UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

RAYSSA KELLEN SILVA CARDOSO

# TINFLUÊNCIA DO VOLUME HÍDRICO NA BIOMASSA DOS MACROINVERTE-BRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO

CAMPINA GRANDE
2024

RAYSSA KELLEN SILVA CARDOSO

# INFLUÊNCIA DO VOLUME HÍDRICO NA BIOMASSA DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Ciências Biológicas.

**Orientador:** Prof. Dra. Joseline Molozzi.

**Coorientador:** MsC. Maria Eduarda Santana Veríssimo

**CAMPINA GRANDE**
**2024**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão 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.

C268i Cardoso, Rayssa Kellen Silva.
Influência do volume hídrico na biomassa dos macroinvertebrados bentônicos em reservatórios do semiárido [manuscrito] / Rayssa Kellen Silva Cardoso. - 2024.
21 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2024.

"Orientação : Prof. Dra. Joseline Molozzi, Departamento de Biologia - CCBS".

"Coorientação: Prof. Ma. Maria Eduarda Santana Veríssimo, Biologia".

1. Dinâmica dos ecossistemas. 2. Ocorrência de organismos. 3. Flutuação do volume. I. Título

21. ed. CDD 593

Elaborada por Bruno Rafael Freitas de Lima - CRB - 15/1021 BC

RAYSSA KELLEN SILVA CARDOSO

# INFLUÊNCIA DO VOLUME HÍDRICO NA BIOMASSA DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Ciências Biológicas.

Aprovada em: 19/11/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Joseline Molozzi** (***.443.470-**), em **04/12/2024 17:11:01** com chave **e1cafa0cb27b11ef808f1a1c3150b54b**.
- **Jose Etham de Lucena Barbosa** (***.666.494-**), em **05/12/2024 10:54:38** com chave **77ea1646b31011efa5541a1c3150b54b**.
- **Wilma Izabelly Ananias Gomes** (***.701.994-**), em **05/12/2024 11:16:16** com chave **7dc29f0eb31311ef8ddc1a7cc27eb1f9**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.
**Tipo de Documento:** Termo de Aprovação de Projeto Final
**Data da Emissão:** 07/12/2024
**Código de Autenticação:** 2b337b

Aos meus pais que sempre acreditaram em mim e não me deixam desistir, a Ezequiel por toda ajuda e paciência, aos familiares e amigos por oraram por mim e por acreditarem nos meus sonhos, DEDICO.

**SUMÁRIO**


| | | |
|---|---|---|
| **1** | **INTRODUÇÃO** ..... | 7 |
| **2** | **METODOLOGIA** ..... | 8 |
| **2.1** | **Área de estudo** ..... | 8 |
| **2.2** | **Desenho amostral** ..... | 9 |
| **2.3** | **Volume hídrico**..... | 9 |
| **2.4** | **Macroinvertebrados bentônicos**..... | 10 |
| **2.5** | **Biomassa**..... | 10 |
| **2.6** | **Analise de dados** ..... | 11 |
| **3** | **RESULTADOS**..... | 11 |
| **4** | **DISCUSSÃO**..... | 14 |
| **5** | **CONCLUSÃO** ..... | 16 |
| | **REFERÊNCIAS**..... | 16 |

# INFLUÊNCIA DO VOLUME HÍDRICO NA BIOMASSA DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO

Rayssa Kellen Silva Cardoso*
Maria Eduarda Santana Veríssimo **
Joseline Molozzi***

## RESUMO

As alterações globais têm impactado os ecossistemas aquáticos causando modificações no ambiente, como alterações no volume hídrico e na biomassa de macroinvertebrados bentônicos, que por sua vez são essenciais para a dinâmica e manutenção dos ecossistemas. O objetivo do presente trabalho é avaliar o efeito da flutuação do volume hídrico na biomassa e na comunidade presente em diferentes categorias do volume hídrico de reservatórios no semiárido. O estudo foi realizado no reservatório de Poções e Cordeiro, situados no alto curso do rio Paraíba, no Estado da Paraíba. As coletas ocorreram em diferentes períodos: setembro e dezembro de 2014, março de 2015, setembro e dezembro de 2019, maio/junho e dezembro de 2022, além de junho e dezembro de 2023. Para avaliar o volume hídrico dos reservatórios, os dados foram coletados pela AESA, além disso, o volume de água foi dividido de acordo com o seu volume máximo durante o período amostral. Para analisar as análises de dados, foram usados os testes estatísticos PERMANOVA, pair-wise, os Modelos Lineares Generalizados Mistos e a SIMPER. Dessa forma, os resultados mostraram que a biomassa mostrou diferença significativa em relação ao volume hídrico, percebendo que houve uma relação de maior biomassa durante o período de menor volume hídrico e uma menor biomassa durante o período de maior volume hídrico. Além disso, observamos a presença de diferentes espécies de organismos, sendo alguns organismos mais resistentes e outros mais sensíveis às flutuações do nível de água. Com isso, esse estudo demonstra a relação da flutuação do volume hídrico na biomassa dos macroinvertebrados bentônicos, no qual a diminuição da água nos reservatórios gera um aumento na biomassa desses organismos devido a uma concentração de nutrientes. Dessa forma, compreendendo a relação da disponibilidade de água na dinâmica desses organismos, que são essenciais para fornecer informações sobre o estado ecológico e manutenção do ecossistema.

*Graduação em Ciências Biológicas – Universidade estadual da Paraíba. Rua Baraúnas, nº 351, Bairro Universitário, Complexo Três Marias, CEP 58429-500, Campina Grande – Paraíba, Brasil. E-Mail: rayssakellenx28pb@gmail.com.

**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação – Universidade Estadual da Paraíba. Rua Baraúnas, nº 351, Bairro Universitário, Complexo Três Marias, CEP 58429 -500, Campina Grande – Paraíba, Brasil. E-mail: maria.eduarda.verissimo@aluno.uepb.edu.br; ORCID: 0000-0002-5984-6858 CV: http://lattes.cnpq.br/0140500109530479.

***Departamento de Biologia/Programa de Pós-Graduação em ecologia e Conservação – Universidade Estadual da Paraíba. Rua Baraúnas, nº 351, Bairro Universitário, Complexo Três Marias, CEP 58429 -500, Campina Grande – Paraíba, Brasil. E-mail: jmolozzi@gmail .com; ORCID: 000-0002-8256-5739 CV: http://lattes.cnpq.br/42772096207551.

.

