



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE (CCBS)
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

IARA MARIA SANTOS RIBEIRO

**INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-
TEMPORAL DA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM
RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO**

**CAMPINA GRANDE, PB
2019**

IARA MARIA SANTOS RIBEIRO

INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia

Orientador (a): Prof^ª. Dr^ª. Joseline Molozzi

Co-orientador (a): Me. Marcos Medeiros Cavalcanti Júnior

**CAMPINA GRANDE, PB
2019**

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.

R484i Ribeiro, Iara Maria Santos.
Influência de fatores ambientais sobre a distribuição espaço-temporal da assembleia de macroinvertebrados bentônicos em reservatórios no semiárido [manuscrito] / Iara Maria Santos Ribeiro. - 2019.
33 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Joseline Molozzi, Departamento de Biologia - CCBS."
"Coorientação: Prof. Me. Marcos Medeiros Cavalcanti Júnior, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa"
1. Macroinvertebrados bentônicos. 2. Impacto ambiental.
3. Volume hídrico. I. Título

21. ed. CDD 577.6

IARA MARIA SANTOS RIBEIRO

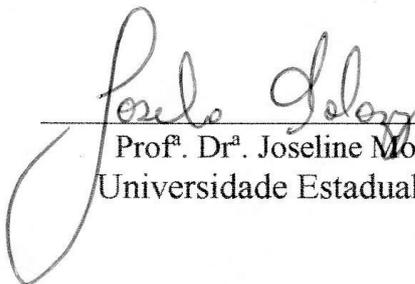
INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ASSEMBLEIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO

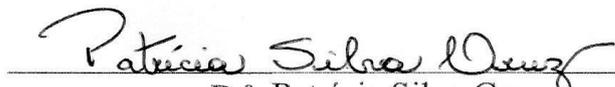
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

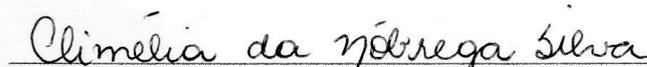
Área de concentração: Ecologia

Aprovada em: 06/06/2019.

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Dr.^a Joseline Molozzi (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Dr.^a Patrícia Silva Cruz
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Me. Climélia da Nóbrega Silva
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico este trabalho a meu bom e amado Deus, que nunca me abandonou e sempre esteve ao meu lado. A minha querida mãe Maria pelo apoio e por sempre ficar do meu lado nos meus melhores e piores momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades que eu tive na vida de crescer e sempre ser uma pessoa melhor, por todas as bênçãos que recebi, pela força, companheirismo e pelo amor que nunca me deixou faltar. Agradeço por todas as provações que passei em minha caminhada, pois foram elas que me fizeram acreditar no meu potencial e nunca desistir dos meus sonhos, a cada queda eu sempre levantava mais forte e você sempre vai ser meu verdadeiro caminho a seguir.

Agradeço a minha família, meus pais e minhas irmãs, por todo apoio que tive desde meu primeiro suspiro, pela educação que tive e pelo companheirismo. Agradeço em especial a minha mãe Maria, por todo amor e carinho incondicional que sempre tive, também agradeço por todos os “puxões de orelha” que a senhora me deu se hoje eu sou alguém na vida não foi porque você me passou a mão em minha cabeça e sim porque você soube me educar e mostrar qual o melhor caminho que eu poderia seguir na vida, então te agradeço por tudo.

Agradeço a minha orientadora Joseline, pelo apoio durante esses anos em que estivemos trabalhando juntas, pela compreensão, confiança e companheirismo na minha vida acadêmica, são ensinamentos que vou levar sempre comigo. Agradeço pela força que você me deu quando estive em meus momentos de vulnerabilidade, por nunca ter desistido de acreditar que eu seria capaz de sempre melhorar.

Ao meu amigo e coorientador Marcos, te agradeço pelo carinho e pela sua amizade, que sempre vou levar comigo, pela ajuda, apoio e por nunca ter desistido de acreditar no meu potencial, você sempre me incentivou a olhar pra frente e nunca desistir diante dos desafios, mesmo sabendo que eram momentos difíceis, você nunca me desestimulou, então meu amigo muito obrigado por tudo, guardo você com muito carinho no coração.

A toda equipe do Laboratório de Ecologia de Bentos, em especial a Climélia por ter sido uma verdadeira amiga para mim, sempre pude contar com sua ajuda dentro e fora do laboratório, seus conselhos, sua amizade e todo cuidado que você teve comigo desde o primeiro dia em que nos conhecemos e como você sempre me chamava “Meu bem” nunca vou esquecer, muito obrigada por fazer parte da minha vida.

Agradeço a Érica por me ajudar nos procedimentos práticos e teóricos no laboratório, pela amizade e carinho que sempre teve comigo, você é uma menina muito doce e encantadora, continue sempre assim. Agradeço as meninas que sempre estiveram comigo no dia a dia, Erlâiny, Sara, Mayara, Luana, Rafaella, Maria Eduarda, Ana Vitória e Valescka, pelas risadas, brincadeiras, e pela ajuda e companheirismo de vocês.

As minhas amigas e irmãs Girllane, Emanuelle e Marta, por toda a amizade que tivemos desde o início do curso, nós vivemos muitas experiências juntas e a cada dia nossa amizade se fortaleceu mais, pelas noites em claro que passamos juntas fazendo atividades, ajudando uma a outra, eu só tenho a agradecer por esses anjos da terra que me ajudaram e me deram forças na minha caminhada, nunca vou esquecê-las, quando eu chegar lá na frente vou saber que parte de mim é resultado das nossas experiências juntas, obrigada por fazerem parte de minha vida. A Andréia (coleguinha) por sempre me contagiar com sua alegria e me ajudar no dia a dia, as tardes com você sempre vou lembrar com carinho. Muito obrigada minhas amigas.

Agradeço ao Laboratório de Ecologia Aquática e ao Prof. José Etham pelo apoio na realização das coletas, que foram experiências únicas para mim, no processamento dos dados usados. Agradeço a Patrícia pelo auxílio, o carinho e compreensão comigo durante esse período em que estivemos trabalhando juntas.

Aos professores que tive oportunidade de ser aluna, pelos ensinamentos.

Aos funcionários desta universidade, a instituição da UEPB por todo serviço prestado e por sempre auxiliarem quando necessário.

A Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) e a Fundação Parque Tecnológico da Paraíba (PaqTcPB) pelo financiamento do projeto Rede de Hidrologia do Semiárido (REHISA).

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para este trabalho.

Carinhosamente agradeço!

