



UEPB

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

DAYRLA KELLY GOMES ROCHA

**ESTRUTURA DO ZOOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS TROPICAIS COM
DIFERENTES ESTADOS TRÓFICOS**

**CAMPINA GRANDE - PB
2021**

DAYRLA KELLY GOMES ROCHA

**ESTRUTURA DO ZOOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS TROPICAIS COM
DIFERENTES ESTADOS TRÓFICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia
Aquática

Orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa

Coorientador: Prof. Dr. Juliana dos Santos Severiano

**CAMPINA GRANDE - PB
2021**

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.

R754e Rocha, Dayrla Kelly Gomes.
Estrutura do zooplâncton em reservatórios tropicais com diferentes estados tróficos [manuscrito] / Dayrla Kelly Gomes Rocha. - 2021.
23 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2021.
"Orientação : Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa, Departamento de Biologia - CCBS."
1. Eutrofização. 2. Ecologia aquática. 3. Abastecimento público. I. Título
21. ed. CDD 583.4

DAYRLA KELLY GOMES ROCHA

ESTRUTURA DO ZOOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS TROPICAIS COM
DIFERENTES ESTADOS TRÓFICOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao departamento do
Curso de Ciências Biológicas da
Universidade Estadual da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do
título de bacharel em Biologia.

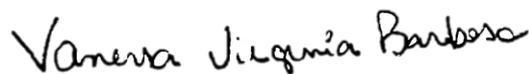
Área de concentração: Ecologia
Aquática.

Aprovada em: 19/02/2021.

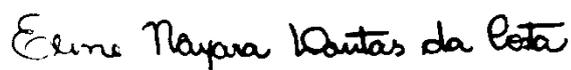
BANCA EXAMINADORA



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



Profa. Vanessa Virginia Barbosa
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Eline Nayara Dantas da Costa
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Dedico este trabalho principalmente a Deus, meus amigos e familiares. Sem eles nada seria possível.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – PCA das variáveis nutrientes, abióticos e clorofila a e suas direções para os estados tróficos. 14
- Figura 2** - RDA das variáveis explanatórias na proporção de espécies.
Componentes: NITRI = Nitrito, TUR = Turbidez, ODMG = Oxigênio dissolvido, ODP = Saturação do oxigênio, CE = Condutividade elétrica, STD = Sólidos suspensos totais, SA = Salinidade, TAR = Temperatura do ar, TA = Temperatura da água, PR = Fósforo total, PSR = Ortofosfato. 15
- Figura 3** – (A) riqueza de espécies, (B) Abundância, (C) diversidade de Shannon-Weiner e (D) equabilidade de Pielou em relação aos estados tróficos: Eutrófico (Eutrophic), Mesotrófico (Mesotrophic) e oligotrófico (Oligotrophic)..... 16
- Figura 4**- Diversidade β com Sorensen e Jaccard entre os estados tróficos. 16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados dos reservatórios amostrados. NA = Dados não disponíveis.	11
Tabela 2 - TSI dos reservatórios e classificações de trofia.....	13
Tabela 3 - Média e desvio padrão das variáveis abióticas, nutrientes e clorofila a para os estados tróficos: Oligotrófico, Mesotrófico e Eutrófico.....	14

Sumário

1 INTRODUÇÃO	9
2 METODOLOGIA	10
2.1 Área de estudo e amostragem	10
2.2 Variáveis abióticas, nutrientes e Clorofila-a.....	11
2.3 Comunidade zooplanctônica.....	11
2.4 Tratamento dos dados	12
2.5 Análise dos dados.....	12
3 RESULTADOS	13
4. DISCUSSÕES	17
5. CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS	18

ESTRUTURA DO ZOOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS TROPICAIS COM DIFERENTES ESTADOS TRÓFICOS

ROCHA, D. K. G. *

RESUMO

A eutrofização é um fenômeno que acontece com o aumento da concentração de nutrientes, como nitrogênio e fósforo nos ecossistemas aquáticos. Esse enriquecimento acontece por fontes naturais, e está sendo potencializada por fatores antropogênicos. A eutrofização intensificada provoca alterações danosas nos ecossistemas aquáticos, podendo afetar de forma estrutural e funcional no ambiente. O nitrogênio e fósforo estimulam a produtividade primária, e em níveis altos podem alterar a composição dos produtores primários para organismos tóxicos. Os produtores primários são recurso alimentar para o zooplâncton. Esse grupo é um elo relevante dos produtos primários para os níveis tróficos superiores. Alteração na dinâmica desse grupo pode produzir cascatas tróficas. O zooplâncton apresenta respostas diferentes a eutrofização, devido as suas características biológicas. Conhecer sobre a diversidade, abundância e distribuição da comunidade zooplanctônica contribui para compreensão das implicações dessas mudanças no ecossistema e o desenvolvimento de melhores técnicas de manejo em relação à qualidade da água dos reservatórios. Por isso, objetivou-se avaliar o grau de trofia de reservatórios tropicais sobre a estrutura zooplanctônica. O estudo foi realizado em 12 reservatórios no Estado da Paraíba, durante os meses de agosto e novembro de 2019. Foi mensurado os nutrientes nitrito, nitrato, amônia, fósforo total, ortofosfato e as variáveis sólidos suspensos totais, oxigênio dissolvido, oxigênio saturado, transparência, temperatura da água e do ar e clorofila a. Foi realizado o Índice de estado trófico (TSI), diversidade de Shannon-Weiner, equatibilidade de Pielou para cada reservatório e o índice de Sorensen e Jaccard para os corpos d'água que apresentarem o mesmo estado trófico. Foi encontrado 75 espécies de zooplâncton distribuída nos grupos rótíferas (35), seguido por Cladocera (30) e Copepoda (9). Os fatores turbidez, oxigênio dissolvido, oxigênio saturado, condutividade elétrica, sólidos suspensos totais e salinidade influenciaram na dinâmica Copepoditocyclopoda, Copepodecalanoida e os estágios neonato e nauplio. Enquanto para o Cladocera, a temperatura da água e ar e os nutrientes fósforo total e ortofosfato. O estágio larval nauplio teve uma maior contribuição na abundância, principalmente no eutrófico. O trabalho apresentou insight sobre a atuação da eutrofização na estrutura de zooplâncton, o que possibilita construir parâmetros para o manejo de reservatórios públicos, importantes para serviços ecossistêmicos.

Palavras-chave: Eutrofização. Ecologia aquática. Abastecimento público.

*Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
E-mail: dayrlakellyl@gmail.com

ZOOPLANKTON STRUCTURE IN TROPICAL RESERVOIRS WITH DIFFERENT TROPHIC STATES

ROCHA, D. K. G. *

ABSTRACT

Eutrophication is a phenomenon that occurs when the concentration of nutrients such as nitrogen and phosphorus increases in aquatic ecosystems. This enrichment occurs through natural sources, and is being enhanced by anthropogenic factors. Intensified eutrophication causes harmful changes in aquatic ecosystems, and can affect the structure and function of the environment. Nitrogen and phosphorus stimulate primary productivity, and at high levels can change the composition of the primary producers to toxic organisms. Primary producers are a food resource for zooplankton. This group is a relevant link from the primary products to the upper trophic levels. Alteration in the dynamics of this group can produce trophic cascades. Zooplankton show different responses to eutrophication, due to their biological characteristics. Knowledge about the diversity, abundance and distribution of the zooplankton community contributes to the understanding of the implications of these changes in the ecosystem and the development of better management techniques in relation to water quality in reservoirs. Therefore, we aimed to evaluate the degree of trophy of tropical reservoirs on zooplankton structure. The study was conducted in 12 reservoirs in Paraíba State, during the months of August and November 2019. The nutrients nitrite, nitrate, ammonia, total phosphorus, orthophosphate and the variables total suspended solids, dissolved oxygen, saturated oxygen, transparency, water and air temperature and chlorophyll a were measured. The trophic status index (TSI), Shannon-Weiner diversity, Pielou's equatibility were performed for each reservoir and Sorensen and Jaccard's index for water bodies with the same trophic status. A total of 75 zooplankton species were found, distributed in the groups of the rôtiferous (35), followed by Cladocera (30) and Copepoda (9). The factors turbidity, dissolved oxygen, saturated oxygen, electrical conductivity, total suspended solids and salinity influenced the dynamics Copepoditocyclopoda, Copepodecalanoida and the neonate and nauplium stages. While for Cladocera, water and air temperature and the nutrients total phosphorus and orthophosphate. The larval stage nauplio had a greater contribution in abundance, especially in eutrophic. The work presented insight on the action of eutrophication on zooplankton structure, which enables the construction of parameters for the management of public reservoirs, important for ecosystem services.

Keywords: Eutrophication. Aquatic ecology. Public supply.

*Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
E-mail: dayrlakellyl@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A eutrofização em ecossistema aquático é um processo natural de enriquecimento dos corpos d'água por nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio (LOPES et al., 2019). Além das fontes naturais, esses ecossistemas aquáticos podem receber nutrientes advindos de fontes antropogênicas, como esgoto industrial, esgoto urbano e lixiviação de solos agrícolas (SERRANO et al., 2017). Porém, os fatores provenientes da eutrofização são complexos e envolvem contextos ecológicos, sociais e econômicos, por exemplo (ÁLVAREZ et al., 2017). O crescimento da população humana em torno dos corpos hídricos é apontado como o principal problema ambiental para as águas superficiais do último século (SCHINDLER, 2006).

Entre as modificações danosas relacionadas à eutrofização, está a depleção do oxigênio dissolvido, alterações na qualidade da água, diminuição da transparência, adição de partículas orgânicas sedimentadas, odores desagradáveis e efeitos graves para a saúde humana (KOZLOWSKY-SUZUKI E BOZELLI, 2002; ANDERSEN et al., 2006; FRAGOSO et al., 2007; BHAGOWATI, 2020). A eutrofização cultural tem impulsionado transformações nocivas de forma estrutural e funcional ao ecossistema (DOODS et al., 2010), como a modificação da estrutura dos produtores primários para indivíduos tóxicos, com condições nutricionalmente pobres ou formas não palatáveis de cianobactérias (GHADOUANI et al., 2003). As variações dessas consequências ecológicas são dependentes dos aspectos estequiométricas da comunidade e seus traços de tolerância (GHADOUANI et al., 2003)

O nitrogênio e o fósforo são reguladores da produção primária aquática, porém as respostas da produtividade diante esses nutrientes podem ser variadas dependendo dos fatores como limitação de luz, herbivoria e hidrologia (SMITH et al., 2006) Em níveis moderados, esses nutrientes precursores da eutrofização (RAST e THORNTON, 1996) podem incentivar a produção primária, consequentemente o crescimento de organismos nos níveis tróficos superiores (NIYOGLI et al., 2007), beneficiando a riqueza de espécies aquática por fornecer nutrientes limitantes (HOFFMAN e DODSON, 2005). Porém, em níveis intermediários ascendentes de produtividade, as interações de competição, consumo, perturbação, escala espacial, eutrofização e contaminação passam a interferir na riqueza de espécies (STRONG, 2010; HOFFMAN e DODSON, 2005).

A comunidade zooplanctônica desempenha um papel importante na estrutura da teia alimentar e nos ecossistemas, por se alimentar de fitoplâncton e servir como recurso alimentar para peixes e carnívoros invertebrados (MARQUES et al., 2007). Devido a essa posição crucial nas teias alimentares, estressores que afetam o zooplâncton podem acarretar em cascatas tróficas que acometem o funcionamento da teia (CREMONA et al., 2020). Esses indivíduos podem ser influenciados por contaminantes, incluindo amônia elevada, hipóxia nas águas mais profundas, florações periódicas de fitoplâncton potencialmente tóxico e dominância de peixes planctívoros (BOWEN, 2017). Sua resposta direta e rápida às alterações físicas, químicas e biológicas o torna um indicador que pode refletir as variações no ecossistema causadas pela poluição e vários outros distúrbios (MARQUES et al., 2007).

Os grupos do zooplâncton diferem nas respostas à eutrofização, devido às distinções nas taxas de reprodução, capacidade de filtração e seleção de alimentos (AN et al., 2012; LODI et al., 2011). Os rotíferos são quase todos consumidores de suspensão, microfagos ou pastadores. Apresentam um tamanho limitado para a vasta disponibilidade de partículas que podem ingerir e são menos resistentes à fome. Os cladóceros têm nichos alimentares mais amplo em termos de tipo e tamanho, por meio da competição direta podem suprimir o crescimento populacional dos rotíferos (WALLACE e SNELL 2010; WALLACE et al., 2015). Os copépodes apresentam organismos pastadores, detritívoros, onívoros, carnívoros e parasitas. A maioria das espécies tem limitação na capacidade visual para perceber seus arredores (FOLT e GOLDMAN, 1981; HEUCH et al., 2007). Porém, os copépodes ciclopóides são menos prejudicados em alterações devido ao aquecimento ou eutrofização do que cladóceros (GLIWICZ e LAMPERT, 1990), em razão do seu comportamento alimentar onívoro oportunista (HOPP e MAIER, 2005).

