



**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**CARLINDA RAÍLLY FERREIRA MEDEIROS**

**AS CURVAS DE ABUNDÂNCIA E BIOMASSA PODEM SER  
UTILIZADAS COMO INDICADORES DO ESTADO ECOLÓGICO EM  
RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO?**

Campina Grande-PB

2013

**CARLINDA RAÍLLY FERREIRA MEDEIROS**

**AS CURVAS DE ABUNDÂNCIA E BIOMASSA PODEM SER  
UTILIZADAS COMO INDICADORES DO ESTADO ECOLÓGICO EM  
RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO?**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, no formato de artigo, em cumprimento as exigências para obtenção do grau de Licenciada em Biologia.

**Orientadora:** Prof. Dr<sup>a</sup> Joseline Molozzi

**Co-orientador:** Msc. Evaldo de Lira Azevêdo

Campina Grande-PB

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

M488c Medeiros, Carlinda Raíly Ferreira.

As curvas de abundância e biomassa podem ser utilizadas como indicadores do estado ecológico em reservatórios do semiárido? [manuscrito] / Carlinda Raíly Ferreira Medeiros. – 2014.

54 f. : il.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2014.

“Orientação: Profa. Dra. Joseline Molozzi, Departamento de Ciências Biológicas.”

1. Biomonitoramento. 2. Macroinvertebrados. 3. Ecossistemas aquáticos. I. Título.

CDD 21. ed. 577.6

CARLINDA RAÍLLY FERREIRA MEDEIROS

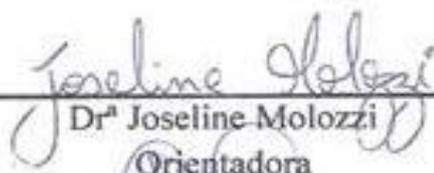
AS CURVAS DE ABUNDÂNCIA E BIOMASSA PODEM SER  
UTILIZADAS COMO INDICADORES DO ESTADO ECOLÓGICO  
EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO?

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Joseline Molozzi

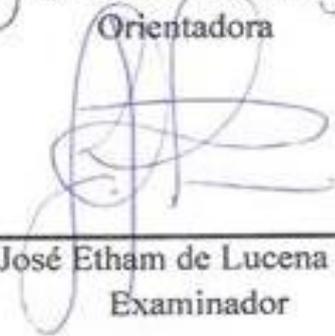
Co-orientador: Msc. Evaldo de Lira Azevêdo

Aprovada em 18/12/13

Comissão examinadora:

  
Dr<sup>a</sup> Joseline Molozzi

Orientadora

  
Dr<sup>o</sup> José Etham de Lucena Barbosa  
Examinador



Msc. Daniele Jovem da Silva Azevêdo

Examinadora

Aos que me deram a vida e me  
amaram sem medidas: Ronaldo Simões e  
Leonide Ferreira.

Dedico!

## **Agradecimentos**

A concretização deste sonho só foi possível porque sempre estive acompanhada e cercada de muito cuidado, nunca estive desamparada e nos momentos de aflição Ele sempre me dizia “Não tenha medo, eu estou contigo”. A Deus minha eterna gratidão, por sempre estar ao meu lado, guiando meu caminho e firmando meus passos. Deus, obrigada!

A toda minha família, em especial aos meus pais (Ronaldo e Leonide), irmãos (Lorraine e Rayff) e sobrinho (Rhyan), agradeço pelo porto seguro, por ser minha fortaleza e por sempre me encorajar a concretizar meus sonhos, por sempre me entender e por não poupar esforços para que eu chegasse até aqui. Minhas conquistas não teriam sentido se eu não tivesse vocês ao meu lado. Os amo infinitamente!

Agradeço a minha doce e amável orientadora, Josi. Ela que é para mim um exemplo de pessoa e profissional. Agradeço pelas valiosas orientações, ensinamentos, paciência, disponibilidade e por todo carinho. Sua ética e compromisso com seu trabalho sempre serão para mim exemplo a ser seguido. Obrigada por ser muito mais que uma orientadora, por ser uma grande amiga. Muito obrigada!

Ao meu Co-orientador Evaldo, agradeço pela paciência desde que entrei no laboratório até aqui. Por tudo que me ensinou (análises estatísticas, lavar e identificar amostras...). Suas orientações e ensinamentos foram de fundamental importância para que eu chegasse até aqui! Muito obrigada.

A toda equipe que compõem o laboratório de ecologia de bentos, pela convivência durante todo esse tempo e que de forma direta ou indireta contribuíram para construção deste trabalho (Lígia, Raiane, Tamires, Monalisa, Jessica, João Marcio, Climelia, Cinthia, Cassia, Kelly, Rafaela, Gabriela, Dani, Evaldo, Izabelly, Shakira e Geneton).

Agradeço as “boski”: Iza (Massibiski) e Dani (Rassiboski). Vocês que tanto me consolaram nos meus momentos de crise (rsrs), agradeço pela amizade sincera e acolhedora. E por todo companheirismo e cumplicidade em todas as atividades desenvolvidas até aqui.

Agradeço a todos aqueles que fazem parte do Leaq, em especial a Jany pelo incentivo e por sempre estar disposta a ajudar, a Leandro pelo companheirismo lavando, triando as amostras, a Rosa essa mulher admirável, Gustavo e Morgana.

A toda minha turma de graduação, pelos anos de convivência rindo e chorando: Gustavo (você que muitas vezes me tirou do sufoco e abriu meus olhos quando precisava, obrigada pela velha amizade de sempre), Elaíse (por ser quem você é, simples e verdadeira), Walyson (o menino lá de “nois”, que se agregou a nossa turma e que nos cativou), e a Yasmin, Rita, Junior, Bel, Kleydi, Kamila, Cida e Ana Carla agradeço pela convivência durante esses anos.

Aos “BIUS” que fizeram da minha graduação uma das melhores épocas da minha vida, serei sempre grata a cada um de você pela amizade e carinho: Rita (pelo companheirismo de todos os dias), Yasmim (pelas risadas e confidências trocadas), May (pelo abraço apertado nas horas difíceis), Junior (pela amizade e companheirismo) e Kleyde (a doidinha que eu aprendi a amar pelo coração enorme que tem).

Agradeço a May, minha amiga e confidente. Você que sempre me ouve com tanta paciência e sempre me mostra que depois da tempestade vem a calmaria. Serei sempre grata a Deus por ter colocado você em minha vida!

A Rita e Yasmim, vocês que me acompanharam e me aguentaram até aqui, obrigada pela amizade verdadeira e por serem para mim como irmãs. Independente do caminho que seguirei, vocês sempre estarão no meu coração!

Agradeço a Jhon, por ter sido através dele que descobri e me encantei pelo trabalho desenvolvido no laboratório de ecologia de bentos.

Ao professor Etham, um exemplo enquanto pessoa e profissional. Agradeço pelo suporte e por ter aceitado contribuir com este trabalho.

A todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica, em especial ao professor André (um exemplo pelo caráter, ética, compromisso e simplicidade), Monica, Cibelle e Miguel.

Agradeço institucionalmente a UEPB e ao PROPESQ, projeto financiador do trabalho.

A todos vocês, muito obrigada!

“...Recebe este conto de fadas  
E guarda-o, com a mão delicada,  
Como a um sonho de primavera...”

Lewis Carroll

## RELAÇÃO DE TABELAS E FIGURAS

- Figura 1:** Localização geográfica dos reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa pertencentes a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, Paraíba, Brasil. Os triângulos na figura indicam as barragens dos reservatórios, com seus respectivos pontos de amostragem.....21
- Figura 2:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para as variáveis físicas e químicas dos reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa, localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.....28
- Figura 3:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa.....29
- Figura 4:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os períodos de maior e menor volume hídrico no reservatório Argemiro de Figueiredo .....30
- Figura 5:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os períodos de maior e menor volume hídrico no reservatório Epitácio Pessoa.....30
- Figura 6:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator biomassa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo.....31
- Figura 7:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator biomassa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os períodos de maior e menor volume hídrico no reservatório Epitácio Pessoa.....32
- Figura 8:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator biomassa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os períodos de maior e menor volume hídrico no reservatório Argemiro de Figueiredo.....32
- Figura 9:** Tendência das curvas de abundância e biomassa para o reservatório Argemiro de Figueiredo no período de maior volume hídrico e menor volume hídrico.....36
- Figura 10:** Tendência das curvas de abundância e biomassa para o reservatório Epitácio Pessoa no período de menor volume hídrico e maior volume hídrico.....37

**Figura 11:** Dispersão dos valores das métricas do protocolo de caracterização de habitats dos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo.....38

**Tabela 1:** Caracterização morfológica dos reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa, localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, Paraíba, Brasil (AESAs, 2012).....21

**Tabela 2:** Média e desvio padrão das variáveis físicas e químicas para os reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo, período de menor volume hídrico e maior volume hídrico, amostrados no ano de 2011/2012. O (\*) indica as variáveis que apresentaram diferenças entre os reservatórios.....27

**Tabela 3:** Média e desvio padrão para abundância (nº de indivíduos) e biomassa ( $m.g^{-2}$ ), riqueza (nº de espécies) e diversidade de Shannon-winer da comunidade bentônica. dos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo nos períodos de maior e menor volume hídrico.....34

## SUMÁRIO

1. Introdução Geral .....	10
2. Pergunta e hipótese .....	14
2.1. Pergunta.....	14
2.2. Hipótese .....	14
3. Objetivos.....	15
3.1. Objetivo Geral .....	15
3.2. Objetivos específicos.....	15
4. Introdução .....	18
5. Métodos .....	20
5.1. Área de estudo.....	20
5.2. Amostragens.....	22
5.3. Macroinvertebrados bentônicos .....	22
5.4. Parâmetros físicos e químicos .....	22
5.6. Cálculo das métricas de distúrbio na zona inundável dos reservatórios .....	23
5.7. Análise granulométrica e de matéria orgânica .....	24
6. Análises estatísticas .....	24
7. Resultados.....	25
7.1. Parâmetros físicos e químicos .....	25
7.2. Comunidade bentônica .....	28
7.2.1. Abundância .....	28
7.2.2. Biomassa .....	31
7.2.3. Gêneros de Chironomidae .....	33
7.2.4. Riqueza e diversidade .....	33
7.3. Curvas ABC .....	36
7.4. Métricas referentes ao protocolo de caracterização de habitats físicos .....	37
8. Discussão .....	38
9. Referências .....	42
10. Referencias da introdução geral.....	47
11. Anexos .....	50

## 1. Introdução Geral

No Brasil, as regiões semiáridas cobrem uma área de 925.000 km<sup>2</sup>, abrangendo cerca de 11% do território brasileiro (MEDEIROS *et al.*, 2011) onde a precipitação é altamente irregular, em conjunto com elevada evaporação e temperatura (SOUZA *et al.*, 2008). Sendo os reservatórios as principais fontes de água dessa região, exercendo um importante papel para a sobrevivência das populações humanas devido à crescente necessidade do acúmulo de água em decorrência dos períodos de seca prolongada (GARCIA *et al.*, 2009; MALTCHIK, 2006).

A dinâmica e estrutura dos reservatórios apresentam um padrão de organização entre rios e lagos (CALLISTO *et al.*, 2005). Os reservatórios são ecossistemas artificiais, construídos para atender as demandas das populações humanas (MOLOZZI *et al.*, 2013). Apesar do principal uso dos reservatórios ser a geração de energia, os mesmos têm sido utilizados para múltiplas finalidades, tais como: irrigação, lazer, abastecimento de água potável e produção de alimentos (TUNDISI *et al.*, 2008; NOGUEIRA *et al.*, 2010). No entanto, devido à multifuncionalidade dos reservatórios, muitos destes ecossistemas aquáticos das regiões semiáridas apresentam problemas, como: eutrofização natural e/ou artificial, salinização, problemas sanitários e propagação de doenças veiculadas pela água (ABÍLIO *et al.*, 2007). Esses, causados pela má gestão destes sistemas o que impede a dinâmica de resiliência e leva a um desequilíbrio na estrutura trófica e nas interações biológicas.

As modificações estruturais do habitat e a liberação de efluentes (diminuindo a qualidade da água) são fatores importantes de perda de biodiversidade e causam mudanças substanciais na composição e abundância das comunidades biológicas (CORTEZZI *et al.*, 2009; CALLISTO *et al.*, 2012; GONZALO and CAMARGO, 2013). Em geral, causam: diminuição na riqueza de espécies e um aumento do número total de indivíduos como resultado das altas densidades de espécies exóticas; redução geral na biomassa, embora possa haver aumento da biomassa correspondente a um denso conjunto de espécies exóticas; diminuição no tamanho do corpo da espécie; e mudanças na dominância relativa de guildas tróficas (WESTON, 1990).

Frente a esses problemas, métodos tradicionais de avaliação da qualidade ecológica em ecossistemas aquáticos, baseados nos parâmetro físicos e químicos tem sido empregados em vários estudos. Esses parâmetros físicos e químicos da água analisados individualmente são insuficientes para mesurar o estado ecológico da água por proporcionar uma avaliação momentânea e pontual (BAPTISTA, 2008). Análises baseadas nas comunidades biológicas ultrapassam as limitações impostas pelas análises físicas e químicas, refletindo as condições

ecológicas verificadas em amplos períodos de tempo e dando uma classificação geral do ecossistema, oferecendo grandes vantagens sobre as análises físicas e químicas (CALLISTO and ESTEVES, 1998; BAPTISTA, 2008; MOLOZZI *et al.*, 2012).

Nessa perspectiva do biomonitoramento para avaliação da qualidade ecológica de corpos aquáticos, a política ambiental da União Europeia, através da Diretiva Quadro da Água (DQA, Directiva 2000/60/CE) estabelece que a avaliação da qualidade ecológica de corpos aquáticos deve basear-se nos elementos biológicos, como principal componente do ecossistema, apoiando-se nas características hidromorfológicas e físicas e químicas da água (TEIXEIRA *et al.*, 2009; PINNA *et al.*, 2013). Na Europa, com base na abordagem do biomonitoramento para o desenvolvimento de ferramentas para caracterização da qualidade ecológica de corpos aquáticos em sua maioria baseiam-se na comparação entre áreas que refletem as condições mais próximas do estado de *prístino* (referência/natural) identificados com critérios pré-estabelecidos, e áreas impactadas (teste) (OLIVEIRA *et al.*, 2008). Porém, os sistemas de reservatório são alguns dos mais difíceis de serem avaliados pela dificuldade em encontrar sites minimamente perturbados que possam ser usados para determinar condições de referência, visto que estes são sistemas alterados (MOLOZZI *et al.*, 2013).