*“E aqueles que foram vistos dançando, foram julgados
insanos por aqueles que não podiam escutar a
música.”*

Friedrich Nietzsche

RESUMO

Um dos principais papéis da ecologia é o de gerar predições acerca das respostas de assembleias biológicas às modificações ambientais, sejam elas naturais ou de origem antrópica. No entanto, uma das principais barreiras enfrentadas é a ausência de dados de referência do ambiente estudado (antes de um dado impacto), que é um problema comum para áreas recentes como a ecologia de reservatórios. Embora sejam sistemas artificiais, os reservatórios sofrem com múltiplos impactos de origem antrópica como o lançamento de efluentes e a conseqüente entrada acentuada de nutrientes (fósforo e nitrogênio, por exemplo) e metais pesados. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi compreender a dinâmica espacial e temporal da assembleia de macroinvertebrados bentônicos, bem como fornecer dados sobre a qualidade ecológica dos reservatórios. O presente estudo foi realizado em três reservatórios localizados no semiárido brasileiro: Epitácio Pessoa, Argemiro de Figueiredo e Poções nos anos de 2016 e 2017. Foram mensurados parâmetros físicos e químicos da água e do sedimento. Foram identificados um total de 9442 indivíduos distribuídos entre os reservatórios. A assembleia de macroinvertebrados foi representada nos reservatórios e durante os anos por distribuídos. De acordo com os resultados da PERMANOVA foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os reservatórios, entre os anos, entre as coletas nos diferentes anos. De acordo com os resultados obtidos verificamos a existência de relação entre as variáveis ambientais analisadas e as diferenças na abundância de macroinvertebrados bentônicos. As variáveis ambientais com influência estatisticamente significativa sobre a estruturação da assembleia de macroinvertebrados foram: precipitação, volume, oxigênio dissolvido e turbidez. A associação entre variáveis ambientais e biota proporciona um diagnóstico mais completo da qualidade ambiental do ecossistema aquático em relação a descrições físico-químicas.

Palavras-Chave: Semiárido. Impacto ambiental. Volume hídrico.

ABSTRACT

One of the main roles of ecology is to generate predictions about the responses of biological assemblies to environmental modifications, whether natural or of anthropic origin. However, one of the main barriers faced is the absence of reference data from the studied environment (before a given impact), which is a common problem for recent areas such as reservoir ecology. Although they are artificial systems, the reservoirs suffer from multiple impacts of anthropic origin such as the discharge of effluents and the consequent sharp entry of nutrients (phosphorus and nitrogen, for example) and heavy metals. In this context, the objective of the present study was to understand the dynamics in space and time of the assembly of benthic macroinvertebrates, as well as to provide data on the ecological quality of the reservoirs. The present study was carried out in three reservoirs located in the Brazilian semiarid: Epitacio Pessoa, Argemiro de Figueiredo and Potions in the years 2016 and 2017. Physical and chemical parameters of water and sediment were measured. A total of 9442 individuals distributed among the reservoirs were identified. The macroinvertebrate assembly was represented in the reservoirs and during the years to be distributed. According to the PERMANOVA results, statistically significant differences were observed between the reservoirs, between the years, between the collections in the different years. According to the results obtained we verified the existence of a relationship between the analyzed environmental variables and the differences in the abundance of benthic macroinvertebrates. The environmental variables with a statistically significant influence on the structure of the macroinvertebrate assembly were: precipitation, volume, dissolved oxygen and turbidity. The association between environmental variables and biota provides a more complete diagnosis of the environmental quality of the aquatic ecosystem in relation to physical-chemical descriptions.

Key words: Artificial systems. Environmental impact. Water volume.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Mapa apresentando a localização dos reservatórios de Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções..... 14
- Figura 2 – Plot da Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) para composição da assembleia de invertebrados restrita por variáveis ambientais. Na figura A os dados estão separados por ano e na figura B 22 por reservatório.....

LISTA DE TABELAS

Tabela 1–	Valores de precipitação e volume nos anos de 2016 e 2017 nos reservatórios de Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções.....	15
Tabela 2 –	Abundância e Riqueza dos macroinvertebrados bentônicos nos reservatórios Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções nos anos de 2016 e 2017.....	18
Tabela 3 –	Valores obtidos pela análise da PERMANOVA para os valores de abundância de macroinvertebrados bentônicos em cada reservatório (Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções) nos anos de 2016 e 2017.....	18
Tabela 4 –	Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) com a contribuição das espécies entre os anos de 2016 e 2017 nos reservatórios de Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções (representação das principais espécies).....	20
Tabela 5 –	Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) com a contribuição das espécies entre os anos de 2016 e 2017 nos reservatórios de Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções (representação das principais espécies).....	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 METODOLOGIA	14
2.1 ÁREA DE ESTUDO E DESENHO AMOSTRAL.....	14
2.2 COLETA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS.....	15
2.3 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS.....	16
2.4 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SEDIMENTO.....	16
2.5 ANÁLISE DE DADOS.....	16
3 RESULTADOS	17
4 DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27
APÊNDICE	33

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais papéis da ecologia é o de gerar predições acerca das respostas de assembleias biológicas às modificações ambientais, sejam elas naturais ou de origem antrópica (WETZEL, 2001; TOWNSEND et al., 2010). Assim, dinâmicas espaço-temporais de comunidades aquáticas e terrestres tem sido descritas a fim de ampliar nosso conhecimento e refinar nossa capacidade preditiva (TUNDISI et al., 2006; SANTOS et al., 2006). No entanto, uma das principais barreiras enfrentadas é a ausência de dados de referência do ambiente estudado (antes de um dado impacto), que é um problema comum para áreas recentes como a ecologia de reservatórios (TUNDISI, 2006; AGOSTINHO e GOMES 2005).

A construção de reservatórios propicia diversos benefícios ao homem, e dentre as suas principais finalidades estão a produção de alimento (pesca e irrigação, por exemplo), o abastecimento populacional, a geração de energia, e a recreação (TUNDISI, 2006). Embora sejam sistemas artificiais de grande importância ecológica os reservatórios sofrem com múltiplos impactos de origem antrópica como o lançamento de efluentes e a consequente entrada acentuada de nutrientes (fósforo e nitrogênio, por exemplo) e metais pesados na água.

Os reservatórios localizados nas regiões semiáridas estão sujeitos à variabilidade nas suas condições ambientais reflexo das características ambientais como baixos índices pluviométricos e altas taxas evaporativas, comuns a regiões do semiárido (AZEVEDO et al., 2017). Assim, as características dos ecossistemas aquáticos dessas regiões são fortemente influenciados pela dinâmica entre os períodos de seca e chuva.

O sedimento dos reservatórios também é influenciado pelas alterações climáticas, apresentando-se mais variadas na estação seca com presença de diferentes texturas de sedimento: areia (maior predominância), silte e argila. Geralmente no período seco há uma maior predominância de partículas de areia no sedimento apresentando espaços intersticiais que atua como refúgio para os macroinvertebrados bentônicos da correnteza da água (MISERENDINO et al., 2011). Isso acontece devido à redução da velocidade da água e o baixo volume hídrico (SANTOS et al., 2006; SHI et al., 2018).

No período chuvoso os reservatórios apresentam um aumento em seu volume hídrico e um aumento da velocidade da água, reflexo das chuvas e da drenagem da bacia hidrográfica (SANTOS et al., 2006). Por ser comumente o ponto mais baixo na bacia, a drenagem no período chuvoso causa o carreamento de nutrientes para dentro do reservatório, levando a mudanças no sedimento e alterações nos parâmetros limnológicos como: maior concentração

de nutrientes, diminuição na temperatura e aumento na concentração de oxigênio dissolvido (SCHULZ et al., 2003; ARAÚJO, 2011).

As regiões dos reservatórios diferem entre si quanto às propriedades físicas e químicas (alterações no pH, na temperatura) e biológicas da água e do sedimento (PAGIORO et al., 2005). Essas diferenças podem ser explicadas pelas alterações das características limnológicas, inerentes ao reservatório e além das influências antrópicas o despejo de efluentes proveniente de atividades humanas podem diminuir a concentração do oxigênio dissolvido e aumentar a concentração de nutrientes causando alterações no pH (ZALIDIS et al., 2002; KONIG et al., 2008).