Foi verificado por Yuan (2018) uma constância na proporção zooplâncton e fitoplâncton (proporção Z e F) com o aumento da biomassa fitoplanctônica em lagos oligotróficos, porém em lagos eutróficos o aumento da biomassa do zooplâncton era quase progressivo com as alterações da biomassa fitoplanctônica. Em seguida, a partir desse limiar a proporção Z e P diminuiu com o aumento da biomassa fitoplanctônica. Em lagos de água doce, o aumento nas concentrações de nutrientes geralmente está relacionado a redução na riqueza de espécies e tamanho corporal do zooplâncton, ao mesmo tempo que pode ocorrer o aumento da biomassa em consequência da produtividade do lago (GYLLSTROM et al., 2005; JEPPESEN et al., 2011).

Deste modo, o conhecimento sobre a diversidade, abundância e distribuição da comunidade zooplanctônica em corpos hídricos alterados pela ação antrópica, contribui para o desenvolvimento de melhores técnicas de manejo em relação à qualidade da água dos reservatórios e a área ao torno. Além do mais, medir a diversidade das espécies contribui para uma melhor compreensão das implicações dessas mudanças no ecossistema e na estruturação da comunidade zooplanctônica.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo e amostragem

O estudo foi realizado em 11 reservatórios localizados no Estado da Paraíba e 1 no Ceará, entre agosto e novembro de 2019: Acauã, Araçaci, Chã dos Pereira, Salgado de São Felix, Brejinho, Frutuoso II, Tauã, Condado, Pereiros, Cochos, Jangada e Saulo Maia (Tabela 1). Em um único ponto do reservatório, em triplicata na região litorânea.

Tabela 1 - Dados dos reservatórios amostrados. NA = Dados não disponíveis.

Reservatório	Coordenadas geográficas	Município	Área (m²)	Volume máximo (m³)	Volume médio 2019 (%)
Acauã	7°26'28.972"S; 35°33'39.15"W	Itatuba	253.000.000	34.292.662	8,24
Araçagi	6°51'7.524"S; 35°17'39.552"W	Araçagi	63.289.037	45.134.396	92,26
Chã dos Pereira	7°12'21.676"S; 35°38'5.122"W	Ingá	1.965.600	657.708	17,19
Salgado de São Felix	7°21'16.808"S; 35°26'39.473"W	Salgado de São Felix	NA	NA	NA
Brejinho	7°7'57.371"S; 35°37'40.282"W	Juarez Távora	101800	789000	33,30
Frutuoso II	7°6'57.744"S; 38°11'29.184"W	Aguiar	639720	3517220	11,22
Tauá	6°53'53.030" S; 35°32'47.789" W	Cuitegi	911289	8573500	68,50
Condado	7°33'20.218"S; 38°33'11.106"W	Conceição	3102600	35016000	27,31
Pereiros	7°15'55.656"S; 38°31'29.892"W	Pereiro	NA	NA	NA
Cochos	7°11'6.817"S; 38°9'47.056"W	Igaracy	932597	4200000	21,87
Jangada	6°49'8.004"S; 35°7'4.872"W	Mamanguape	72500	470000	85,05
Saulo Maia	6°55'16.536" S; 35°40'28.236" W	Areia	991902,92	9833615	72,12

Fonte: Agência executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA

2.2 Variáveis abióticas, nutrientes e Clorofila-a

Foram mensuradas *in situ* utilizando a sonda multiparâmetro HANNA HI 9829 as variáveis abióticas temperatura da água (°C), temperatura do ar (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) e sólidos suspensos totais (mg L⁻¹). A transparência dos reservatórios foi mensurada pelo disco de Secchi. As amostras para análise das concentrações dos nutrientes e clorofila-a foram armazenadas em recipientes plásticos (500 mL), transportados ao laboratório e congelados até o momento da análise.

As concentrações de ortofosfato (µg L⁻¹), fósforo total (µg L⁻¹), amônia (µg L⁻¹), nitrito (µg L⁻¹), e nitrato (µg L⁻¹), forem determinadas conforme a metodologia descrita em APHA (2012). Já a Clorofila-α (µg L⁻¹), foi mensurada por meio do método de extração do pigmento em acetona 90% (Lorenzen, 1967), em condições de ausência de luz, para a leitura foram utilizadas as absorbâncias aplicando o método espectrofotométrico de Richards e Thompson (1952).

2.3 Comunidade zooplânctônica

As amostras para a identificação do zooplâncton foram efetuadas através da filtração de 100L de água em uma rede de plâncton com abertura de malha de 68µm, sendo armazenado em garrafas de polietileno e conservadas em formol a 4% glicosado. Para identificação e quantificação do zooplâncton foi utilizado o microscópio óptico Zeiss Axio Lab.A1 em câmara de Sedgewick-Rafter com capacidade de 1mL, e o auxílio de bibliografia especializada (RUTTNER-KOLISKO,

1974; KOSTE, 1978; REID, 1985; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; SANTOS-SILVA, 2000; JOKO, 2011). Após a homogeneização das amostras, foi efetuada a análise de cinco réplicas aleatórias por amostra. Para a densidade (organismos L-1) do zooplâncton foram realizadas equações propostas pela norma técnica L5.304 da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2012).

2.4 Tratamento dos dados

Foi realizado o índice de estado trófico (TSI) de Carlson (1977) para identificar o grau de trofia dos reservatórios, e agrupá-los conforme seu estado trófico. Para o cálculo do TSI foi necessário valores de Clorofila-a (CHL), transparência (SD), ortofosfato (SRP) e fósforo total (TP):

$$TSI = \frac{TSI(SD) + (TSI(TP) + TSI(SRP) + TSI(CHL))}{7}$$

Os reservatórios que apresentarem um TSI < 44 são considerados oligotróficos, enquanto aqueles com TSI >44 e < 54 mesotróficos, maiores de 54 eutróficos. A determinação da diversidade do zooplâncton foi realizada através do índice de diversidade de Shannon-Weiner:

$$H' = \frac{[N \ln(N) - \sum_{i=1}^S ni \ln(ni)]}{N}$$

e equabilidade de Pielou com:

$$J = \frac{H'}{H_{max}}$$

Para calcular a riqueza de espécies foi utilizado o número de espécies em cada local, e abundância como a densidade de zooplâncton por litro. Também foi mensurado a diversidade beta com o índice de Sorensen (Ss) e Jaccard (Sj) como:

$$Sj = \frac{a}{a + b + c}$$

$$Ss = \frac{2a}{2a + b + c}$$

Os dois coeficientes foram utilizados para verificar a similaridade entre os grupos tróficos. Os valores de diversidade, equabilidade, riqueza e abundância dos reservatórios foram agrupadas para demonstrar a dinâmica da composição zooplanctônica em relação ao grau de trofia.