No Brasil, ainda não há padronização para avaliação da qualidade ecológica dos sistemas hídricos, embora vários estudos estejam sendo desenvolvidos utilizando as comunidades biológicas com intuito de desenvolver ferramentas de monitoramento para avaliação da qualidade dos ecossistemas aquáticos (Ex: BAPTISTA, 2008; MOLOZZI *et al.*, 2012) conforme estabelecido pela Resolução do CONAMA 357/05 artigo 8º parágrafo 3º, que ressalta: “*A qualidade dos ambientes aquáticos pode ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas*”.

Com base na utilização das comunidades biológicas para determinação da qualidade ecológicas de corpos aquáticos vários grupos de organismos, como: peixes, algas, protozoários e macroinvertebrados bentônicos, tem sido utilizados para fins de avaliação de impactos ambientais por serem sensíveis a variações ambientais abrangendo vários tipos de ecossistemas aquáticos (marinhos, de água doce e de água de transição) (PINNA *et al.*, 2013).

Os macroinvertebrados bentônicos compõem um grupo de grande importância ecológica em ambientes aquáticos, participando das cadeias alimentares e sendo um dos principais elos das estruturas tróficas dos ecossistemas aquáticos (ABELLÁN *et al.*, 2006). Sendo caracterizados por habitar o sedimento aquático, cuja presença, quantidade e distribuição indicam a magnitude de impactos ambientais em ecossistemas aquático e sua bacia de drenagem (CALLISTO *et al.*, 2005; CAMARGO *et al.*, 2011). A utilização de

macroinvertebrados como indicadores de qualidade ecológica deve-se a suas características, como: (i) ciclo de vida longo (ii) apresentam elevada diversidade biológica, são organismos grandes, sésseis ou de pouca mobilidade (iii) são de fácil amostragem (iv) apresentam elevada diversidade biológica com identificação relativamente simples (CALLISTO and GONÇALVES, 2005). Por serem sensíveis as condições ambientais, os grupos de macroinvertebrados bentônicos mais resistentes podem se tornar dominantes, enquanto outros mais sensíveis podem se tornar raros ou ausentes, assim, integrando os aspectos biológicos dos ecossistemas aquáticos, baseando-se na compreensão da estrutura e composição da comunidade bentônica frente a alterações ambientais (LIGEIRO *et al.*, 2012).

Abordagens baseadas no biomonitoramento tem sido desenvolvidas com a utilização dos macroinvertebrados bentônicos para categorização de ecossistemas aquáticos com base no desenvolvimento de índices. Entre esses índices estão os que integram informações de vários aspectos de um ecossistema para classificação de degradação, caracterizados como multimétricos (FEIO and POQUET, 2011; THORNE and WILLIAMS, 1997; BAPTISTA, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2008); os índices baseados na presença/ausência de espécies como indicador de poluição, com base na sua tolerância a diferentes gradientes de degradação ambiental (PINNA *et al.*, 2013); os índices relacionados ao fluxo de energia no sistema (MOLOZZI *et al.*, 2013; JØRGENSEN *et al.*, 1992) e aqueles baseados na comparação entre abundância e biomassa de espécies como fatores de classificação degradação sendo amplamente utilizadas pela abordagem da estrutura trófica dos ecossistemas (WARWICK, 1986; CLARKE and WARWICK, 2001).

O método ABC (*abundance biomass comparison*) proposto por WARWICK (1986) fundamentado na comparação da dominância cumulativa em termos de abundância e biomassa, desenvolvido para ser utilizado com a comunidade bentônica, porém já testadas para outras comunidades biológicas, como peixes (YEMANE *et al.*, 2005; OTERO *et al.*, 2006) e aves aquáticas (MEIRE and DEREU, 1990) baseando-se na compreensão que abundância e biomassa apresentam diferentes variações de acordo com o grau de trofia dos ecossistemas aquáticos, sendo as curvas ABC fundamentalmente pautada na teoria “k” e “r” estrategistas (MARQUES *et al.*, 2009; CLARKE and WARWICK, 2001).

Em ecossistemas aquáticos com boa qualidade ecológica, a curva de biomassa se estende acima da curva de abundância, pois supostamente a comunidade é constituída por espécies “k estrategistas” (crescimento lento, maturação tardia e tamanho grande) a medida que os níveis de poluição aumentam a comunidade é substituída por espécies “r estrategistas”

(crescimento rápido e tamanho grande) e a curva de abundância tende a se encontrar ou se sobrepor em relação a curva de biomassa (CARVALHO *et al.*, 2013).

Para avaliação da qualidade ecológica de ecossistemas aquáticos, vários aspectos devem ser incorporados além das características das comunidades biológicas frente a alterações ambientais e dos componentes físico-químicos da água. Levando-se em consideração as características hidromorfológicas dos ecossistemas aquáticos a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US Environmental Protection Agency) desenvolveu o protocolo de caracterização de habitats físicos para avaliação das características físicas de lagos e reservatórios, tais como: disponibilidade de habitats para peixes, estrutura da vegetação nas margens e influência antrópica (USEPA, 2012; MOLOZZI *et al.*, 2012; AZEVÊDO *et al.*, 2012). O protocolo de caracterização de Caracterização de Habitats físicos desenvolvido para ecossistemas da América do Norte, modificado e adaptado para sua utilização em programas de gestão de bacias hidrográficas brasileiras (MOLOZZI *et al.*, 2011).

A participação dos macroinvertebrados bentônicos na cadeia alimentar e na estrutura trófica dos ecossistemas aquáticos além da sua sensibilidade frente a alterações ambientais os tonam fundamentais na determinação da qualidade ecológica da água. No entanto, é de fundamental importância a utilização integrada de ferramentas, englobando vários aspectos do ecossistema, para uma classificação geral levando-se em consideração todos os seus componentes para promover a conservação e o adequado gerenciamento dessas massas de água. Em particular nos reservatórios devido a complexidade desses sistemas, pela sua estrutura e multifuncionalidade tornando-os sistemas complexos e difíceis conservar.

## **2. Pergunta e hipótese**

### ***2.1. Pergunta***

As curvas de abundância e biomassa podem ser utilizadas como indicadores do estado ecológico em reservatório do trópico semiárido?

### ***2.2. Hipótese***

As curvas de abundância e biomassa podem estimar a qualidade ecológica da água, visto que a abundância e biomassa da comunidade bentônica apresentam diferentes variações de acordo com a trofia dos ecossistemas aquáticos, no entanto esperamos que a curva de biomassa se estenda acima da curva de abundância pela elevada ocorrência e tamanho corporal de espécies “r estrategistas” nos reservatórios.

### **3. Objetivos**

#### ***3.1. Objetivo Geral***

Avaliar a eficiência das curvas de abundância e biomassa (ABC) como ferramenta para estimar a qualidade ecológica em reservatórios do trópico semiárido.

#### ***3.2. Objetivos específicos***

Comparar a tendência das curvas ABC e relacionar com a qualidade ecológica de cada reservatório amostrado;

Testar as curvas ABC, relacionando com as métricas de distúrbio antropogênico, variáveis físicas e químicas e gêneros de Chironomidae;

Utilizar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliação da qualidade ecológica em reservatórios do trópico semiárido;

Gerar informações que possibilitem o adequado gerenciamento em reservatório de clima semiárido.

**Curves of abundance and biomass can be used as indicators of ecological state of reservoirs in semi-arid region?**

As curvas de abundância e biomassa podem ser utilizadas como indicadores do estado ecológico em reservatórios do semiárido?

Carlinda Raíly Ferreira Medeiros<sup>1\*</sup>, Evaldo de Lira Azevêdo<sup>2</sup> and Joseline Molozzi<sup>3</sup>



<sup>1</sup>Graduanda pela Universidade Estadual da Paraíba, Av. das Baraúnas 351, Bodocongó, Campina Grande – PB. Email: carlindarailly@gmail.com

<sup>2</sup>Mestre em Ecologia e Conservação pela Universidade Estadual da Paraíba, Av. das Baraúnas 351, Bodocongó, Campina Grande – PB. Email: evaldoazevedo@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Estadual da Paraíba, Av. das Baraúnas 351, Bodocongó, Campina Grande – PB. Email: jmolozzi@gmail.com

**Abstract:** Benthic macroinvertebrates are commonly used as a tool for evaluated the ecological status of aquatic systems because the structural aspects of this community are associated with the magnitude of environmental impacts. This study aimed to evaluate the ABC method (abundance biomass comparison) for classification of ecological status in semiarid tropical reservoirs using the benthic macroinvertebrate community. During low and high periods of reservoir water volume (December/2011; July/2012) samples were collected on twenty sites in the littoral zone of reservoirs Argemiro de Figueiredo and Epitácio Pessoa in the Paraíba river basin. The impacts levels on physical habitats were estimated using a USEPA impact protocols and the results were compared with the ABC curves, constructed to estimate the ecological integrity of the reservoirs. The ABC curves showed that the reservoir Argemiro de Figueiredo had moderate levels of pollution during periods of high ( $w=0.009$ ) and low water volume ( $w=0.024$ ), but the protocol characterization of physical habitats showed that 60% of the reservoir had good ecological quality, 30% with moderate levels of disturbance and 10% impacted. The ABC curves for the Epitacio Pessoa reservoir, showed that it had moderate levels of pollution in high ( $w=0.207$ ) and low water volume ( $w=0.046$ ), and the metrics of the protocol characterization of physical habitat rated the reservoir by 30% with good ecological quality, 60% moderately disturbed and 10% with levels of disturbance impacted. The ABC curves proved to be a relevant tool for assessing ecological integrity in the semiarid reservoirs. However, due to moderate in both reservoir characterization, further studies are needed to better understand the efficiency of ABC curves.

**Keywords:** benthic macroinvertebrates, environmental impacts, reservoirs, biomonitoring.

**Resumo:** Os macroinvertebrados bentônicos são comumente utilizados como ferramenta para avaliação do estado ecológico em ecossistemas aquáticos continentais, pois os aspectos estruturais da comunidade estão associados a magnitude de impactos ambientais. O presente estudo objetivou avaliar o método ABC (*abundance biomass comparison*) para classificação da qualidade ecológica em reservatórios do trópico semiárido utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Foram amostrados 40 pontos na região litorânea dos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba-PB durante o período de maior e menor volume hídrico nos anos de 2011 e 2012. Foram plotadas curvas ABC, aplicadas para estimar a qualidade ecológica baseando-se na comparação da tendência da curva com valores cumulativos da dominância em termos de abundância e biomassa. Em comparação, para classificação dos níveis de impacto antropogênico dos reservatórios foram aplicados 10 protocolos de caracterização de habitats

físicos da USEPA em cada ponto de amostragem. As curvas ABC, mostraram que o reservatório Argemiro de Figueiredo apresentou níveis moderados de poluição, nos períodos de menor ( $w=0,024$ ) e maior volume hídrico ( $w=0,009$ ), porém as métricas do protocolo de caracterização de habitats físicos mostrou que 60% do reservatório possui boa qualidade ambiental, 30% com níveis de perturbação moderado e 10% impactado. As curvas ABC para o reservatório Eptácio Pessoa mostraram que o mesmo apresentou níveis moderados de poluição no período de maior ( $w=0,207$ ) e no período de menor volume hídrico ( $w=0,046$ ), e as métricas do protocolo de caracterização de habitats físico classificaram o reservatório em 30% com boa qualidade ambiental, 60% moderadamente perturbado e 10% com níveis de perturbação impactado. As curvas ABC mostraram-se uma relevante ferramenta para avaliação da qualidade ecológica quando relacionadas a outros parâmetros. No entanto, devido as caracterização moderada em ambos os reservatório, mais estudos são necessários para melhor compreensão da eficiência das curvas ABC.

**Palavras chave:** macroinvertebrados bentônicos, impactos ambientais, reservatórios, biomonitoramento.

#### 4. Introdução

O barramento de rios são atividades comuns nos sistemas fluviais no mundo, resultando em sistemas artificiais, utilizados para múltiplas finalidades, como: geração de energia elétrica, irrigação, navegação, lazer e abastecimento de água, no entanto, os usos múltiplos desses ecossistemas acabam exercendo influência negativa sobre a qualidade ecológica dos sistemas hídricos (Thorne and Williams, 1997; Bednarek, 2001; Tundisi *et al.*, 2008).

As regiões semiáridas apresentam particularidades, principalmente pelos baixos índices de precipitação pluviométrica, irregularidade das chuvas e altas taxas de evaporação (Barbosa *et al.*, 2012). Com isso, o barramento de rios em conjunto com as características ambientais das regiões semiáridas, afetam diretamente as comunidades biológicas, onde os elevados teores de sais na água, o alto tempo de retenção hidráulica (média 3 a 5 anos) e a homogeneização de habitats, levam a perda da integridade biológica e desequilíbrio trófico, tornando as comunidades aquáticas mais simples e causando alterações na estrutura das comunidades (Kleine and Trivinho–Strixino, 2005).

Para mitigação dos problemas ambientais gerados pela má gestão dos recursos hídricos, o primeiro passo é o desenvolvimento de metodologias de diagnóstico eficientes

(Buss, 2003). Embora as análises físicas e químicas da água seja um bom estimador do nível de poluição em ecossistemas aquáticos, estas não consideram as comunidades biológicas (Thompson *et al.*, 2008; Camargo *et al.*, 2011). Resultando em abordagens momentâneas e pontuais, portanto insuficientes para o diagnóstico da qualidade ecológica (Baptista, 2008; Molozzi *et al.*, 2012).

A avaliação da qualidade ecológica de ecossistemas aquáticos tem incorporado os macroinvertebrados bentônicos como ferramenta biológica para mensurar os efeitos estressores sobre os ecossistemas aquáticos continentais (Sharma and Rawat, 2009; Statzner and Bêche, 2010; Pope *et al.*, 2013). Os mesmos apresentam atributos biológicos que lhes permitem refletir a integridade ecológica de ecossistemas aquáticos considerando os efeitos de agentes poluentes ao longo de um período de tempo e abrangendo toda dimensão do reservatório. Esses atributos estão relacionados a sua ampla distribuição no ecossistema, mobilidade limitada e um tempo relativamente longo vida útil (Varnosfaderany *et al.*, 2010) tornando-os mais sensíveis a degradação ambiental.

Com base na abordagem do biomonitoramento, os atributos em termos de abundância e biomassa da comunidade bentônica tem sido utilizados por refletir concentrações de matéria orgânica disponível em ecossistemas aquáticos (Warwick, 1986; Takahashi *et al.*, 2008). Abordando a estrutura trófica das comunidades biológicas, independente da composição taxonômica, onde ambientes aquáticos menos impactados apresentam menor biomassa pelas baixas concentrações de nutrientes dissolvidos e conseqüente menor produtividade (Ahrens and Peter, 1991; Jørgensen *et al.*, 1992; Takahashi *et al.*, 2008).

