, Barra de Santana, Caturité, Queimadas e Campina Grande (NETO E VIANA, 2016). Segundo dados do IBGE (2022), 2.135.873 de pessoas foram beneficiadas pelo PISF no ano de 2021 no Estado da Paraíba.

### 3.5 - QUALIDADE DA ÁGUA E EUTROFIZAÇÃO

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º, inciso II e 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981,

regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e considerando a vigência da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade; considerando o art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e demais normas aplicáveis à matéria.

A qualidade da água é tema de discussões internacionais e sua conservação é uma das metas dos objetivos do desenvolvimento sustentável que estabelece até o ano de 2030 a distribuição de água potável para as populações como também a redução dos níveis de poluição dos mananciais. O despejo de efluentes domésticos e resíduos industriais tem seu controle estabelecido pela Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, porém, a falta de projetos de saneamento básico e reúso tem aumentado os níveis de contaminação dos reservatórios. A conscientização populacional quanto a racionalização do uso da água também faz parte das metas para o desenvolvimento sustentável onde se faz necessárias implantações de políticas públicas para que não haja uma escassez futura.

Os mananciais em todo mundo vêm acumulando tanto em suas superfícies quanto em profundidades os Poluentes Orgânicos Persistentes – POPs, que têm como características serem levados por longas distâncias, são persistentes, possuem capacidade de bioacumulação e são tóxicos para organismos vivos incluindo seres humanos (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2019).

O CONAMA estabelece normas para o tratamento dos recursos hídricos onde são necessárias análises constantes para a classificação de sua qualidade seguindo os critérios estabelecidos para as águas doces, salobras e salinas assegurando condições para seus usos específicos (Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005). A preservação e o equilíbrio aquático como a observação da evolução da qualidade das águas são determinantes para segurança de um abastecimento saudável para uma população (CONAMA). Segundo Silva (2013), determinar o nível de qualidade das águas é tema bem complexo já que existem fatores que as direcionam para seu uso específico não se podendo então, usar a definição absoluta de água boa ou água ruim. Dessa forma, a gestão dos recursos hídricos deve desenvolver uma forma de manejo que torne possível a convivência entre usuários e o uso da água e controle da poluição de degradação dos mananciais (SILVA, 2013).

A eutrofização das águas é um problema comum no semiárido nordestino que caracteristicamente possui estiagens prolongadas fazendo com que as águas cheguem a volumes mínimos e/ou sem movimentos nos reservatórios. O baixo nível dos mananciais, diminui a oxigenação da água e aumenta a quantidade de sais dissolvidos, causando o acúmulo de

nutrientes que intensificam o processo de eutrofização (SOUSA et al., 2020). Segundo Sousa et al., (2020), a seca tem grande impacto sobre os recursos hídricos.

A Convenção para a Proteção do Meio Marinho do Atlântico Nordeste (OSPAR, 1998) definiu eutrofização como o “enriquecimento da água por nutrientes causando crescimento acelerado de algas e formas mais elevadas de vida vegetal que produz uma perturbação indesejável para o equilíbrio de organismos presentes na água e na qualidade da água” (SILVA, 2019). À medida que a população se desenvolve seja em centros urbanos ou rurais, há um aumento nas ações antrópicas advindas de despejos agrícolas, industriais e efluentes domésticos. A eutrofização causada por ações humanas é uma preocupação da sociedade atual (SILVA, 2019).

A avaliação da qualidade da água requer conhecimento das principais características físicas, químicas e biológicas da água de forma integrada. Como tais características podem ser expressas por meio de concentrações ou outros valores numéricos, elas passaram a ser designadas como parâmetros. Os parâmetros também são utilizados para a comparação das análises limnológicas em períodos distintos identificando possíveis perturbações no meio (LIMA, et al., 2020).

Os reservatórios hídricos do semiárido nordestino possuem caracteristicamente grandes flutuações em suas características limnológicas devido a irregularidade nos períodos de chuvas que causam interferências nos processos biológicos e bioquímicos do meio (FERNANDES, 2020) e refletem nas análises da qualidade de suas águas. Esses mananciais de características lênticas, por terem períodos alongados de armazenagem, requerem manejos de forma sustentável e um monitoramento intensivo avaliando a evolução na qualidade das águas e a observação de suas variações nos ciclos sazonais (LIMA, et al., 2020).

Segundo Brito, et al., (2020) e Silva et al., (2021), existe forte correlação entre a demanda biológica de oxigênio - DBO e a eutrofização dos corpos hídricos gerada por efluentes lançados o que ocasiona aumento na quantidade de fósforo, nitrogênio e clorofila-a derivada da grande quantidade de algas que por sua vez limitam a quantidade de luz incidente nas camadas mais distantes da superfície diminuindo as quantidades de oxigênio dissolvido. A clorofila-a é o parâmetro determinante na informação sobre o estado trófico de um corpo hídrico, é indicativo da existência de cianobactérias produtoras de cionotoxinas nocivas à saúde e seu aumento no ambiente aquático associa-se a degradação do mesmo (SOUSA et al., 2020) e da composição da biomassa do fitoplâncton (SOUSA et al., 2009).

O ambiente aquático pode apresentar características físicas visíveis que podem ser determinadas por quantidades de sedimentos carregados para o corpo hídrico por erosões

causadas muitas vezes pela devastação das matas ciliares como também a deposição indevida de esgotos e outros efluentes deixando o ambiente turvo apresentando cor aparente e luminosidade limitada (NETO, et al., 2014). Segundo Silva et al. (2021) os níveis de turbidez e transparência dos reservatórios, estão relacionados com a quantidade de sólidos suspensos totais e Barbosa et al., (2006) destaca a influência dos ventos e a pouca profundidade dos reservatórios que favorecem a suspensão dos detritos.

Em uma bacia hidrográfica ocorrem diversos processos que podem determinar o nível de qualidade de suas águas, e estas, possuem capacidade de dissolução de muitas substâncias e também carregá-las por superfície e também por solo subterrâneo (SILVA, 2013). Os solos do semiárido nordestino têm seu embasamento no cristalino que é rico em bicarbonatos o que influencia para um pH alcalino e uma alta condutividade elétrica da água que são diretamente proporcionais a quantidade de íons dissolvidos (BARBOSA, et al., 2006). Um pH elevado, também é atribuído ao aumento da fotossíntese pelas florações de algas decorrentes do aumento das altas temperaturas da região (BARBOSA, et al., 2021) e de acúmulos de nutrientes provenientes de descarte de resíduos domésticos e industriais como por exemplo o escoamento de agroquímicos e fertilizantes das áreas com atividades agrícolas (FERNANDES, 2016).

As características químicas dos mananciais são determinadas principalmente pelos sólidos totais dissolvidos – STD contidos, que podem ser provenientes de eventos naturais como o escoamento de partículas por erosões ou detritos orgânicos como também materiais advindos de atividades antropogênicas (SILVA, et al., 2021). Os níveis de STD, SD e CE estão relacionados com a concentração de sais existentes no manancial que podem ser sais de origem natural e/ou sais de origem não natural que são os advindos de lançamento de esgotos e/ou fertilizantes químicos (NETO, et al., 2014) e segundo Sousa et al., (2020), os baixos volumes e falta de renovação das águas dos reservatórios proporcionam o aumento da temperatura aquática aumentando a quantidade de sais tornando aumentados os níveis de STD e CE.