2.5 Análise dos dados

Para testar a diferença dos fatores abióticos, nutrientes, clorofila-a, diversidade, equabilidade, riqueza e abundância em relação ao grau de trofia, foi realizado o teste de GLM ("Generalized Linear Model") através da função "glm" (P<0,05). Para a média e desvio padrão por meio da função "mean" e "sd". Para analisar as inter-relações entre as variáveis, e explicar de forma mais representativa os dados a partir de combinações lineares em termos de duas dimensões inerentes, foi efetuado uma análise de componentes principais (PCA). Com a utilização da função "prcomp" para

a análise da PCA, e a produção de um gráfico com o “autoplot”. Com o propósito de quantificar como a proporção da variação na composição de espécies entre os grupos tróficos pode ser explicada por um dado conjunto de variáveis explanatórias, foi realizada uma RDA (“Constrained ordination analysis”).

As análises foram realizadas no software R utilizando o pacote “vegan” e “ggfortify” com o nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

3 RESULTADOS

Para os 12 reservatórios analisados, foram encontrados um $n=4$ para cada estado trófico, com Acauã, Araçagi, Chã dos Pereira e Salgado de São Felix classificados como eutrófico pela apresentação do TSI maior que 54 (Tabela 2). Com Brejinho, Frutuoso II, Tauá e Condado considerados mesotrófico com valores de 49,14, 49,51, 47,73 e 46,77, respectivamente. E Pereiros, Cochoso, Jangada e Saulo Maia identificado como oligotrófico com valores menores de 54 (Tabela 2). Foram identificadas diferenças significativas das variáveis mensuradas entre os graus de trofia. Com a turbidez apresentando uma diminuição no oligotrófico e mesotrófico (glm, $P < 0,05$), com média predominante para o eutrófico, com $16,92 \text{ mg L}^{-1}$ (Tabela 3). A saturação oxigênio agiu de forma negativa para o estado mesotrófico, e a amônia mostrou diferença estatística para os graus de trofia (glm, $P < 0,05$). As concentrações de fósforo total e ortofosfato apresentou diferenças significativa para o mesotrófico e oligotrófico (glm, $P < 0,05$), exibindo um efeito negativo. Podendo ser relacionada aos valores distintos de clorofila a encontrado nas amostragens, que atuou também de forma negativa para esses dois estados (glm, $P < 0,05$). Diferentemente do eutrófico que exibiu as concentrações médias desses três fatores superior, com 467 ug L^{-1} e $476,66 \text{ ug L}^{-1}$ para fósforo total e ortofosfato e Clorofila a $23,14 \text{ ug L}^{-1}$ (Tabela 3). A tabela 3 apresenta variáveis retiradas dos reservatórios, agrupados de acordo com a classificação do TSI, e realizada a média e desvio padrão para cada grau de trofia.

Tabela 2- TSI dos reservatórios e classificações de trofia.

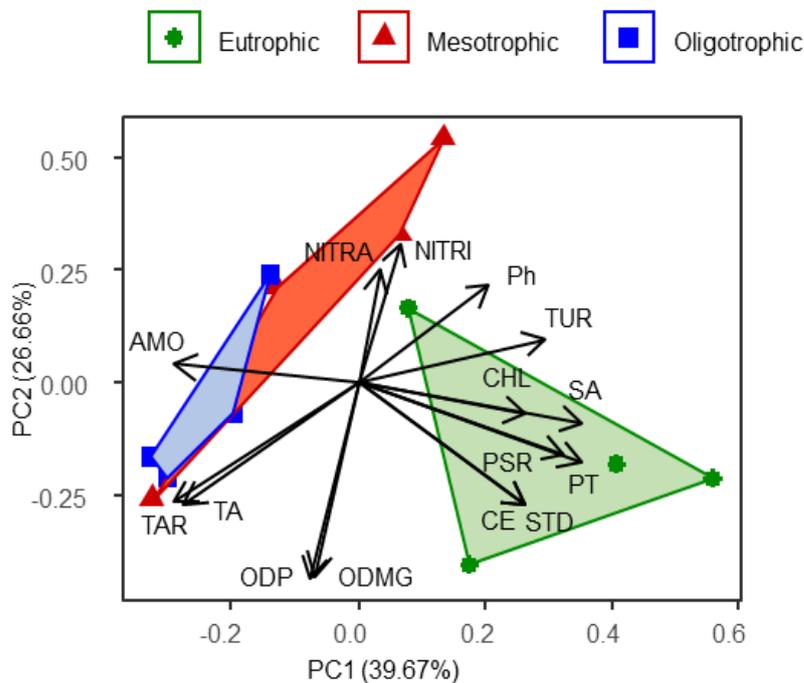
<i>Reservatório</i>	<i>Valor TSI</i>	<i>Classificação</i>
Acauã	78,33	Eutrophic
Araçagi	66,42	Eutrophic
Chã dos Pereira	72,52	Eutrophic
Salgado de São Felix	69,71	Eutrophic
Brejinho	49,14	Mesotrophic
Frutuoso II	49,51	Mesotrophic
Tauá	47,73	Mesotrophic
Condado	46,77	Mesotrophic
Pereiros	38,05	Oligotrophic
Cochoso	43,86	Oligotrophic
Jangada	40,46	Oligotrophic
Saulo Maia	40,15	Oligotrophic

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Para a PCA, o eixo 1 representou 39,67% das direções das variáveis (Figura 1), com o segundo apresentando 26,66%. Os fatores fósforo total, ortofosfato, sólidos totais suspensos, condutividade elétrica, Clorofila a, salinidade e turbidez tiveram uma

inter-relação direcionada para o estado trófico. Características associadas ao processo de eutrofização aos corpos d'águas.

Figura 1 – PCA das variáveis nutrientes, abióticos e clorofila a e suas direções para os estados tróficos.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Tabela 3 - Média e desvio padrão das variáveis abióticas, nutrientes e clorofila a para os estados tróficos: Oligotrófico, Mesotrófico e Eutrófico.