A grande maioria dos organismos presentes em regiões semiáridas são resistente as condições impostas pelo ambiente, como exemplo a comunidade de macroinvertebrados bentônicos que são frequentemente utilizadas em programas de biomonitoramento (LYTLE; POFF, 2004; ROCHA; MEDEIROS; ANDRADE, 2012). As características reunidas pelos macroinvertebrados giram em torno da facilidade do seu uso para a avaliação dos ecossistemas aquáticos: locomoção lenta, ciclo de vida curto, tolerância à mudanças ambientais e seus modos de alimentação diferenciados (ABÍLIO et al., 2007; BAPTISTA et al., 2008; CALLISTO et al., 2001).

A distribuição da assembleia de macroinvertebrados em reservatórios está ligada as variações nas condições ambientais que alteram a qualidade da água e do sedimento e a consequente criação de diferentes habitats (LARSEN et al., 2012; AZEVEDO et al., 2015). Alguns gêneros de macroinvertebrados são sensíveis a mudanças ambientais e alterações na qualidade da água podendo diminuir sua abundância nesses ambientes, enquanto outros gêneros podem se adaptar a essas alterações aumentando sua abundância significativamente, pois apresentam características morfológicas e fisiológicas que os tornam resistentes a perturbações ambientais (FERRINGTON, 2008).

A avaliação da comunidade de macroinvertebrados relacionada a diferentes indicadores ecológicos nos permite uma observação mais ampla sobre a dinâmica desses ecossistemas (AZEVEDO et al., 2014; GULATI; VAN DONK, 2002). As mudanças que ocorrem na distribuição da comunidade podem estar associadas a parâmetros físicos e químicos (como por exemplo, pH, oxigênio, nutrientes, salinidade), tipo de sedimento, disponibilidade de matéria orgânica e a condição trófica dos reservatórios (GONÇALVES; BRAGA, 2012). Esses fatores ocasionam alterações nos padrões de riqueza e abundância da

comunidade, a partir dessas variáveis é possível obter respostas sobre a dinâmica da comunidade de macroinvertebrados (VIGNATTI et al., 2012).

Diante do exposto, as perguntas norteadoras do nosso trabalho foram: (i) Existe relação entre as variáveis ambientais analisadas e as diferenças na composição e abundância de espécies? (ii) E quais variáveis ambientais dirigem a distribuição espaço-temporal da assembleia de macroinvertebrados bentônicos em reservatórios no semiárido?

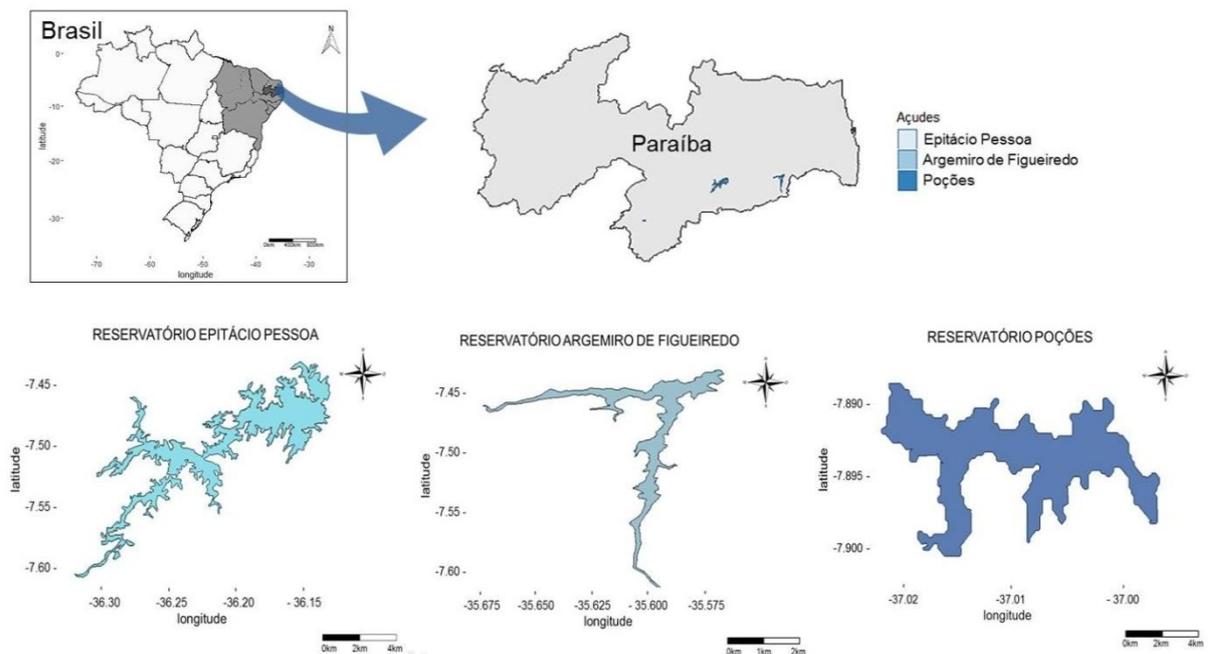
Essas informações poderão auxiliar o desenvolvimento de programas de biomonitoramento como meio para trabalhar a problemática hídrica, especialmente na região semiárida. Além disso, os resultados gerados poderão fornecer subsídios para posteriores comparações acerca do estado de conservação dos reservatórios.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO E DESENHO AMOSTRAL

O presente estudo foi realizado em três reservatórios localizados em uma região semiárida no nordeste do Brasil: Epitácio Pessoa ($7^{\circ}29'20''S$; $36^{\circ}17'3''W$), Argemiro de Figueiredo ($7^{\circ}27,5'3''S$; $35^{\circ}35'52,6''W$) e Poções ($7^{\circ}53'35''S$ e $37^{\circ}00'50''W$) (Figura 1). As coletas foram realizadas no ano de 2016 nos meses de fevereiro e junho e no ano de 2017 nos meses de junho e outubro.

Figura 1- Mapa apresentando a localização dos reservatórios de Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções.



O clima da região de estudo é do tipo BSh com temperaturas que variam entre 25 e 30°C, e pode ser classificado como semiárido quente e seco segundo a classificação climática Koppen-Geiger atualizada (ALVARES et al., 2014). As regiões semiáridas são caracterizadas pela ocorrência de baixos índices anuais de pluviosidade, períodos secos severos, e uma irregularidade espacial e temporal das precipitações que estão concentradas em poucos meses do ano (MARENGO et al., 2016; ARAÚJO, 2011). A estiagem prolongada nessas regiões pode explicar a redução expressiva dos volumes acumulados nos reservatórios estudados (Tabela 1) (ROCHA et al., 2012).

Tabela 1- Valores de precipitação e volume nos anos de 2016 e 2017 nos reservatórios de Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções.