O método ABC (*abundance biomass comparison*) proposto por Warwick (1986) fundamentado na teoria evolutiva da seleção “k” e “r” estrategistas (Clarke and Warwick, 2001) compara as curvas de dominância em termos de biomassa e abundância. Baseando-se na presunção de que a distribuição do número de indivíduos e biomassa não mostra o mesmo padrão de variação em ecossistemas que apresentam níveis variados de poluição (Marques *et al.*, 2009).

Em ambientes sob condições estáveis, com menos distúrbio, espera-se que a curva de biomassa se estenda acima da curva de abundância, classificando o ambiente como não poluído, pois a comunidade é supostamente dominada por espécies “k” estrategistas (Yemane *et al.*, 2005). Caracterizados por apresentarem crescimento lento, tamanho grande e maturação tardia, onde os mesmos raramente são dominantes numericamente, mas são dominantes em termos de biomassa (Yemane *et al.*, 2005). As curvas tendem a se encontrar indicando um ambiente moderadamente perturbado, quando o sistema se torna cada vez mais dominado por

espécies “r” estrategistas, que apresentam crescimento rápido e são estrategistas, se tornando dominantes quanto a biomassa, assim como numericamente (Puente and Diaz, 2008; Yemane *et al.*, 2005; Carvalho *et al.*, 2013). No entanto, quando a curva de abundância se estende acima da curva de biomassa, indica que o ambiente está severamente poluído (Otero *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2013).

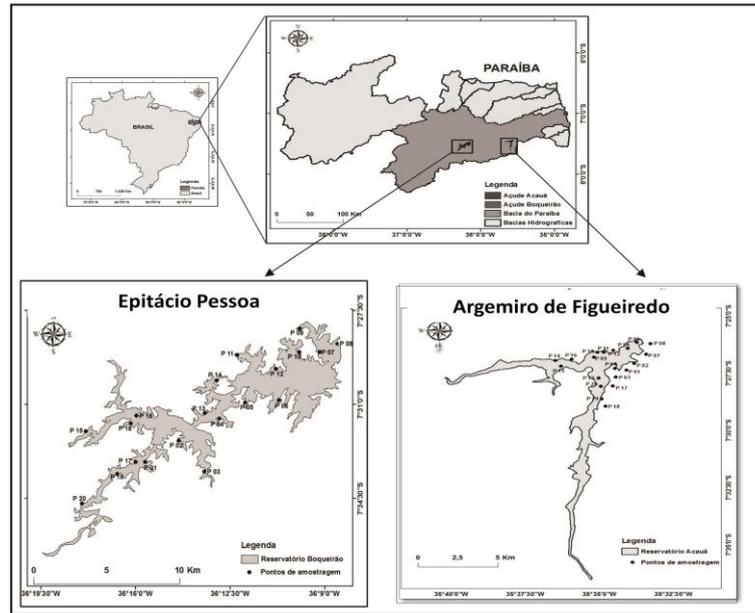
O presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência das curvas de abundância e biomassa (ABC) como ferramenta para estimar a qualidade ecológica em reservatórios da região semiárida baseando-se na tendência da dominância dos valores cumulativos em termos de abundância e biomassa.

## **5. Métodos**

### **5.1. Área de estudo**

As amostragens foram realizadas nos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo, para a caracterização da comunidade bentônica dos reservatórios pertencentes a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba-PB, os quais serão receptores do canal de transposição do Rio São Francisco (Figura 1).

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba é segunda maior do estado da Paraíba, considerada uma das mais importantes do semiárido nordestino, composta pela Sub-Bacia do Rio Taperoá e regiões do Alto Curso do Rio Paraíba, Médio Curso do Rio Paraíba e Baixo Curso do Rio Paraíba, com capacidade máxima de 1.078.104.307 km<sup>3</sup> de água, abrangendo uma área de 20.071,83 km<sup>2</sup>, contendo um total de 38 açudes, compreendida ente as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35"; e 37°2'15"; Oeste e Greenwich, abrigando 1.828.178 habitantes (EASA, 201).



**Figura 1:** Localização geográfica dos reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio pessoa pertencentes a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, Paraíba, Brasil. Os triângulos na figura indicam as barragens dos reservatórios, com seus respectivos pontos de amostragem.

O reservatório Epitácio Pessoa, está situado na divisão entre o Alto e Médio Curso do Rio Paraíba, com uma bacia hidráulica de 26.784 ha. Sua principal utilização se dá para fins de abastecimento de 20 municípios no estado, pesca, lazer, turismo regional e irrigação (EASA, 2012) (Tabela 1).

O reservatório Argemiro de Figueiredo, localizado entre as regiões do Médio e Baixo Curso do Rio Paraíba, com uma bacia hidráulica de 2.300 ha de área, cuja sua principal finalidade é o abastecimento das populações, mas ainda verificam-se outras atividades, como: irrigação e pesca (AESA, 2012) (Tabela 1).

**Tabela 1:** Caracterização morfológica dos reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa, localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, Paraíba, Brasil (AESA, 2012).

Reservatórios	Argemiro de Figueiredo	Epitácio Pessoa
Ano de construção	1999-2001	1955-1956
Localização	7°27,5'3''S 35°35'52,6''W	7°29'20''S 36°17'3''W
Capacidade m <sup>3</sup>	253.000.000	418.088.514
Tempo de residência	3-5	3-5

## 5.2. Amostragens

Para caracterização da comunidade bentônica dos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo, as amostras foram realizadas em 40 pontos ao longo da região litorânea de ambos os reservatórios no período de maior volume hídrico (dezembro/2011) e menor volume hídrico (julho/2012) de modo a representar as variações da comunidade de macroinvertebrados bentônicos abrangendo os dois períodos amostrados.

## 5.3. Macroinvertebrados bentônicos

A macrofauna bentônica foi coletada junto ao sedimento com auxílio da draga tipo Van Veen (área 316.477cm<sup>2</sup>), posteriormente fixado *in situ* em formol 4%. Em laboratório as amostras foram lavadas em peneiras sobrepostas com malha de 1 µm e 500 µm, armazenadas em potes plásticos com álcool a 70%. Após a lavagem, o material foi triado, posteriormente os espécimes foram contados e identificados até nível de família, com auxílio chaves bibliográficas especializadas (Ward and Whipple, 1959; Hawking and Smith, 1997; Mugnai *et al.*, 2010) com exceção da família Chironomidae, identificados até nível taxonômico de gênero (Trivinho-Strixino and Strixino, 1995; Trivinho-Strixino, 2011).

Para a estimativa de biomassa (m.g<sup>-2</sup>) os indivíduos foram secos em estufa a 60°C durante 72h e pesados (m.g precisão 10<sup>-5</sup>) para estimativa do peso seco. Após a secagem, os indivíduos do Filo Mollusca, foram incinerados em forno mufla a 450°C durante 4h para estimativa do peso de cinzas (Elkarmi and Ismail, 2007). A biomassa foi obtida a partir da diferença entre o peso da amostra e o peso do papel, menos a diferença do peso incinerado e o peso papel.

## 5.4. Parâmetros físicos e químicos

Em cada ponto de amostragem foram coletadas amostras de água da sub-superfície na região litorânea para análise das concentrações de nutrientes e clorofila-a. Variáveis físicas e químicas da água foram mensuradas *in situ*: pH, temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), condutividade elétrica (µS/cm) e turbidez (NTU) utilizando multi-analizador (Horiba/U-50). Por meio da leitura do disco de Secchi foi avaliada a transparência da água. Em laboratório foram mensurados os parâmetros: alcalinidade (Mackereth *et al.*, 1978), teores

de clorofila-a, sendo utilizada acetona 90% como solvente e a fórmula proposta por Lorenzen et al. 1967, Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT), Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Íon Amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e Ortofosfato ( $\text{PO}_4^-$ ), de acordo de acordo com Standart Methods for the Examination of Water & Waterwater (APHA, 1992).

### ***5.5. Protocolo de caracterização de habitats físicos***

Para caracterização dos aspectos físicos do habitat e perturbação antrópica foram aplicados 10 protocolos de caracterização de habitats físicos em cada ponto de amostragem totalizando a aplicação de 200 protocolos para cada reservatório amostrado conforme a metodologia determinada pela US Environmental Protection Agency (USEPA, 2011).

A aplicação do protocolo avalia características físicas como: substrato de fundo na zona litorânea, presença e tipo de macrofitas aquáticas, abrigos potenciais para peixes, dossel da zona ripária e zona inundável, tipo de vegetação rasteira, além de avaliar tipos de influencias humanas como: presenças de construções, comércio, rampa/praias artificiais, presença de barcos, linhas de transmissão, muros, diques, lixo ou entulho, rodovias ou ferrovias, plantação de grãos, pastagens, pomar, parque/gramado, entre outras influências humanas que poderiam ser detectadas no momento da amostragem. As observações foram extraídas de três zonas: litorânea (10 m de largura por 15 m de comprimento), inundável (15 m de largura com comprimento variável) e ripária (15 m de comprimento por 15 m de largura). Para este estudo foram utilizadas apenas informações referentes a perturbações humanas nos reservatórios, e métricas de distúrbio para a zona inundável dos mesmos.

### ***5.6. Cálculo das métricas de distúrbio na zona inundável dos reservatórios***

Os cálculos das métricas de distúrbio antropogênico na zona inundável foi realizado de acordo com a metodologia desenvolvida pela Agência de proteção Ambiental dos Estados Unidos-USEPA (Environmental Protection Agency of the United States) (USEPA, 2011).

Neste trabalho foram utilizados para a composição das métricas os índices de extensão e intensidade do distúrbio humano na zona inundável. O índice de distúrbio humano na região imudável considera 12 tipos de distúrbios ou atividades humanas. Quatro atividades são relacionadas a agricultura (plantação de grãos, pastagem, pomar, parque/gramado) e oito atividades se relacionam a outros tipos de perturbação (construções, comércio, rampa/praias

artificial, docas/barcos, muros/diques, lixo/entulho, rodovias/ferrovias, linhas de transmissão). A métrica de distúrbio é calculada considerando a perturbação, ausente, dentro, ou fora da parcela analisada, onde a perturbação ausente corresponde a peso 0, a perturbação dentro da parcela recebe peso 1 e a perturbações adjacentes à parcela analisada recebe peso 0,5, em seguida os valores são ponderados para cálculo final da métrica. O índice que compõe a métrica final apresenta valores que variam de 0 a 1. Considerando que menores valores indiquem menor grau de distúrbio e maiores valores, distúrbios mais intensos.

Para classificação dos reservatórios baseado na perturbação humana, os valores das métricas foram classificados em três categorias que variaram de 0 a 1. Os valores das métricas de 0 a 0,3 foram classificados em menor grau de distúrbio, 0,3 a 0,6 em moderado grau de distúrbio e os valores das métricas de 0,6 a 1 em grau de distúrbios mais intensos (Azevêdo *et al.*, 2012).

### **5.7. Análise granulométrica e de matéria orgânica**

O método de peneiramento foi utilizado para realizar a composição granulométrica, segundo a metodologia proposta por Suguio (1973), modificado por Callisto and Esteves (1996). As amostras de sedimento foram secas em estufa a 60°C durante 72h e em seguida foram fragmentadas e agitadas em peneiras de malha (16,00; 4,00; 1,00; 0,50; 0,125 e 0,062 mm).

O método gravimétrico foi utilizado para determinar as porcentagens de matéria orgânica. Uma alíquota de 0,3g foi calcinada a 550°C por 4h em forno mufla, após o procedimento a amostra foi pesada e calculada a diferença entre o peso inicial e após a calcinação.

## **6. Análises estatísticas**

As diferenças dos parâmetros ambientais, abundância e biomassa foram mensuradas por meio de análise de significância PERMANOVA, (Permutational Multivariate Analysis of Variance) (Anderson *et al.*, 2008). Para isso, foram estabelecidos dois fatores: reservatórios (dois níveis: Epitácio Pessoa e Argemiro Figueiredo) e estações (dois níveis: maior volume hídrico e menor volume hídrico). “Distância euclidiana” foi utilizada como medida de

dissimilaridade para os parâmetros ambientais, e “Bray Curtis” para parâmetros biológicos, sendo consideradas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Para visualização da distribuição espacial das variáveis físicas e químicas, biomassa e abundância entre os reservatórios e os períodos de amostragem foi realizada análise de escalonamento não métrico multidimensional nMDS (Non-metric Multi-Dimensional Scaling) (Clarke and Gorley, 2006).

A estimativa do grau de perturbação dos reservatórios foi mensurado utilizando o método ABC (*abundance biomass comparison*) proposto por Warwick (1986) com base na correlação da sobreposição da curva de abundância e biomassa. Em ambientes impactados a curva de abundância se estende acima da curva de biomassa, em ambientes moderadamente perturbados as curvas de abundância e biomassa tendem a se encontrar e em sistemas com baixo nível de distúrbio a curva de biomassa se estende acima da curva de abundância. A estatística W que consiste na sumarização numérica das curvas ABC, fornecendo um índice, assumindo os valores +1 (indica um sistema sem distúrbios); -1 (indica sistema com distúrbio) e 0 (indica moderada poluição) foi gerado, em conjunto com as curvas ABC para classificação dos reservatórios com base no grau de trofia dos mesmos (Marques *et al.*, 2009).

O Índice de diversidade Shannon-Wiener (Shannon and Weaver, 1963) foi realizado para determinar a diversidade da comunidade dos macroinvertebrados bentônicos nos períodos de maior e menor volume hídrico.

A riqueza foi calculada de acordo com o número de espécies diferentes nos períodos de maior e menor volume hídrico dos reservatórios.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa PRIMER-6 + PERMANOVA (Systat Software, Cranes Software International Ltd. 2008).