A presença de amônia e fósforo total nos reservatórios são indicativos de poluição relacionada a atividades agropastoris que escoam fertilizantes e detritos dos animais misturando-se as águas dos mananciais influenciando na concentração de nutrientes (NETO, et al., 2014) e segundo Girão et al. (2007), o grau de poluição dos corpos hídricos também são indicados pela presença de amônia e nitratos advindos de efluentes domésticos e também os lançados pelas indústrias além dos fertilizantes à base de nitrogênio lixiviados pelo solo. A presença de amônia indica uma poluição recente que oxida-se com o tempo e transforma-se em nitrato (NETO, et al., 2014) contaminante de águas superficiais e subterrâneas pelo uso intenso de fertilizantes nitrogenados (GIRÃO, et al., 2007).

### 3.6 – PESQUISA ECOLÓGICA DE LONGA DURAÇÃO - PELD

O Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – PELD, foi criado no ano de 1997 coordenado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, que é vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e tem como objetivo o estímulo a pesquisas no que se refere ao comportamento dos ecossistemas em relação a ações naturais e/ou antrópicas por um longo período de tempo (BRITO, et al., 2020).

Segundo Brito, et al., (2020), o PELD tem contribuído para o avanço das pesquisas científicas e possibilitando formas adequadas de manejo em ecossistemas complexos nas Unidades de Conservação federais, estaduais e municipais como por exemplo a redefinição da transição Cerrado – Amazônia e dar por resultado a preservação da Floresta Amazônica.

Várias questões foram levantadas a respeito para classificação de uma pesquisa a respeito de sua duração e aquelas que demandam observações em longos períodos para que sejam avaliadas são inseridas no conceito PELD como por exemplo as consequências do aquecimento global, fenômeno das secas, formação de solos e sucessões ecológicas (BARBOSA, 2013).

As pesquisas científicas do PELD são desenvolvidas em locais denominadas de sítios que são áreas onde já existiam estudos ecológicos definidos nos ecossistemas brasileiros e estes sítios mantêm entre si interações no compartilhamento de experiências e seguem um protocolo de pesquisas com os seguintes temas prioritários: padrões e controle da produtividade primária, fluxos de nutrientes, conservação da diversidade biológica, dinâmica de populações e organização de comunidades e ecossistemas e padrões e frequência de perturbações naturais e de impactos antrópicos (BARBOSA, 2013). No sítio de número 22 estão as pesquisas na Caatinga dos Estados da Paraíba e Pernambuco.

O Laboratório de Ecologia Aquática – LEAq localizado na Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, é um dos núcleos componentes do PELD onde são observados os aspectos limnológicos relacionados à evolução das espécies e qualidade do ambiente aquático e também situa o PELD Rio Paraíba Integrado (RIPA) desenvolvendo as pesquisas relacionadas a transposição do Rio São Francisco para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba observando também os efeitos causados pelas mudanças climáticas e da biodiversidade da bacia a fim de estabelecer maneiras para o desenvolvimento social e econômico do Estado da Paraíba de forma sustentável, pois, segundo Tundisi (2013), essas perturbações de pequenos ou grandes impactos no âmbito biológico, químico ou físico causados aos ecossistemas podem ocasionar caos ou

catástrofes irreversíveis, entretanto, esses ecossistemas podem resistir a essas perturbações ou pulsos dependendo da complexidade de sua estrutura e funcionamento em número de espécies, níveis tróficos, organização de nichos e coevolução das conexões interespecíficas.

As pesquisas desenvolvidas pelo PELD, colaboram para que haja continuidade nos estudos dos ecossistemas neotropicais e contribuem para explicações sobre pulsos, perturbações ou estabilidades dos ecossistemas com a provocação das seguintes questões fundamentais:

*“Como são as flutuações de longo prazo nos componentes abióticos e bióticos do ecossistema e como se dá a interação?”*

*Qual o nível de resiliência, estabilidade e respostas às perturbações e aos pulsos?*

*Qual o nível de conectividade biótica e entre os componentes do ecossistema?*

*Quais as tendências do ecossistema face às possíveis mudanças climáticas e aos impactos das atividades humanas?”* (TUNDISI, 2013).

Existem evidências que para os próximos 100 anos, continuamente, espécies estarão sendo perdidas o que ocasionará desequilíbrios aos ecossistemas que terá como consequência a indisponibilidade de recursos que estes poderiam contribuir para o bem-estar humano, entretanto a exatidão das pesquisas de longa duração fornecem a oportunidade de busca por meios capazes de amenizar situações de impactos bruscos (TUNDISI, 2013).

## **4 - METODOLOGIA**

### **4.1 - ÁREA DE ESTUDO**

O local para o desenvolvimento da pesquisa foi o Açude Epitácio Pessoa – Boqueirão que está situado na bacia do Rio Paraíba, especificamente, no município paraibano de Boqueirão nas coordenadas 07° 28' 54" S e 36° 08' 06" W.

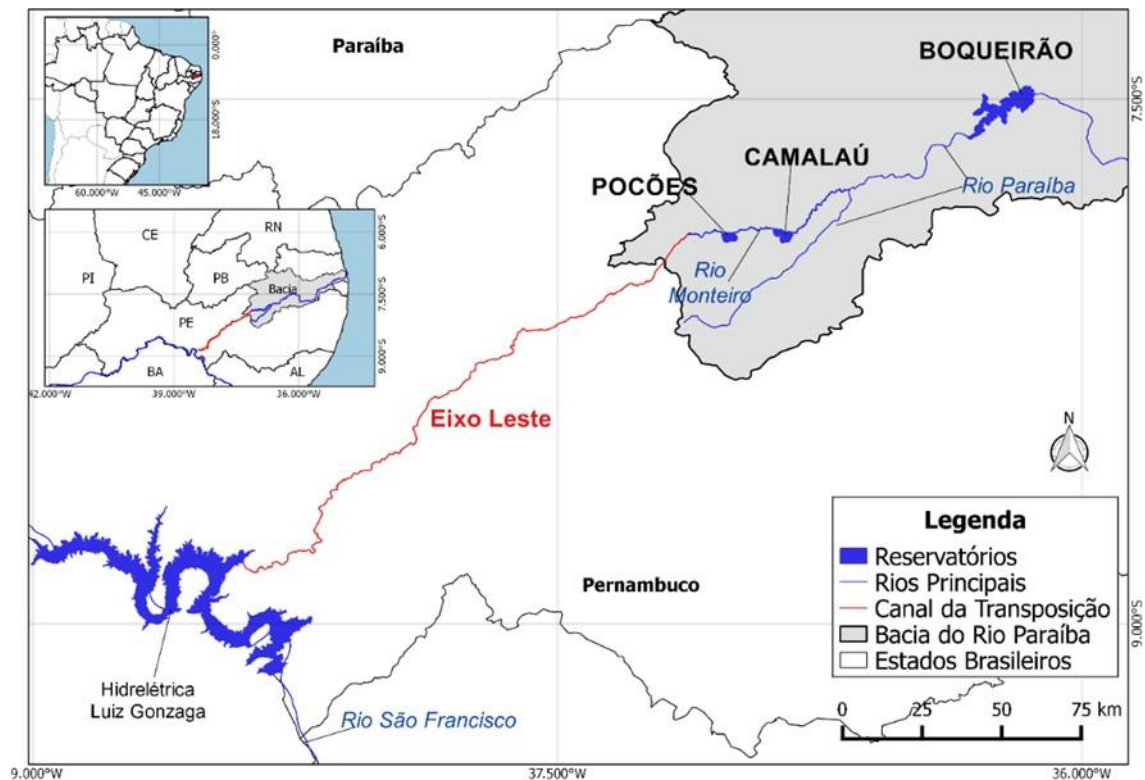


Figura 1-Percurso percorrido pelo Rio São Francisco partindo de Itaparica-BA até o canal da transposição do Eixo Leste na cidade de Floresta – PE seguindo para o Estado da Paraíba dando suporte hídrico aos reservatórios de Poções, Camalaú e Boqueirão

Fonte: Barbosa et al., (2021)

#### 4.2 - AMOSTRAGEM

O período de amostragem deste estudo se deu após a entrada das águas do Rio São Francisco no açude de Boqueirão nos meses de dezembro de 2021 e maio de 2022. Os dados da avaliação das águas deste reservatório antes e depois da transposição, estão contidas no trabalho realizado por Barbosa et al. (2021) (<https://doi.org/10.1007/s10750-020-04471-z>) e estes resultados serviram de base para a avaliação dos resultados desta pesquisa.

