

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**KELIN CARINE RICHTER**

**ESTRUTURA E DINÂMICA DAS INTERAÇÕES ENTRE  
INVERTEBRADOS E MACRÓFITAS AQUÁTICAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**SANTA HELENA  
2018**

KELIN CARINE RICHTER

**ESTRUTURA E DINÂMICA DAS INTERAÇÕES ENTRE  
INVERTEBRADOS E MACRÓFITAS AQUÁTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Biólogo.

Orientadora: Profa. Dra. Denise Lange

**SANTA HELENA  
2018**

KELIN CARINE RICHTER

## **ESTRUTURA E DINÂMICA DAS INTERAÇÕES ENTRE INVERTEBRADOS E MACRÓFITAS AQUÁTICAS**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 30 de Novembro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A aluna foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra Edicleia Silva Bonini  
UTFPR

---

Profa. Dra. Dejene Alves dos Santos  
UTFPR

---

Profa. Dra. Denise Lange  
Orientadora - UTFPR

“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.”

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela infraestrutura e apoio à pesquisa.

Aos meus professores por todo ensinamento, dedicação e pela contribuição na construção do meu conhecimento.

À minha orientadora Profa. Dra. Denise Lange por toda paciência, por compartilhar sua sabedoria, experiência e tempo dedicado. Prof. você foi muito essencial na minha formação.

Às minhas colegas do grupo de pesquisa: Pati, Jana e Poli.

Aos meus pais, que nunca mediram esforços para que eu chegasse até aqui e sempre compreenderam a minha falta dentro de casa.

Aos meus amigos que de forma direta ou indiretamente participaram da minha formação. O meu agradecimento vai pelos bons momentos vividos durante a graduação, em especial às pessoas que mais foram responsáveis por isso, Babi, Jeniffer e Rafael. E claro, à minha cúmplice Gabi, que caminhou ao meu lado durante todo esse tempo, e que foi capaz de amenizar meus problemas em poucos instantes, apenas (com uma pizza) me ouvindo. Obrigada por tudo, você foi uma boa “serva” (rs).

Ao melhor parceiro que eu merecia ter, Anderson. Por sempre estar do meu lado me apoiando e incentivando nos momentos mais difíceis que passei, antes mesmo disso tudo ter começado.

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas,  
é quem faz as verdadeiras perguntas”.  
(Claude Lévi-Strauss)

## RESUMO

RICHTER, Kelin Carine. **Estrutura e dinâmica das interações entre invertebrados e macrófitas aquáticas**. 2018. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas), Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Santa Helena, PR, 2018.

Interações ecológicas são associações entre organismos que interferem na sobrevivência de pelo menos um dos envolvidos. Essas interações têm sido consideradas responsáveis pela estruturação e manutenção da biodiversidade em comunidades naturais. Plantas aquáticas adaptadas a ambientes lênticos, cujas raízes permanecem submersas, são capazes de habitar desde áreas inundáveis até ambientes aquáticos profundos. Elas são importantes componentes estruturais dos ecossistemas aquáticos tropicais, desempenhando papéis cruciais na dinâmica desses ecossistemas, servindo como estocagem e ciclagem de nutrientes, alimento para vários organismos, colonização, refúgio de predadores e até mesmo berçário. Este estudo teve como objetivo contribuir com o conhecimento da interação entre macrófitas flutuantes e invertebrados aquáticos nas margens do Refúgio Biológico de Santa Helena no reservatório da Usina Hidrelétrica de ITAIPU verificando a estrutura e variação temporal dessas interações. Foi feito um levantamento das espécies de macrófitas e de invertebrados associados às raízes de macrófitas aquáticas no lago nos meses de novembro de 2016, abril, junho e setembro de 2017. Em cada avaliação, foram coletados dois indivíduos de cada espécie de macrófitas flutuante em 10 bancos de macrófitas às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, PR. As plantas coletadas foram armazenadas em sacos plásticos e suas raízes lavadas em laboratório para a retirada dos invertebrados, os quais foram triados e identificados ao menor nível taxonômico possível. Foram coletados 72.394 invertebrados associados a 230 raízes de oito espécies de plantas. A rede de interação macrófitas-invertebrados teve baixos valores de aninhamento e de especialização nas quatro coletas, demonstrando o padrão generalista da rede. Os invertebrados interagiram em média com 2,7 espécies de plantas na Coleta 1, e 2,29 na Coleta 2, 3,09 na Coleta 3 e 3,7 na Coleta 4. As espécies de plantas tiveram em média 21,66 táxons de invertebrados associados às suas raízes na Coleta 1, 29,25 na Coleta 2, 23,42 na Coleta 3 e 32,85 na Coleta 4. A interação mais abundante foi estabelecida entre Mytilidae (Mollusca) e *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) totalizando 33.433 indivíduos em 45 raízes. Este estudo demonstra a complexidade estrutural das interações macrófitas-invertebrados aquáticos e sua variação temporal, pois aumentam a complexidade física nas paisagens aquáticas e conseqüentemente, tendem a influenciar de maneira positiva na riqueza e abundância da fauna residente.