## **7. Resultados**

### ***7.1. Parâmetros físicos e químicos***

A alcalinidade da água do reservatório Argemiro de Figueiredo apresentou maiores médias ( $23,5 \pm 2,41$ ) no período de menor volume hídrico e no período de maior volume hídrico ( $22,25 \pm 1,33$ ) quando comparada com as águas do reservatório Eptácio Pessoa, onde as médias variaram de ( $16,35 \pm 1,92$ ) e ( $15,35 \pm 4,94$ ) no período de menor e maior volume hídrico, respectivamente. As médias de P-total ( $1043 \pm 183$ ) e nitrito ( $46,48 \pm 12,67$ ) se mostraram mais representativos para o reservatório Eptácio Pessoa, no período de maior

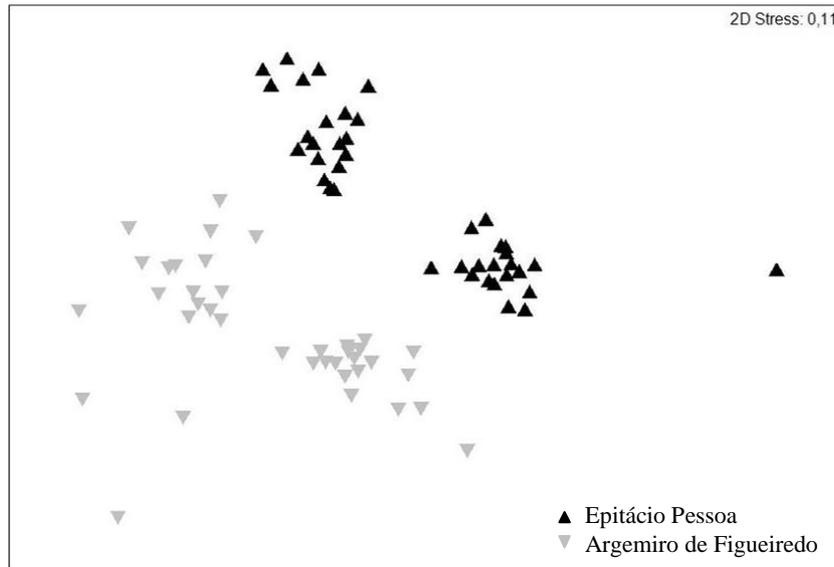
volume hídrico. Em relação a composição granulométrica, as médias de cascalho foram mais representativas para o reservatório Argemiro de Figueiredo no período de menor volume hídrico do reservatório ( $213,59 \pm 159,11$ ) (Tabela 2).

Quando relacionados os parâmetros Clorofila *a*, sólidos totais dissolvidos, P-total, nitrito e nitrato, apenas clorofila *a* e sólidos totais dissolvidos estiveram dentro dos valores limites estabelecidos pelo CONAMA para ambientes lênticos de classe 3. Os valores limites estabelecidos pelo CONAMA para esses parâmetros são, clorofila *a*:  $60\mu\text{g/L}$ , sólidos totais dissolvidos:  $500\text{ mg/L}$ , P-total:  $0,05\text{ mg/L}$ , nitrito:  $1,0\text{ mg/L}$  e nitrato:  $10,0\text{ mg/L}$ .

Os reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo diferem entre si em relação as variáveis físicas e químicas PERMANOVA (Pseudo- $F_{2,119} = 45,949; p = 0,001$ ) e entre os períodos de maior e menor volume hídrico (Pseudo- $F_{1,119} = 89,566; p = 0,001$ ). A análise nMDS para os dados ambientais dos reservatórios, mostra que os mesmos estão agrupados separadamente pelas variáveis abióticas. (Figura 2) (stress: 0,11).

**Tabela 2:** Média e desvio padrão das variáveis físicas e químicas para os reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo, período de menor volume hídrico e maior volume hídrico, amostrados no ano de 2011/2012. O (\*) indica as variáveis que apresentaram diferenças entre os reservatórios.

Reservatório	Argemiro de Figueiredo		Epitácio Pessoa		
	Estação	Menor volume	Maior volume	Menor volume	Maior volume
Temperatura da água (°C)		28,84 ± 0,86	29,07 ± 0,61	26,52 ± 0,80	28,09 ± 2,55
pH		9,31 ± 0,25	7,97 ± 0,26	9,21 ± 0,66	7,98 ± 0,57
Ortofosfato (mV)		127,15 ± 8,84	202,55 ± 12,68	108,25 ± 23,74	199,9 ± 23,15
Condutividade elétrica (µS/cm <sup>-1</sup> )		1,23 ± 0,00	1,11 ± 0,00	0,86 ± 0,02	0,76 ± 0,04
Turbidez (NTU)		60,86 ± 26,87	96,17 ± 84,23	40,495 ± 74,83	123,19 ± 181,48
Oxigênio Dissolvido (mg/L <sup>-1</sup> )		8,68 ± 1,35	9,83 ± 0,68	8,41 ± 1,29	7,94 ± 1,84
Sólidos Totais dissolvidos (mg/L <sup>-1</sup> )		0,79 ± 0,00	0,71 ± 0,00	0,55 ± 0,01	0,49 ± 0,02
Salinidade (%)		0,06 ± 0	0,05 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,00
Alcalinidade (mg)		23,5 ± 2,41	22,25 ± 1,33	16,35 ± 1,92	15,35 ± 4,94
*Fósforo Total (µg/L <sup>-1</sup> )		543,70 ± 105,70	366 ± 62,39	448,52 ± 89,73	1043 ± 187
Fosfatos (µg/L <sup>-1</sup> )		184,62 ± 8,14	38,5 ± 19,92	196,24 ± 241,95	53,75 ± 79,81
Nitrogênio total (µg/L <sup>-1</sup> )		280,24 ± 527,87	1085,96 ± 149,0	248,48 ± 393,83	325,32 ± 106,59
*Íon Amônio (µg/L <sup>-1</sup> )		31,03 ± 6,76	56,03 ± 49,03	30,91 ± 4,36	191,31 ± 172,28
*Nitrito (µg/L <sup>-1</sup> )		10,89 ± 1,15	27,31 ± 12,17	11,15 ± 1,47	46,48 ± 12,67
Nitrato (µg/L <sup>-1</sup> )		126,88 ± 8,81	4,43 ± 1,20	125,7 ± 8,06	4,33 ± 3,03
Clorofila <i>a</i> (µg/L <sup>-1</sup> )		50,1 ± 12,6	2,05 ± 1,19	14,42 ± 14,82	3,23 ± 2,95
Matéria orgânica		1,58 ± 1,31	2,72 ± 1,78	7,98 ± 3,47	7,67 ± 4,41
% Cascalho		213,59 ± 159,11	40,65 ± 23,78	62,28 ± 118,02	19,55 ± 18,58
% Areia grossa		104,33 ± 99,89	22,56 ± 16,01	80,39 ± 48,71	24,33 ± 7,50
% Areia Média (0,250-1mm)		88,85 ± 49,34	14,01 ± 8,24	44,38 ± 20,89	18,94 ± 9,02
% Areia Fina (0,250-0,062mm)		83,40 ± 53,77	13,52 ± 9,65	47,04 ± 20,13	16,77 ± 10,45
% Silte/argila (<0,62 mm)		183,79 ± 135,5	9,25 ± 8,86	92,86 ± 93,03	20,39 ± 12,87



**Figura 2:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para as variáveis físicas e químicas dos reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa, localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.

## 7.2. Comunidade bentônica

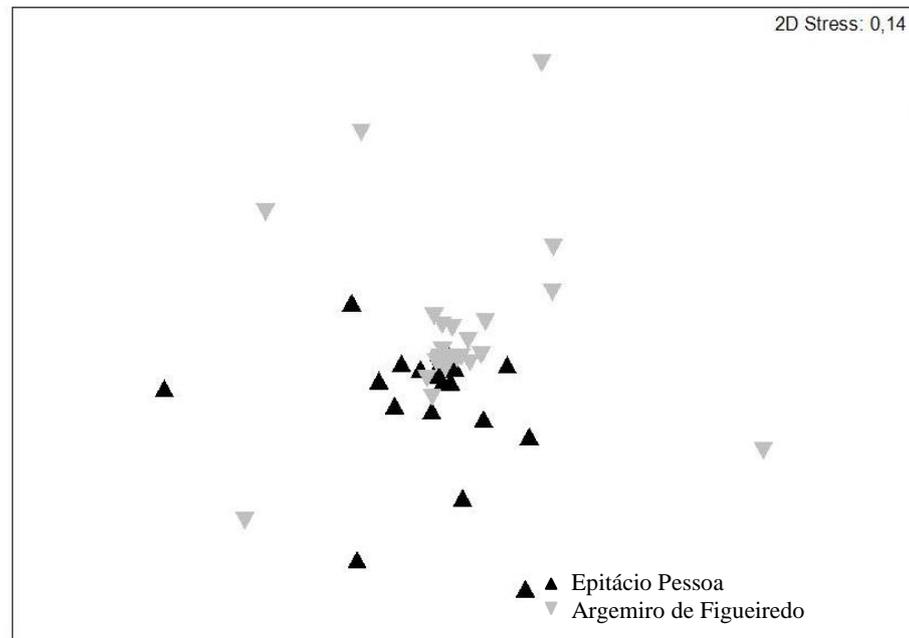
### 7.2.1. Abundância

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos dos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo foi representada por 17.573 indivíduos distribuídos em 14 táxons. Foi registrada ocorrência de 14.536 indivíduos no reservatório Argemiro de Figueiredo e 3.037 indivíduos representou a fauna bentônica do reservatório Epitácio Pessoa (Tabela 3).

Dos 14.536 indivíduos registrados no reservatório Argemiro de Figueiredo, 10.541 foram encontrados no período de menor volume do reservatório, onde 96% da comunidade foi representada pela espécie exótica de molusco *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774), 0,31% por Oligochaeta e 0,56% pelo Díptera *Goeldichironomus* (Fittkau, 1965). No período de maior volume do reservatório a comunidade foi representada por 3.995 organismos, 98% por *M. tuberculatus*, 0,9% por Hirudinea e 0,6% pelo Díptera *Fissimentum* (Cranston and Nolte, 1996).

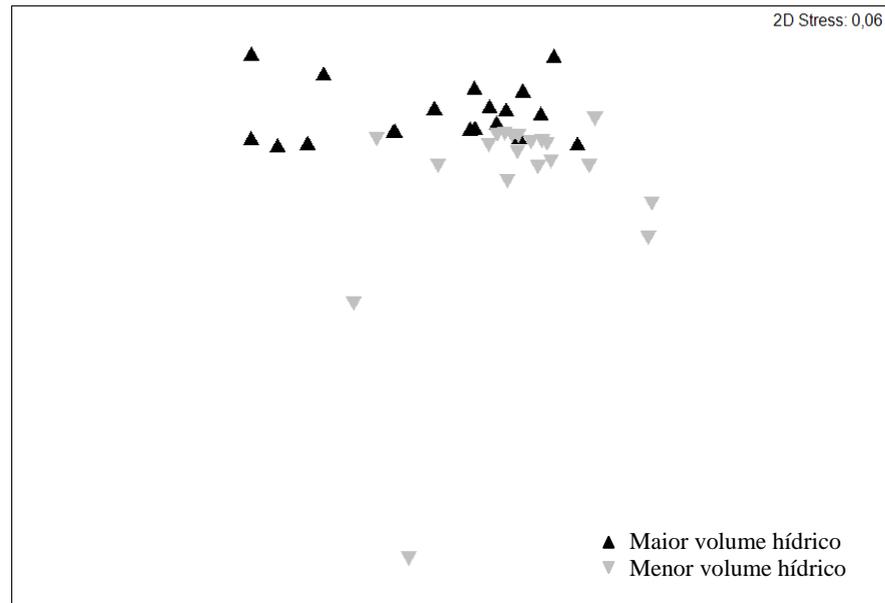
No reservatório Epitácio Pessoa, dos 3.037 indivíduos registrados, 814 representaram o período de menor volume hídrico, destes 84% pelo gastrópode exótico *M. tuberculatus*, 9,1% por Oligochaeta e 4,67% pelo crustáceo Decápoda. No período de maior volume hídrico a comunidade esteve representada por 2.223 indivíduos, destes 95% por *M. tuberculatus*, 3% por Oligochaeta e 0,27% pelo molusco Planorbidae.

Houve diferenças significativas quanto a abundância de macroinvertebrados bentônicos entre os reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo PERMANOVA(Pseudo- $F_{1,79}=3,2361$ ;  $p=0,001$ ), apesar da análise nMDS mostrar que alguns pontos estão agrupados, a maioria deles estão dispostos separadamente (Figura 3).

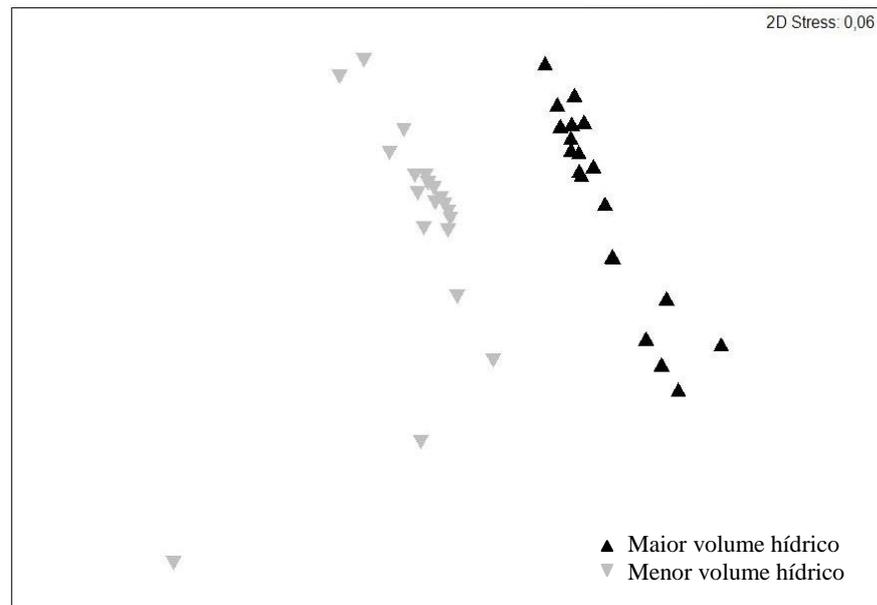


**Figura 3:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa.

Com relação a variação entre os períodos de maior volume e menor volume hídrico, houve diferenças significativas para abundância entre os períodos de amostragem tanto para o reservatório Epitácio Pessoa PERMANOVA(Pseudo- $F_{1,39}=4,0029$ ;  $p=0,003$ ), como para o reservatório Argemiro de Figueiredo PERMANOVA(Pseudo- $F_{1,39}=20,321$ ;  $p=0,001$ ). A análise nMDS para o reservatório Argemiro de Figueiredo considerando a abundância dos macroinvertebrados bentônicos mostrou que alguns pontos estão agrupados, porém a maioria deles apresentou segregação (Figura 4). Já no reservatório Epitácio Pessoa, a nMDS mostrou total segregação em relação a abundância entre os períodos de maior e menor volume hídrico do reservatório (Figura 5).



**Figura 4:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os períodos de maior e menor volume hídrico no reservatório Argemiro de Figueiredo.



**Figura 5:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os períodos de maior e menor volume hídrico no reservatório Epitácio Pessoa.