Estes estudos realizados por Barbosa, et al. (2021) para análise da qualidade das águas do açude de Boqueirão antes da entrada das águas da transposição do rio São Francisco tiveram amostras coletadas nos meses de julho, outubro e dezembro de 2015, março, junho e novembro de 2016 e fevereiro de 2017 e após a chegada das águas tiveram amostras coletadas nos meses de junho e novembro de 2017 e julho e dezembro de 2018 e abril e outubro de 2019 em três localizações (barragem, zona de transição e entrada do rio) e três profundidades (superfície, zona eufótica e profundidade) distintas.



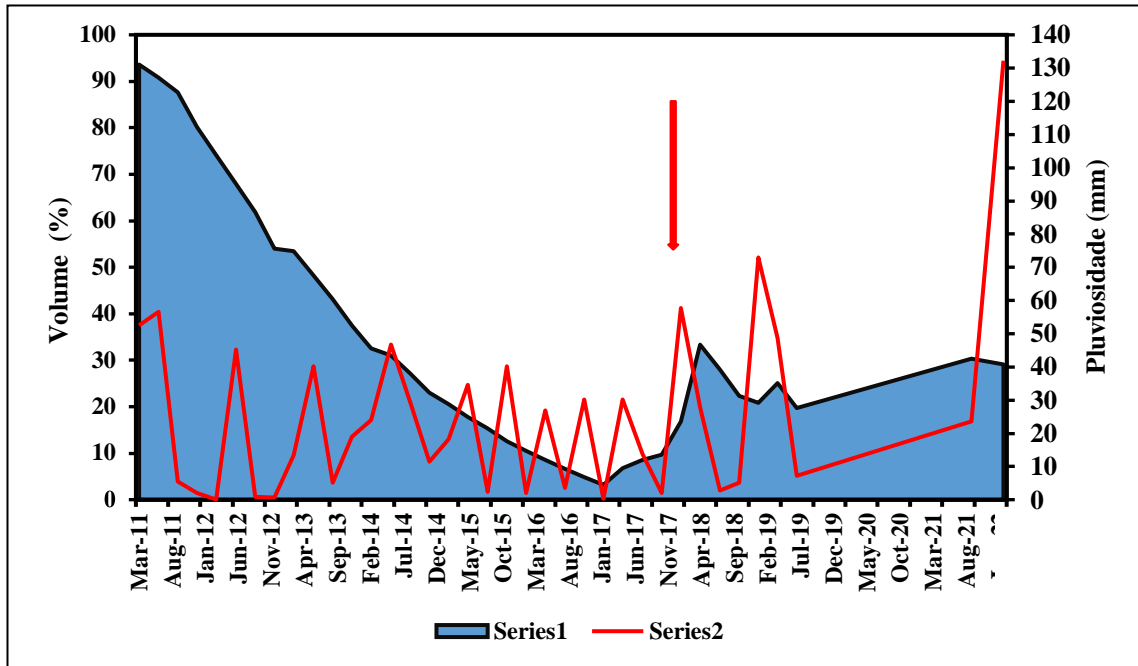


Figura 2: Gráfico da evolução dos volumes de água do Açude Epitácio Pessoa e precipitação no município de Boqueirão -PB. A figura ↓ indica a entrada das águas da transposição do Rio São Francisco

Fonte: autora

Para este trabalho, as coletas de água foram realizadas na superfície em três compartimentos do reservatório, a zona de barragem, zona de transição e entrada do rio, utilizando-se a garrafa de van Dorn. O limite da zona eufótica foi determinado pelo nível de transparência da água utilizando-se um disco de Secchi (ESTEVES, 2011). A determinação dos locais de coleta foi escolhida com o objetivo de mostrar suas diferenças nos aspectos físicos, químicos e biológicos.

#### 4.3 - ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICA, QUÍMICAS E CLOROFILA-a

Os parâmetros: pH, oxigênio dissolvido ( $\text{mg l}^{-1}$ ), turbidez (NTU), condutividade elétrica ( $\text{mS cm}^{-1}$ ), temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ) e sólidos totais dissolvidos ( $\text{g l}^{-1}$ ) foram medidos in loco utilizando-se uma sonda multiparâmetros HORIBA U-50. A transparência da coluna d'água foi medida utilizando-se um disco de Secchi.

Todas as amostras para análise foram conduzidas para o Laboratório de Ecologia Aquática – LEAq, armazenadas em garrafas de polietileno de 1 L previamente lavadas com água e detergente para remoção de resíduos. Caixas isoladas foram utilizadas para o transporte.

O método utilizado para medir os nutrientes: nitrato ( $\mu\text{gL}^{-1}$ ), nitrito ( $\mu\text{gL}^{-1}$ ), amônia ( $\mu\text{gL}^{-1}$ ), fósforo reativo solúvel - ortofosfato ( $\mu\text{gL}^{-1}$ ) e fósforo total ( $\mu\text{gL}^{-1}$ ), seguiram as formas

de análises de águas e águas residuais contidos no American Public Health Association – APHA (2012).

Os níveis de Clor-a foram medidos utilizando-se o aparelho WALZ-PHYTO-PAM II/ED para verificar os níveis populacionais das algas mistas e o desempenho fotossintético do fitoplâncton.

#### 4.4 - ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET)

O método de Carlson (1977) foi o utilizado para determinar o IET e o mesmo sofreu alterações por Toledo (1983) que afirmou serem necessárias, pela dinâmica das mudanças ocorridas nos ambientes aquáticos provocados por fatores externos como o manuseio do solo por exemplo.

O valor final do IET (obtido pela equação 1) é formado pelos valores finais dos subíndices: disco de Secchi (DS), clorofila-a (Clor-a), fósforo reativo solúvel (FRS) e fósforo total (FT) (obtidos pelas equações 2 a 5).

$$IET = \frac{IET(DS) + 2[IET(FT) + IET(FRS) + IET(Clор)]}{7}$$

(1)

$$IET(DS) = 10 \left[ 6 - \frac{0,64 + 1n(DS)}{1n(2)} \right]$$

(2)

$$IET(Clор) = \left[ 6 - \frac{2,04 - 0,6951n(Clор)}{1n(2)} \right]$$

(3)

$$IET(FRS) = 10 \left[ 6 - \frac{1n\left(\frac{21,67}{FRS}\right)}{1n(2)} \right]$$

(4)

$$IET(FT) = 10 \left[ 6 - \frac{1n\left(\frac{80,32}{FT}\right)}{1n(2)} \right]$$

(5)

Os critérios utilizados para determinação da classificação trófica foram: oligotrófico IET < 44; mesotrófico 44 < IET < 54; eutrófico IET > 54.