Variáveis	Oligotrófico		Mesotrófico		Eutrófico	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Clorofila a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	3.36	1.708	9.952	14.447	23.14	32.768
Nitrito ($\mu\text{g L}^{-1}$)	3.977	7.835	32.542	41.127	8.612	9.681
Nitrato ($\mu\text{g L}^{-1}$)	83.42	140.057	147.415	242.013	160.075	273.046
Amônia ($\mu\text{g L}^{-1}$)	34.17	6.399	30.74	10.800	17.795	3.288
Turbidez (mg L^{-1})	0.375	0.478	16.15	13.078	16.922	22.618
Ph	7.675	0.761	7.777	0.745	7.76	0.629
Condutividade elétrica (Ω^{-1})	0.275	0.152	0.330	0.127	1.849	0.973
Oxigênio dissolvido (mg L^{-1})	6.832	1.425	4.665	3.309	6.6	1.829
Saturação do oxigênio (mg L^{-1})	90.875	19.954	60.725	44.636	85.525	23.705
Sólidos suspensos totais (mg L^{-1})	0.178	0.099	0.214	0.079	1.1845	0.622

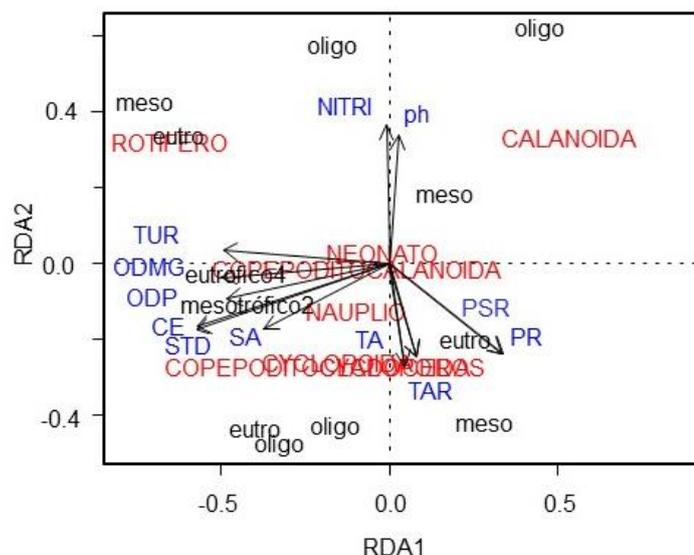
Salinidade (g/kg)	0.014	0.005	0.128	0.090	0.566	0.343
Fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$)	17.5	5.259	42.667	8.582	467	243.371
Ortofosfato ($\mu\text{g L}^{-1}$)	8.582	5.580	15.447	4.835	476.667	348.349
Temperatura Ar ($^{\circ}\text{C}$)	28.957	2.719	25.647	3.337	25.082	0.562
Temperatura água ($^{\circ}\text{C}$)	29.167	1.767	27.84	2.379	26.997	0.208

Fonte: elaborada pela autora, 2021.

Identificamos um total de 75 espécies de zooplâncton, sendo os rotíferos o grupo mais rico (35), seguido por Cladocera (30) e Copepoda (10). Com o oligotrófico apresentando rotíferos (10), Cladocera (16) e Copepoda (9), para mesotrófico rotíferos (20), Cladocera (18) e Copepoda (7). Por fim, o eutrófico com rotíferos (18), Cladocera (7) e Copepoda (9). Houve na amostragem uma grande contribuição dos estágios juvenis de copépodes (Nauplios) nos três estados tróficos, sendo o eutrófico preponderante com $2 \cdot 10^{10}$ org L⁻¹.

O gráfico da RDA (Figura 2) retratou que as variáveis turbidez, oxigênio dissolvido, oxigênio saturado, condutividade elétrica, sólido suspensos totais e salinidade influenciam na dinâmica dos grupos Copepoditocyclopoda, Copepodecalanoida e os estágios neonato e nauplio. Essas variáveis são normalmente relacionadas as características da eutrofização. Além do mais, foi verificado uma associação dos Cladocera a temperatura da água e do ar e os nutrientes fósforo total e ortofosfato (Figura 2).

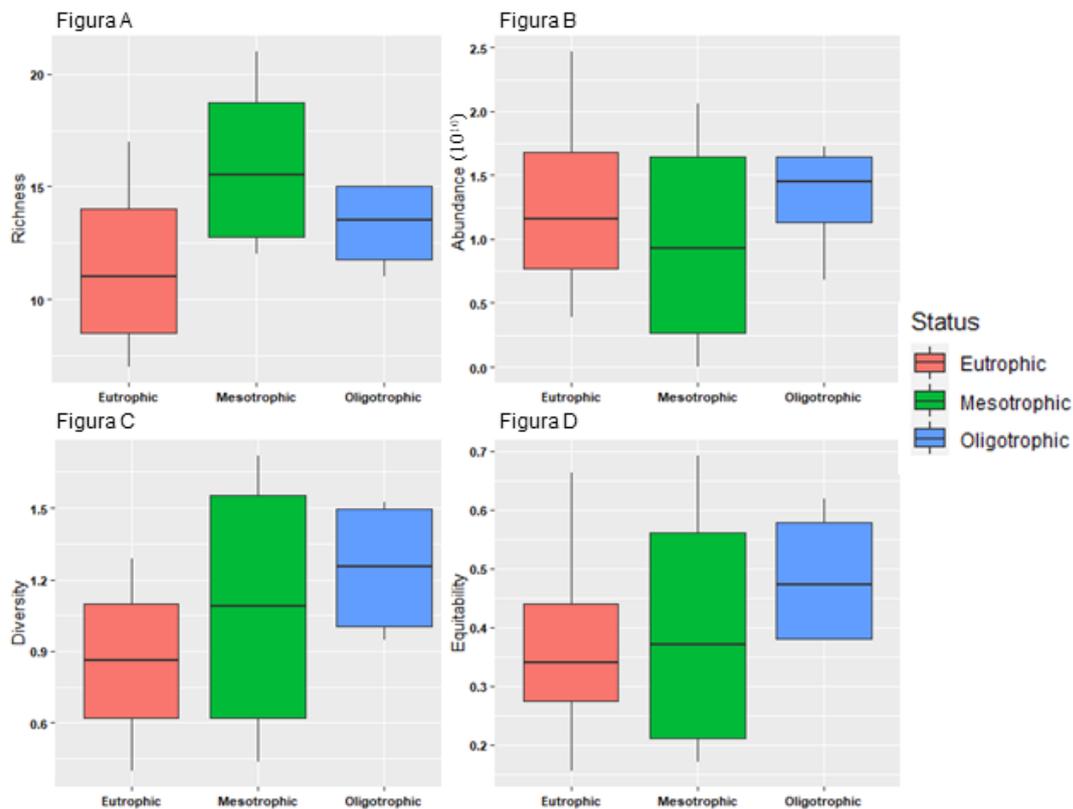
Figura 2 - RDA das variáveis explanatórias na proporção de espécies. Componentes: NITRI = Nitrito, TUR = Turbidez, ODMG = Oxigênio dissolvido, ODP = Saturação do oxigênio, CE = Condutividade elétrica, STD = Sólidos suspensos totais, SA = Salinidade, TAR = Temperatura do ar, TA = Temperatura da água, PR = Fósforo total, PSR = Ortofosfato.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021