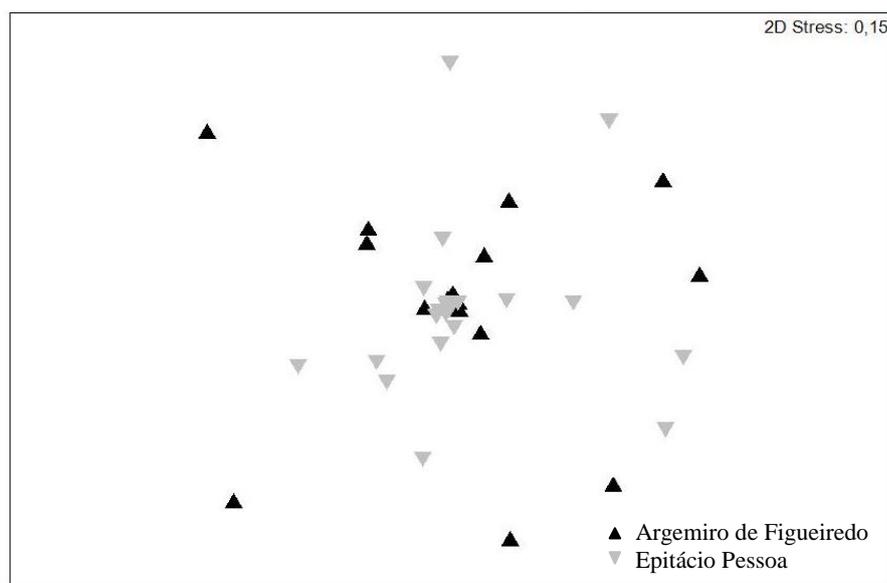
### 7.2.2. Biomassa

A biomassa da comunidade bentônica foi mais representativa para o reservatório Argemiro de Figueiredo ( $112,6 \text{ m.g}^{-2}$ ) quando comparado com o reservatório Epitácio Pessoa ( $49,67 \text{ m.g}^{-2}$ ).

No reservatório Argemiro de Figueiredo a biomassa do gastrópode exótico *M. tuberculatus* representou 93% da comunidade, seguido por Planorbidae (4%) e por Oligochaeta (1,9%) no período de menor volume. *M. tuberculatus* representou 90% da comunidade bentônica no período de maior volume hídrico seguido pelos Díptera *Parachironomus* (Lenz,1921) (4%), e *Fissimentum* (1%).

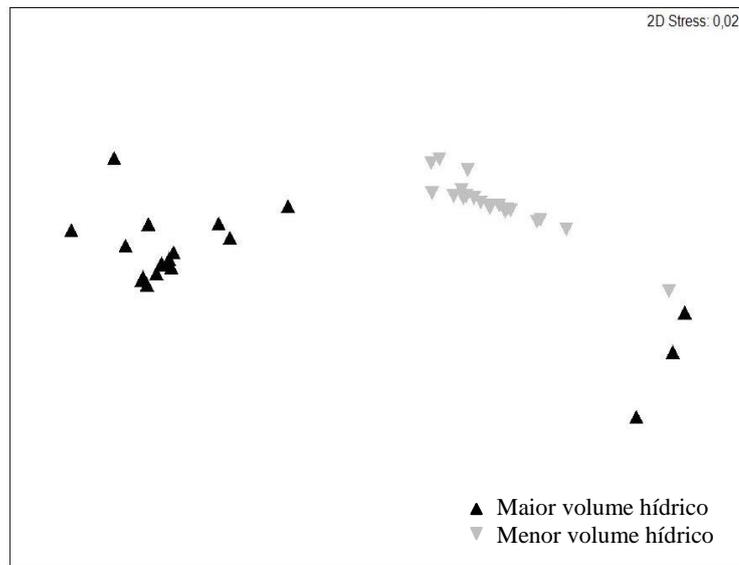
A biomassa da fauna bentônica no reservatório Epitácio Pessoa foi representada em maior proporção pelas duas espécies exóticas: *Corbicula largilliert* (Philippi, 1844) (67%) e em menor proporção por *M. tuberculatus* (35%). Seguido por *Coelotanypus* (Kieffer,1913) (1,5%) no período de menor volume hídrico. No período de maior volume do reservatório, *M. tuberculatus* representou 95% da comunidade bentônica, seguido por Hirudínea (2%) e *Fissimentum* (1%).

Os reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo diferem significativamente quanto a biomassa de macroinvertebrados bentônicos PERMANOVA(Pseudo- $F_{1,79}=3,3532$ ;  $p=0,027$ ), apesar da análise nMDS mostrar que alguns pontos de amostragem estão agrupados (Figura 6).

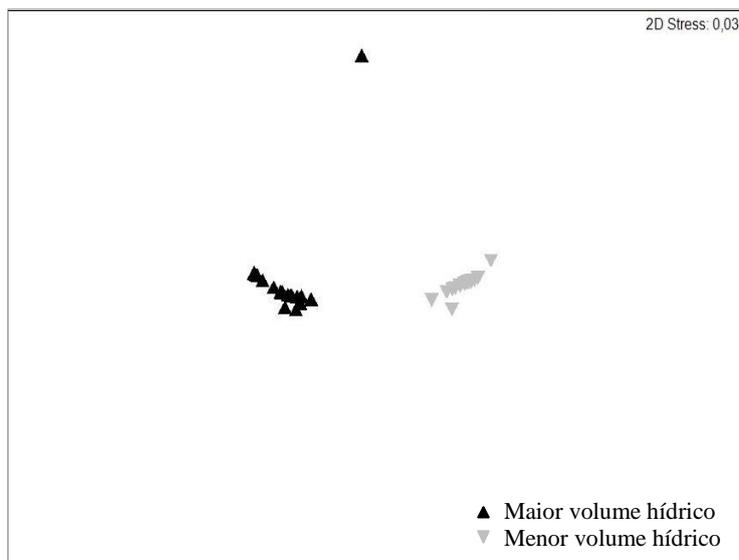


**Figura 6:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator biomassa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo.

Quando relacionado a biomassa dos macroinvertebrados bentônicos entre os períodos de amostragem, houve diferenças significativas entre o período de maior e menor volume para os reservatórios Epitácio Pessoa PERMANOVA(Pseudo- $F_{1,39}=35,767$ ;  $p=0,001$ ) e Argemiro de Figueiredo PERMANOVA(Pseudo- $F_{1,39}=73,3031$ ;  $p=0,001$ ). A nMDS corroborou com o resultado da PERMANOVA, mostrando total segregação entre os reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa para a biomassa entre os períodos de amostragem (Figura 7; Figura 8).



**Figura 7:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator biomassa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os períodos de maior e menor volume hídrico no reservatório Epitácio Pessoa.



**Figura 8:** Análise “nMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling” mostrando a distribuição espacial para o fator biomassa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos entre os períodos de maior e menor volume hídrico no reservatório Argemiro de Figueiredo.

### 7.2.3. Gêneros de Chironomidae

A família Chironomidae (Díptera), foi representada por cinco gêneros de Díptera distribuídos nos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo nos dois períodos amostrados, sendo eles: *Goeldichironomus*, *Fissimentum*, *Parachironomus*, *Aedokritus* (Roback, 1958) e *Coelotanypus* (Tabela 3).

No reservatório Argemiro de Figueiredo, apenas o gênero *Goeldichironomus* foi encontrado no período de menor volume hídrico. Já no período de maior volume hídrico foi registrada a ocorrência dos gêneros *Fissimentum* e *Parachironomus*.

No reservatório Epitácio Pessoa, a família Chironomidae foi representada por *Goeldichironomus*, *Fissimentum* e *Parachironomus* no período de maior volume hídrico. Os Díptera *Aedokritus* e *Coelotanypus* estiveram presentes no reservatório apenas no período de menor volume hídrico.

### 7.2.4. Riqueza e diversidade

A riqueza dos macroinvertebrados bentônicos para o reservatório Epitácio Pessoa foi mais representativa no período de menor volume do reservatório (9), seguido pelo período de maior volume hídrico (8). Já no reservatório Argemiro de Figueiredo a riqueza foi mais elevada no período de maior volume hídrico do reservatório (8) quando relacionado ao período de menor volume (4) (Tabela 3).

A diversidade da comunidade bentônica foi mais representativa para o reservatório Argemiro de Figueiredo, com valores 18,02 no período de maior volume do reservatório, e 13,04 no período de menor volume. O reservatório Epitácio Pessoa também apresentou maior diversidade no período de maior volume (11,31) quando relacionado ao período de menor volume hídrico (9,32). (Tabela 3).

**Tabela 3:** Média e desvio padrão para abundância (nº de indivíduos), biomassa (m.g<sup>-2</sup>), riqueza (nº de espécies) e diversidade de Shannon-winer da comunidade bentônica dos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo nos períodos de maior e menor volume hídrico.

COMUNIDADE BENTÔNICA	Argemiro de Figueiredo				Epitácio Pessoa			
	Menor volume		Maior volume		Menor volume		Maior volume	
	Abundância	Biomassa	Abundância	Biomassa	Abundância	Biomassa	Abundância	Biomassa
<b>MOLLUSCA</b>								
<i>Melanoide tuberculatus</i> , Müller, 1774	506 ± 604,03	1,11 ± 60,53	195 ± 160,99	4,52 ± 3,96	35 ± 31,45	8,62 ± 994,57	107 ± 105,1	4,90 ± 2,29
<i>Corbicula largilieri</i> , Philippi, 1844	*	*	*	*	1 ± 0,99	481,55 ± 491,46	*	*
Planorbidae	2 ± 4,12	708,6 ± 99,7	*	*	*	*	1 ± 0,78	*
<b>ANÉLIDA</b>								
Oligochaeta	16 ± 50,69	0,18 ± 0,01	1 ± 0,22	*	4 ± 8,82	0,01 ± 0,04	4 ± 15,60	0,01 ± 0,06
Hirudínea	*	*	2 ± 7,13	*	*	*	1 ± 0,22	2,07 ± 2,23
<b>DIPTERA</b>								
Ceratopogonidae	*	*	1 ± 1,43	0,09 ± 0,02	1 ± 0,67	3,3 ± 0,22	*	*
<i>Goeldichironomus</i> , Fittkau, 1965	3 ± 11,85	0,10 ± 0,45	*	*	*	*	1 ± 0,30	0,08 ± 0,26
<i>Fissimentum</i> , Cranston; Nolte, 1996	*	*	1 ± 2,03	0,32 ± 0,06	1 ± 0,22	4,10 ± 0,07	1 ± 1,34	3,53 ± 1,11
<i>Parachironomus</i> , Lenz, 1921	*	*	1 ± 0,22	1,9 ± 0,09	*	*	1 ± 0,30	1,5 ± 6,70
<i>Aedokritus</i> , Roback, 1958	*	*	*	*	1 ± 0,31	1,4 ± 0,12	*	*
<i>Coelotanypus</i> , Kieffer, 1913	*	*	*	*	1 ± 0,22	8,9 ± 0,10	*	*
<b>ODONATA</b>								
Libellulidae	*	*	*	*	1 ± 0,22	0,20 ± 0,09	1 ± 0,22	0,19 ± 0,02
Corixidae	*	*	1 ± 0,67	0,10 ± 0,03	*	*	*	*
<b>CRUSTACEA</b>								
Decápode	*	*	*	*	2 ± 5,23	0,19 ± 0,63	*	*

---

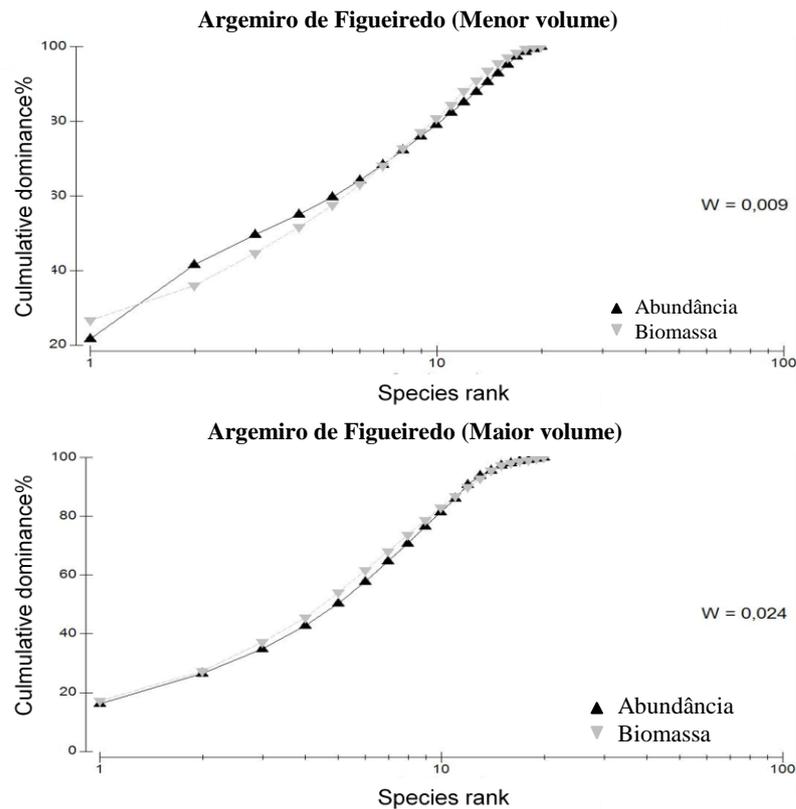
<b>Abundância (n° de indivíduos)</b>	10541	*	3995	*	814	*	2223
<b>Riqueza (n° de espécies)</b>	4	*	8	*	9	*	8
<b>Diversidade de Shannon</b>	13,04	*	18,02	*	9,31	*	11,31

---

\*sem ocorrência

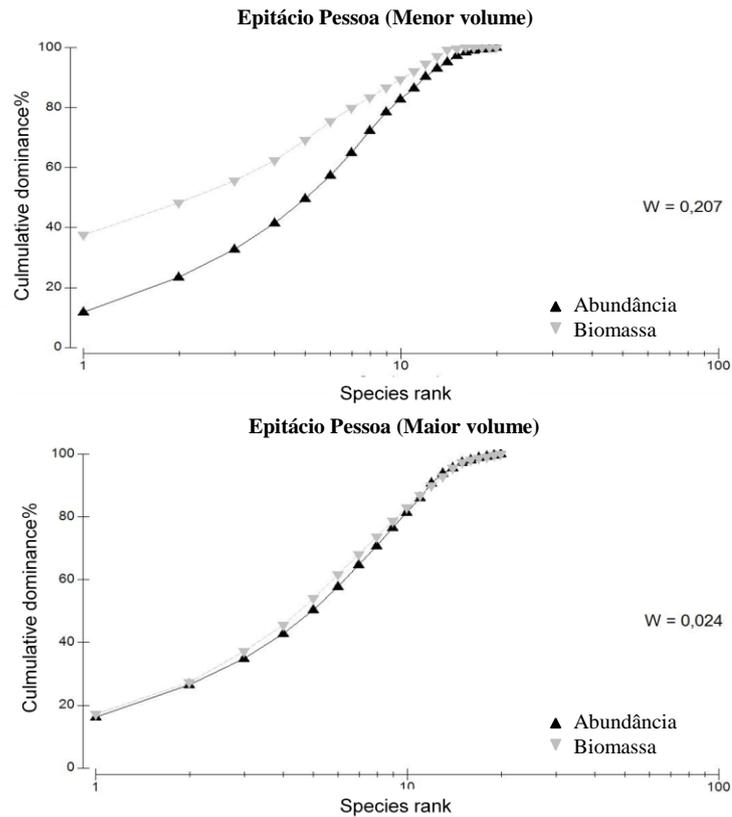
### 7.3. Curvas ABC

As curvas ABC classificaram o reservatório Argemiro de Figueiredo como moderadamente perturbado, esse resultado foi corroborado pelo índice W que apresentou os valores  $W=0,009$  no período de menor volume e  $W=0,024$  no período de maior volume hídrico do reservatório (Figura 9).