#### 4.5 - ÍNDICE DE POLUIÇÃO INTEGRADO (IPI)

O nível de poluição da água foi calculado pelo método proposto por Wang et al., (2008) que se baseia nas variáveis das concentrações padrão das águas superficiais e utilizada para avaliação da qualidade das águas no Brasil que é regido pelo CONAMA. Neste estudo a análise classificou a qualidade da água na classe II que podem ser usadas: a) ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca.

As variáveis consideradas para avaliar a qualidade da água foram: oxigênio dissolvido, pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos, nitrato, amônia, fósforo total e clorofila-a.

O IPI foi calculado utilizando-se a equação (6) onde  $C_i$  e  $C_0$  são as concentrações reais padrão das variáveis na superfície da água respectivamente ( $\text{mg l}^{-1}$ ) e “n” é o número de variáveis monitoradas. Se o resultado do IPI for  $IPI > 1$ , a água inspecionada está poluída.

$$IPI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_0} (i = 1, 2, \dots, n)$$

(6)

## 5 – RESULTADOS

Nas análises feitas por Barbosa et al. (2021), antes da transposição das águas do Rio São Francisco, o Açude Epitácio Pessoa apresentou diferenças mensais que foram registradas nos períodos iniciais da pesquisa (julho a dezembro de 2015) e nos períodos finais (novembro de 2016 a fevereiro de 2017) para as características físicas, químicas e também para a concentração de clorofila-a, porém não foram registradas diferenças no índice de estado trófico que permaneceu eutrofizado e também para o índice de poluição integrado com resultados de não poluído.

Após o recebimento das águas do Rio São Francisco, foram verificadas no reservatório Boqueirão diferenças significativas entre os meses analisados nas concentrações de clorofila-a e nas características físicas e químicas (Barbosa et al., 2021). Especificamente, houve aumento de temperatura da água e nas concentrações de fósforo total e aumento no índice de poluição integrado tornando-se um reservatório poluído. Por outro lado, houve redução significativa do pH, transparência, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, amônia e nitrogênio inorgânico dissolvido. Para o fósforo reativo solúvel não houve diferença significativa mantendo a mesma concentração como também o índice de estado trófico que se manteve eutrófico antes e depois da transposição das águas (BARBOSA, et al. 2021).

Nos períodos analisados para esse estudo, dezembro de 2021 (estação seca) e maio de 2022 (estação chuvosa), foi possível verificar alteração na dinâmica dos parâmetros físicos, com redução de temperatura da água, transparência, sólidos totais dissolvidos, e dos químicos, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato e fósforo reativo solúvel que também reduziram (Figuras 3 e 4). De modo contrário, houve aumento dos parâmetros físicos pH, turbidez e aumento dos parâmetros químicos nitrito e fósforo total (Figuras 3 e 4). Neste período, a clorofila-a reduziu de uma média de  $17\mu\text{gL}^{-1}$  para  $12\mu\text{gL}^{-1}$  (Figura 4). Essa pesquisa também aponta os aumentos do nível trófico e índice de poluição integrado em maio de 2022 em relação a dezembro de 2021 (Figuras 5 e 6), de modo que o reservatório continua eutrófico e poluído.

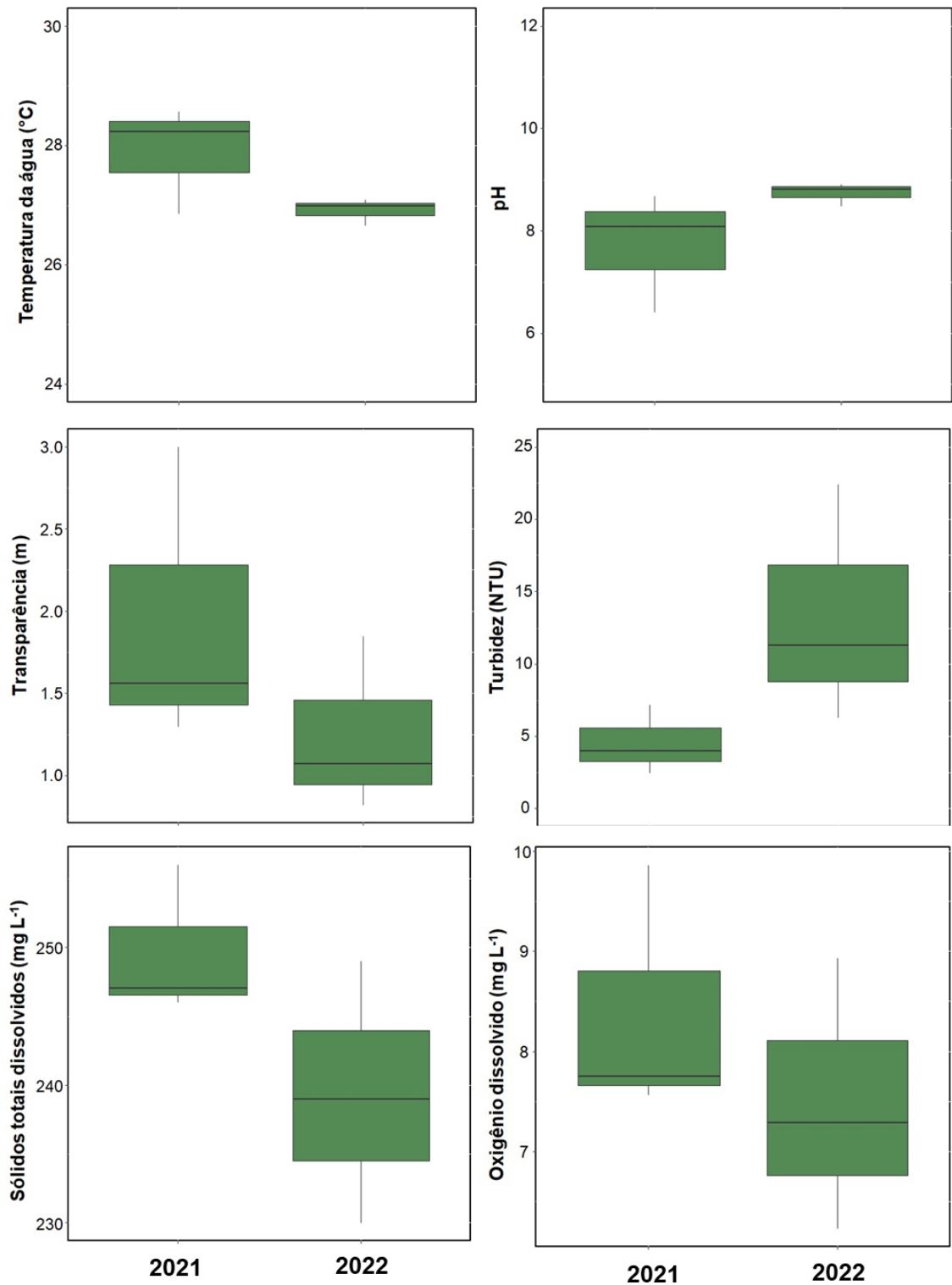


Figura 3: Gráficos box plot das valores mínimos, médios e máximos da temperatura da água, pH, transparência, turbidez, sólidos totais dissolvidos e oxigênio dissolvido nos meses de dezembro de 2021 e maio de 2022 do Açude Epitácio Pessoa - Laboratório de Ecologia Aquática – LEaq - UEPB