**Palavras-Chave**: dinâmica dos ecossistemas; ocorrência de organismos; flutuação do volume.

## ABSTRACT

Global changes have impacted aquatic ecosystems, causing modifications to the environment, such as alterations in water volume and benthic macroinvertebrate biomass, which are essential for the dynamics and maintenance of ecosystems. The objective of this study is to assess the effect of water volume fluctuation on biomass and the community present in different water volume categories in reservoirs in the semi-arid region. The study was conducted in the Poções and Cordeiro reservoirs, located in the upper course of the Paraíba River, in the state of Paraíba. Sampling was carried out at different times: september and december 2014, march 2015, september and december 2019, may/june and december 2022, and june and december 2023. To evaluate the water volume in the reservoirs, data were collected by AESA, and the water volume was categorized according to its maximum volume during the sampling period. For data analysis, the PERMANOVA statistical test, pair-wise comparisons, Generalized Linear Mixed Models (GLMM), and SIMPER were used. The results showed that biomass differed significantly in relation to water volume, with higher biomass during periods of lower water volume and lower biomass during periods of higher water volume. Furthermore, the presence of different species of organisms was observed, with some organisms being more resistant and others more sensitive to water level fluctuations. This study demonstrates the relationship between water volume fluctuation and the biomass of benthic macroinvertebrates, in which the reduction of water in reservoirs leads to an increase in biomass due to nutrient concentration. Thus, understanding the relationship between water availability and the dynamics of these organisms is crucial for providing information on the ecological status and maintenance of the ecosystem.

**Keywords**: ecosystem dynamics; occurrence of organisms; volume fluctuation .

## 1 INTRODUÇÃO

As alterações globais têm alterado os ecossistemas aquáticos causando modificações no ambiente (Priya *et al*., 2023; Fahy *et al*., 2024). Juntamente com as mudanças climáticas, as ações diretas e indiretas do ser humano impulsionada pela exploração dos recursos aquáticos, têm impactado de forma negativa de maneiras como o escoamento agrícola, urbano e industrial, acarretando em uma redução da biodiversidade (Hader *et al*. 2020). Dentre os ecossistemas aquáticos, os reservatórios são impactados pelas atividades humanas, o que pode causar mudanças na qualidade de água, além disso, vêm passando por esses efeitos que geram flutuações drásticas no volume hídrico, produtividade do sistema e influenciando as comunidades presentes (Whitmore *et al*., 2017; Barbosa *et al*., 2021; Paiva *et al*. 2023). Dessa forma, as consequências de tais alterações climáticas afetam as características físicas, químicas e biológicas desse ecossistema, e consequentemente, afetam a concentração de nutrientes de acordo com o volume hídrico (Leite e Becker. 2019).

O volume hídrico é um fator importante para a manutenção da presença ou ausência de organismos no ambiente (Jooste *et al*., 2020). Podendo ser categorizado de acordo com o nível de água disponível no sistema (Melo *et al*., 2022; AESA, 2024). Dependendo do nível do volume hídrico, determinados organismos que sobrevivem a essas mudanças no ambiente, irão persistir em detrimento de outros organismos, acarretando na perda da biodiversidade e das funções vitais para o funcionamento do ecossistema (Boersma *et al*., 2014). Esses eventos alteram os fatores bióticos e abióticos dos ecossistemas, gerando impactos negativos na estruturação das comunidades, em seus habitats e até mesmo nos nichos que as espécies ocupam (Hirzel, 2008).

A teoria ecológica de nicho formalizada por Hutchinson, 1957, aborda as dinâmicas que envolvem a tolerância e necessidade na definição de um organismo individual ou de uma espécie com o objetivo de satisfazer as próprias necessidades e as condições que toleram, sendo fundamentada na ligação dos organismos com o ambiente (Begon *et al*., 2007). Com isso, diferentes organismos podem ser importantes para avaliar o estado ecológico dos ecossistemas aquáticos, uma importante ferramenta para a monitoração do ambiente aquático (Poikane *et al*., 2016; Tampo *et al*., 2021; Sabha *et al*., 2022). Dessa forma, as mudanças ambientais ocasionadas no ambiente aquático pelas ações antrópicas e mudanças na temperatura dos ecossistemas atuam como limitantes ao crescimento, reprodução e produtividade dos diferentes tipos de organismos, diante disso, afetando os ecossistemas (Begon *et al.,* 2007; Burgazzi *et al.,* 2023).

Dentre os organismos presentes nos ecossistemas aquáticos, os macroinvertebrados bentônicos exercem um importante papel trófico no ambiente, já que desempenham diversas funções, sendo uma delas nas cadeias alimentares, pois conecta os recursos de matéria orgânica aos níveis tróficos superiores (Merritt, Cummins e Berg, 2017). Além de serem considerados como indicadores biológicos da saúde dos ecossistemas, esses organismos vivem no fundo do ambiente aquático, no qual, algumas espécies passam toda sua vida ou então, saem do corpo d'água para virar um inseto terrestre (Keith, 2022; Khatri *et al*., 2020). Cada macroinvertebrado tem o seu limiar de resistência às mudanças do ambiente, dessa forma, influenciando na estrutura, montagem da comunidade e na sua biomassa (Azevedo *et al*., 2022; Machuca-Sepúlveda *et al*., 2022; Paiva *et al*., 2023). Sendo assim, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos são importantes para refletir infor-

mações a respeito do estado do ambiente, além da sua biomassa ter utilidade para a avaliação da comunidade e diversidade, como também avaliar sobre a direção do fluxo de energia de um ecossistema (Machuca-Sepúlveda *et al*., 2022).

A biomassa dos macroinvertebrados bentônicos promove dados acerca do estado ecológico e das dinâmicas bióticas e abióticas que ocorrem espacialmente e temporalmente nos sistemas aquáticos (Medeiros *et al*., 2018) A biomassa auxilia também na determinação dos organismos que são mais sensíveis ou mais resistentes a determinadas mudanças ambientais (Machuca-Sepúlveda *et al*.,2022; Mao, *et al*.,2023). Dentre as alterações ambientais que ocorrem em reservatórios, a flutuação do volume hídrico pode reduzir ou aumentar a biomassa dos organismos (Whitmore *et al*., 2017). Uma vez que o menor volume hídrico em reservatórios ocasiona uma concentração de nutrientes gerando um aumento na biomassa dos macroinvertebrados bentônicos tolerantes a essas condições (Azevedo *et al*., 2022; Álvaro *et al*., 2023). Em contrapartida, reservatórios com alto volume hídrico pode afetar a qualidade da água causando uma melhoria, dessa forma, podendo ocasionar uma baixa concentração de nutrientes, como também uma redução na biomassa da comunidade macrobentônica (Medeiros *et al*., 2018; Barbosa *et al*., 2021).

Desse modo, avaliar o efeito das flutuações no volume hídrico de reservatórios sobre a biomassa de macroinvertebrados é importante para compreender sobre o funcionamento das comunidades macrobentônicas (Yan *et al*., 2020). Utilizaremos a biomassa dos macroinvertebrados bentônicos, pois, desempenham um papel importante na ciclagem e disponibilidade dos nutrientes afetando a disponibilidade energética para níveis tróficos mais elevados (Álvaro *et al*., 2023; Paiva *et al*., 2023, Melo *et al*., 2022, Machuca-Sepúlveda *et al*., 2022). Com isso, as informações servirão de auxílio para aprofundar o conhecimento sobre a relação entre as variações do volume hídrico e a biomassa dos organismos bentônicos, no qual, fornecem informações importantes sobre a estrutura e dinâmica do ecossistema. Dessa forma, nosso objetivo é avaliar o efeito da flutuação do volume hídrico na biomassa e ocorrência dos macroinvertebrados bentônicos em reservatórios localizados no semiárido brasileiro. Testamos as seguintes hipóteses: (i) Esperamos que a biomassa de macroinvertebrados bentônicos seja relacionada com o volume hídrico, de modo que a biomassa aumente com a redução do volume; (ii) Esperamos que organismos mais resistentes apresentem alta biomassa independente do volume hídrico.