**Figura 9:** Tendência das curvas de abundância e biomassa para o reservatório Argemiro de Figueiredo no período de maior volume hídrico e menor volume hídrico.

Para o reservatório Epitácio Pessoa, as curvas de biomassa se estenderam acima da curva de abundância, porém o índice  $W=0,207$  classificou o reservatório como moderadamente perturbado no período de menor volume. No período de maior volume hídrico as curvas ABC classificaram o reservatório como moderadamente perturbado, este resultado foi corroborado pelo índice  $W=0,046$  (Figura 10).

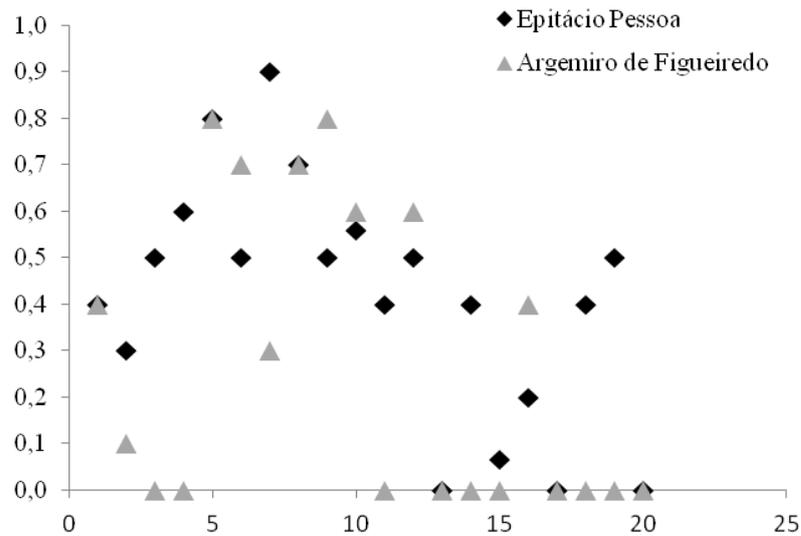


**Figura 10:** Tendência das curvas de abundância e biomassa para o reservatório Epitácio Pessoa no período de menor volume hídrico e maior volume hídrico.

#### 7.4. Métricas referentes ao protocolo de caracterização de habitats físicos

As métricas construídas a partir do protocolo de caracterização de habitats físicos relacionados à perturbação humana, mostraram que no reservatório Argemiro de Figueiredo 60% dos sítios amostrados no reservatório apresentaram métricas que variaram de 0 a 0,3 sendo classificados com boa qualidade ambiental. Em 30% dos sítios amostrados as métricas de distúrbio variaram entre 0,3 a 0,6, apresentando níveis de perturbação moderada, e 10% com métricas entre 0,6 a 0,8 sendo classificado como locais impactados. As métricas mais elevadas estiveram relacionadas a construções, presença de entulho e pastagens (Figura 11).

Para o reservatório Epitácio Pessoa, 30% das métricas que variaram entre 0 a 0,3, sendo classificados como tendo boa qualidade ambiental. 60% das métricas variaram de 0,3 a 0,6 classificando esses locais em moderadamente perturbado e 10% variaram de 0,6 a 0,9 sendo classificado como impactado. As métricas mais elevadas estiveram associadas a pastagens, linhas de transição, construções, comercio e entulho o que reflete o uso e ocupação ao entorno destes reservatório (Figura 11).



**Figura 11:** Dispersão dos valores das métricas do protocolo de caracterização de habitats dos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo.

## 8. Discussão

As curvas ABC classificaram o reservatório Argemiro de Figueiredo como moderadamente perturbado no período de maior e menor volume hídrico do reservatório. No entanto, o protocolo de caracterização de habitats físicos mostrou que a maior parte dos sítios de amostragem apresentaram boa qualidade ambiental, esta classificação deve-se ao fato das características morfológicas deste reservatório, com elevada inclinação de suas margens, fato este que dificulta influências antrópicas.

O reservatório Epitácio Pessoa, também foi classificado como moderadamente perturbado no período de menor e maior volume de acumulação de água. Este reservatório também foi classificado como moderadamente perturbado pelo protocolo de caracterização de habitats físicos, estes resultados estiveram associados a elevada influência antrópica exercida sob este reservatório, relacionadas a presença de comércio, construções, pastagens e presença de entulho, que pode estar associadas as elevadas concentração de nitrito e fósforo total, conforme enfatizam Tafangenyasha and Dube (2008) e Borja *et al.*, (2008) afirmando que as concentração de nutrientes em ecossistemas aquáticos, muitas vezes são determinado por ações antrópicas.

A caracterização moderada das curvas ABC para os reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa, pode ser explicada pela eliminação das espécies especialistas, favorecendo a ocorrência de espécies “r” estrategistas, abundantes em número de indivíduos,

umentando a tendência da curva de abundância e conseqüentemente as curvas tendem a se aproximar, podendo se cruzar (Clarke and Warwick, 1994; Carvalho *et al.*, 2013).

Em ambos os reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo foi registrada ocorrência da espécie exótica *M. tuberculatus*. Essa espécie pode ter influenciado a aproximação entre as curvas de abundância e biomassa tendo em vista que esteve representada com elevada abundância, além de ser uma espécie de grande porte, favorecendo o encontro das curvas de abundância e biomassa.

Com relação a riqueza nos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo pode-se observar que abundância da espécie exótica *M. tuberculatus* esteve inversamente proporcional a riqueza da comunidade bentônica para os dois períodos climáticos de ambos os reservatórios. Warwick (1986) afirma que o enriquecimento orgânico, causa o aumento na abundância de espécies oportunistas pela maior produtividade primária, acarretando a diminuição da riqueza de espécies. Variação observada neste estudo.

A espécie exótica *C. largilliert* foi encontrada apenas no período de menor volume hídrico, no reservatório Epitácio Pessoa. A presença dessa espécie de bivalve neste reservatório influenciou a curva de biomassa, que se sobrepôs a curva de abundância. Associamos que a presença de espécies exóticas de grande porte e conseqüentemente elevada biomassa, favorecendo curva biomassa acima da curva de abundância, seria indicador de locais impactados, mostrando uma variação inversa ao proposto para as curvas ABC.

No período de maior volume de acumulação de água no reservatório Epitácio Pessoa não foi registrado a presença da espécie exótica *C. largilliert*, este fato deve estar associado às condições extremas desse reservatório nesse período hídrico (elevados teores de nitrito, fósforo total e íon amônio), mostrando a elevada plasticidade ecológica da espécie *M. tuberculatus* que em condições adversas podem sobreviver meses em estivação (Abílio *et al.*, 2007). Os valores de alcalinidade mais representativo no reservatório Argemiro de Figueiredo, associados ao pH também pode ter favorecido a maior biomassa e abundância de *M. tuberculatus*, sendo fonte de carbonatos para a construção da concha deste gastrópode (Abílio *et al.*, 2002; Abílio *et al.*, 2006). Os carbonatos estão intimamente associados às variações estruturais de moluscos (Heino, 2000; Nyman *et al.*, 2005; Maltchik *et al.*, 2010).

Harkantra and Rodrigues (2004) mostram em seu estudo que espécies oportunistas causam mudanças na estrutura da comunidade bentônica pela sua alta capacidade de invasão e competição. Fato este, que pode ser identificado nos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo, onde o gastrópode exótico *M. tuberculatus*, sendo um “r” estrategista, adaptados para diferentes gradientes de poluição, afetou negativamente abundância e riqueza

das espécies nativas, conforme identificado pela baixa representatividade dessas espécies nos reservatórios. Santos and Eskinazi Sant'Anna (2010) investigando a introdução de *M. tuberculatus* em corpos aquáticos do semiárido, afirmam que espécies exóticas causam a depreciação de espécies conservadoras, diminuindo sua abundância, enquanto espécies oportunistas são favorecidas e muitas vezes se tornam dominantes em termos de biomassa com a perturbação de ecossistemas por agentes poluentes, afetando diretamente as comunidades biológicas, em geral, colocam em risco a biodiversidade e o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos.

Velho *et al.*, 2005 observou que ambientes com maior enriquecimento orgânico favorecem maior biomassa, devido ao aumento da produtividade nesses ecossistemas, possibilitando o aumento das taxas metabólicas e expectativa de vida. Acarretando aumento na abundância de algumas espécies oportunistas pela maior produtividade primária (Warwick, 1986). O que foi mostrado em outros estudos (Callisto *et al.*, 2005; Elkarmi and Ismail, 2007; Peso *et al.*, 2011; Molozzi *et al.*, 2013). Apesar do reservatório Epitácio Pessoa apresentar maior teor de matéria orgânica, o mesmo teve menor representatividade em termos de biomassa e abundância de espécies, este fato deve estar associado a capacidade de competição das espécies exóticas (Santos and Eskinazi Sant'Anna, 2010), nesse estudo *M. tuberculatus* e *C. largilliert*. Visto que no período de menor volume hídrico no reservatório Epitácio Pessoa, não foi registrada a ocorrência de *C. largilliert*, e a abundância das espécies aumentaram. Associado a este evento também ocorreu aumento da diversidade no período que não houve a ocorrência de *C. largilliert* (menor volume), visto que a diversidade atingiu seu menor valor no período climático, onde houve a presença de *C. largilliert*.

Com base na abordagem presença/ausência de macroinvertebrados como indicador de grau de distúrbio em ecossistemas aquáticos, pode-se observar que no reservatório Argemiro de Figueiredo houve a presença do gênero *Fissimentum*, sendo este pouco resistentes a locais com distúrbio (Leal *et al.*, 2004), *Parachironomus* o qual esta associado a locais com diferentes graus de trofia (Trivinho-Strixino *et al.*, 2000), e *Goeldichironomus* onde segundo a literatura, este gênero esta relacionado a locais com distúrbio (Dornfeld *et al.*, 2005). Devido a não dominância de gêneros restritos a locais com ou sem distúrbios podemos inferir a presença destes gêneros as condições moderadas apresentadas por este reservatório.

Já para o reservatório Epitácio Pessoa a família Chironomidae foi representada por gêneros tolerantes a locais com elevados teores de matéria orgânica (*Goeldichironomus*, *Aedokritus* e *Coelotanypus*) (Dornfeld *et al.*, 2005; Brito-Júnior *et al.*, 2005). Os gêneros *Aedokritus* e *Coelotanypus* estiveram presentes no reservatório apenas para o período de

menor volume hídrico, período este em que as curvas de biomassa se estenderam acima das curvas de abundância, e que foi registrada a ocorrência da espécie exótica *C. largilliert*. O gênero *Parachironomus* encontrado em Epitácio Pessoa é citado na literatura como generalista (Trivinho-Strixino *et al.*, 2000) e *Fissimentum* sendo indivíduos indicadores de boa qualidade ecológica (Leal *et al.*, 2004). Ambos (*Parachironomus* e *Fissimentum*) estiveram presentes apenas para o período de maior volume hídrico, o que pode ser associado as melhores condições deste reservatório neste período climático e a ausência da espécie exótica *C. largilliert*.

Em termos da composição granulométrica, a heterogeneidade de habitats em ecossistemas aquáticos, é um fator favorável para elevada ocorrência e distribuição de macroinvertebrados bentônicos, onde a maior riqueza de organismos bentônicos está correlacionada com maior diversidade granulométrica nos sedimentos (Molozzi *et al.*, 2001; Barbosa *et al.*, 2011; Lopes *et al.*, 2011). Molozzi *et al.*, (2011) também observou que oligochaetas foram mais representativos associados a sedimentos formados por frações de silte/argila ou areia fina o que também ocorreu neste estudo, onde o reservatório Argemiro de Figueiredo obteve maior variação por frações de silte/argila e areia fina apresentando maior ocorrência de oligochaetas quando comparado com o reservatório Epitácio Pessoa.

O presente estudo mostrou que as curvas ABC reflete a qualidade ecológica de ecossistemas aquáticos, porém o mesmo deve ser relacionado a outros parâmetros, para que sua caracterização seja comparativa. Os gêneros da família Chironomidae mostraram-se como uma relevante ferramenta para serem comparados com as curvas ABC, onde os gêneros de associados a locais perturbados estiveram presente no reservatório em que as curvas de biomassa se estenderam acima da curva de abundância.

Este estudo evidencia a eficiência das curvas ABC para classificação da qualidade ecológica em reservatórios da região semiárida, podendo ser utilizada como ferramenta integrante no monitoramento de ecossistemas aquático dando subsidio a gestores para classificação de níveis de poluição.

Devido a condição moderada dos reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo, é necessário o desenvolvimento de mais estudos que corroborem a eficiência desta ferramenta em reservatórios do trópico semiárido com distintos graus de distúrbios, além da característica da inversão das curvas ABC em reservatório com presença de espécies exóticas, abundantes em termos de biomassa.