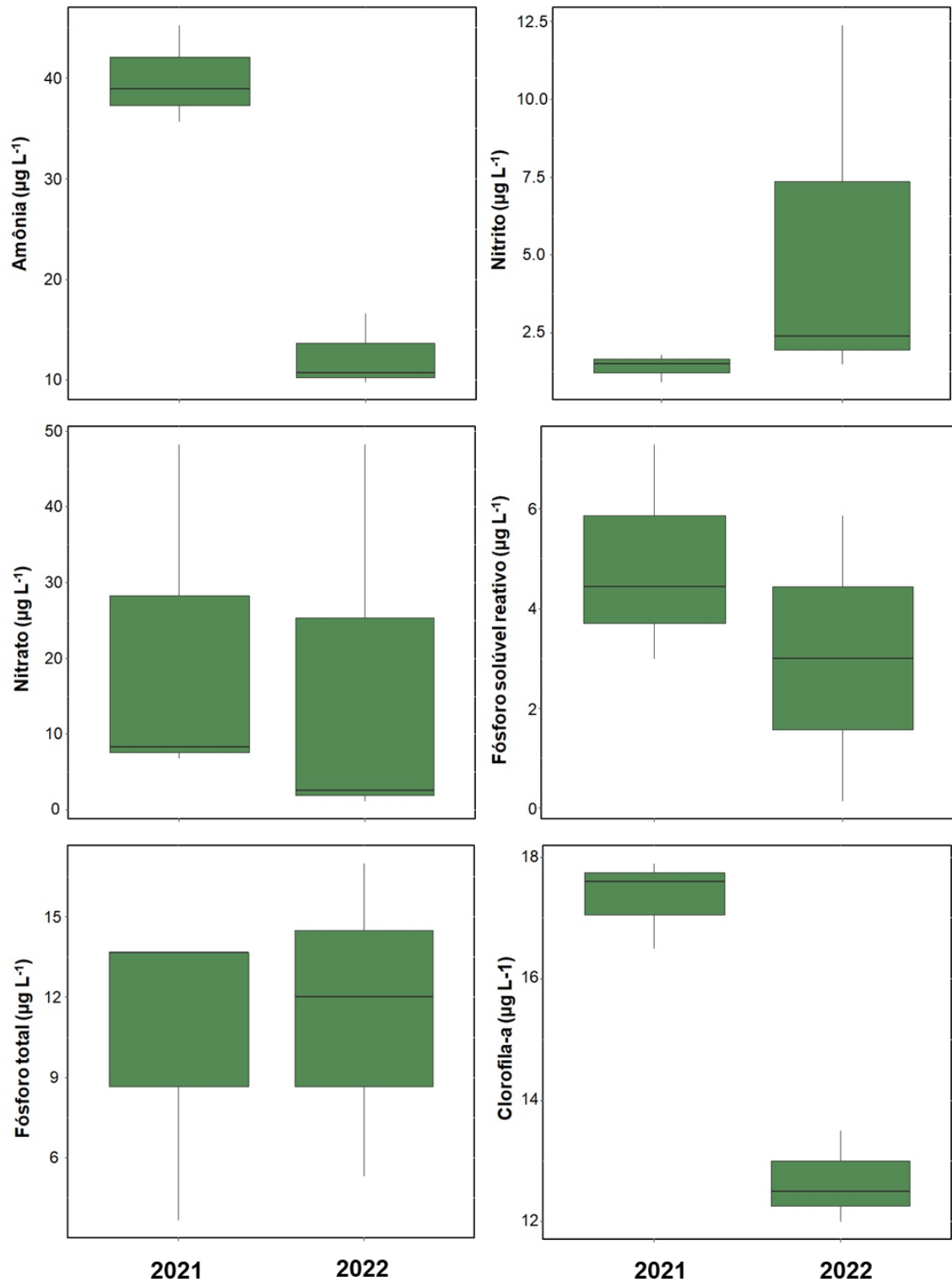


Figura 4: Gráficos box plot dos valores mínimos, médios e máximos das concentrações de amônia, nitrito, nitrato, fósforo solúvel reativo, fósforo total e clorofila-a do Açude Epitácio Pessoa nos meses de dezembro de 2021 e maio de 2022 - Laboratório de Ecologia Aquática – LEaq - UEPB

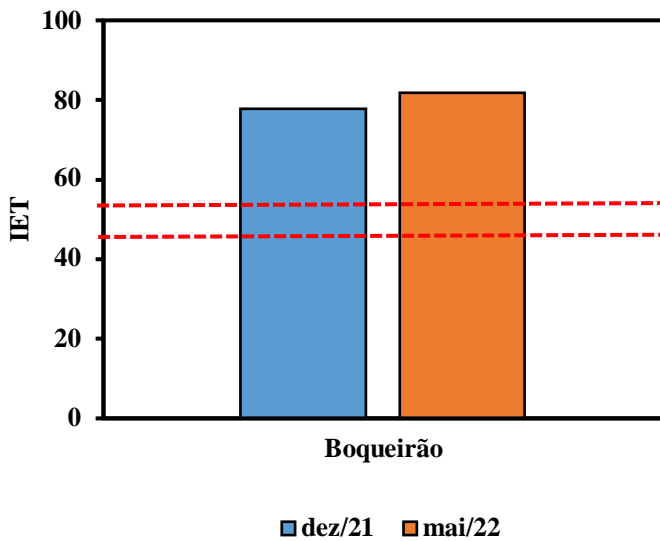


Figura 5: Gráfico do índice de estado trófico do Açude Epitácio Pessoa nos meses de dezembro de 2021 e maio de 2022. As linhas tracejadas indicam a delimitação dos níveis tróficos: oligotrófico, mesotrófico e eutrófico - Carlson (1977) modificado por Toledo (1983)

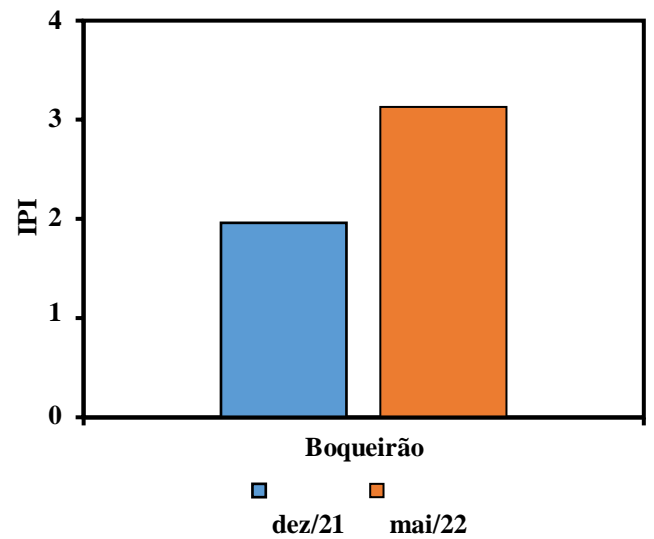


Figura 6: Gráfico do índice de poluição integrado do Açude Epitácio Pessoa nos meses de dezembro de 2021 e maio de 2022

## 6 –DISCUSSÃO

Os sistemas aquáticos, sofrem modificações constantes em suas características limnológicas, e o Açude Epitácio Pessoa, agora também está sob a influência das águas do Rio São Francisco. O primeiro resultado logo após o impacto da chegada das águas da transposição, foi a diminuição da qualidade hídrica ocasionada por aumentos do estado de eutrofização e índice de poluição integrado passando a ser um reservatório poluído (BARBOSA, et al. 2021) e esta pesquisa mostra que o reservatório em questão vem apresentando modificações em suas características limnológicas que podem ser influenciadas por causas externas, sazonais ou pela própria dinâmica do sistema.