## 2 METODOLOGIA

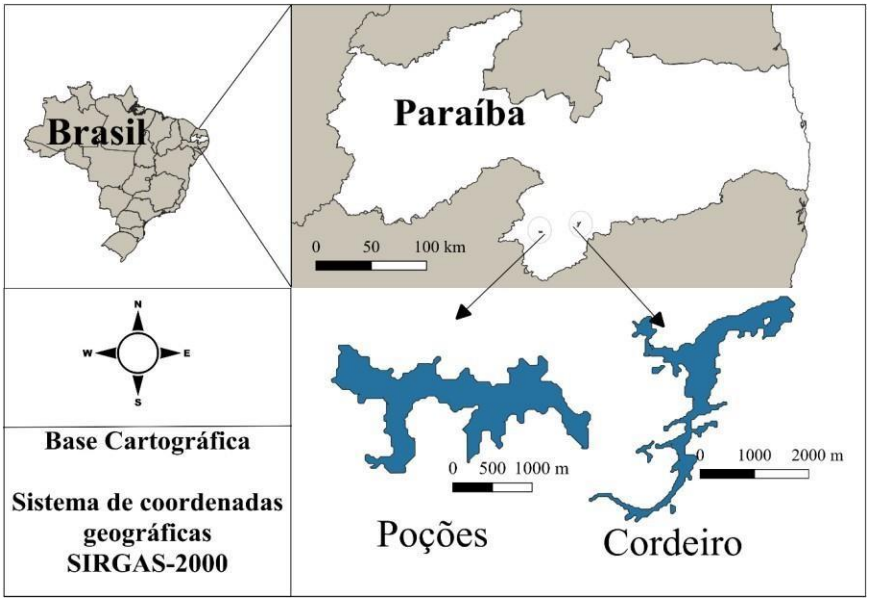
### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado nos reservatórios de Poções e Cordeiro, localizados na região do alto curso do rio Paraíba, Estado da Paraíba (figura 1). Esta bacia é conhecida por ser uma das mais influentes do semiárido nordestino, constituindo uma área de 20.071,83 km$^2$, entre as latitudes 6º51'31" e 8º26'21" Sul e as longitudes 34º48'35"; e 37º2'15"; Oeste de Greenwich. A bacia hidrográfica do rio Paraíba é considerada a segunda maior do Estado da Paraíba, visto que engloba 38% do seu território, abrigando 1.828.178 habitantes que representa 52% da sua população total (AESA, 2024).

O estado da Paraíba tem como clima o BSh, conforme a classificação de Köppen, registra uma média de 400 mm anualmente em sua precipitação pluviométrica, sendo assim, classificado como um dos ambientes mais secos do Brasil (Àlva-

res *et al*., 2013). Dessa forma, devido aos eventos climáticos ocorridos ao longo dos anos, as grandes secas podem causar impactos econômicos, sociais, segurança hídrica e alimentar (Melo *et al*., 2022). Além disso, o ano de 2014 e 2015 na região semiárida ocorreu uma grande seca que se estendeu até o ano de 2019, devido a isso, os reservatórios estudados encontram-se localizados nesta região (Cunha *et al*., 2019).

**Figura 1:** Localização geográfica dos reservatórios Poções e Cordeiro na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (Paraíba, Brasil).




Fonte: Pereira, 2024.

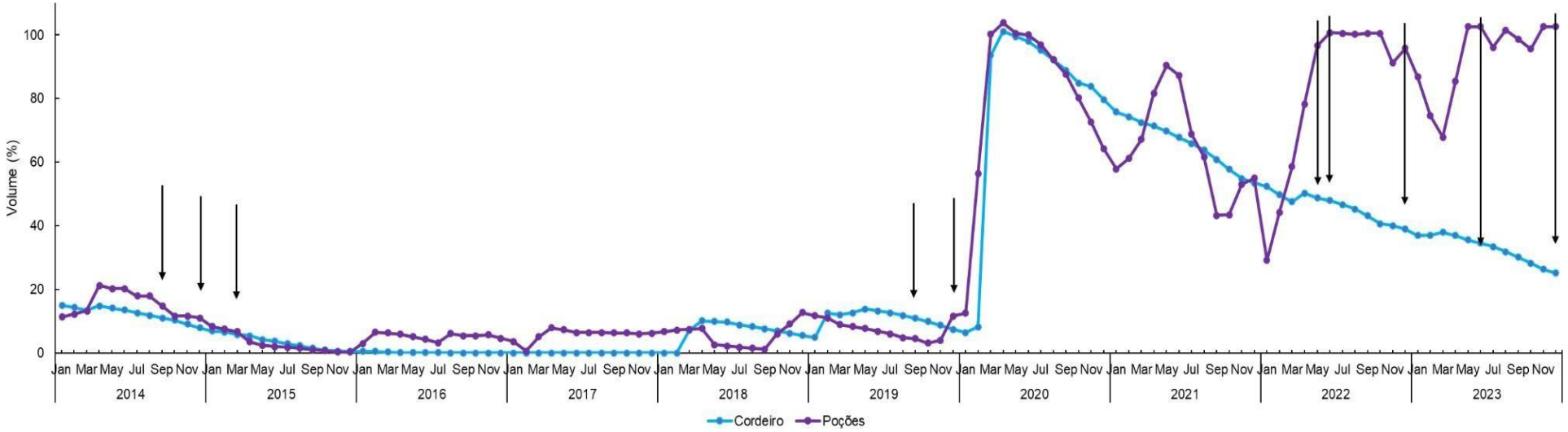
## 2.2 Desenho amostral

As coletas foram realizadas nos anos e meses de setembro e dezembro de 2014, março de 2015, setembro e dezembro de 2019, maio/junho e dezembro de 2022 e junho e dezembro de 2023, nos reservatórios de Poções e Cordeiro. O volume hídrico foi categorizado de acordo com a capacidade atual de cada reservatório no momento da coleta. Além disso, foram determinados 15 pontos amostrais ao longo da região litorânea de cada reservatório para mensurar a macrofauna bentônica.