## 9. Referências

- ABÍLIO, FJP., RUFFO, TLM., SOUZA, AHFF., FLORENTINO, SH., JUNIOR, ETO., MEIRELES, BN. and SANTANA, ACD. 2007, Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. *Oecologia Brasiliensis*, vol. 11, no. 3, p. 397-409.
- ABÍLIO, FJP., GESSNER, AAF., LEITE, RL. and RUFFO, TLM. 2006, Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados à macrófita *Eichhornia crassipes* de um açude hipertrófico do semi-árido Paraibano. *Revista Biologia e Ciência da Terra*, p. 165-178.
- ABÍLIO, FJP. 2002, Gastrópodes e outros invertebrados bentônicos do sedimento litorâneo e associados a macrófitas aquáticas em açudes do semi-árido paraibano, Nordeste do Brasil. *Tese de Doutorado*, Universidade Federal de São Carlos, p.179, 2002.
- AHRENS, MA. and Peter, RH. 1991, Patterns and limitations in limnoplankton size spectra. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 48, p. 1967-1978.
- ANDERSON, MJ, GORLEY, RN. and CLARKE, KR. 2008, PERMANOVA + for PRIMER: *Guide to Software and Statistical Methods*. PRIMER-E. Plymouth.
- APHA-American Public Health Association. 1998, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. *American Public Health Association*, p. 1220.
- AZEVÊDO, EL., BARBOSA., JEL., CALLISTO. M. and MOLOZZI, J. Macroinvertebrados bentônicos indicadores de qualidade ambiental de reservatórios na região semiárida. *Dissertação de mestrado*, p. 73.
- BAPTISTA, DF. 2008, Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*, vol. 12, no. 3, p. 6.
- BARBOSA, JEDL., MEDEIROS, ESF., BRASIL, J., CORDEIRO, RDS., CRISPIM, MCB. and SILVA, GHGD. 2012, Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 24, no. 1, p. 103-118.
- BARBOLA, IF., MORAES, MF., ANAZAWA, TM., NASCIMENTO, EA., SEPKA, ER., POLEGATTO, CM. and SCHÜHLI, GS. 2011, Evaluation of the aquatic macroinvertebrate community as a tool for monitoring a reservoir in the Pitangui river basin, Paraná, Brazil. *Iheringia Série Zoologia*, vol.101, p. 15-23.
- BEDNAREK, AT. 2001, Undamming rivers: a review of the ecological impacts of dam removal. *Environmental management*, vol. 27, no. 6, p. 803-814.
- BORJA, A., BRICKER, SB., DAUER, DM., DEMETRIADES, NT., FERREIRA, JG., FORBES, AT., and ZHU, C. (2008). Visão geral das ferramentas de integração e métodos de avaliação da integridade ecológica em estuários e sistemas costeiros em todo o mundo. *Marinha Pollution Bulletin*, vol. 56, no. 9, p. 1519-1537.

- BRITO-JUNIOR, LD., ABÍLIO, FJP. and WATANABE, T. 2005, Insetos aquáticos do açude São José dos Cordeiros (semi-árido paraibano) com ênfase em Chironomidae; Aquatic insects of São José dos Cordeiros dam (Paraiban semi-arid) with emphasis in Chironomidae. *Entomologia y Vectores*, vol. 12, no. 2, p.149-157.
- BUSS, DF., BAPTISTA, DF., and Nessimian, JL. 2003, Conceptual basis for the application of biomonitoring on stream water quality programs. *Cadernos de Saúde Pública*, vol. 19, no. 2, p.465-473.
- CALLISTO, M., GOULART, M., BARBOSA, FAR. and ROCHA, O. 2005, Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates along a reservoir cascade in the lower São Francisco river (northeastern Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, vol. 65, no. 2, p. 229-240.
- CALLISTO, M. and ESTEVES, F. 1996, Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e lago Mussurá. *Acta Limnológica Brasiliensis*, vol. 8, p. 137-147.
- CARVALHO, FG., JUNIOR, J.MBO., FARIAS, APJ., and JUEEN, L. 2013, Uso da curva ABC como método para detectar o efeito de modificação antropogênica sobre assembleia de Odonata (insecta). *Interciencia*, vol. 38, no. 7, p. 516-522.
- CAMARGO, JA., GONZALO, C., and ALONSO, Á. 2011, Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates: A case study. *Ecological Indicators*, vol.11, no. 3, p.911-917.
- CLARKE, KR. and GORLEY, RN. 2006, Primer v6: USER Manual Tutorial PRIMER-E: Plymouth, p. 75-88.
- CLARKE, KR. and WARWICK, RM. 2001, Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 2<sup>a</sup>ed. PRIMER-E. Plymouth, RU, p. 172.
- DORNFELD, CB., ESPÍNDOLA, ELG. and LEITE, MA. 2005, Avaliação da Eutrofização e sua Relação com Chironomidae no rio Atibaia e Reservatório de Salto Grande. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume*, vol. 10, no.3, p.53-62.
- ELKARMI, AZ., and ISMAIL, NS. 2007, Growth models and shell morphometrics of two populations of *Melanoides tuberculata* (Thiaridae) living in hot springs and freshwater pools. *Journal of Limnology*, vol. 66, no. 2, p. 90-96.
- HARKANTRA, SN. and Rodrigues, NR. 2004, Numerical analyses of soft bottom macroinvertebrates to diagnose the pollution in tropical coastal waters. *Environmental monitoring and assessment*, vol. 93, no.3, p.251-275.
- HAWKING, JH. and SMITH, FJ. 1997, Colour guide to invertebrates of Australian inland water, Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, Albury.
- HEINO, J. 2000, Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. *Hydrobiologia*, vol. 418, no.1, p. 229-242.

- JØRGENSEN, PE, ERIKSEN, T. and JENSEN, BK. 1992, Estimation of viable biomass in wastewater and activated sludge by determination of ATP, oxygen utilization rate and FDA hydrolysis. *Water Research*, vol. 26, no. 11, p.1495-1501.
- KLEYNE, P. and TRIVINHO-STRIXINO, S. 2005, Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first order stream: community response after habitat fragmentation. *Acta Limnológica Brasiliensia*, vol. 17, no. 1, p. 81-90.
- LEAL, JFF., ESTEVES, FA. and CALLISTO, M. 2004, Distribution of Chironomidae larvae in an Amazonian flood-plain lake impacted by bauxite tailings (Brazil). *Amazoniana*, vol. 18, p. 109-123.
- LORENSE, CJ. 1967, Vertical distribution of chlorophyll and phaeopigments: Baja California. *Deep Sea Research*, vol. 14, p. 735-745.
- LOPES, A., DE PAULA, JDA., MARDEGAN, SF., HAMADA, N., TERESA, M., PIEDADE, F. 2011, Influência do hábitat na estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos associados às raízes de Eichhornia crassipesna região do Lago Catalão, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, vol. 41, p. 493-502.
- MACKERETH, FJH., HERON, J. and TALLING, JF. 1978, Water analysis: some revised methods for limnologists. Cumbria: *Freshwater Biological Association*, p. 120.
- MALTCHIK, L., STENERT, C., KOTZIAN, CB. and PEREIRA, D. 2010, Responses of freshwater molluscs to environmental factors in Southern Brazil wetlands. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 70, no. 3, p.473-482.
- MARQUES, J., SALAS, F., PATRÍCIO, J., TEIXEIRA, H., and NETO, JM. 2009, Ecological indicators for Coastal and estuarine environmental assessment. *Witpress*.
- MOLOZZI, J., FEIO, MJ., SALAS, F., MARQUES, JC. and CALLISTO, M. 2012, Development and test of a statistical model for the ecological assessment of tropical reservoirs based on benthic macroinvertebrates. *Ecological Indicators*, vol. 23, p.155-165.
- MOLOZZI, J., SALAS, F., CALLISTO, M. and MARQUES, JC. 2013, 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*, vol. 24, p. 543-551.
- MOLOZZI, J.; FRANÇA, JS., ARAUJO, TL., VIANA, TH., HUGHES, RM. and CALLISTO, M. 2011, Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais. *Iheringia, Série Zoologia*, vol.101, p.191-199.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, JL. and BAPTISTA, DF. 2010, Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. *Technical Books Editora*, Rio de Janeiro, p. 174.

- NYMAN, M., KORHOLA, A. and BROOKS, SJ. 2005, The distribution and diversity of Chironomidae (Insecta: Diptera) in western Finnish Lapland, with special emphasis on shallow lakes. *Global Ecology and Biogeography*, vol.14, no. 2, p.137-153.
- OTERO, MEB., SPACH, HL., PICHLER, HA., QUEIROZ, GMLN., SANTOS, C. and SILVA, ALC. 2006, The use of fish assemblage attributes to evaluate biotic integrity in shallow areas of Antonia and Paranaguá Bays, Paraná. *Acta Biológica Paranaense*, vol. 58, p. 38-50.
- PARAÍBA. 2012. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Comitê Rio Paraíba.
- PESO, JG., PÉREZ, DC. and VOGLER, RE. 2011, The invasive snail *Melanooides tuberculata* in Argentina and Paraguay. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, vol. 41, no. 4, p. 281-284.
- POPE, KL. and HANNELLY, EC. 2013, Response of benthic macroinvertebrates to whole-lake, non-native fish treatments in mid-elevation lakes of the Trinity Alps, California. *Hydrobiologia*, p. 201-215.
- PUENTE, A. and DIAZ, RJ. 2008, Is it possible to assess the ecological status of highly stressed natural estuarine environments using macroinvertebrates indices?. *Marine pollution bulletin*, vol. 56, no. 11, p. 1880-1889.
- SANTOS, CM. and ESKINAZI-SANT'ANNA, EM. 2010, The introduced snail *Melanooides tuberculatus* (Muller, 1774) (Mollusca: Thiaridae) in aquatic ecosystems of the Brazilian Semiarid Northeast (Piranhas-Assu River basin, State of Rio Grande do Norte). *Brazilian Journal of Biology*, vol.70, n.1, p. 1-7.
- SHARMA, RC. and RAWAT, JS. 2009, Monitoring of aquatic macroinvertebrates as bioindicator for assessing the health of wetlands: A case study in the Central Himalayas, India. *Ecological Indicators*, vol. 9, n. 1, p.118-128.
- SHANNON, CE. and WEAVER, W. 1963, "The Mathematical Theory of Communication". Urbana: *University of Illinois Press*.
- STATZNER, B. and BECHE, LA. 2010, Can biological invertebrate traits resolve effects of multiple stressors on running water ecosystems?. *Freshwater Biology*, vol. 55, p. 80-119.
- SUGUIO, K. 1973, Introdução à sedimentologia. São Paulo. *Edgard Blücher LTDA*. EDUSP, p. 317.
- TAKAHASHI, MA., HIGUTI, J., BAGATINI, YM., ZVIEJKOVSKI, IP. and Velho, LFM. 2008, Composition and biomass of larval Chironomid (Insecta, Diptera) as potential indicator of trophic conditions in southern Brazil Reservoirs. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 20, p.5-13.
- TAFANGENYASHA, C. and DUBE, LT. 2008, An investigation of the impacts of agricultural runoff on the water quality and aquatic organisms in a Lowveld Sand river

- system in Southeast Zimbabwe. *Water resources management*, vol. 22, no. 1, p. 119-130.
- THORNE, R, and WILLIAMS, P. 1997, The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology*, vol.37, no. 3,p. 671-686.
- THOMPSON, SA., THOMPSON, GG., and WITHERS, PC. 2008, Rehabilitation index for evaluating restoration of terrestrial ecosystems using the reptile assemblage as the bio-indicator. *ecological indicators*, vol. 8, no. 5, p.530-549.
- TRIVINHO-STRIXINO, S., CORREIA, LCS., SONODA, K. 2000, Phytophilous chironomidae (diptera) and other macroinvertebrates in the ox-bow infernão lake (jataí ecological station, Luiz Antônio, SP, brazil). *Revista Brasileira de Biologia*. Vol. 60, p. 527-535.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. and STRIXINO, G. 1995, Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de Identificação e Diagnose dos Gêneros. SÃO CARLOS-SP: PPG-ERN/UFSCAR, p. 229.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. 2011, Larvas de Chironomidae: Guia de identificação. *Gráfica UFScar*,1,2,3, p. 371.
- TUNDISI, JG., MATSUMURA-TUNDISI, T. and TUNDISI, JEM. 2008, Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 68, no. 4, p. 1133-1135.
- VARNOSFADERANY, MN., EBRAHIMI, E., MIRGHAFARY, N. and SAFYANIAN, A. 2010, Biological assessment of the Zayandeh Rud River, Iran, using benthic macroinvertebrates. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, vol. 40, no. 3, p.226-232.
- VELHO, LFM., PEREIRA, DG., PAGIORO, TA., SANTOS, VD., PERENHA, MCZ., and LANSAC-TÔHA, FA. 2005, Abundance, biomass and size structure of planktonic ciliates in reservoirs with distinct trophic states. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 17, no. 4, p.361-371.
- WARWICK, R. 1986, A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine biology*, vol. 92, no. 4, p.557-562.
- WARWICK, RM. and CLARKE, KR. 1994, Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities. *Marine Biology*, vol. 118, no. 4, p. 739-744.
- WARD, HB and WHIPPLE, GC. 1959, *Biologia de Água Doce* 2ª ed. *John Wiley and Sons*. New York, p. 1248.
- YEMANE, D., FIELD, JG., and LESLIE, RW. 2005, Exploring the effects of fishing on fish assemblages using Abundance Biomass Comparison (ABC) curves. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, vol. 62, no. 3, p. 374-379.

## 10. Referências da introdução geral

- ABELLÁN, P.; SANCHÉZ-FERNÁNDEZ, D.; MILLÁN, A.; BOTELLA, F.; SÁNCHEZ-ZAPATA, J.A. and GIMÉNEZ, A. Irrigation pools as macroinvertebrate habitat in a semi-arid agricultural landscape (SE Spain). *Journal of Arid Environments*, v.67, n.2, p.255-269, 2006.
- ABÍLIO, F.J.P.; RUFFO, T.L.M.; SOUZA, A.H.F.F.; FLORENTINO, S.H.; JUNIOR, E.T.O.; MEIRELES, B.N. and SANTANA, A.C.D. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. *Oecologia Brasiliensis*, v.11, n.3, p.397-409, 2007.
- BAPTISTA, D.F. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*, v.12, n.3, p.6, 2008.
- CALLISTO, M.; GOULART, M.; BARBOSA, F.A.R. and ROCHA, O. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates along a reservoir cascade in the lower São Francisco river (northeastern Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, v.65, n.2, p.229-240, 2005.
- CALLISTO, M.; TUPINAMBÁS, T.; CASTRO, D. and MARONEZE, D. Minimum flow effects on benthic macroinvertebrates as bioindicators downstren of hydroelectric dams. *Internacional Symposium on Ecohydraulics*. Vienna, Austria. 2012.
- CALLISTO, M. and ESTEVES, F.A. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influencia das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia central (Brasil). *Oecologia Brasiliensis*, p.223-234, 1998.
- CALLISTO, M. and GONÇALVES J.F. Bioindicadores Bentônicos. In: *Lições de Limnologia*. ROLAND, F.; CESAR, D. and MARINHO, M. p.371-379, 2005.
- CAMARGO, J.A.; GONZALO, C. and ALONSO, Á. Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates: A case study. *Ecological Indicators*, v.11, n.3, p.911-917, 2011.
- CLARKE, K.R. and WARWICK, R.M. Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 2ªed. PRIMER-E. Plymouth, RU, p.172, 2001.
- CORTEZZI, S.S.; BISPO, P.D.C.; PACIENCIA, G.D.P. and LEITE, R.C. Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. *Iheringia série zoologia*, v.99, n.1, p.36-43, 2009.
- CARVALHO, F.G.; OLIVEIRA, J.M.B.; FARIA, A.P.J. and JUEN, L. Uso da curva ABC como método para detectar o efeito de modificação antropogenica sobre assembleia de Odonata (insecta). *Interciencia*, v.38, n.7, p.516-522, 2013.