PARÂMETROS	2016					
	Acauã		Boqueirão		Poções	
	Fevereiro	Junho	Fevereiro	Junho	Fevereiro	Junho
Precipitação	41,40 mm	23,30 mm	1,90 mm	10,56 mm	1,80 mm	1,80 mm
Volume	12,49 %	12,49 %	10,56 %	10,56 %	6,34 %	6,34 %
	2017					
	Acauã		Boqueirão		Poções	
	Junho	Outubro	Junho	Outubro	Junho	Outubro
Precipitação	112,70 mm	0,00 mm	82,00 mm	0,00 mm	1,80 mm	8,90 mm
Volume	5,99 %	4,17 %	7,73 %	9,30 %	6,34 %	6,04 %

2.2 COLETA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Para a coleta de macroinvertebrados os reservatórios foram divididos em três (3) regiões: a região de entrada do rio, o meio do reservatório, e a região próxima ao barramento (denominadas rio, meio e barragem daqui por diante). Em cada região do reservatório três (3) réplicas foram amostradas, totalizando nove (9) amostras por reservatório. As amostras foram coletadas nas regiões litorâneas com auxílio de uma draga Ekman-Birge (0,225 cm²), e fixadas ainda em campo com formaldeído a 10%. Após a coleta, as amostras foram transportadas até o laboratório, lavadas sobre peneiras com abertura de malha de 500 µm e conservados em álcool a 70%. Posteriormente, os macroinvertebrados foram identificados até o menor nível taxonômico possível com auxílio de estereomicroscópio, microscópio e chaves de identificação morfológicas especializadas (PETERSON, 1960; TRIVINHO-STRIXINO; STRIXINO, 1995; EPLER, 2001; TRIVINHO-STRIXINO, 2011; MUGNAI et al., 2010).

2.3 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

Para análise dos parâmetros físicos e químicos foi coletada em cada região um litro de água na subsuperfície com auxílio de uma garrafa de Van Dorn. Em seguida as amostras foram armazenadas em caixas de isopor e congeladas para transporte até o laboratório. Em laboratório foram mensuradas as concentrações de nitrato ($\mu\text{g/L}$), nitrito ($\mu\text{g/L}$), fósforo total (PT $\mu\text{g/L}$) e amônia ($\mu\text{g/L}$) de acordo com “Standart Methods for the Examination of Water and Wasterwater” (APHA, 2012). Foram mensurados *in situ* pH, oxigênio dissolvido (mg/L), sólidos totais dissolvidos (STD g/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) com auxílio de uma sonda multi-analisadora (Horiba/U-50). A concentração da clorofila-*a* (Chlo-*a* $\mu\text{g/L}$) foi estimada pela extração em acetona 90% (LORENZEN, 1967).

2.4 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SEDIMENTO

Além da coleta de amostras de sedimento para macroinvertebrados foram coletadas amostras de sedimento com auxílio da draga Ekman-Birge ($0,225\text{ cm}^2$) para análise da composição granulométricas. As amostras de sedimento foram armazenadas em sacos plásticos e transportadas para laboratório onde foram secas ao ar livre (aproximadamente $26\text{ }^{\circ}\text{C}$) e em seguida secas em estufa (72 horas/ $60\text{ }^{\circ}\text{C}$). Depois de secas as amostra foram maceradas para desagregação das partículas e agitadas em um agitador de partículas durante 15 minutos. No agitador as partículas ficaram retidas em peneiras de diferentes malhas: cascalho ($> 1\text{ mm}$); areia grossa (500-1000 μm); areia média (250-500 μm); areia fina (125-250 μm); silte (125-63 μm) e argila ($< 63\text{ }\mu\text{m}$) (CALLISTO; ESTEVES, 1996).

2.5 ANÁLISE DE DADOS

Para testar a normalidade e a homogeneidade das variâncias foram realizados testes de Shapiro-Wilk e testes F, respectivamente. Para avaliar as diferenças na composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os anos, os reservatórios as regiões e as coletas foram realizadas uma Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA), com nível de significância em $\alpha \leq 0,05$ e testes com 9999 permutações (ANDERSON, 2001; ANDERSON et al., 2008). Para verificar qual a contribuição de cada organismo na estruturação da assembleia de invertebrados foi realizada uma SIMPER (Similarity Percentage), com base em uma matriz de similaridade Bray-Curtis (CLARKE; WARWICK, 2001).

Para avaliar a influência das variáveis ambientais mensuradas sobre os dados de composição e estrutura da assembleia de macroinvertebrados foi utilizada uma Análise

Canônica de Coordenadas Principais (CAP) (ANDERSON & WILLIS, 2003). A CAP utiliza um método flexível e robusto baseado em autovalores que consiste em um escalonamento multidimensional métrico seguido de uma análise de redundância. Quando comparada com outros métodos de ordenação tradicionais (Análise de Correspondência Canônica, por exemplo) a CAP tem a vantagem da possibilidade de utilização das medidas de distância ou dissimilaridade mais apropriadas para os dados, a depender de sua natureza. Como medida de similaridade foi utilizada a distância de Bray-Curtis por desconsiderar os múltiplos valores zerados na matriz biológica de abundância dos macroinvertebrados.

Para reduzir o número de variáveis redundantes e não significativas no modelo final da CAP, utilizamos uma seleção automatizada com base no critério do R^2 ajustado. Esse procedimento de seleção de variáveis tenta encontrar um modelo em que apenas um número mínimo de variáveis seja utilizado até que a adição de uma nova variável leve ao R^2 ajustado ultrapassar o modelo completo proposto inicialmente com todas as variáveis. As variáveis ambientais foram previamente padronizadas a partir da função *scale*, disponível no pacote *vegan* no R, que padroniza a matriz ambiental subtraindo os valores de sua média e dividindo pelo desvio padrão. Os dados de abundância foram transformados em $\log_{10}(x + 1)$ para melhor espacialização dos dados (SOKAL & ROHLF 1969, MALTCHIK et al., 2010).

As análises foram realizadas no software PRIMER + PERMANOVA 6.0 (2006), e no software R (R CORE TEAM, 2019) com auxílio do RStudio e de pacotes especializados (*lattice*, *permute* e *vegan*).

3 RESULTADOS

A assembleia de macroinvertebrados foi representada nos reservatórios e durante os anos por um total de 9.442 indivíduos distribuídos em 7 *taxa*, sendo Crustacea (12 indivíduos), Mollusca (5.296 indivíduos), Annelida (3.166 indivíduos), Diptera (910 indivíduos), Ephemeroptera (48 indivíduos), Odonata (7 indivíduos), Coleoptera (3 indivíduos). A maior abundância de macroinvertebrados no ano de 2016 foi observada no reservatório de Argemiro de Figueiredo com 4153 organismos. Em 2017 a maior abundância foi encontrada no reservatório Poções com 1,605 organismos, seguido de Epitácio Pessoa com 1,098. Em relação à riqueza o reservatório de Poções foi o mais representativo dos três amostrados com um total de 12 espécies no ano de 2016 e 22 espécies no ano de 2017 (Tabela 2).

Tabela 2- Abundância e Riqueza dos macroinvertebrados bentônicos nos reservatórios Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções nos anos de 2016 e 2017.

	2016		2017	
	Abundância	Riqueza	Abundância	Riqueza
Argemiro de Figueiredo	4153	6	747	3
Epitácio Pessoa	994	6	1,098	3
Poções	845	12	1,605	22

De acordo com os resultados da PERMANOVA, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os reservatórios (Pseudo- $F_{2,84}= 12,731$; $p= 0,0001$), entre os anos (Pseudo- $F_{2,84}= 9,223$; $p= 0,0001$), entre as coletas nos diferentes anos (Pseudo- $F_{2,84}= 2,8411$; $p= 0,0021$), entre todos os reservatórios em cada ano (Pseudo- $F_{2,84}= 8,8133$; $p= 0,0001$) e dentro das coletas dos reservatórios nos diferentes anos (Pseudo- $F_{2,84}= 2,241$ $p= 0,0009$) (Tabela 3).