## 2.3 Volume hídrico

Para a avaliação dos dados de volume hídrico dos reservatórios de Poções e Cordeiro foram utilizados os resultados fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AESA) (Figura 2). Segundo a AESA, o reservatório de Poções, localizado no município de Monteiro, possui 30.402.950 no seu volume atual ($m^3$), e está sangrando (AESA, 2024). O reservatório de Cordeiro, localizado no município do Congo, possui um volume atual de 16.551.098, que representa umacapacidade superior a 20% do seu volume total no reservatório (AESA, 2024). Além disso, o volume de água dos reservatórios foi dividido em classes de acordo com o seu volume máximo durante o período amostral, com o objetivo de analisar as tendências da comunidade biológica em resposta às variações na flutuação do volume de água. As classes foram divididas em volume morto (<10%), volume mínimo (10-20%), volume útil (20-50%), volume alto (50-80%) e volume máximo (>80%) (Mees, 2020; Melo et al., 2022).

**Figura 2:** Flutuação do volume hídrico nos reservatórios de Poções e Cordeiro nos anos de 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023 durante o período de redução do volume hídrico. As setas apontam os meses de coleta.




Fonte: Dados da AESA, 2024.

## 2.4 Macroinvertebrados bentônico

Os macroinvertebrados bentônicos foram coletados por meio de uma draga Ekman -Birge (225 $cm^2$) na região litorânea do reservatório. Após a coleta, as amostras foram preservadas em sacos de plástico contendo álcool 70% e transportadas para o laboratório de e cologi a de bentos, no qual foram lavadas em água corrente com o auxílio de peneiras de malha de 1,0 e 0,5 mm. Após a lavagem, as amostra s foram levadas para bandejas iluminadas, assim, encontrando os organismos presentes para a identificação, sendo realizadas utilizand o as chaves taxonômicas, com o auxílio de microscópio e estereomicroscópio, identificando até o menor nível taxonômico, com exceção dos Chironomi-dae que é até gênero (Trivinho-Strixino e Strixino, 1995; Fernández e Domínguez, 2001; Souza *et al*.,2007; Trivinho-Strixino, 2011).

## 2.5 Biomassa

Para analisar a biomassa dos macroinvertebrados bentônicos, os organismos que foram identificados foram levados para a estufa para que fossem secos a 60ºC em 72 horas. Após isso, pesados na balança de precisão (precisão $10^{-4}$). Em seguida os moluscos são levados ao forno mufla a 450ºC no decorrer de 4 horas, para obtenção do peso seco livre de cinzas (Álvaro *et al*., 2023).

## 2.6 Análise de dados

Para analisar se há diferenças significativas da biomassa em função da flutuação do volume hídrico foi usado o teste estatístico PERMANOVA (Permutation Multivariate Analysis of Variance). Os valores de biomassas foram transformados em raiz quadrada e aplicado a distância de Bray-Curtis. Posteriormente, realizamos o teste pair-wise para analisar quais níveis dentro do fator analisado contribuíram para as diferenças significativas entre as categorias de volume morto (<10%), volume mínimo (10-20%), volume útil (20-50%), volume alto (50-80%) e volume máximo (>80%) de acordo com os dados do volume hídrico da Agência Executiva de Gestão das Águas (AESA) e Melo (2022). A significância da PERMANOVA foi testada utilizando 9999 permutações, com nível de significância a priori (*p*) de 0,05.

Para analisar se ocorre uma relação diretamente proporcional ou inversamente proporcional entre a biomassa e o volume hídrico, realizamos a análise estatística de Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM). Utilizando a biomassa como variável resposta e o volume hídrico (porcentagem) como variável explicativa. A família de distribuição de erro selecionada foi a família de Gaussean, por se tratar de valores continuos. O modelo foi construído com a função glmer do pacote “lme4” (Bates *et al*., 2015). Além disso, para avaliar a contribuição das diferentes espécies da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em relação às variações no volume hídrico, foi realizada uma análise SIMPER (Similarity Percentage).

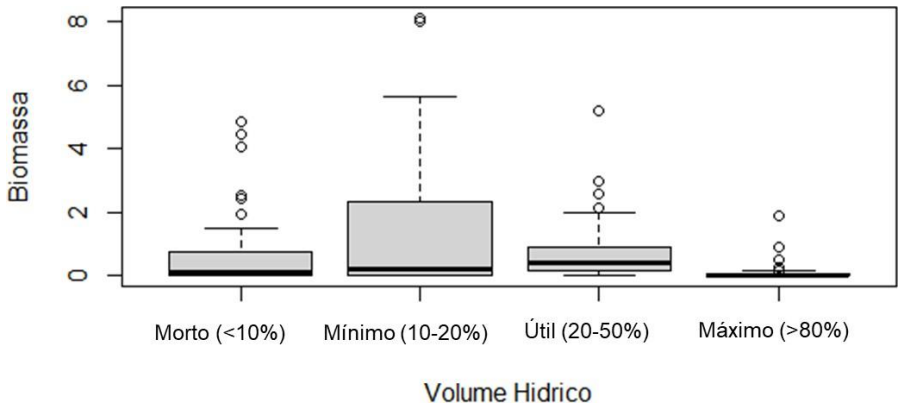
As análises de PERMANOVA foram executadas no programa estatístico PRIMER + PERMANOVA 6.1 (Systat Software, Cranes Software International Ltd., Anderson et al. 2008) e no Rstudio (R core tem, 2018- versão 1.1.456), com auxílio dos pacotes “Vegan” (Oksanen et al., 2007), “lattice” (Sarkar, 2008), “lme4” (Bates *et al*., 2015) e “car” (Fox, J., & Weisberg, S.,2019).

## 3 RESULTADOS

A biomassa de macroinvertebrados bentônicos mostrou uma diferença estatisticamente significativa em relação à flutuação do volume hídrico dos reservatórios (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,2}$=13,171, *p*= 0,0001; 9893 permutações). Além disso, foram observadas diferenças significativas entre as categorias de volume hídrico: entre volume mínimo e morto (*p*=0,04), mínimo e útil (*p*=0,0001), mínimo e máximo (*p*=0,0001), morto e útil (*p*=0,0001), morto e máximo (*p*=0,0001), e útil e máximo (*p*=0,0001).

Os resultados mostram que nas categorias de volume hídrico morto e mínimo a biomassa tende a ser maior, enquanto o volume hídrico útil e máximo está associado a uma menor biomassa (figura 3).

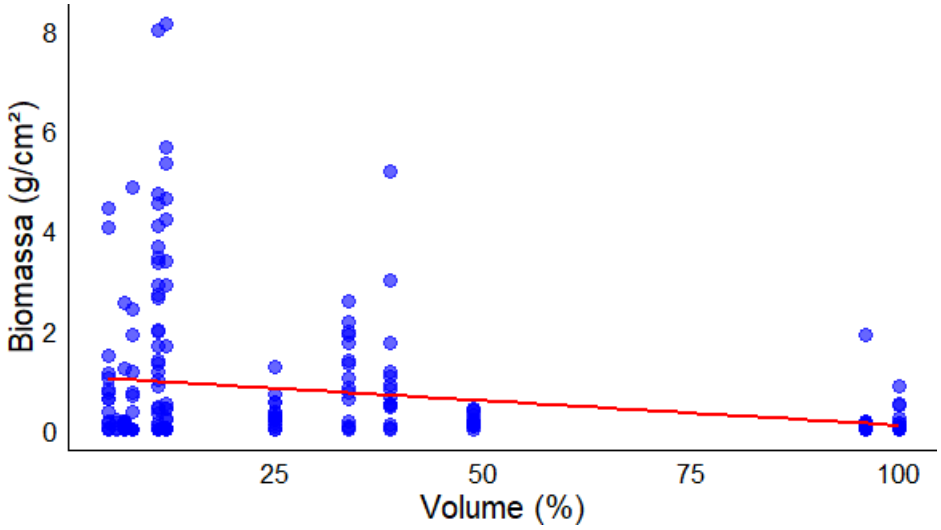
**Figura 3:** BoxPlot da biomassa em função do volume hídrico organizado em níveis indicada por categorias de volume morto, volume mínimo, volume útil, volume alto e volume máximo.




Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Além disso, ao avaliar as porcentagens dos volumes hídricos dos reservatórios, podemos perceber uma tendência de redução da biomassa à medida que aumenta o volume hídrico dos reservatórios (figura 4).

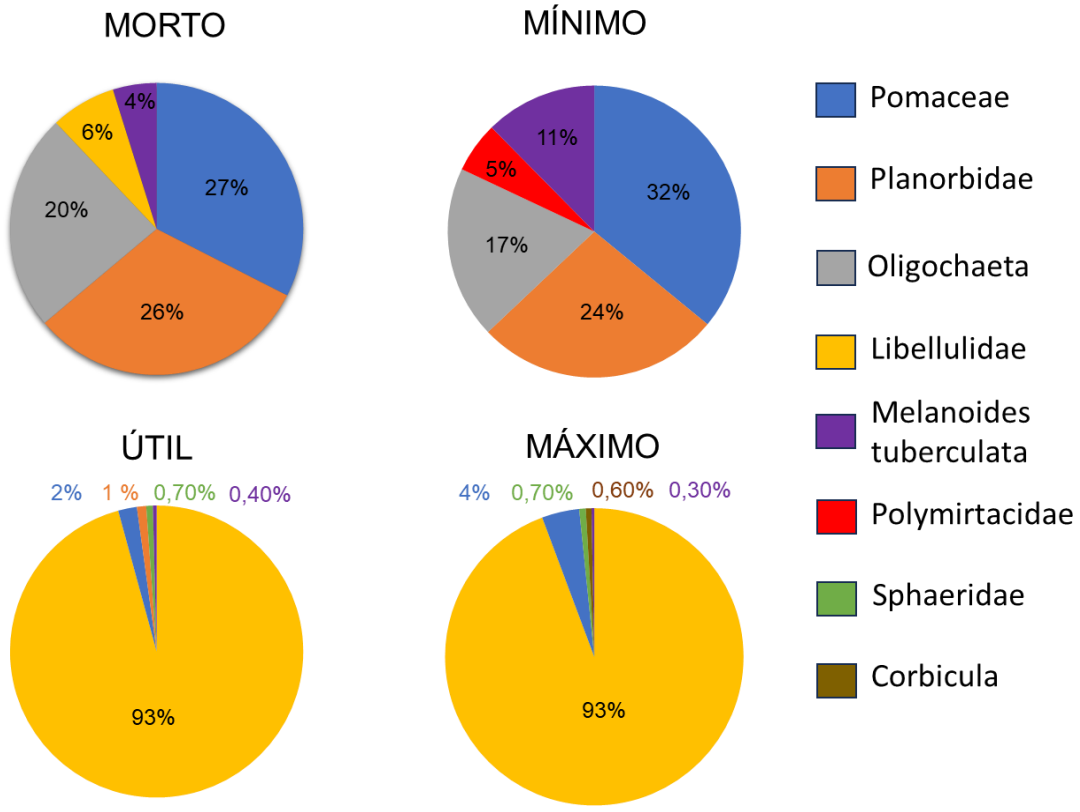
**Figura 4:** Resultado da GLMM mostra a relação entre o volume hídrico (%), no eixo X, e a biomassa, no eixo Y.




Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

A biomassa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, apresentou proporções diferentes dentro das categorias do volume hídrico, dessa forma, indicando os organismos mais prevalentes em cada cenário (Figura 5). Destacamos que os organismos Pomacea, Planorbidae e Oligochaeta apresentaram maiores biomassas no período de menor volume hídrico. Em contrapartida nos maiores volumes hídricos podemos perceber que o Libellulidae apresentou maior biomassa.

**Figura 5:** Gráfico com os principais organismos com maior biomassa da macrofauna bentônica em cada categoria do volume hídrico.




Fonte: Elaborada pelo auto, 2024.

Ao avaliar a porcentagem da contribuição da biomassa entre as categorias de volume hídrico, houve uma alta dissimilaridade média entre as categorias (tabela 1). Sendo possível verificar uma maior dissimilaridade entre o volume morto e máximo, apresentando uma dissimilaridade média de 91,16%. Dentre os organismos, o *Melanoides tuberculata* (Muller, 1774) foi o primeiro em todas as categorias a contribuir com a dissimilaridade, seguido pelas Oligochaetas que também estão presentes em quase todas as categorias em segundo lugar. Além disso, foram observados outros organismos como *Aedokritos* (Roback, 1958), Libellulidae, *Goeldichironomus* (Fittkau, 1965) e Pomacea presentes, se destacando em terceiro lugar em dissimilaridade nas categorias. Diante disso, esses são alguns dos organismos de cada categoria que contribuíram para diferir entre as categorias do volume hídrico.

**Tabela 1:** Percentual de contribuição da biomassa da macrofauna bentônica para a dissimilaridade total entre as diferentes categorias do volume hídrico em reservatórios do semiárido brasileiro. O as- terisco na tabela indica que não há organismos presentes nessa categoria de volume hídrico.

| **Taxa** | **mínimo e morto** (81,72%) | **mínimo e útil** (71,83%) | **morto e útil** (76,73%) | **mínimo e máximo** (89,04%) | **morto e máximo** (91,16%) | **útil e máximo** (84,76%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Melanoides tuberculata* | 55,04% | 70,85% | 59,69% | 54,33% | 38,68% | 66,44% |
| Oligochaeta | 14,34% | 4,98% | 9,48% | 8,19% | 15,42% | 1,91% |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Aedokritos* | 4,33% | * | 1,96% | 3,01% | 3,28% | * |
| *Coelotanypus* | 4,31% | * | 1,86% | 2,88% | 3,42% | * |
| Libellulidae | 1,92% | 2,38% | 3,89% | * | 2,39% | 2,23% |
| Pomacea | 2,91% | 2,77% | 3,53% | 2,82% | 3,73% | 3,36% |
| Sphaeriidae | * | 2,77% | 2,63% | * | * | 3,10% |
| *Goeldichironomus* | 1,82% | * | * | 6,64% | 6,42% | 4,11% |
| *Chironomus* | * | * | * | 2,98% | 2,92% | 1,73% |
| Hirudinea | 1,95% | * | * | 2,65% | 2,56% | * |
| *Polypedilum* | * | * | * | 2,59% | 3,09% | * |
| Planorbidae | 1,88% | 2,67% | 2,92% | 2,32% | 2,56% | 2,90% |
| Decapoda | * | * | * | * | 1,49% | * |
| *Corbicula* | * | 1,97% | 2,38% | * | * | 2,20% |
| Ceratopogonidae | 1,79% | * | * | * | 1,77% | * |
| Bulimidae | * | 2,03% | 1,95% | * | * | 2,18% |
| *Cladopelma* | * | * | * | 1,39% | * | * |
| *Ablabesmyia* | * | * | * | 1,19% | 1,53% | * |
| *Tanytarsus* | * | * | * | * | 1,63% | * |

Fonte: Elaborada pelo autor com auxílio do programa estatístico primer e Excel, 2024.