Fatores externos de origem antrópica, são os maiores colaboradores para que ocorram contaminações e eutrofização de mananciais hídricos, e, a transposição de águas apesar de seu grande benefício em atendimento às regiões precárias em água, também agrega algumas problemáticas, pois, existem ao longo de seus canais, condições adversas peculiares a cada região. No trajeto feito até chegar ao Açude Epitácio Pessoa, essas adversidades são relatadas no trabalho feito por Correia e Silva (2020), onde efluentes domésticos são lançados indevidamente no Rio Paraíba (trecho da cidade de Monteiro – PB), como também a lixiviação de fertilizantes químicos advindos da agricultura familiar que ocupou áreas da mata nativa existentes às margens do rio que é constantemente assoreado. Corroborando com esses

resultados, está o trabalho de Silva et al. (2021), feito na Barragem de Pau dos Ferros e no Açude Flechas ambos no município de José da Penha – RN, que, estão sujeitos à eutrofização devido atividades agropecuárias no entorno e lançamento de esgotos urbanos.

As consequências geradas pelas ações antrópicas sobre os ecossistemas podem ser danosas e estão citadas em pesquisas de vários autores como fato gerador para o desequilíbrio das variáveis de um sistema limnológicos e possível diminuição da qualidade hídrica. Brito, et al., (2020) e Silva et al., (2021), explicam que essas ações aumentam as quantidades de nutrientes, concentração de clorofila-a e biomassa de algas que interferem na luminosidade da coluna d'água diminuindo as quantidades de oxigênio dissolvido; Barbosa et al. (2006) correlaciona o pH alcalino ao embasamento cristalino dos sólidos do semiárido e corrobora com Fernandes (2016), o aumento da floração de algas devido a despejos de resíduos advindos de atividades agrícolas; Silva et al. (2021), faz a correlação entre as ações antropogênicas que podem gerar o despejo de materiais nos leitos dos reservatórios ou partículas de erosões que podem aumentar a quantidade de STD e estes podem ocasionar maior turbidez diminuindo a transparência.

A problemática existente no percurso dos canais da transposição é um dos principais fatores para explicação dos resultados de aumento do estado trófico e níveis de poluição nos períodos analisados nesse trabalho. O fluxo contínuo de águas, permite o carreamento de nutrientes que são depositados na foz do Açude Epitácio Pessoa que por estar em região de chuvas irregulares não há volume suficiente de água para dissolve-los e apesar das águas da transposição estarem em abastecimento sem interrupções, e em maio de 2022 houve registro de 132 mm de chuvas, o volume do açude para esta pesquisa não ultrapassou os 31% de sua capacidade.

Corrobora com essa pesquisa o trabalho feito por Silva (2016), que enfatiza a importância do fósforo no processo de eutrofização e do aumento de sua concentração nos períodos de seca com a diminuição dos volumes dos reservatórios e destaca também que quantidades desse nutriente, podem ficar depositadas no sedimento e serem liberadas por muito tempo como uma espécie de poluição interna que favorece o aumento da biomassa algal e diminui a qualidade da água. Barbosa et al. (2021) também explica a vulnerabilidade dos reservatórios do semiárido para que ocorra diminuição da qualidade de suas águas, que em tempos de seca, tem seus volumes diminuídos também por alta evapotranspiração proporcionando o aumento da concentração de nutrientes, condutividade elétrica, turbidez, sólidos dissolvidos totais e algas.



A adição de grandes volumes de água nos mananciais é fator importante para melhora da qualidade hídrica como foi explicado por Araújo Jr. (2009), onde o Açude Epitácio Pessoa nos anos de 2005 e 2006, passava por situação favorável devido ao intensas chuvas ocorridas na região que movimentaram o sistema adquiriu características de ambiente lótico proporcionando assim o carreamento e diluição de nutrientes melhorando a qualidade da água que teve seu estado trófico classificado em oligo-mesotrófico.

A redução das variáveis ambientais dos períodos analisados nesse trabalho em relação aos períodos analisados por Barbosa et al. (2021), não foi fato relevante a ponto de que houvesse mudanças em relação ao estado trófico e índice de poluição integrado do reservatório do período imediatamente pós transposição, o que nos leva à resposta de nosso objetivo sobre as tendências e características hídricas e estas seguem sob a influência do primeiro impacto da chegada da água do Rio São Francisco ao Açude Epitácio Pessoa que se mantém eutrofizado e poluído.

Embora a vazão das águas não seja uma questão para este estudo, a permanência do abastecimento para o açude Epitácio Pessoa, pode ter colaborado pra que não houvesse uma diminuição drástica na qualidade das águas da superfície comparando a estação seca com a estação chuvosa podendo estar de acordo com Caldas (2021), onde explica que o tempo em que as águas permanecem paradas pode afetar os níveis tróficos do manancial e Barbosa et al. (2021), também ressalta que a deposição de águas com menos intensidade e de maneira uniforme no reservatório receptor, pode diminuir os impactos causados na sua qualidade hídrica.

O Açude Epitácio Pessoa, poderá não mais atingir seus níveis ideais para qualidade hídrica, tendo em vista as mudanças climáticas e a própria dinâmica de transpor suas águas para reservatórios subsequentes mantendo o espelho d'água aquém do nível de sangramento. Este fato pode favorecer as diminuições de perda de água por evapotranspiração dando lugar ao consumo para fins necessários.

O cenário mundial, no que diz respeito aos recursos hídricos do ponto de vista ecológico, vem despertando a preocupação de algumas lideranças políticas e também daqueles que lutam pela preservação desse bem. No Brasil, a quantidade de águas disponíveis não indica esta relação direta com sua qualidade (GARCIA, et al., 2015) que deve atender aos requisitos estabelecidos previstos na Resolução CONAMA 357/2005.

A importância da preservação das águas é fato discutido internacionalmente e foi destaque do trabalho “Avaliação Ecosistêmica do Milênio – Millenium Ecosystem Assessment”, enfatizada por Ferreira et al. (2015) que explica que ações degradantes

provocadas pelo ser humano, podem afetar os serviços que naturalmente o ecossistema aquático dispõe em benefício das populações como: provedor de água para consumo ou não, provedor de alimentos e usos medicinais, estando em equilíbrio ele por si só regula e mantém a qualidade da água, interage com o meio externo regulando as cheias e erosões, é meio disponível para atividades culturais e esportivas e também contribui com a produção primária, favorece a relação predador/presa, ciclagem de carbono e de nutrientes.

A Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico – ANA, criou o Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH, para que haja o planejamento dos recursos hídricos do país respeitando as particularidades de cada região tomando por base os principais problemas de segurança hídrica, com ações para prevenção de eventos hidrológicos intensos e para que as atuais e futuras gerações possam dispor de água de boa qualidade. A educação de base para uma consciência ecológica também é primordial para preservação dos recursos naturais.

## **7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De acordo com essa pesquisa sobre as tendências das águas do Açude Epitácio Pessoa, podemos considerar que as adversidades externas de origem natural e principalmente as ações antrópicas no percurso das águas através dos canais de transposição, podem causar alterações nas concentrações das variáveis ambientais interferindo no nível trófico e conduzir o reservatório receptor a uma situação poluída ou não.

As oscilações dessas concentrações, podem estar correlacionadas com a diminuição ou aumento do volume hídrico decorrentes da sazonalidade, e neste estudo, houveram reduções dessas concentrações quando comparadas ao estudo de Barbosa et al. (2021) cujo resultado pode estar correlacionado com a vazão constante das águas do Rio São Francisco para o açude Epitácio Pessoa que apesar de permanecer eutrofizado e poluído, não houveram grandes alterações com base no estudo de referência, que contribuísem para evolução da má qualidade hídrica.