**Palavras chave:** Interações ecológicas. Plantas aquáticas. Lago de Itaipu.

## ABSTRACT

RICHTER, Kelin Carine. **Structure and dynamics of interactions between invertebrates and macrophytes aquatic**. 2018. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas), Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Santa Helena, 2018.

Ecological interactions are associations between organisms, which interfere on survival in at least one of those involved. These interactions have been responsible for structure and maintenance of biodiversity in natural communities. Aquatic plants adapted to lentic environments whose roots remain submerged, being able to inhabit from flood areas to deep aquatic environments. These plants are important structural components of the tropical aquatic ecosystems, playing crucial roles in the dynamics of these ecosystems, serving as storage and cycling of nutrients, food for various organisms, colonization, refuge of predators and even nursery. This study aimed to contribute to the knowledge of the interaction between macrophytes and invertebrates aquatics on the banks of the Santa Helena Biological Reserve in the reservoir of the Itaipu Hydroelectric Power Plant, as well as to verify the structure and complexity of these interactions. A survey was made of the macrophytes species and invertebrate associated with the aquatic macrophyte roots at reservoir, in months of November 2016, April, June and September 2017. Two individuals of each plant species were collected from 10 macrophyte banks on the margin of the Santa Helena Biological Refuge. The plants were collected, stored in plastic bags and their roots washed in laboratory for the removal of invertebrates, which were separated and identified at the lowest possible taxonomic level. Were collected 72.535 associated invertebrates associated with 230 roots of eight plant species. The interaction network macrophyte-invertebrate had a low pattern nested and specialization in the four collections. The invertebrates interacted on average with 2.7 plant species in Collection 1, 2.29 in Collection 2, 3.09 in Collection 3, 3.7 in Collection 4. Plant species had on average 21.66 invertebrate taxa associated in their roots in Collection 1, 29.25 in Collection 2, 23.42 in Collection 3, 32.85 in Collection 4. The most abundant interaction was established between Mytilidae (Mollusca) and *Eichhornia crassipes* (Ponteriaceae), totaling 33.433 individuals in 45 roots. This study is a structural structure of the macrophyte-invertebrate interactions and their temporal variation. Aquatic macrophytes are ideal biological components for studying the relationship between habitat areas and the structure of the invertebrate community. These plants increase physical purity in the landscape and, as a result, tend to influence the positive capacity and richness of the resident fauna.