Tabela 3- PERMANOVA realizada com os dados de abundância geral de macroinvertebrados bentônicos dos reservatórios Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções nos anos de 2016 e 2017.

FONTE	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Pseudo-F	P (permutacional)
Reservatórios	2	45620	22810	12,731	0,0001
Ano	1	16525	16525	9,223	0,0001
Coleta x ano	2	10183	5091,6	2,842	0,0021
Reservatório x ano	2	31518	15791	8,813	0,0001
Reservatório x coleta (Ano)	4	16065	4016,2	2,242	0,0009
Resíduos	73	1,3079E5	1791,7		
Total	84	2,7296E5			

No reservatório de Epitácio Pessoa foram observadas diferenças significativas apenas entre os anos (Pseudo- $F_{1,30}= 8,013$; $p= 0,0001$). O reservatório Argemiro de Figueiredo apresentou diferenças entre as coletas nos diferentes anos (Pseudo- $F_{2,23}= 2,167$; $p= 0,0177$) entre as regiões nos anos (Pseudo- $F_{2,23}= 2,486$; $p=0, 024$). No reservatório de Poções houve diferenças significativas entre os anos (Pseudo- $F_{2,31}=13,21$; $p=0,0001$) e entre as coletas de cada ano (Pseudo- $F_{2,31}= 3,699$; $p= 0,0001$).

Em relação aos parâmetros ambientais, foi possível observar variações nas variáveis avaliadas entre os reservatórios (Tabela 4). Os maiores valores foram de Amônia ($407,99 \pm 383,38$) no reservatório de Argemiro de Figueiredo no ano de 2016, o reservatório de poções apresentou uma maior concentração do pt ($263,00 \pm 524,56$) no ano de 2017, a turbidez ($197,94 \pm 241,82$) apresentou maior valor no reservatório de Argemiro de Figueiredo no ano de 2016.

Tabela 4 - Média e desvio padrão das variáveis ambientais mensuradas nos reservatórios Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções nos anos de 2016 e 2017.

PARÂMETROS AMBIENTAIS	2016			2017		
	Argemiro de Figueiredo	Epitácio Pessoa	Poções	Argemiro de Figueiredo	Epitácio Pessoa	Poções
Precipitação	32,35 ± 9,31	14,40 ± 12,86	71,10 ± 71,31	56,35±57,98	43,41 ± 42,19	10,90 ± 2,06
Volume	12,49 ± 0,00	10,56 ± 0,00	6,34 ± 0,00	5,08 ± 0,94	8,52 ± 0,81	6,24 ± 0,20
Temperatura	28,13±0,84	26,64 ± 26,64	18,49 ± 11,94	22,09±10,17	23,63 ± 5,91	16,94 ± 12,37
pH	8,89 ± 1,11	9,21 ± 1,29	6,20 ± 3,96	6,27±3,00	6,69 ± 1,73	4,73 ± 3,45
Condutividade elétrica	2,39±0,47	2,14 ± 1,26	0,63 ± 0,40	2,13 ± 0,98	0,63 ± 0,36	0,11 ± 0,08
Turbidez	197,94 ± 241,82	79,54± 74,25	133,52 ±267,51	39,66 ± 42,29	69,67 ± 86,81	140,79 ± 199,36
Oxigênio dissolvido	4,84±3,20	6,54 ± 2,92	9,45 ± 11,17	4,49 ± 3,44	5,59 ± 3,44	3,99 ± 3,56
Sólidos totais dissolvidos	1,64 ± 0,28	1,20 ± 0,14	0,40 ± 0,26	1,37 ± 0,63	0,41 ± 0,23	0,07 ± 0,05
Salinidade	0,13 ± 0,03	0,09 ± 0,01	0,21 ± 0,24	0,52 ± 0,61	0,23 ± 0,32	0,04 ± 0,05
Amônia	407,99 ± 383,38	165,56 ± 97,58	43,48 ± 46,08	256,55 ± 279,74	40,23 ± 25,68	22,37 ± 27,04
Nitrito	8,96 ± 11,37	2,77 ± 1,90	8,51 ± 13,83	5,94 ± 6,25	6,65 ± 9,23	12,10 ± 19,70
Nitrato	35,66 ± 22,06	35,47 ± 16,31	12,40 ± 16,25	22,28 ± 17,67	69,10 ± 65,38	57,80 ± 66,43
Fosforo solúvel reativo	50,75 ± 62,79	48,42 ± 59,25	72,69 ± 72,15	73,61 ± 55,53	53,67 ± 31,60	95,06 ± 127,38
Fósforo total	202,07 ± 94,96	121,99 ± 76,02	253,46 ± 232,90	232,50 ± 131,70	161,43 ± 189,38	263,00 ± 524,56
Clorofila a	77,45 ± 83,25889	7,85 ± 8,11	13,74 ± 19,81	75,54 ± 83,32	5,83 ± 7,152632	5,14 ± 6,91

De acordo com os resultados obtidos pela SIMPER as espécies e gêneros que mais contribuíram para a estruturação das assembleias de macroinvertebrados foram: no reservatório de Epitácio Pessoa a classe Oligochaeta (81,54%) e a espécie *M. tuberculata* (12,49%); em Argemiro de Figueiredo houve também a predominância da espécie *Melanoides tuberculata* (75,16%) e da classe Oligochaeta (24,09%); no reservatório de Poções os gêneros que tiveram uma maior representatividade foram respectivamente: *Goeldichironomus* (22,87%), *Chironomus* (17,87%), *Coelotanypus* (17,50%), *Oligochaeta* (15,50%) *M. tuberculata* (11,47%) e *Polypedilium* (4,96%) (Tabela 5).

Tabela 5 - Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) com a contribuição das espécies entre os reservatórios de Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções e entre os anos de 2016 e 2017 (representação das principais espécies).

ESPÉCIES	RESERVATÓRIOS			ANO	
	Argemiro de Figueiredo	Epitácio Pessoa	Poções	2016	2017
<i>M. tuberculata</i>	75,16 %	12,49 %	11,47 %	24,33 %	46,86 %
Oligochaeta	24,90 %	81,54 %	15,50 %	50,19 %	51,00 %
<i>Chironomus</i>	*	*	17,87 %	8,64 %	*
<i>Coelotanypus</i>	*	*	17,50 %	*	*
<i>Goeldichironomus</i>	*	*	22,87 %	10,12%	*
<i>Polypedilium</i>	*	*	4,96 %	*	*

A partir dos resultados da CAP observamos que da variação total verificada nos dados da matriz biológica (inércia) 42% pode ser explicada pelas variáveis ambientais. A Análise de Variância (ANOVA) realizada com o modelo inicial criado pela CAP apontou uma relação significativa ($F_{15,92} = 3,0906$; $p < 0,001$) entre as variáveis ambientais analisadas e as diferenças na composição e abundância de espécies. A CAP identificou um eixo canônico que capturou a maior parte da relação entre as variáveis ambientais e a matriz biológica (CAP1: $F = 30,514$; $p < 0,001$). Dentre as variáveis ambientais que mais explicaram os padrões de dissimilaridade observados estão a precipitação ($p < 0,001$), volume ($p < 0,001$), pH ($p < 0,001$), turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e salinidade ($p < 0,05$ para todos) (Figura 2).