O açude Epitácio Pessoa segue a tendência das características adquiridas no período imediatamente pós transposição mantendo-se eutrofizado e poluído, contudo, uma conscientização ecológica deve ser estimulada para preservação dos corpos hídricos afim de se evitarem graves perturbações ou danos irreversíveis em períodos futuros, e em paralelo, devem ser conduzidos monitoramentos contínuos dos sistemas aquáticos por órgãos competentes com gerenciamento eficaz na detecção das perturbações que possam ocorrer.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. JÚNIOR, Ronaldo Justino de – Evolução Temporal dos Níveis Tróficos do açude Epitácio Pessoa – Semiárido Paraibano, Campina Grande, 2009.
- ÁGUA BRASIL - Sistema da Avaliação da Qualidade da Água, Saúde e Saneamento - Fundação Oswaldo Cruz 2020.
- ALBUQUERQUE, Maria Virgínia da conceição; OLIVEIRA, Elaine Gurjão de; BARBOSA, Amanda da silva; RAMOS, Railson de Oliveira; RODRIGUES, Roberta Milena Moura; SÁTIRO, Josivaldo Rodrigues; LOPES, Wilton silva - Remoção de Cianotoxinas de Água de Abastecimento Público por Adsorção em Carvão Ativado - Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 4: Congestas 2016 ISSN 2318-7603 135 Ecogestão Brasil
- ALVES, Isabel Thais Freitas - Estudo comparativo da qualidade da água do Açude Epitácio Pessoa pré e pós transposição do Rio São Francisco, Campina Grande – PB, 2017.
- ARAÚJO, Daniela Rodrigues; MENDONÇA, Antônio Sérgio Ferreira; REIS, José Antônio Tosta dos - Análise de Variação e Comparação de Índices de Estado Trófico: Reservatórios dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Rio Bonito e Suíça, V. 23 pg. 55-62 jan/fev 2018.
- AZEVEDO, Damião Carlos Freires de - Água: Importância e gestão no semiárido nordestino -Polêm!ca revista eletrônica, v. 11, n. 1 , janeiro/março 2012 Universidade do Estado do Rio de Janeiro LABORE Laboratório de Estudos Contemporâneos.
- BARBOSA, Frederico Celestino – Meio ambiente e saneamento básico: impactos e desafios no Brasil – Editora Conhecimento Livre, 2020, 1ª edição.
- BARBOSA, José Etham de Lucena; SEVERIANO, Juliana dos Santos; CAVALCANTE, Hérika; LUCENA-SILVA, Daniely de; MENDES, Camila Ferreira et al., - Impacts of inter-basin water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region. Hydrobiologia - The International Journal of Aquatic Sciences ISSN 0018-8158 Volume 848 Number 3, 2021.
- BARBOSA, Luciclaudio da Silva – Açudes urbanos da Cidade de Campina Grande/PB: Histórico Ambiental, Potencialidade e Resistência como Fator de Desenvolvimento Social e Econômico, 2011.
- BEM, Carla Cristina; AZEVEDO, Júlio César Rodrigues de; BRAGA, Maria Cristina Borba - Aplicação e Análise dos Índices de Estado Trófico - IET: estudo de caso do lago Barigui - XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- BRITO, Franklyn Barbosa de; VIANNA, Pedro Costa Guedes - Açude de Boqueirão, dez anos de desacertos (1998/2008), da crise de abastecimento ao afogamento do conflito -2008.
- BRITO, Márcia Aparecida; OLIVEIRA, Denise de; MAMEDE, Mariza de Araújo; RANDIG, Onivaldo; LACERDA, Fábíola Siqueira de - Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração – PELD/CNPq – Desafios da Gestão, Avanços e Perspectivas - Oecologia Australis 24(2):259-265, 2020.
- BRITO, Whelson Oliveira de; SANTOS, Keliana Dantas; SANTOS, Ricardo Alves dos; MOURA, Hildegardes Pereira de - Avaliação da água do reservatório Poções em Monteiro/PB: uso para abastecimento humano e construção civil – 2020.

CARVALHO, Gustavo Alves de - Balanço hídrico do reservatório Epitácio Pessoa após a chegada das águas da transposição do Rio São Francisco – Campina Grande – PB, julho 2019.

CARVALHO, Roberto Gonçalves de; KRUK, Nadiane Smaha; KAWACHI, Elizabete Yoshie; QUEIROZ, Paulo Ivo Braga de - Um Método de Ensaio para Determinação da Concentração de Óleo em Amostras de Águas Contaminadas com Óleos e Graxas, v. 24 nº 3, maio/junho 2019.

CASTRO, César Nunes de; CERZINI, Monise Terra - Desenvolvimento Regional da Área de Influência do Programa de Integração do São Francisco, pg. 6 – Brasília, setembro de 2022.

CORREIA, Iuliane Maria Gadelha; SILVA, Janaina Barbosa da – Águas da Transposição do Rio São Francisco na Paraíba: Esgotos e Inviabilidades Municipais - *Ambiência* vol. 16 nº1 p. 799-816, jan/mar 2020 Guarapuava – PR, ISSN 2175-9405 DOI 10.5935

DAMASCENO, Edjane Silva; LIMA, Daniela de Jesus; RODRIGUES, Renato Garcia - Conhecimento Ecológico da Flora da Caatinga na Região do Projeto de Integração do Rio São Francisco – *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v. 16, nº 3:237-255, pg. 237 – 2021.

de LUCENA BARBOSA, José Etham; SOUZA ANDRADE, Rogério; PAIVA LINS, Ruceline; DINIZ, Célia Regina - Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semi-árido Brasileiro - *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, vol. Supl., núm. 1, 2006, pp. 81-89 Universidade Estadual da Paraíba Paraíba, Brasil

FERNANDES, Josimar Gurgel – Estimativa da Vazão e Produção de Sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Utilizando o Modelo SWAT – Recife, 2015.

FERNANDES, Luana Silvestre - Dinâmica Nictemeral das Variáveis Limnológicas de um Reservatório da Região do Semiárido (GARGALHEIRAS/RN) Natal/RN Dezembro de 2020

FERREIRA, Camila dos Santos; SANTINO, Marcela Bianchessi da Cunha; B. JÚNIOR, Irineu – Eutrofização: Aspectos Conceituais, Usos da água e Diretrizes para a Gestão Ambiental, *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 6, nº1 Aquidabã – SE, dez. 2014, jan., fev., mar., 2015 ISSN 2179-6858 section: Articles Topic: Físico-química Ambiental DOI 10.6008/SPC2179-6858.2015.001.0006

Fundação Nacional de Saúde-FUNASA Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS BRASÍLIA 2014.

GARCIA Érica Natasha dos Anjos; MORENO, Diego Aparecido Alves Costa; FERNANDES, André Luís Valverde - A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre a escassez da água no Brasil - XI Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 11, n. 6, 2015, pp. 235-249.

GARCIA, Érica Natasha dos Santos; MORENO, Diego Aparecido Alves Costa; FERNANDES, André Luiz Valverde – A Importância da Preservação e Conservação das Águas Superficiais e Subterrâneas: Um Panorama Sobre a Escassez da Água no Brasil, XI Fórum Ambiental da Alta Paulista V.11 nº6 pp. 235-249, 2016.

GILVAN, Yogui, GT; LEONEL, J.; COMBI, T. – 2020 – Poluentes Orgânicos Persistentes. In: Cavalcante, R.M. (ED) Contaminantes Orgânicos em Ambientes Aquáticos. Imprensa Universitária UFC, Fortaleza – CE, pp. 87-138.