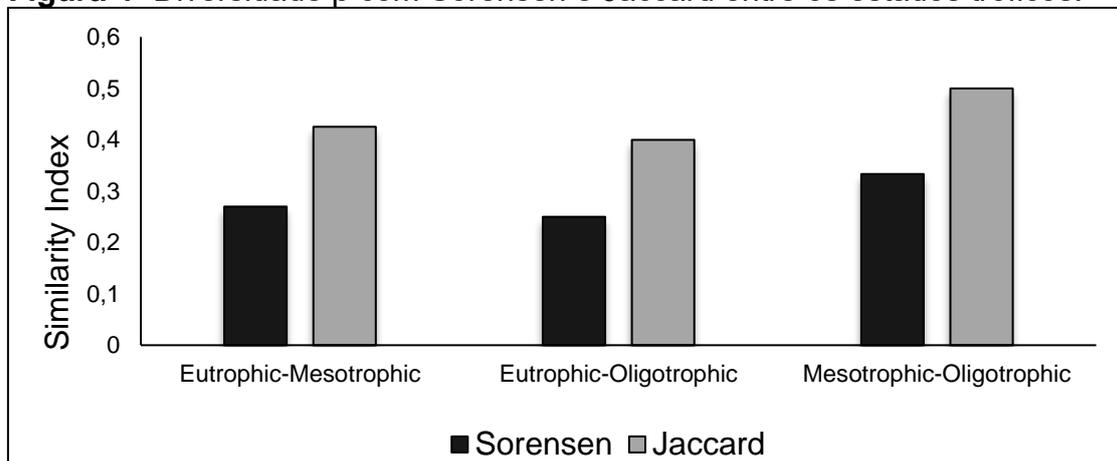
Para os índices de diversidade de Shannon-Weiner, equatibilidade de Pieulo e riqueza não houve diferenças significativas (glm, $P > 0,05$). Enquanto a abundância exibiu uma diferença positiva para os estados eutróficos e oligotróficos (glm, $P < 0,05$) (Figura 3). Os resultados dos índices de similaridade de Jaccard (Sj) e Sorensen (Ss) apontaram que houve uma maior semelhança entre o oligotrófico e o mesotrófico ($Ss = 0,33$ e $Sj = 0,5$) do que o eutrófico com oligotrófico e/ou mesotrófico ($Ss = 0,25$ e $Sj = 0,4$, $Ss = 0,26$ e $Sj = 0,42$) (Figura 4).

Figura 3 – (A) riqueza de espécies, (B) Abundância, (C) diversidade de Shannon-Weiner e (D) equatibilidade de Pielou em relação aos estados tróficos: Eutrófico (Eutrophic), Mesotrófico (Mesotrophic) e oligotrófico (Oligotrophic).



Fonte: Elaborada pela autora, 2021

Figura 4- Diversidade β com Sorensen e Jaccard entre os estados tróficos.



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

4. DISCUSSÕES

As variáveis relacionadas ao estado Eutrófico (Figura 1) influenciaram principalmente na dinâmica dos grupos Copepoditocyclopoda, Copepodecalanoida e os estágios neonato e nauplio (Figura 2). Demonstrando ocorrer uma forte atuação do grau de trofia dos reservatórios sobre o desempenho desses grupos.

O aumento da riqueza dos rotíferos nos estados mesotrófico e eutrófico pode ser relacionado ao favorecimento que ambientes ricos em nutrientes promovem para rotíferos e pequenos cladóceros, devido as respostas as alterações por meio de mudanças de nicho ecológico, alta taxas de reprodução e ciclos de vida curtos (GENG et al., 2005; MAIER, 1993; GANNON e STEMBERGER, 1978; LI et al., 2019b). Além disso, a maior contribuição desse grupo na riqueza regional também pode estar relacionada a outro fator importante na estruturação do zooplâncton. As fortes pressões de predação de alta densidade de peixes cultivados em ambientes urbanos (ZHAO et al., 2013, 2015), o que beneficia grupos menores. Mesmo sem a medição dessa variável neste trabalho, e notório a relevância desse elemento na dinâmica do zooplâncton.

É conhecido que o tamanho médio do zooplâncton diminui com o aumento do fósforo total (TP) (HANSSON et al., 2007; SUN et al., 2012; VEHMAA et al., 2018). Podendo ser relacionado ao nível de predação nesses ambientes, o que pode explicar a diminuição da quantidade de espécies de Cladocera para o estado eutrófico que apresentou altas concentrações de fósforo total (467 ug L^{-1}).

A relação de grande contribuição de estágios juvenis de copépodes (Nauplios) em relação aos adultos é normalmente associada a reservatórios brasileiros. A produção de um grande número desses estágios larvais pode ser apontada como uma estratégia reprodutiva para compensar a alta mortalidade antes de atingir o estágio final (BONECKER et al., 2001; DE-CARLI et al., 2018; LANSAC-TÔHA et al., 2005). O que foi verificado nos estados tróficos, principalmente no eutrófico com $2 \cdot 10^{10} \text{ org L}^{-1}$. Concentrações alta de detritos e nutrientes também favorece o crescimento de bactérias e protozoários, uma relevante fonte de alimento para pequenos filtradores, como nauplios e pequenos cladóceros (BRITO et al., 2011)

O estado eutrófico apresentou maior concentração de fósforo e ortofosfato (Tabela 3), mesmo sem obter diferenças significativas para diversidade e equitabilidade, foi encontrado menores valores para esses componentes (Figura 3). Ao qual pode estar relacionada as mudanças dos produtores primários para cianobactérias e indivíduos nutricionalmente pobres como consequência das alterações do processo de eutrofização (GHADOUANI et al., 2003). Mesmo contendo uma maior contribuição de Clorofila a $23,14 \text{ ug L}^{-1}$ (Tabela 3), as alterações desses organismos podem interferir na dinâmica das espécies zooplacntônica. Além disso, a presença de maior concentração de sólidos suspensos totais encontrados nesse grau de trofia (Tabela 3), pode ter um efeito negativo sobre a comunidade, causando distúrbios mecânicos dentro do aparato filtrante, diminuindo as taxas de alimentação, crescimento e relevantes interações biológicas (CLAPS et al., 2011; JOSÉ DE PAGGI, 2014)

É relevante enfatizar que a dinâmica populacional do zooplâncton pode ser afetada tanto pelas variações tróficas, quanto as características morfofuncionais dos reservatórios de forma diferente (PERBICHE-NEVES, 2013).

5. CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou encontrar insight da intervenção do processo de eutrofização na estrutura zooplânctônica. O conhecimento da produtividade secundária de zooplâncton em ecossistemas aquáticos permite elucidar a dinâmica desses ambientes, pois este grupo de organismos é um elo importante entre os produtores e os níveis tróficos mais elevados. Além do mais, por estarem presentes em reservatórios utilizados para o abastecimento público.

Foi apresentada diferença na composição de Cladocera, Rotíferos e Copepoda entre os estados tróficos, porém não ocorreu uma diferença estatística nos índices de diversidade, equabilidade e riqueza, somente para abundância. As variáveis turbidez, oxigênio, turbidez, oxigênio saturado, condutividade elétrica, sólido suspensos totais e salinidade conduziu na dinâmica dos estágios nauplio e neonato, além dos grupos Copepoditocyclopoda, Copepodecalanoida. Variáveis associadas as alterações advindas do processo de eutrofização. Também foi percebido uma relação do fósforo total, ortofosfato e temperatura do ar e água com o grupo Cladocera.

O resultado pode proporcionar parâmetros na produção de políticas públicas com estratégias eficientes de manejo e gerenciamento de reservatórios, principalmente aqueles destinados ao uso público que apresentam fatores incentivadores da eutrofização.

REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2020. Volume dos açudes. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/>. Acesso em: Fev. de 2021.

ÁLVAREZ, X. et al. Anthropogenic nutrients and eutrophication in multiple land use watersheds: Best management practices and policies for the protection of water resources. **Land Use Policy**, v. 69, p. 1-11, 2017.

AN, X. P. et al. Structure of the zooplankton community in Hulun Lake, China. **Procedia Environmental Sciences**, v. 13, p. 1099-1109, 2012.

ANDERSEN, Jesper H.; SCHLÜTER, Louise; ÆRTEBJERG, Gunni. Coastal eutrophication: recent developments in definitions and implications for monitoring strategies. **Journal of plankton research**, v. 28, n. 7, p. 621-628, 2006.

BHAGOWATI, Biswajit; TALUKDAR, Bishal; AHAMAD, Kamal Uddin. Lake Eutrophication: Causes, Concerns and Remedial Measures. In: **Emerging Issues in the Water Environment during Anthropocene**. Springer, Singapore, p. 211-222, 2020.

BONECKER, C. C. et al. The temporal distribution pattern of copepods in Corumbá reservoir, State of Goiás, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 453, n. 1, p. 375-384, 2001.

BOWEN, K. L.; CURRIE, W. J. S. Elevated zooplankton production in a eutrophic Lake Ontario embayment: Hamilton Harbour 2002–2014. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v. 20, n. 3, p. 230-241, 2017.

BOYD, Claude E. Eutrophication. In: **Water Quality**. Springer, Cham, p. 311-322, 2020.

BRITO, Sofia Luiza; MAIA-BARBOSA, Paulina Maria; PINTO-COELHO, Ricardo Motta. Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 16, n. 4, p. 253-264, 2011.

CLAPS, Maria C. et al. Seasonal changes in the vertical distribution of rotifers in a eutrophic shallow lake with contrasting states of clear and turbid water. **Zoological Studies**, v. 50, n. 4, p. 454-465, 2011.

CREMONA, Fabien et al. How warming and other stressors affect zooplankton abundance, biomass and community composition in shallow eutrophic lakes. **Climatic Change**, p. 1-16, 2020.

DE-CARLI, Bruno P. et al. Comunidade zooplanctônica e sua relação com a qualidade da água em reservatórios do Estado de São Paulo. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 108, 2018.

DODDS, Walter K. et al. Thresholds, breakpoints, and nonlinearity in freshwaters as related to management. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 29, n. 3, p. 988-997, 2010.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil. **Brasília: Universo**. UCB. 1997.

FOLT, Carol; GOLDMAN, Charles R. Allelopathy between zooplankton: a mechanism for interference competition. **Science**, v. 213, n. 4512, p. 1133-1135, 1981.

GENG, Hong et al. The rotifer assemblage in a shallow, eutrophic Chinese lake and its relationships with cyanobacterial blooms and crustacean zooplankton. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 20, n. 1, p. 93-100, 2005.

GHADOUANI, Anas; PINEL-ALLOUL, Bernadette; PREPAS, Ellie E. Effects of experimentally induced cyanobacterial blooms on crustacean zooplankton communities. **Freshwater Biology**, v. 48, n. 2, p. 363-381, 2003.

GILBERT, John J.; MCPEEK, Mark A. Maternal age and spine development in a rotifer: ecological implications and evolution. **Ecology**, v. 94, n. 10, p. 2166-2172, 2013.

GLIWICZ, Z. Maciej; LAMPERT, Winfried. Food thresholds in *Daphnia* species in the absence and presence of blue-green filaments. **Ecology**, v. 71, n. 2, p. 691-702, 1990.

GYLLSTRÖM, Mikael et al. The role of climate in shaping zooplankton communities of shallow lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 50, n. 6, p. 2008-2021, 2005.

HANSSON, LARS-ANDERS et al. Cyanobacterial chemical warfare affects zooplankton community composition. **Freshwater Biology**, v. 52, n. 7, p. 1290-1301, 2007.

HEUCH, Peter A.; DOALL, Michael H.; YEN, Jeannette. Water flow around a fish mimic attracts a parasitic and deters a planktonic copepod. **Journal of Plankton Research**, v. 29, n. suppl_1, p. i3-i16, 2007.