O cálculo do VIF (Fator de Inflação da Variância) apontou redundância entre algumas variáveis ambientais no modelo ($VIF > 4$). Assim, a seleção automatizada com base no critério do R^2 ajustado apontou o modelo ideal como aquele contendo apenas as variáveis de precipitação, volume, oxigênio dissolvido e turbidez.

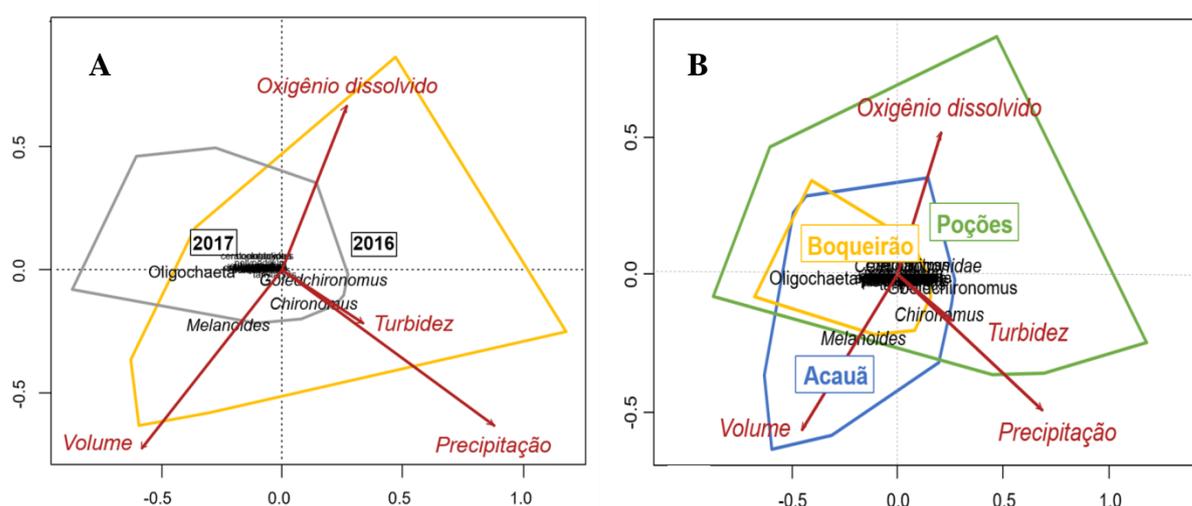


Figura 2 – Plot da Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) para composição da assembleia de invertebrados restrita por variáveis ambientais. Na figura A os dados estão separados por ano e na figura B por reservatório.

4 DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos verificamos a existência de relação entre as variáveis ambientais analisadas e as diferenças na abundância de macroinvertebrados bentônicos. As variáveis responsáveis por dirigir a distribuição espaço-temporal da assembleia de macroinvertebrados bentônicos foram: precipitação, volume, oxigênio dissolvido e turbidez.

De acordo com os resultados obtidos pela média e desvio padrão das variáveis físico químicas foi possível observar que os maiores valores foram de amônia, fósforo total e turbidez. Os impactos antrópicos causados pela entrada de metais pesados, provenientes de resíduos domésticos, descarregam quantidades elevadas de componentes orgânicos, o que explica o aumento na concentração dessas variáveis, interferindo nas condições ambientais do ecossistema aquático (FREITAS et al., 2011). As variáveis ambientais influenciam na distribuição dos organismos, abundâncias mais elevadas da fauna bentônica podem estar

relacionadas á características dos reservatórios, porém algumas espécies são resistentes e conseguem se adaptar a mudanças na composição química e física da água.

Os reservatórios presente em regiões semiáridas estão sujeitos a intensas variações no seu volume de água, isso se deve aos longos períodos de estiagem que causam uma seca prolongada, então o volume hídrico dos reservatórios permanece em baixas concentrações (BARBOSA et al., 2012). As características físicas e químicas são influenciadas pelas flutuações no nível de água, essas características influenciam a dinâmica dos reservatórios alterando a composição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, que respondem de diferentes formas de acordo com suas características fisiológicas e adaptativas (STRAŠKRABA; TUNDISI, 2013; SERRA et al., 2016).

O aumento da turbidez e a baixa concentração de oxigênio favorece a presença de espécies exóticas que são tolerantes e aumentam sua abundancia em habitats nessas condições (PAIVA et al., 2018; AZEVÊDO et al., 2019). Já em períodos de seca o volume tende a reduzir nos reservatórios devido a baixa precipitação, o que é bastante comum na região semiárida, pois o alto potencial de evaporação é maior que a precipitação (BECKMANN et al., 2005; VIGNATTI et al., 2012).

Alguns estudos em regiões semiáridas mostram o despejo de resíduos domésticos também são fatores que influenciam a qualidade de água dos reservatórios, alterando suas características (AZÊVEDO et al., 2018; GOMEZ et al., 2018; MEDEIROS et al., 2018). A floração de plantas aquáticas, como foi possível observar visualmente nos reservatório Epitácio pessoa, alteram a condição aquática e aumentam a produtividade primária servindo de subsídio para macroinvertebrados aquáticos. Além disso, a presença de macroinvertebrados, como *M. tuberculata* e algumas larvas de insetos, é bastante frequente já que esses organismos são indicadores de ambientes perturbados.

Nossos resultados mostram que o reservatório de Argemiro de Figueiredo no período de maior volume hídrico (que corresponde ao ano de 2016) apresentou uma maior abundância da espécie *M. tuberculata*. No mesmo período a alta turbidez e a baixa concentração de oxigênio pode ter favorecido a maior abundancia dessa espécie, visto que *M. tuberculata* é tolerante a tais condições (MEDEIROS et al., 2018).

O *M. tuberculata* é uma espécie de origem afro-Asiática, que invadiu as regiões tropicais e subtropicais pelo mundo. (WORK & MILLS, 2013). Essa espécie pode apresentar uma alta abundância, devido ao fato de apresentar uma elevada plasticidade a fatores de estresses o que lhe permite colonizar diferentes ambientes com condições diferentes

(SANTOS & ESKINAZISANT'ANNA, 2010; MOLOZZI et al., 2013). Tendo em vista que *M. tuberculata* são generalistas esta espécie apresenta uma alta capacidade de migração e dispersão, associada a várias classes granulométricas de sedimento, possibilitando assim uma alta capacidade de colonização de diferentes habitats (FRANÇA et al., 2007).

De acordo com nossos dados, o reservatório de Poções não apresentou diferenças significativas do volume hídrico entre os anos, entretanto os valores de turbidez no ano de 2016 foram menores quando comparado a 2017, e também em 2016 foram registradas uma maior precipitação e uma maior abundancia e riqueza de chironomídeos.

A riqueza de organismos em Poções foi representada por larvas de insetos da ordem Diptera, essas larvas são encontradas em diferentes habitats, podendo estar presentes em diferentes profundidades dentro do reservatório, esses insetos também são capazes de se adaptar a local com baixo teor de oxigênio (CALLISTO et al., 2001). Algumas famílias de Diptera como *Chironomus* e *Goeldichironomus* indicam uma menor qualidade ambiental, a abundância dessas famílias está relacionada com as perturbações antrópicas (SANTANA et al., 2009). Além disso, essas famílias tem uma alta capacidade de reprodução sendo bastante abundantes em sedimentos orgânicos podendo se sobressair sobre outros gêneros de chironomídeos (DORNFELD et al., 2005).