**Keywords:** Ecological interactions. Floating plants. Itaipu Lake.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Formas biológicas das plantas aquáticas. ....	15
Figura 2 - (A) Coleta e (B) armazenamento das macrófitas .....	19
Figura 3 - (A) Lavagem da parte submersa das macrófitas sobre a malha de 0,1mm. (B) Armazenamento dos invertebrados em recipientes com álcool 70% .....	19
Figura 4 - (A) Macrófitas sendo submetida a processo de secagem em estufa a 60°C (B) Pesagem das macrófitas .....	20
Figura 5 - Grafos bipartidos representando a variação e estrutura das interações entre invertebrados aquáticos e macrófitas encontradas em bancos às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena Santa Helena PR, nos meses de novembro de dezembro de 2016 (Coleta 1), abril de 2017 (Coleta 2), junho de 2017 (Coleta 3) e setembro de 2017 (Coleta 4). À esquerda estão localizadas as espécies de macrófitas e à direita os táxons de invertebrados. A ordem dos táxons de macrófitas e de invertebrados estão na tabela 4 e 5, respectivamente. ....	28
Figura 6 - Média e desvio padrão do peso das raízes entre as espécies de plantas coletadas nas três coletas realizadas entre novembro de 2016 e junho de 2017 no Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, em Santa Helena, PR. As letras no gráfico representam a diferença par-a-par entre as coletas de acordo com o teste a posteriori de Dun ao nível de 5% de significância após teste ( $H$ $= 102,7$ ; $p < 0,01$ ). ....	29
Figura 7 - Relação entre o peso seco das raízes e abundância total de invertebrados ( $r_s = 0,44$ ; $p < 0,01$ ) das três coletas realizadas entre novembro de 2016 e junho de 2017 no Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, em Santa Helena, PR. ....	30
Figura 8 - Relação entre o peso seco das raízes e riqueza total de invertebrados ( $r_s =$ $0,34$ ; $p < 0,01$ ) das três coletas realizadas entre novembro de 2016 e junho de 2017 no Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, em Santa Helena, PR. ....	30
Figura 9 - Mediana e distância interquartilica da abundância de invertebrados entre as quatro coletas realizadas no período de novembro de 2016 a setembro de 2017 no Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, em Santa Helena, PR. As letras no gráfico representam a diferença par-a-par entre as coletas de acordo com o teste a posteriori de Dun ao nível de 5% de significância após teste ( $H = 20,89$ ; $p = 0,0001$ ). ....	31
Figura 10 - Mediana e distância interquartilica da riqueza de táxons entre as quatro coletas realizadas no período de novembro de 2016 a setembro de 2017 no Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, em Santa Helena, PR. As letras no gráfico representam a diferença par-a-par entre as coletas de acordo com o teste a posteriori de Dun ao nível de 5% de significância após teste $H = 21,39$ ; $p <$ $0,0001$ . ....	31



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Abundância de raízes coletadas, frequência absoluta das espécies e hábito das macrófitas encontradas em bancos às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, Santa Helena, PR, nos meses de novembro de dezembro de 2016 (Coleta 1), abril de 20 17 (Coleta 2), junho de 2017 (Coleta 3) e setembro de 2017 (Coleta 4).....	22
Tabela 2 - Abundância e frequência absoluta de invertebrados encontrados associados às raízes de macrófitas em bancos às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, Santa Helena, PR, nos meses de novembro de dezembro de 2016 (Coleta 1), abril de 2017 (Coleta 2), junho de 2017 (Coleta 3) e setembro de 2017 (Coleta 4).....	23
Tabela 3 - Resultado das métricas calculadas a partir das matrizes de interação macrófitas-invertebrados aquáticos para cada coleta realizadas no período de novembro de 2016 a setembro de 2017 em Santa Helena, PR.....	29
Tabela 4 - Rank das espécies de macrófitas apresentados nos quatro grafos bipartidos demonstrados na Figura 5.....	32
Tabela 5 - Rank dos táxons de invertebrados apresentados nos quatro grafos bipartidos demonstrados na Figura 5.....	33