## 4 DISCUSSÕES

Os resultados apontam que a biomassa presente variou entre os volumes hídricos, confirmando nossa primeira hipótese, no qual, pode-se perceber que houve uma relação de maior biomassa durante o período de menor volume hídrico e uma menor biomassa durante o período de maior volume hídrico. Tais resultados se relacionam aos encontrados na literatura em rios e reservatórios, que obtiveram uma menor biomassa durante o período de maior volume hídrico, causando uma diminuição na biomassa ao longo do tempo (Robinson *et al*., 2004; Madeiros *et al*., 2018; Álvaro *et al*., 2023).

Estudos realizados nos reservatórios do semiárido mostraram respostas em relação ao aumento e diminuição do volume, no qual apresentaram biomassas diferentes em cada flutuação (Medeiros *et al*. 2018; Melo *et al*., 2022; Álvaro *et al*., 2023). No entanto, estudos realizados em um reservatório subtropical abordado por Zhang *et al*., (2017), apresentaram um padrão diferente em relação ao do semiárido, em que mostram diferentes fases da biomassa, no qual na primeira vez que ocorreu

um aumento no volume hídrico no local houve um aumento na biomassa, contudo, depois do segundo aumento do nível da água teve uma diminuição na biomassa, no qual é devido a sedimentação e ressuspensão de sedimentos frequentemente que causa um habitat instável. Porém, estudos como o de Whitmore (2017) abordaram resultados semelhantes ao dos reservatórios do semiárido, dois dos três reservatórios avaliados apresentaram maior biomassa com menor volume hídrico, no entanto um desses reservatórios apresentando menor biomassa em menor volume hídrico, sendo relacionado ao ciclo de vida dos macroinvertebrados de grande porte durante os períodos de amostragem estudados.

No entanto, outros sistemas aquáticos como os rios, podem apresentar um padrão inverso em cenários de inundações, devido ao carreamento de nutrientes e ao tempo de residência da água, afetando a produtividade no aumento do volume e biomassa no sistema (Mclnerney *et al*., 2017). Por outro lado, no que abrange os estudos acerca do volume hídrico em reservatórios do semiárido, evidenciam que diferentes volumes de água influenciam no ecossistema, acarretando mudanças na qualidade da água e composição da comunidade, de forma que, essas flutuações podem causar mudanças na biomassa dos macroinverterbados bentônicos devido às alterações qualidade do ambiente e à concentração de nutrientes, resultando em um aumento ou diminuição da biomassa (Medeiros *et al*., 2018; Barbosa *et al*., 2021; Melo *et al*., 2022; Azevedo *et al*., 2022; Álvaro *et al*., 2023). Essa consequência afeta diretamente os habitats, ao favorecer ou não os organismos presentes e suas dinâmicas, premissas que estão alinhadas a teoria ecológica de nicho, de Hutchinson (1957), moldando a ocorrência de organismos sensíveis/tolerantes essenciais para o desenvolvimento e manutenção dos ecossistemas (Begon *et al*., 2007).

Com as diferentes categorias de volume hídrico elencadas no nosso estudo, foram encontrados uma alta biomassa de organismos que são mais resistentes independente do volume de água, assim, confirmando a nossa segunda hipótese. Dessa forma, foi identificado algumas espécies de organismos, entre eles encontram-se os moluscos em diferentes níveis de água, tanto no volume baixo como no volume alto, sendo conhecidos por serem resistentes e tolerantes a diferentes níveis de água, como Pomacea e Planorbidae. Além disso, organismos como Oligochaetas e Libellulidae também foram identificados nas categorias de volumes hídricos, devido a sua adaptação em diferentes condições ambientais, como em locais com grande concentração de nutrientes (Xu *et al*., 2014; Azevedo *et al*., 2018; Hah *et al*., 2022). Encontramos uma grande contribuição de *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774), no qual, são caracterizados por possuir características adaptativas como o opérculo, permitindo sua resistência em diferentes ambientes com perturbações bióticas e abióticas (Marco, 1999; Okumura e Rocha, 2020).

Além disso, foram encontrados nos reservatórios organismos mais sensíveis, entre eles da ordem Ephemeroptera, como os Caenidae, que são reconhecidos por sua sensibilidade às condições ambientais, sendo indicadores de qualidade do ambiente (Domínguez *et al*., 2006; Salles *et al*., 2004). Também foi possível mensurar organismos sensíveis como o Polymirtacidae, em reservatório com baixo volume hídrico. Esse organismo apresentou alta concentração de biomassa em um ambiente considerado de baixa qualidade devido às altas concentrações de nutrientes, porém na literatura há registros de ocorrências de Polymirtacidae em ambientes degradados, justificando assim sua plasticidade. (Feio *et al*., 2013; Gargiulo *et al*., 2016; Kuhlmann *et al*., 2020). Desta forma, além da ocorrência, a biomassa desses organismos são métricas importantes, pois, fornece informações sobre o estado ecológico e as dinâmicas presentes, além de contribuir para identificar quais organismos de-

monstram maior sensibilidade ou resistência a determinadas alterações ambientais (Medeiros *et al*., 2018; Machuca-Sepúlveda *et al*.,2022; Mao *et al*.,2023).

## 5 CONCLUSÃO

Portanto, podemos perceber como a biomassa é afetada pela flutuação do volume hídrico, apresentando uma tendência de aumentar em menores volumes hídricos nos reservatórios do semiárido. Além disso, verificamos a ocorrência de diferentes organismos nas categorias de volumes hídricos estudados, sendo uns mais tolerantes e presentes em diferentes categorias, e outros organismos mais sensíveis restritos a determinados volumes hídricos, mostrando a influência que essas flutuações causam na estruturação da comunidade.

Diante disso, ao longo da pesquisa, observou -se que não há tantas informações sobre a biomassa em relação ao volume hídrico em reservatórios, principalmente no semiárido. Sendo necessário comparações em diferentes ambientes, dessa forma, necessitando novos estudos sobre essa temática. Visto que, é importante estudar sobre a dinâmica da biomassa e do volume hídrico dos reservatórios, pois tais dados podem fornecer informações sobre o estado ecológico do ecossistema e a resposta dos organismos frente às alterações climáticas.