Os reservatórios de Epitácio Pessoa e Poções apresentaram uma maior abundancia de organismos no ano de 2017, quando comparados ao ano de 2016. As Oligochaetas (Annelida) foram bastante representativas em ambos os reservatórios, isso pode se dar, pois esses organismos são resistentes a poluição e tem uma alta capacidade de se reproduzir em ambientes com diferentes perturbações, em relação aos reservatórios de Epitácio pessoa e Argemiro de Figueiredo pode ser um indicativo da alta concentração de matéria orgânica (CAMPELLO et al., 2005; PIEDRAS et al., 2006).

Alguns estudos mostram que as perturbações humanas causam uma redução na riqueza de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), sugerindo que locais menos impactados abrangem uma maior riqueza de insetos aquáticos, quando comparado a locais mais impactados com perturbação antropogênica (CALLISTO et al., 2001; LIGEIRO et al., 2013; CENEVIVA-BASTOS et al., 2017; FERREIRA et al., 2017; CASTRO et al., 2018). A abundância e a riqueza da comunidade de macroinvertebrados são influenciadas pelo estado ecológico da água, em ambientes perturbados pode haver uma baixa riqueza de espécies, e uma maior abundância de organismos resistentes e tolerantes (como Odonata, Crustácea, Chironomidae, Oligochaeta) (FARAGE et al., 2010; FERREIRA et al., 2014).

Visto que a conservação dos reservatórios é de grande importância para a biodiversidade do semiárido, esse estudo apresenta informações sobre os ecossistemas aquáticos através da utilização da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. A comunidade bentônica é frequentemente utilizada em programas de biomonitoramento, sendo assim organismos bastante importantes na avaliação da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos de água doce, sua relação com as variáveis ambientais fornecem respostas sobre o funcionamento do ecossistema.

5 CONCLUSÃO

Verificamos a existência de relação estatisticamente significativa entre as variáveis ambientais analisadas e as diferenças na abundância de macroinvertebrados bentônicos no tempo (entre os anos analisados) e no espaço (entre os reservatórios analisados). As variáveis ambientais são importantes na estruturação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

A associação entre variáveis ambientais e biota proporciona um diagnóstico mais completo da qualidade ambiental do ecossistema aquático em relação a descrições físico-químicas. Nesse contexto os macroinvertebrados bentônicos presentes nos reservatórios representam importantes modelos para analisar as condições ambientais dos ecossistemas aquáticos, apresentando informações que podem ser utilizadas em métodos de avaliação e conservação de ecossistemas aquáticos.

REFERÊNCIAS

ABÍLIO, F. J. P.; FONSECA-GESSNER, A. A.; LEITE, R. L.; RUFFO, T. L.M. Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados à macrófita *Eichhornia crassipes* de um açude hipertrófico do semi-árido paraibano. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.1, p. 165-178, 2006.

ABÍLIO, F. J. P. et al. Macroinvertebrados Bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, p. 397-409, 2007.

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2019. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-acude/> >. Acesso em: Abril de 2019.

AGOSTINHO, A. A. & GOMES, L.C. O manejo da pesca em reservatórios da bacia do Alto rio Paraná: avaliação e perspectivas. In: Nogueira, M.G.; Henry R.; Jorcin A. (Orgs.). **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. 2. Ed. São Carlos: Rima Editora, p. 23-55, 2005.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2014.

ANDERSON, M.; GORLEY, R. N.; CLARKE, R. K. Permanova+ for Primer: Guide to Software and Statistical Methods. **PRIMER-E: Plymouth, UK**. 2008.

ANDERSON, M.J.A. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, p. 32-46, 2001.

ARAÚJO, S. M. S. A região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Revista rios eletrônica**, N. 5, p. 89-98, 2011.

AZEVEDO, L. E.; ALVES, N. R. R.; DIAS, P. L. T.; MOLOZZI, J. How do people gain access to water resources in the Brazilian semiarid (Caatinga) in times of climate change?. **Environ Monit Assess**, v. 375, p.189-375. 2017.

AZEVEDO, D.J. et al. Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: contradictory or complementary responses? **Ecological Indicators**, v. 50, p.135–149, 2015.

AZEVÊDO, D. J. et al. Dipteran assemblages as functional indicators of extreme droughts. **Jornal de ambientes áridos**. v. 164, p. 12-22, 2019.

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

BAPTISTA, D. F. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, n.3, p. 425-441, 2008.

BARBOSA, J.E.L. et al. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**. v. 24, n.1, p. 103-118, 2012.

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. Bases conceituais paa aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, v.19, p.465-473, 2003.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: Lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e Lago Mussurá (Brasil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.8, p. 137-147, 1996.

CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F. A. R. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, p. 71-82, 2001.

CAMPELLO, F. D. et al. Avaliação preliminar da qualidade das águas da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 3, n. 1, p. 47, 2005.

CASTRO, D. M. P.; DOLÉDEC, S.; CALLISTO, M. Land cover disturbance homogenizes aquatic insect functional structure in neotropical savanna streams. **Ecological Indicators**, v. 84, p. 573–582, 2018.

CENEVIVA-BASTOS, M., PRATES, D.B., DE MEI ROMERO, R., BISPO, P.C., CASATTI, L. Trophic guilds of EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera) in three basins of the Brazilian Savanna. **Limnológica**, v. 63, p.11-17, 2017.

DORNFELD, CB., ESPÍNDOLA, E.L.G., LEITE, M.A. Avaliação da Eutrofização e sua relação com Chironomidae no rio Atibaia e Reservatório de Salto grande (Americana, SP-Brasil). **Revista brasileira de recursos hídricos**, v. 10, n. 3 p. 53-62, 2005.

FARAGE, J. DE A. P.; MATOS, A. T. DE M.; SILVA, D. D. DA ; BORGES, A. C. Determinação do índice de estado trófico para fósforo em pontos do Rio Pomba. **Revista de Engenharia na agricultura**, v.18 n.4, p. 322-329, 2010.

FRANÇA, R. S.; SURIANI, A. L.; ROCHA, O. Composição das espécies de moluscos bentônicos nos reservatórios do baixo rio Tietê (São Paulo, Brasil) com uma avaliação do impacto causado pelas espécies exóticas invasoras. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 1, p. 41-51, 2007.

FERREIRA, P. M. L.; QUEIROZ, M. M. F.; COSTA, F. F.; MEDEIROS, M. C.; GARRIDO, J. W. A.; Determinação do Índice De Estado Trófico para fósforo das águas do Rio Piancó Piranhas Açú no Município de Pombal – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 95 - 101, 2014.

FERREIRA, W.R. et al. Partitioning taxonomic diversity of aquatic insect assemblages and functional feeding groups in neotropical savanna headwater streams. **Ecological Indicators**, v. 72, p. 365–373, 2017.

FERRINGTON, JR. L. C. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 447-455, 2008.

FREITAS, F. R. S.; RIGHETTO, A. M.; ATTAYDE, J. L. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semi-árido brasileiro. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 655-665, 2011.