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1	Objetivo geral .....	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
3.1	Interações Ecológicas.....	12
3.2	Macrófitas aquáticas.....	14
3.3	Invertebrados aquáticos .....	16
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>17</b>
4.1	Área de estudo .....	17
4.2	Coleta de dados.....	18
4.3	Análise dos dados .....	20
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Interações ecológicas são associações entre organismos que interferem na sobrevivência de pelo menos um dos envolvidos (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007), sendo responsáveis pela estruturação e manutenção da biodiversidade em comunidades naturais (THOMPSON, 2013). Existem diversos métodos para estudos de interações ecológicas, possibilitando investigar fenômenos biológicos cada vez mais complexos (DEL-CLARO et al., 2009). Um método abordado recentemente na área de ecologia de interações é o estudo da conectividade entre espécies por meio de análises de redes ecológicas. Redes de interações são representações gráficas de associações entre espécies, apresentadas por meio de matrizes ou grafos (JORDANO; BASCOMPTE; OLESEN, 2003). A utilização da análise de rede em estudos de interações ecológicas permite tirar conclusões sobre diversos aspectos como robustez da comunidade, manutenção da biodiversidade e conservação de espécies, contribuindo para inferir o impacto humano sobre ecossistemas naturais (BASCOMPTE; JORDANO; OLESEN, 2006).

Em meio aos processos de modificação de habitat realizados pelo homem para ganho de capital ou para a sua sobrevivência, a construção de represas/reservatórios é um dos mais discutidos no âmbito dos impactos sobre a diversidade biológica. Segundo Tundisi (2008), represas são ecossistemas aquáticos de grande importância por proporcionarem base teórica limnológica e ecológica em diversos e variados usos da água e mecanismos de funcionamento e sucessão das comunidades aquáticas em rios e bacias hidrográficas. A alteração da vazão da água de rios para a formação de reservatórios forma hidrologia distinta, intermediária entre rios e lagos quanto aos processos ecológicos, alterando as condições bióticas e abióticas iniciais desses ecossistemas (NOGUEIRA; HENRY; JORCIN, 2006).

Embora os tipos e amplitude dos impactos da formação de represas não sejam totalmente conhecidos, os prejuízos à diversidade biológica e à estrutura dos ecossistemas tem sido indiscutível no âmbito internacional (BUNN; ARTHINGTON, 2002). Alguns estudos evidenciaram a extinção de espécies endêmicas e especialistas desses locais onde há represamento (THOMAZ; SOUZA; BINI, 2003; NOGUEIRA; HENRY; JORCIN, 2006). Segundo Agostinho, Pelicice e Pomes (2008), no Brasil, estudos realizados após o represamento de rios para a construção de

hidrelétricas comprovaram o impacto negativo sobre a diversidade de vários grupos de organismos, como por exemplo, ictiofauna, macroinvertebrados (AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008; CALLISTO, 2005 a, b), fitoplâncton (BEYRUTH, 2000; BEYRUT; DOS SANTOS LIMA PEREIRA, 2002), dentre outros, além da alteração nas características químicas, físicas da água (BAXTER, 1977; RIBEIRO-FILHO et al., 2011).

Por outro lado, enquanto algumas espécies têm suas populações diminuídas, outras mais bem adaptadas a essas novas condições podem ter o seu tamanho populacional aumentado. Nesse âmbito, enquadram-se as macrófitas, que são plantas aquáticas adaptadas a ambientes lênticos cujas raízes permanecem submersas, sendo capazes de habitar desde áreas inundáveis até ambientes aquáticos profundos (ESTEVES, 1998; MORMUL et al., 2010). Essas plantas realizam diversos tipos de interações com outros grupos de organismos, como insetos, moluscos bivalves e gastrópodes, crustáceos, oligoquetos, bactérias, protozoários, algas e peixes se associam a essas plantas (AGOSTINHO; GOMES; JULIO, 2003; THOMAZ et al., 2008; THOMAZ, CUNHA, 2010). O tipo de interação realizada entre eles e as macrófitas é variada, dependendo da história de vida de cada espécie. Elas podem servir como substrato para colonização, refúgio e berçário para alguns desses organismos citados anteriormente, pois sua porção inferior forma áreas mais oxigenadas devido aos aerênquimas presentes nas raízes (LARCHER, 2000; THOMAZ et al., 2008). Além disso, elas são fontes diretas de alimentos para herbívoros e indireta para filtradores, pois suas raízes retêm sedimentos em suspensão na represa, aumentando a disponibilidade de matéria orgânica e complexidade do substrato disponível (CALLISTO, 2005 a, b). Assim, macrófitas flutuantes podem maximizar a quantidade e riqueza de interações ecológicas em reservatórios e tornar esses ecossistemas mais complexos e dinâmicos, contribuindo para o aumento da diversidade biológica (AGOSTINHO; GOMES; JULIO, 2003; THOMAZ; CUNHA, 2010; THOMAZ; MORMUL; MICHELAN, 2015).