HOFFMANN, Michael D.; DODSON, Stanley I. Land use, primary productivity, and lake area as descriptors of zooplankton diversity. **Ecology**, v. 86, n. 1, p. 255-261, 2005.

HOPP, Ulrich; MAIER, Gerhard. Implication of the feeding limb morphology for herbivorous feeding in some freshwater cyclopoid copepods. **Freshwater Biology**, v. 50, n. 5, p. 742-747, 2005.

JEPPESEN, Erik et al. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). **Hydrobiologia**, v. 676, n. 1, p. 279-297, 2011.

JOSE, Susana Beatriz; PAGGI, Juan Cesar. El zooplancton de los grandes ríos Sudamericanos con planicie de inundación. **Revista FABICIB**, v. 18, p. 166-194, 2014.

JÚNIOR, Carlos Ruberto Fragoso et al. Simulação de Eutrofização em Lagos Rasos II: Sistema do Taim (RS). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 4, p. 37-48, 2007.

KOSTE, W. Rotatoria: Die Rädertiere Mitteleuropas Ein Bestimmungswerk begründet von Max Voigt. Überordnung Monogonta. 2. Berlin, **Gebrüder Borntraeger**, p. 637, 1978.

LODI, Sara et al. Zooplankton community metrics as indicators of eutrophication in urban lakes. **Natureza & Conservação**, v. 9, n. 1, p. 87-92, 2011.

LOPES, Olandia Ferreira et al. Influence of land use on trophic state indexes in northeast Brazilian river basins. **Environmental monitoring and assessment**, v. 191, n. 2, p. 77, 2019.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. **Limnol. Oceanogr.**, Texas, US, v. 12, n. 2, p. 343-346, 1967.

MAIER, Gerhard. The life histories of two temporarily coexisting, pond dwelling cladocerans. **Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie**, v. 78, n. 1, p. 83-93, 1993.

MARQUES, Sonia Cotrim et al. Zooplankton distribution and dynamics in a temperate shallow estuary. **Hydrobiologia**, v. 587, n. 1, p. 213-223, 2007.

NIYOGI, Dev K. et al. Stream communities along a catchment land-use gradient: subsidy-stress responses to pastoral development. **Environmental management**, v. 39, n. 2, p. 213-225, 2007.

OH, Hye-Ji et al. Comparison of taxon-based and trophi-based response patterns of rotifer community to water quality: applicability of the rotifer functional group as an indicator of water quality. **Animal cells and systems**, v. 21, n. 2, p. 133-140, 2017.

PERBICHE-NEVES, Gilmar et al. Relations among planktonic rotifers, cyclopoid copepods, and water quality in two Brazilian reservoirs. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 41, n. 1, p. 138-149, 2013.

RAST, Walter; THORNTON, Jeffrey A. Trends in eutrophication research and control. **Hydrological processes**, v. 10, n. 2, p. 295-313, 1996.

RICHARDS, F. A.; THOMPSON, T. G. The estimation and characterization of plankton populations by pigment analysis: II a spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. **J. Mar. Res. New Haven, CT**, v. 11, n. 2, p. 156-172, 1952.

RUTTNER-KOLISKO, A. Plankton Rotifers. Biology and taxonomy (Monogononta). Buchhandlung Suttgart: **Schweizerbart'sche verlags**, p. 146. 1974.

SANTOS-SILVA, E. N. Revisão das espécies do "complex nordestinus" (Wright, 1935) de *Notodiaptomus* Kiefer, 1936 (Copepoda: Calanoida: Diaptomidae). **Tese (Doutorado em Zoologia) – Universidade de São Paulo**, p. 198. 2000.

SCHINDLER, David W. Recent advances in the understanding and management of eutrophication. **Limnology and oceanography**, v. 51, n. 1part2, p. 356-363, 2006.

SERRANO, L. et al. A new tool for the assessment of severe anthropogenic eutrophication in small shallow water bodies. **Ecological Indicators**, v. 76, p. 324-334, 2017.

SMITH, Val H.; JOYE, Samantha B.; HOWARTH, Robert W. Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. **Limnology and oceanography**, v. 51, n. 1part2, p. 351-355, 2006.

SMITH, Val H.; SCHINDLER, David W. Eutrophication science: where do we go from here?. **Trends in ecology & evolution**, v. 24, n. 4, p. 201-207, 2009.

STRONG, Donald R. Evidence and inference: shapes of species richness—productivity curves. **Ecology (Durham)**, v. 91, n. 9, p. 2534-2535, 2010.

SUN, Xiaoxue et al. Large-scale field evidence on the enhancement of small-sized cladocerans by *Microcystis* blooms in Lake Taihu, China. **Journal of plankton research**, v. 34, n. 10, p. 853-863, 2012.

VEHMAA, Anu; KATAJISTO, Tarja; CANDOLIN, Ulrika. Long-term changes in a zooplankton community revealed by the sediment archive. **Limnology and Oceanography**, v. 63, n. 5, p. 2126-2139, 2018.

WALLACE, Robert L.; SNELL, Terry W.; SMITH, Hilary A. Phylum rotifera. In: **Thorp and Covich's freshwater invertebrates**. Academic Press, 2015. p. 225-271.

WALLACE, Robert Lee; SNELL, Terry W. Rotifera. In: **Ecology and classification of North American freshwater invertebrates**. Academic Press, 2010. p. 173-235.

YUAN, Lester L.; POLLARD, Amina I. Changes in the relationship between zooplankton and phytoplankton biomasses across a eutrophication gradient. **Limnology and oceanography**, v. 63, n. 6, p. 2493-2507, 2018.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter concedido saúde, força para superar as dificuldades em todos os momentos.

A Universidade Estadual da Paraíba, pela oportunidade de fazer o curso. E todo corpo docente, direção e administração.

Ao Prof. Dr. Ethan de Lucena Barbosa pela oportunidade para realizar esse trabalho.

A Prof. Dr. Juliana Santos Severiano pelo empenho, paciência, incentivos. Além do mais, por ter acreditado na minha capacidade e demonstrar como uma orientadora pode se tornar um modelo de forma pessoal e profissional para alguém.

A minha mãe Ednalva, e meu pai Roberto pelo incentivo e apoio durante essa jornada.

Meus agradecimentos aos amigos, principalmente Kezia, Emmanuely, Juciliara, Evaldo e Ana, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão permanecer em minha vida, de forma presencial e em memórias.

Agradeço ao meu namorado Carlos, que sempre permaneceu do meu lado apoiando e incentivando. Obrigada, por ter aguentado tantas crises de estresse e ansiedade.