[http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=142&it](http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=142&it)  
Acesso em 15 de outubro de 2022.

<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/> Acesso em 12 de outubro de 2022.

[https://habitability.com.br/ods-11-conheca-o-objetivo-da-onu-para-as-cidades/?utm\\_source=google\\_pago&utm\\_medium=&utm\\_content=&gclid=CjwKCAjwzY2bBhB6EiwAPpUpZvVkeq5OBwZhVZ734aahozX9ktTSh5GDEL\\_UNMYuK4LgFSGi--VyBoCDU4QAvD\\_BwE](https://habitability.com.br/ods-11-conheca-o-objetivo-da-onu-para-as-cidades/?utm_source=google_pago&utm_medium=&utm_content=&gclid=CjwKCAjwzY2bBhB6EiwAPpUpZvVkeq5OBwZhVZ734aahozX9ktTSh5GDEL_UNMYuK4LgFSGi--VyBoCDU4QAvD_BwE) – Acesso em 17 de outubro de 2022.

[https://www.google.com/search?q=ultimos+volumes+dos+a%C3%A7udes+aesa&rlz=1C1SJNB\\_enBR1034BR1034&oq=ultimos+volumes+dos+a%C3%A7udes+aesa&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIICAEQABgWGB7SAQoxMTczMGowajE1qAIAAIA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=ultimos+volumes+dos+a%C3%A7udes+aesa&rlz=1C1SJNB_enBR1034BR1034&oq=ultimos+volumes+dos+a%C3%A7udes+aesa&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIICAEQABgWGB7SAQoxMTczMGowajE1qAIAAIA&sourceid=chrome&ie=UTF-8) Acesso em 26 de fevereiro de 2023.

<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-seguranca-hidrica>  
- Acesso em 19 de maio de 2023.

LILIAN RODOLFO BARROS O ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO E SUA ADAPTAÇÃO PARA OS SISTEMAS LÊNTICOS DO SEMIÁRIDO CEARENSE FORTALEZA 2013 (clorofila-a pg 30)

LIMA, Gustavo Ross Ribeiro; SOUZA, Stephanie de Oliveira; ALENCAR, Francisco Klayton Marques de; ARAÚJO, Andréa Limaverde de; SILVA, Fernando José Araújo da - O que comunicam os índices de qualidade de água e de estado trófico em um reservatório do semiárido brasileiro? São Paulo, UNESP, Revista Geociências, v. 39, n. 1, p. 181 - 190, 2020.

LOURENÇO, Joaquim Carlos - Aspectos hidrológico-climáticos que devem ser considerados para uma gestão eficaz do Açude Epitácio Pessoa – Boqueirão – 2008.

MEDEIROS, Edson Ramos de; CARVALHO, Terciane Sabadini; SOUZA, Kênia Barreiro de Souza - Projeto de Transposição do Rio São Francisco: Impactos Socioeconômicos no Semiárido Nordeste – 2015.

NASCIMENTO, Clóvis Eduardo de Souza - As Matas Ciliares - Rio São Francisco – Embrapa Semiárido, Petrolina – PE.

NETO, Francisco Vilar Araújo Segundo; VIANNA, Pedro Costa Guedes - Análise Espacial das Obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF (Eixo Leste) no Estado da Paraíba - João Pessoa, PB, Brasil 2016.

NETO, Francisco Vilar de Araújo Segundo; ARAÚJO, Rejane da Silva; ARAÚJO, Rejane da Silva; VIANNA, Pedro Costa Guedes - Possíveis conflitos por água no Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), e o projeto de integração do Rio São Francisco – 2011.

NETO, José Ribeiro Araújo; MEIRELES, Ana Célia Maia; PALÁCIO, Helba Araújo Queiroz; ANDRADE, Eunice Maia de; SALES, Maria Monaliza de - Investigação da qualidade das águas superficiais de um grande reservatório no semiárido por meio de análise multivariada XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste - novembro 2014.

ODS 11: Conheça o Objetivo da ONU para as Cidades

OLIVEIRA, A.M.; COSTA, D.F.S.; ARAÚJO, W.S.; SILVA, E.E.S.; - Análise dos Serviços Ecosistêmicos em Reservatórios da Região Nordeste Semiárida do Brasil – REGNE, v. 2, nº especial, 2016.

PALOSCHI, KatiaTeresinha; DAMBROS, Talita Caroline; PERONDI, Miguel Ângelo – Viabilidade na Implantação de Cisternas para Captação de Água Pluvial no Meio Rural na Região Sudoeste do Paraná – 2016.

PETTER, Paulo; CAVALCANTE, Geórgenes H. – Comportamento da Turbidez e Material em Suspensão em um Rio com Vazão Regularizada por sistema de Barragens em Cascata: Rio São Francisco (NE, Brasil) – setembro, 2015.

RÊGO, Janiro Costa; GALVÃO, Carlos de Oliveira; ALBUQUERQUE, José do Patrocínio Tomaz; RIBEIRO, Márcia Maria Rios; NUNES, Tereza Helena Costa - A Gestão de Recursos Hídricos e a Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Açude Epitácio Pessoa – Boqueirão - XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 2017.

SILVA JÚNIOR, Wamberto Raimundo da - Estudo do estado trófico em reservatório público de usos múltiplos em região do semiárido nordestino utilizando a técnica de modelagem computacional como ferramenta de gerenciamento da qualidade da água - Recife - PE Fevereiro/2013.

SILVA, Aichely Rodrigues da - Avaliação do Processo de Eutrofização das Águas Superficiais do Cenário Nacional ao Local: Estudo de Caso nas Bacias Hidrográficas Costeiras dos Rios Ratonas, Itacorubi e Tavares (Ilha de Santa Catarina, Brasil) / 2019. 309 p.

SILVA, Alcione Valéria Bento da - Atores, Arenas e Ação Coletiva em Torno do Acesso à Água: O caso do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba no Semiárido Paraibano – Campina Grande – PB, 2017.

SILVA, Hérika Cavalcante Dantas da – Interação Água-sedimento na Degradação da Qualidade da Água de Reservatórios Tropicais Semiáridos, Natal-RN, 2021.

SILVA, Wagner Bandeira da; BEZERRA, Joel Medeiros; RÊGO, Alana Ticiane Alves do - Qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi, Rio Grande do Norte - Revista Verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável ISSN 1981-8203 Pombal, Paraíba, Brasil v. 16, n.2, abr.-jun, p. 164-173, 2021.

SOUSA, Eliane Brabo de; COSTA, Vanessa Bandeira da; PEREIRA, Luci Carneiro Cajueiro; COSTA, Rauquírio Marinho da - Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela, Bragança, Pará, Brasil - Acta bot. bras. 23(4): 1084-1095. 2009.P

SOUSA, Keicyane Alves de; ESPINDOLA, Giovana Mira de; SILVA, Carlos Ernando da - Análise de atributos limnológicos em reservatórios do semiárido nordestino - Revista Brasileira de Geografia Física v.14, n.01 (2020) 357-371.

SUASSUNA, João – A Má Distribuição de Água no Brasil, Ministério da Educação – FUNDAJ, 2021.

TABARELLI, Marcelo; ROCHA, Carlos Frederico Duarte da; ROMANOWSKI, Helena Piccoli; ROCHA, Odete; LACERDA, Luiz Duarte de - PELD–CNPq Dez Anos do Programa

de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no Brasil: Achados, Lições e Perspectivas – Série de Publicações PELD, Recife 2013 Editora Universitária UFPE.