O reservatório formado para a construção da hidrelétrica de Itaipu, no noroeste do estado do Paraná, possui 1.350 km de extensão. Desde a sua formação, em 1982, estudos têm sido realizados para compreender o impacto da alteração hidrológica nesse ecossistema nas suas comunidades (MORMUL et al., 2010; THOMAZ; CUNHA, 2010; THOMAZ; MORMUL; MICHELAN, 2015). Alguns estudos envolvendo macrófitas flutuantes do reservatório de Itaipu objetivaram o levantamento de

espécies, outros, a sua relação com a qualidade da água, decomposição da biomassa e associações com outras espécies (NOGUEIRA; HENRY; JORCIN, 2006). Entretanto, pouco se sabe a respeito da sua importância para as comunidades interagentes. Conhecer e compreender como essas interações e o grau de especialização das espécies contribuirão para o entendimento real da estrutura, complexidade e robustez desse tipo de ecossistema.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Verificar a estrutura e variação temporal da interação entre macrófitas flutuantes e invertebrados aquáticos no reservatório de Itaipu.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar as espécies que compõem a comunidade de macrófitas flutuantes do reservatório de Itaipu que margeia o Refúgio Biológico de Santa Helena.
- Identificar as espécies de invertebrados aquáticos associados às raízes das macrófitas flutuantes.
- Verificar os tipos de interações estabelecidas entre invertebrados e macrófitas.
- Verificar a variação temporal da estrutura da interação de macrófitas e da fauna de invertebrados aquáticos.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Interações Ecológicas**

Interações ecológicas são associações entre organismos que interferem na sobrevivência de pelo menos um dos envolvidos (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). Essas interações são estabelecidas dentro das mais diversas comunidades naturais ou não, compostas por conjuntos de espécies que vivem juntas em uma mesma área. Conforme o ambiente varia ao longo do tempo, a composição de

espécies da comunidade e suas interações também variam. Variação espacial e temporal são características inerentes de comunidades ecológicas, fazendo parte dos princípios que regem os estudos ecológicos (RICKLEFS; RELYEA, 2018).

De maneira geral, interações ecológicas podem ser classificadas de acordo com o parentesco, obrigatoriedade e resultado da interação. Interações estabelecidas entre organismos de mesma espécie são definidas como intraespecíficas. Ao passo que as interações interespecíficas são estabelecidas entre organismos de espécies diferentes. A obrigatoriedade em interações ecológicas está relacionada à dependência da sobrevivência entre os organismos. Organismos que não sobreviveriam sem o outro estabelecem interação obrigatória também conhecida por simbiótica. As demais interações não obrigatórias são denominadas não-simbióticas. A classificação das interações de acordo com o resultado da interação varia entre positivas para ambos os envolvidos (mutualismo), negativa para ambos (competição), positiva para um dos envolvidos e negativa para o outro (predação), positiva ou negativa para um dos envolvidos e neutra para outro (comensalismo e amensalismo, respectivamente) (RICKLEFS; RELYEA, 2018).

O estudo das interações ecológicas faz parte da grande área dentro da Ecologia conhecida como Ecologia de Comunidades. Devido à complexidade que compõe comunidades ecológicas, várias espécies e inúmeros fatores envolvidos em sua dinâmica, pesquisadores se detêm a verificar pequenos grupos de espécies dentro das comunidades para estudos de interações interespecíficas. Em sua maioria, pesquisadores analisam a importância de uma espécie para a outra verificando o resultado na interação (DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2009). Nesse contexto, estudos que verificam variação temporal e espacial são mais raros devido à dificuldade de executá-los, mas também são encontrados na literatura (DÍAZ-CASTELAZO et al., 2010; HAGEN; KISSLING; RASMUSSEN, 2012; LANGE; DEL-CLARO, 2014).