GOMES, W. I. A. *et al.* Functional attributes of Chironomidae for detecting anthropogenic impacts on reservoirs: A biomonitoring approach. **Ecological Indicators**. v. 93, p. 404–410, 2018.

GONÇALVES, C. S.; BRAGA, F. M. S. Changes in ichthyofauna composition along a gradient from clearwaters to blackwaters in coastal streams of Atlantic forest (southeastern Brazil) in relation to environmental variables. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, n. 3, p. 675-684, 2012.

GULATI, R.D., VAN DONK, E. Lakes in the Netherlands their origin, eutrophication and restoration: state-of-the-art review. **Hidrobiologia**, v. 478, 73–106, 2002.

LARSEN, S.; MANCINI, L.; PACE, G.; SCALICI, M.; TANCIONI, L. Weak concordance between fish and macroinvertebrates in Mediterranean streams. **Plos one**, v. 7, p. 51115, 2012.

LIMA, S. M. S.; BARBOSA, L. G.; CRUZ, P. S.; WANDERLEY, S. L.; DE CEBALLOS, B.S. O. Dinâmica funcional de reservatórios de usos múltiplos da região semiárida/ Paraíba-Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, p.18-25, 2012.

MARENGO, J.A., TORRES, R.R., ALVES, L.M. Drought in Northeast Brazil — past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, p. 1189–1200, 2016.

MARTINS, R. T.; STEPHAN, N. N. C.; ALVES, R.G. Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) as an indicator of water quality in an urban stream in southeast Brazil. **Acta limnologica brasiliensia**. v. 20, n. 3, p. 221-226, 2008.

MEDEIROS, C. R.; AZEVÊDO, E. L.; BARBOSA, J. E. L.; MOLOZZI, J. Effectiveness of abundance and biomass curves in detecting environmental alterations in semi-arid region reservoirs. **Biota Neotropica**. v.18, n. 2, 2018.sss

MISERENDINO, M.L. et al. Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems and biodiversity in Patagonian northwest streams. **Science of the Total Environment**, v. 409, p. 612–624, 2011.

MOLOZZI, J.; SALAS, F.; CALLISTO, M. and MARQUES, J.C. Thermodynamic oriented ecological indicators: Application of Eco-Exergy and Specific Eco-Exergy in capturing environmental changes between disturbed and non-disturbed tropical reservoirs. **Ecological Indicators**, v.24, p.543-551, 2013.

PAGIORO T. A.; ROBERTO M. DO C.; THOMAZ S. M., PIERINI S. A.; TAKA M. Zonação longitudinal das variáveis limnológicas abióticas em reservatórios. In: RODRIGUES, L. (Org.). **Biocenose em reservatórios**: padrões espaciais e temporais. São Carlos: RiMa. p. 39-46, 2005.

PAIVA, F. FERREIRA, et al. Environmental factors influencing the occurrence of alien mollusks in semi-arid reservoirs. **Limnetica**, v. 37, n. 2. p. 187-198, 2018.

PIEDRAS, S. R. N. et al. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 36, n. 2, p. 494-500, 2006.

- ROCHA, L. G., MEDEIROS, E. S. F., ANDRADE, H. T. A. Influence of flow variability on macroinvertebrate assemblages in an intermittent stream of semi-arid Brazil. **Jornal of arid Environments**, v. 85, p.33-40, 2012.
- SANTOS, C. M., ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M., The introduced snail *Melanooides tuberculatus* (Muller, 1174) (Mollusca:Thiaridae) in aquatic ecosystems of the 57 Brazilian Semiarid Northeast (Piranhas-Assus River basin, State of Rio Grande do North). **Brazilian Journal Biological**, v. 70, p. 1-7, 2010.
- SANTOS, CM., FERREIRA, RS., HENRY, R. Alterações na organização da comunidade bentônica no complexo Canoas (Rio Paranapanema - SP) durante as fases pré e pós-enchimento. In Nogueira, MG., Henry, R. and Jorcin, A. (Orgs.). **Ecologia de Reservatórios, impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. São Carlos: Rima, 459p, 2006.
- SCHULZ, M., KOZERSKI, HP., PLUNTKE, T., RINKE, K. The influence of macrophytes on sedimentation and nutrient retention in the lower River Spree (Germany). **Water Research**, v. 37, n. 3, p. 569-578, 2003.
- SERRA, S. R.; COBO, F.; GRAÇA, M. A.; DOLÉDEC, S.; FEIO, M. J. Synthesising the trait information of European Chironomidae (Insecta: Diptera): Towards a new database. **Ecological Indicators**, v. 61, p. 282-292, 2016.
- STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J.G. **Gerenciamento da qualidade da água de represas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013, 300 p.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae (Insecta Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 1–10, 2011.
- VIGNATTI, A., CABRERA, G., ECHANIZ, S. Changes in the zooplankton and limnological variables of a temporary hypo-mesosaline wetland of the central region of Argentina during its drying. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**. V. 7, n. 2, p. 93–106, 2012.
- TOWNSEND, C. R.; BRIGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**: 3. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2010.
- TUNDISI, J. G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios-estudo de caso e perspectivas. In: Nogueira, M. G., Henry, R. & Jorcin, A. (Eds.). **Ecologia de**

reservatórios: impactos potenciais. Ações de Manejo e Sistemas em Cascata. São Carlos: Rima 2:1-21, 2006.

WORK, K; MILLS C. Rapis population growth countered high mortality in a demographic study of the invasive snail, *Melanooides tuberculata* (Muller,1774), in Florida. **Aquatic Invasions**, v.8, n.4, p.417-425, 2013.

WETZEL. R G. Limnology: Lakes and rivers ecosystems. 3. Ed. New York: **Ed.Saunders**, p.850, 2001.

APÊNDICE

Valores obtidos pela análise da PERMANOVA para os valores de abundância de macroinvertebrados bentônicos em cada reservatório (Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções) nos anos de 2016 e 2017.

ARGEMIRO DE FIGUEIREDO	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Pseudo-F	P (permutacional)
Zona	2	4429,3	2214,6	1,712	0,1181
Ano	1	2802,6	2802,6	2,167	0,0781
Coleta x ano	2	6556,6	3278,3	2,535	0,0177
Zona x ano	2	6430,3	3215,1	2,486	0,024
Zona x Coleta (Ano)	3	6853,3	2284,4	1,766	0,0901
Resíduos	13	16813	1293,3		
Total	23	43343			
EPITÁCIO PESSOA	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Pseudo-F	P (permutacional)
Zona	2	3122,3	1561,1	0,859	0,5265
Ano	1	14561	14561	8,014	0,0001
Coleta x ano	2	5206,1	2603	1,433	0,1961
Zona x ano	2	3440,7	1720,4	0,947	0,4583
Zona x Coleta (Ano)	4	6672,6	1668,2	0,918	0,5249
Resíduos	19	34522	1817		
Total	30	66726			
POÇÕES	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Pseudo-F	P (permutacional)
Zona	2	4755,9	2378	1,017	0,4239
Ano	1	30876	30876	13,210	0,0001
Coleta x ano	2	17295	8647,3	3,700	0,0001
Zona x ano	2	6861,5	3430,7	1,468	0,1121
Zona x Coleta (Ano)	4	8148,6	2037,2	0,876	0,6627
Resíduos	20	46748	2337,4		
Total	31	1,1593E5			