## REFERÊNCIAS

AESA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: < http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/rio-paraiba/>, Acesso em: 15 de fevereiro de 2024.

ÁLVARO, É. L. F. *et al*. Phytoplankton and macroinvertebrate diversity and eco-exergy responses to rainfall diverge in semiarid reservoirs. **Ecological Indicators**, v. 147, p. 110012, 2023.

ÁLVARES, C. A. *et al.* Köppen climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift,** v. 6, pág. 711-728, 2013.

ANDERSON, M.J.; GORLEY, R N; CLARKE, K.R. PERMANOVA+ for PRIMER:Guide to Software and statistical Methods. PRIMER-E Plymouth. 2008.

AZEVÊDO, E. DE L. *et al*. The use of Risk Incidence and Diversity Indices to evaluate water quality of semi-arid reservoirs. **Ecological indicators**, v. 90, p. 90–100, 2018.

AZEVÊDO, E. de L. *et al*. Perception of the local community: What is their relationship with environmental quality indicators of reservoirs?. **Plos one**, v. 17, n. 1, p. e0261945, 2022.

BARBOSA, J. E. *et al*. Impacts of inter-basin water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region. **Hydrobiologia**, *848*(3), 651–673, 2021.

BATES, D. *et al.* Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**, *67*(1), 1–48, 2015.

BOERSMA, K. S. *et al.* Invertebrate assemblages of pools in arid- land streams have high functional redundancy and are resistant to severe drying. **Freshwater Biology**, v. 59, n. 3, p. 491-501, 2014.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas. Porto Alegre Artmed 2007.

BURGAZZI, G. *et al.* Basin-scale variables drive macroinvertebrate biomass in low-order streams across different mountain ecoregions. **Journal of Biogeography**, *50*(12), 2030–2041, 2023.

CUNHA, A. P. M. A. *et al.* Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. Atmosphere, v. 10, n. 11, p. 642, 2019.

CUMMINS, K. W. *et al.* Estimating macroinvertebrate biomass for stream ecosystem assessments**. International Journal of Environmental Research and Public Health,** 19(6), 3240, 2022.

DOMINGUEZ, E. *et al.* Ephemeroptera of South Africa. **Pensoft**. 2006.

FAHY, J. C.; DEMIERRE, E.; OERTLI, B. Long-term monitoring of water temperature and macroinvertebrates highlights climate change threat to alpine ponds in protected areas. **Biological Conservation**, v. 290, p. 110461, 2024.

FEIO, M. J. *et al.* Defining and testing targets for the recovery of tropical streams based on macroinvertebrate communities and abiotic conditions: Ecological recovery of tropical streams. **River Research and Applications**, *31*(1), 70–84, 2015.

FERNÁNDEZ, H. R.; DOMÍNGUEZ, E. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, 2001.

FOX, J.; WEISBERG, S. *Um companheiro R para regressão aplicada* (3ª ed.). Thousand Oaks, CA: Sage, 2019.

GARGIULO, J. R. B. C. *et al.* Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in Billings Reservoir fishing sites (SP, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, *28*(0), 2016.

HAH, H.-E. *et al.* Distribution and environmental associations of invasive freshwater Pomacea snails in Peninsular Malaysia. **Biological Invasions**, *24* (1), 189–204, 2022.

HIRZEL, A. H.; LE LAY, G. Habitat suitability modelling and niche theory. **Journal of applied ecology**, v. 45, n. 5, p. 1372-1381, 2008.

HADER, D-P. *et al.* Anthropogenic pollution of aquatic ecosystems: Emerging problems with global implications. **Science of the Total environment**, v. 713, p. 136586, 2020.

JOOSTE, M. L.; SAMWAYS, M. J.; DEACON, C. Fluctuating pond water levels and aquatic insect persistence in a drought-prone Mediterranean-type climate. **Hydrobiologia**, v. 847, n. 5, p. 1315–1326, 2020.

KUHLMANN, M. L.; IMBIMBO, H. R. V.; WATANABE, H. M. Campsurus truncatus Ulmer, 1920 (Polymitarcyidae): an Ephemeroptera in eutrophic waters. **Acta Limnologica Brasiliensia**, *32*, e17, 2020.

KEITH, B. R. *et al.* Protocols for collecting and processing macroinvertebrates from the benthos and water column in depressional wetlands**. US Geological Survey**, 2022.

KHATRI, N. *et al.* Assessment of river water quality through application of indices: a case study River Sabarmati, Gujarat, India. **Sustainable Water Resources Management**, v. 6, n. 6, p. 101, 2020.

LEITE, J. N. DE C.; BECKER, V. Impacts of drying and reflooding on water quality of a tropical semi-arid reservoir during an extended drought event**. Acta Limnologica Brasiliensia**, *31*, e15, 2019.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W.; BERG, M. B. Trophic relationships of macroinvertebrates. In: **Methods in stream ecology, volume 1**. Academic Press, p. 413-433, 2017.

MELO, D. B. *et al.* Extreme drought scenario shapes different patterns of Chironomid coexistence in reservoirs in a semi-arid region. **Science of The Total Environment**, v. 821, p. 153053, 2022.

MEES, ALEXANDRE. Qualidade da Água em Reservatórios. 2020.

MAO, Z. *et al.* Effects of nutrient reduction and habitat heterogeneity on benthic macroinvertebrate assemblages in a large shallow eutrophic lake. **Science of The Total Environment**, v. 867, p. 161538, 2023.

MACHUCA-SEPÚLVEDA, J.; FIERRO, P.; NIMPTSCH, J. Variability of benthic macroinvertebrate biomass in two contrasting streams in southern Chile. **Hydrobiologia**, v. 849, n. 3, p. 641-660, 2022.

MCLNERNEY, P. J. *et al.* Flooding drives a macroinvertebrate biomass boom in ephemeral floodplain **wetlands. Freshwater Science**, *36*(4), 726–738, 2017.

MARCO, PJ. Invasion by the Introduced Aquatic Snail Melanoides tuberculata (Muller, 1774) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae) of the Rio Doce State Park, Minas Gerais, Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, *34*(3), 186–189, 1999.

MEDEIROS, C. R. *et al.* Effectiveness of abundance and biomass curves in detecting environmental alterations in semi-arid region reservoirs. **Biota Neotropica**, v. 18, 2018.

OKSANEN, J. *et al. The vegan package: Community ecology package*. 2007.

OKUMURA, D. T.; ROCHA, O. Life history traits of the exotic freshwater snail Melanoides tuberculata Müller, 1774 (Gastropoda, Thiaridae), and its sensitivity to common stressors in freshwaters. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 32, p. e19, 2020.

PAIVA, F. F. *et al.* Functional threshold responses of benthic macroinvertebrates to environmental stressors in reservoirs. **Journal of Environmental Management**, v. 329, p. 116970, 2023.