Em uma perspectiva recente, a partir do século XXI, estudos de interações ecológicas tem sido utilizado para verificar estabilidade ambiental, direcionando seus resultados para a Biologia da Conservação. As características dos fragmentos e as interações entre os organismos são importantes para entender os efeitos da fragmentação sobre a biodiversidade. A heterogeneidade do habitat parece ser mais determinante da diversidade do que o tamanho e o isolamento dos fragmentos. A área necessária para manter as populações é determinada pelo tamanho do fragmento,

com manchas menores geralmente contendo menos indivíduos e espécies do que manchas maiores (HAGEN; KISSLING; RASMUSSEN, 2012).

Os grupos de organismos mais abordados em estudos de interações ecológicas são plantas e insetos, devido à grande diversidade e abundância. Plantas representam 22%, insetos herbívoros representam 26% e carnívoros ou saprófagos 31%. (STRONG; LAWTON; SOUTHWOOD, 1984). Esses organismos estão presentes na maioria dos ambientes, construindo abrigo e se alimentando de plantas.

### **3.2 Macrófitas aquáticas**

A terminologia usada para descrever os vegetais observados no ambiente aquático é bastante diversificada (TUNDISI; TUNDISI, 2008). Esses vegetais podem ser chamados de hidrófitas, helófitas, limnófitos, plantas aquáticas, macrófitas, macrófitos aquáticos, entre outros (ESTEVES, 1988; THOMAZ; CUNHA, 2010). Segundo Irgang e Gastal (1996), macrófitas aquáticas são plantas vasculares que apresentam partes do seu copo submersas na água ou flutuantes na superfície. Elas são visíveis a olho nu, cujas partes fotossinteticamente ativas estão permanentemente, ou por diversos meses no ano, emersas, submersas ou flutuantes em água doce ou salobra.

Devido à grande diversidade de formas biológicas, morfologia e hábito de crescimento, considerado em relação à superfície da água, as macrófitas são classificadas, segundo Irgang e Gastal (1996), em: (1) anfíbias, plantas capazes de viver tanto em área alagada como fora da água; (2) emergentes, plantas enraizadas no fundo, parcialmente submersas e parcialmente fora da água; (3) flutuantes fixas, enraizadas no fundo com caule e/ou folhas flutuantes; (4) flutuantes livres, não enraizadas no fundo, podendo ser levadas por correntezas, vento ou animais; (5) submersas fixas, enraizadas no fundo, totalmente submersas; (6) submersas livres, não enraizadas no fundo, com caules e folhas submersas; e (7) epífitas, que se instala sobre outras plantas aquáticas (Figura 1).

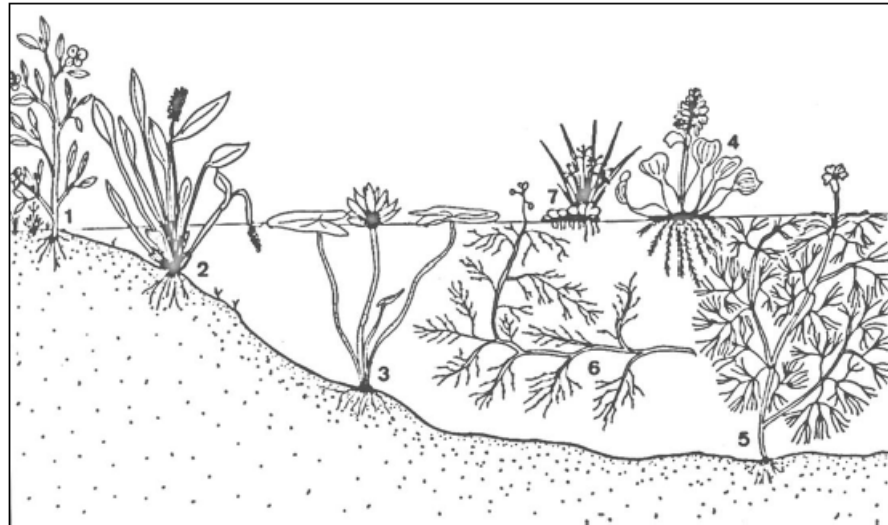


Figura 1 - Formas biológicas das plantas aquáticas.  
Fonte: POTT, POTT (2006)

Esses vegetais, especialmente as macrófitas flutuantes, são capazes de produzir grande quantidade de nichos ecológicos que geram grande diversidade de animais encontrados na região litorânea do lago. Outro motivo importante é que essa região litorânea passa a ser um ecótono, devido a interação entre o ecossistema terrestre e aquático (ESTEVES, 1998).