- FEIO, M.J., and POQUET, J.M. Predictive models for freshwater biological assessment: Statistical approaches, biological elements and the Iberian Peninsula Experience: a review. *International Review of Hydrobiology*, v.96, n.4, p.321-346, 2011.
- GARCIA, F.C.; BARBOSA, F.A.R.; BRAZZ, S.; PETRUCIO, M.M. and FARIA, B. Water quality of an urban reservoir subjected to periodic applications of copper sulphate: the case of Ibirité reservoir, southeast Brazil. *Acta Limnologia Brasiliensia*, v.21, p.235-243, 2009.
- GONZALO, C. and CAMARGO, J.A. The impact of an industrial effluent on the water quality, submersed macrophytes and benthic macroinvertebrates in a dammed river of Central Spain. *Chemosphere*, v.93, n.6, p.1117-1124, 2013.
- JØRGENSEN, P.E; ERIKSEN, T. and JENSEN, B.K. Estimation of viable biomass in wastewater and activated sludge by determination of ATP, oxygen utilization rate and FDA hydrolysis. *Water Research*, v.26, n.11, p.1495-1501, 1992.
- LIGEIRO, R.; HUGHES, R.M.; KAUFMANN, P.R.; MACEDO, D.R.; FIRMIANO, K.R.; FERREIRA, W.R. and CALLISTO, M. Defining quantitative stream disturbance gradients and the additive role of habitat variation to explain macroinvertebrate taxa richness. *Ecological Indicators*, v.25, p.45-57, 2013.
- MARQUES, J.; SALAS, F.; PATRÍCIO, J.; TEIXEIRA, H.; and NETO, J.M. Ecological indicators for Coastal and estuarine environmental assessment. *Witpress*. 2009.
- MALTCHIK, L. Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v.16, n.7, p.665-677, 2006.
- MEIRE, P.M and DEREU, J. Use of the abundance/biomass comparison method for detecting environmental stress: some considerations based on intertidal Macrozoobenthos and bird communities. *Journal of Applied Ecology*, v.27, p.210-223, 1990.
- 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.
- MOLOZZI, J.; FEIO, M.J.; SALAS, F.; MARQUES, J.C. and CALLISTO, M. Development and test of a statistical model for the ecological assessment of tropical reservoirs based on benthic macroinvertebrates. *Ecological Indicators*, v.23, p.155-165, 2012.
- MOLOZZI, J.; FRANÇA, J.S.; ARAUJO, T.L.; VIANA, T.H.; HUGHES, R.M. and CALLISTO, M. Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais. *Iheringia, Série Zoologia*, v.101, p.191-199, 2011.
- MEDEIROS, E.S.; NOIA, N.P.; ANTUNES, L.C. and MELO, T.X. Zooplankton composition in aquatic systems of semi-arid Brazil: spatial variation and implications of water management. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 6, p.290-302, 2011.

- NOGUEIRA, M.G.; FERRAREZE, M.; MOREIRA, M.L. and GOUVÊA, R.M. Phytoplankton assemblages in a reservoir cascade of a large tropical-subtropical river (SE, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, v.70, p.781-793, 2010.
- OTERO, M.E.B.; SPACH, H.L.; PICHLER, H.A.; QUEIROZ, G.M.L.N.; SANTOS, C. and SILVA, A.L.C. The use of fish assemblage attributes to evaluate biotic integrity in shallow areas of Antonia and Paranaguá Bays, Paraná. *Acta Biológica Paranaense*, v.58, p.38-50, 2006.
- OLIVEIRA, R.B.D.S.; CASTRO, C.M. and BAPTISTA, D.F. Desenvolvimento de índices multimétricos para utilização em programas de monitoramento biológico da integridade de ecossistemas aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*, v.12, p.487-505, 2008.
- PINNA, M.; MARINI, G.; ROSATI, I.; NETO, J.M.; PATRÍCIO, J.; MARQUES, J.C. and BASSET, A. The usefulness of large body-size macroinvertebrates in the rapid ecological assessment of Mediterranean lagoons. *Ecological Indicators*, v.29, p.48-61, 2013.
- SOUZA, A.H.; ABÍLIO, F.J.; and RIBEIRO, L.L. Colonização e Sucessão Ecológica do Zoobentos em Substratos Artificiais no Açude Jatobá I, Patos-PB, Brasil. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.8, p.125-144, 2008.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. and TUNDISI, J.E.M. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. *Brazilian Journal of Biology*, v.68, p.1133-1135, 2008.
- TEIXEIRA, H.; NETO, J.M.; PATRÍCIO, J.; VERÍSSIMO, H.; PINTO, R.; SALAS, F. and MARQUES, J.C. Quality assessment of benthic macroinvertebrates under the scope of WFD using BAT, the Benthic Assessment Tool. *Marine Pollution Bulletin*, v.58, n.10, p.1477-1486, 2009.
- THORNE, R. and WILLIAMS, P. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology*, v.37, p.671-686, 1997.
- USEPA. National Lakes Assesment Field Operations Manual EPA 841-B-11-003. U.S. *Environmental Protection Agency Washington*. DC. 2012.
- WESTON, D.P. Quantitative examination of macrobenthic community changes along an organic enrichment gradient. *Marine ecology progress series*, v.61, p.233-244, 1990.
- WARWICK, R. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine biology*, v.92, p.557-562, 1986.
- YEMANE, D.; FIELD, J.G., and LESLIE, R.W. Exploring the effects of fishing on fish assemblages using Abundance Biomass Comparison (ABC) curves. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, v.62, p.374-379, 2005.

11. Anexos

11.1. Anexo 1: Protocolo de caracterização de habitats físicos

CARACTERIZAÇÃO DE HABITAT FÍSICOS (frente)											
Site ID: _____		Data: ____/____/____			Revisado por (iniciais): _____						
ESTAÇÃO: <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E <input type="radio"/> F <input type="radio"/> G <input type="radio"/> H <input type="radio"/> I <input type="radio"/> J    SE A ESTAÇÃO FOI REALOCADA, INDICAR AQUI: <input type="radio"/>											
ESTÁ EM UMA ILHA? <input type="radio"/> INACESSÍVEL: <input type="radio"/>		LAT: _____ LONG: _____									
PROFUNDIDADE NA ESTAÇÃO (10 m da margem) _____ (m)		ZONA UTM: _____ E: _____ N: _____									
SE O LAGO ESTIVER CHEIO: Profundidade estimada da linha d'água até a marca do nível normal do lago _____ (m) Distância horizontal estimada da linha d'água até a marca do nível normal do lago _____ (m)					SE ESTIVER VAZIO (Natural ou Antropogênico): Altura vertical da linha d'água até a marca da cheia: _____ (m) Distância horizontal da linha d'água até a marca da cheia: _____ (m)						
<b>ZONA LITORÂNEA</b>											
Filme na sup.: <input type="radio"/> Ausente <input type="radio"/> Espuma <input type="radio"/> Algal Mat <input type="radio"/> Óleo <input type="radio"/> Outros		0 = Ausente (0%)    1 = Esporço (<10%)    2 = Moderado (10-40%) 3 = Denso (40-75%)    4 = Muito denso (>75%)									
SUBSTRATO DE FUNDO NA ZONA LITORÂNEA    Obs					SUBSTRATO 1 METRO APÓS ÁGUA    Obs						
Rocha (>4000mm; maior que um carro)		0		1		2		3		4	
Matação (250-4000mm; bola de basquete até carro)		0		1		2		3		4	
Bloco (64-250mm; bola de tênis até bola de basquete)		0		1		2		3		4	
Cascalho (2-64mm; jaboticaba até a bola de tênis)		0		1		2		3		4	
Areia (0.06 - 2mm; arenoso entre os dedos)		0		1		2		3		4	
Silte, Argila, ou Lama (<0.06mm; não arenoso)		0		1		2		3		4	
Madeira		0		1		2		3		4	
Orgânico (Pacote de folhas, Detritos)		0		1		2		3		4	
Vegetação ou Outros		0		1		2		3		4	
Cor: <input type="radio"/> Preto <input type="radio"/> Cinza <input type="radio"/> Marron <input type="radio"/> Vermelho <input type="radio"/> Outra											
Odor: <input type="radio"/> Ausente <input type="radio"/> H <sub>2</sub> S <input type="radio"/> Anóxico <input type="radio"/> Óleo <input type="radio"/> Químico <input type="radio"/> Outro											
<b>MACRÓFITAS AQUÁTICAS</b> Obs											
Submergente		0		1		2		3		4	
Emergente		0		1		2		3		4	
Flutuante		0		1		2		3		4	
Cobertura Total de Macrófitas Aquáticas		0		1		2		3		4	
As macrófitas se estendem além da parcela na zona litorânea? <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não											
ABRIGO PARA PEIXES    Obs					ZONA INUNDÁVEL ABRIGOS POTENCIAIS    Obs						
Veg. herbácea aquática ou inundada		0		1		2		3		4	
Madeiras > 0.3 m dia.		0		1		2		3		4	
Madeiras ou arbusto <0.3 m dia. (vivo ou morto)		0		1		2		3		4	
Árvores vivas inundadas >0.3 m dia.		0		1		2		3		4	
Vegetação pendurada acima de 1m		0		1		2		3		4	
Margens escavadas ou lajotas		0		1		2		3		4	
Matação		0		1		2		3		4	
Estruturas humanas - Docas, piers, etc		0		1		2		3		4	

Código Obs: K = Amostra não coletada, U = Amostra suspeita, F1,F2, etc. = observação feita pela equipe de campo  
 Explique todos as observações na seção de comentários no verso



## 11.2. Anexo 2: Normas da revista *Acta Limnologica Brasiliensia*

### INSTRUÇÕES AOS AUTORES



### FORMA E PREPARAÇÃO DOS MANUSCRITOS

Os manuscritos submetidos para a **Acta Limnologica Brasiliensia** devem ser originais e não submetidos à outra revista científica. Uma versão eletrônica (em Word for Windows) do manuscrito, incluindo tabelas e figuras devem ser enviadas em um arquivo único para o Editor Chefe ([actalb@rc.unesp.br](mailto:actalb@rc.unesp.br)). Os manuscritos devem ser redigidos na língua inglesa com um abstract em português. Os autores que não tenham o inglês como língua nativa devem submeter seu manuscrito à pessoa nativa na língua inglesa antes da submissão. Os manuscritos devem ser digitados em folha A4, com espaçamento duplo e margens amplas. Todas as páginas devem ser numeradas, bem como as linhas de cada página.

#### Texto

O texto deve seguir a seguinte ordem. Primeira página: título em inglês (em negrito) e em português, nome completo dos autores (p. ex. Antonio Fernando Monteiro Camargo), endereço (incluindo e-mail). Cada autor deve ser identificado por um número sobre-escrito. Segunda página: Resumo (em inglês e português) e palavras-chave. Terceira página e páginas subsequentes: texto do artigo (Introdução, Materiais e Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos e Referências). A seguinte informação deve colocada no texto acompanhando todas as espécies citadas no texto: a) zoologia, o nome do autor e a data da descrição devem ser informados na primeira vez que a espécie for citada no texto; e b) botânica, apenas o nome do autor que descreveu a espécie deve ser informado na primeira vez que a espécie for citada no texto.

#### Resumo

O resumo deve conter entre 250 e 300 palavras e ser estruturado da seguinte maneira: objetivo, métodos, principais resultados e conclusões. Entre 4 e 5 palavras-chave devem ser informadas e recomenda-se que sejam distintas daquelas utilizadas no título.

#### Tabelas e Figuras

As tabelas e figuras devem ser numeradas consecutivamente utilizando numerais arábicos (tabela 1, 2, 3 etc. e figura 1, 2, 3, etc.). Fotografias coloridas poderão ser incluídas, mas estarão sujeitas a pagamento. Todas as tabelas e figuras devem ser indicadas no texto.

#### Unidades e Símbolos

Use o sistema internacional de unidades (SI), separando as unidades do valor com um espaço (com exceção de porcentagens); use abreviações quando possível. Para unidades

compostas use exponencial e não barra (Ex. mg.dia<sup>-1</sup>, e não mg/dia, Xmol.min<sup>-1</sup> instead of Xmol/min ).

## Referências

A citação de teses, dissertações e monografias de graduação e resumos apresentados em congressos não devem ser utilizadas. Excepcionalmente e com a anuência dos referees e do Editor Chefe teses e dissertações poderão ser utilizadas.

Citação no texto: Use o sistema nome e ano de publicação:

Schwarzbold (2009), (Calijuri, 2009), (Santoro and Enrich-Prast, 2010), para mais de dois autores utilize “et al”. As citações na lista de referências devem seguir as normas ISO 690/1987: Todas as referências citadas no texto devem ser listadas em ordem alfabética em letras maiúsculas de acordo com o primeiro autor, Referencias devem ser iniciadas em uma página separada.

## Exemplos:

### *Revista científica*

A referencia de um trabalho científico deve ser apresentada na seguinte ordem: nome do autor abreviado (sobrenome, iniciais do nome), data de publicação, título do trabalho, nome da revista, número da edição e número da página inicial e final sem omissão de nenhuma informação relevante.

CARVALHO, P., BINI, LM., DINIZ-FILHO, JAF. AND MURPHY, KJ. 2009, A macroecological approach to study aquatic macrophyte distribution patterns. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 21, no. 2 p. 169-174.

### *Capítulo de livro:*

BONECKER, CC., LANSAC-TÔHA, FA. AND JÚLIO JÚNIOR, HF., 2009. A origem e a consolidação do conceito de ecossistema. In LANSAC-TÔHA, FA., BENEDITO, E., AND OLIVEIRA EF. (Orgs.). *Contribuições da história da ciência e das teorias ecológicas para a Limnologia*. Maringá: Eduem, 572 p.

### *Livro:*

TUNDISI, JG., AND MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 632 p.