PRIYA, M. *et al.* Impact of climate change and anthropogenic activities on aquatic ecosystem – A review. **Environmental Research,** *238*(117233), 117233, 2023.

POIKANE, S. *et al.* Benthic macroinvertebrates in lake ecological assessment: A review of methods, intercalibration and practical recommendations. **Science of the total environment**, v. 543, p. 123-134, 2016.

ROBINSON, C. T.; UEHLINGER, U.; MONAGHAN, M. T. Stream ecosystem response to multiple experimental floods from a reservoir. **River Research and Applications,** *20*(4), 359–377, 2004.

SABHA, I. *et al.* Water quality and anthropogenic impact assessment using macroinvertebrates as bioindicators in a stream ecosystem. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, n. 9, p. 387, 2022.

SARKA, D. Lattice: Multivariate Data Visualization with R. 2008.

SALLES, F. F. *et al.* As espécies de ephemeroptera (insecta) registradas para o Brasil. ***Biota Neotropica***, *4*(2), 1–34, 2004.

SOUZA, L.O.I.; COSTA, J.M.; OLDRINI, B.B. Ordem Odonata Fabricius, 1793 (Arthropoda: Insecta). Guia on-line identificaçao larvas insetos aquáticos do estado São Paulo 7, 23, 2007.

TAMPO, L. *et al.* Benthic macroinvertebrates as ecological indicators: their sensitivity to the water quality and human disturbances in a tropical river. **Frontiers in Water**, v. 3, p. 662765, 2021.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae (Insecta Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil Biota Neotropica, v. 11, p. 1-10, 2011.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros, 1995.

WHITMORE, M. M. *et al.* Littoral benthic macroinvertebrate response to water-level fluctuations in three reservoirs of the Willamette River Basin, Oregon. **River Research and Applications**, v. 33, n. 7, p. 1052-1059, 2017.

XU, M. *et al.* Efeitos da poluição em macroinvertebrados e bioavaliação da qualidade da água. **Hydrobiologia** , *729* (1), 247–259, 2014.

YAN, S. *et al.* A hybrid PCA-GAM model for investigating the spatiotemporal impacts of water level fluctuations on the diversity of benthic macroinvertebrates in Baiyangdian Lake, North China. **Ecological Indicators**, v. 116, p. 106459, 2020.

ZHANG, M.; CAI, Q.; QU, X. Impacts of flood-driven water level fluctuations on macroinvertebrate assemblages in different zones of a long and narrow subtropical reservoir-bay. Quaternary International: **The Journal of the International Union for Quaternary Research,** *440*, 111–118, 2017.

## AGRADECIMENTOS

Porque dEle e por Ele e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente. Amém (Romanos 11.34). Porque eu bem sei os pensamentos que tenho a vosso respeito, diz o Senhor; pensamentos de paz, e não de mal, para vos dar o fim que esperais (Jeremias 29.11). Esses foram os versículos que levei comigo durante todo esse tempo de graduação, sou grata a Deus por ter me sustentado, me guardado, por ter aquietado meu coração nos momentos de desespero, ansiedade e angústia, Obrigada, Deus, por sempre estar comigo, toda honra e toda glória é para ti.

Agradeço aos meus pais, Edna e Wandigley, que sempre estiveram comigo em todos os momentos, me dando conselhos, me acalmando nas tempestades e por não ter deixado eu desistir. Agradeço a Deus por ter pais tão bondosos, amigos e companheiros, sei que sou privilegiada em ter vocês. Obrigada por terem me criado tão bem, eu amo vocês. Também agradeço a minha irmã Isabelle, que mesmo sendo minha eterna criança, sempre buscou conversar comigo quando estava triste e ansiosa, eu te amo muito Belle, você é um dos meus maiores sonhos realizados. Obrigada vovô Nonato que é como um pai pra mim, sempre cuidando e protegendo, obrigada pelos conselhos sábios e por me dar forças mesmo sem saber que estava fazendo isso. Obrigada a toda a minha família, primos, tias e tios, vocês são especiais em meu coração.

Agradeço ao meu namorado Ezequiel, que não tem ideia do quão especial foi para mim durante todo esse tempo juntos. Você me acalmou, me levantou e me mostrou que sou capaz. Você trouxe paz para o meu coração ansioso e para a minha mente barulhenta. Sou tão grata a Deus por ter você em minha vida, eu te amo, meu amor.

As minhas amigas que a amizade começou na escola e estamos juntas até hoje...meninas, vocês me mostraram que Deus une pessoas e propósitos, vocês me escutaram, me aconselharam e estiveram comigo em todos os momentos. Eu amo vocês. Também as minhas amigas (do bonde das maravilhas kkk), vocês que são minhas amigas desde sempre...obrigada! Obrigada por estar comigo em todos os momentos, desde criança até hoje, vocês têm um lugar especial no meu coração. Obrigada por todas as aventuras, risadas e choros. Amo vocês.

Agradeço ao LEB, pois sem ele eu não seria quem eu sou. Obrigada Josy, minha orientadora, por sempre pensar em seus filhos científicos, obrigada por abrir portas para nós e por sempre nos fazer crescer. Obrigada também a minha coorientadora Duda, que foi tão essencial durante a escrita dessa TCC. Obrigada por todos os ensinamentos e pela paciência. Te admiro demais, sou privilegiada em ter tido alguém como você me coorientando. A família LEB, também sou grata, a todos que estão por lá e sempre me fazem rir e aprender, sou muito grata a Deus pela vida de vocês. Em especial Thayza, Dudinha e Bruno, obrigada pelas risadas e companhia, a vida na faculdade se torna muito mais leve quando estou com vocês. Obrigada por tudo! Agradeço a Cli, que me ensinou grande parte do que eu sei hoje, obrigada pelas risadas e conselhos, vou levar sempre comigo. Agradeço também a Sarah, minha eterna monitora que virou uma grande amiga, obrigada pela amizade, companhia e pelas músicas escutadas nas caronas, você foi e é muito importante durante durante esses anos que nos conhecemos.

Agradeço às minhas amigas da faculdade, Thayza, Jomminha, Bruno, Marília, Clara, Paloma e Mell, obrigada por todos esses anos juntos, sei que vocês vão ter um futuro brilhante e com muito sucesso, desejo tudo de mais maravilhoso, obrigada por trazer leveza nos dias agitados da universidade e da rotina maluca. Amo vocês. Em especial a Jomminha, que foi a minha dupla desde o online...Joamma, muito obrigada, de coração, por toda ajuda e paciência, você é especial demais. Também agradeço a Mylena e a Daniel por tornar todas as minhas manhãs mais leves e divertidas.

Agradeço ao apoio do Programa de pesquisas ecológicas de longa duração do Rio Paraíba (PELD – RIPA/CNPq), a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ-PB) e ao Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro), pois, por meio disso foi possível construir o meu projeto e desenvolver minhas habilidades na pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma passaram e estão presentes na minha vida e que acompanharam um pouco dessa minha rotina maluca. Obrigada, de coração e de verdade.