As macrófitas desempenham importante papel na estruturação e complexidade sobre os ecossistemas aquáticos continentais, fazendo com que aumente a biodiversidade local (AGOSTINHO; GOMES; JULIO, 2003; THOMAZ et al., 2004). A maioria das espécies de plantas reduzem a turbulência da água acumulando sedimentação de grande parte do material de origem alóctone. As raízes absorvem os nutrientes das partes profundas do sedimento, e os liberam posteriormente para a coluna d' água por excreção ou durante a decomposição da biomassa para outras comunidades. As macrófitas emersas possuem alta taxa de produtividade primária, que podem se constituir na principal comunidade produtora de matéria orgânica de todo o ecossistema (ESTEVES, 1998). Outro papel importante das comunidades de macrófitas está relacionado com a cadeia alimentar, principalmente as espécies submersas e com folhas flutuantes, visto que 10% de sua biomassa pode ser consumida por herbívoros e detritívoros de muitas espécies de animais, tanto aquáticos como terrestres. Além disto, são utilizadas como substrato para a desova e como refúgio por vários organismos (ESTEVES, 1998). Assim, macrófitas flutuantes podem maximizar a quantidade e tipos de interações ecológicas em reservatórios e



tornar esses ecossistemas mais complexos, contribuindo para o aumento da diversidade biológica (AGOSTINHO; GOMES; JULIO, 2003; THOMAZ; MORMUL; MICHELAN, 2015).

As plantas aquáticas realizam diversos tipos de interações com outros grupos de organismos, como insetos, moluscos bivalves e gastrópodes, crustáceos, oligoquetos, bactérias, protozoários, algas e peixes que se associam a essas plantas (AGOSTINHO; GOMES; JULIO, 2003; THOMAZ; SOUZA; BINI, 2003; THOMAZ et al., 2008). O tipo de interação realizada entre esses organismos e as macrófitas é variada e dependente da história de vida de cada espécie. As macrófitas podem servir como substrato para colonização, refúgio e berçário para alguns organismos, pois sua porção inferior forma áreas mais oxigenadas devido aos aerênquimas presentes nas raízes (LARCHER, 2000; THOMAZ et al., 2008). Além disso, elas são fontes diretas de alimentos para herbívoros e indireta para filtradores, pois suas raízes retêm sedimentos em suspensão na represa, aumentando a complexidade do substrato disponível (CALLISTO, 2005 a, b).

Estudos evidenciam que os invertebrados apresentam maior diversidade e abundância quando estão associados a plantas aquáticas, pois áreas com vegetação normalmente criam condições mais favoráveis à sobrevivência dos organismos do que a zona de águas abertas (BAZZANTI; COCCIA; DOWGIALLO, 2010).

### **3.3 Invertebrados aquáticos**

Invertebrados aquáticos podem ser definidos como qualquer grupo de animais invertebrados que vive no ambiente aquático durante algum estágio de sua vida. Esses organismos são classificados em macroinvertebrados e microinvertebrados de acordo com seu tamanho, maiores ou menores que 2 mm, respectivamente (MUGNAI; BAPTISTA; BARBOSA, 2010). Os macroinvertebrados aquáticos de água doce geralmente podem ser vistos em detalhes moderados a olho nu. Enquanto, os microinvertebrados incluem animais como a maioria dos vermes nematoides, muitos vermes chatos, rotíferos, protozoários, entre outros (THORP; ROGERS, 2011).

Os invertebrados aquáticos têm importante papel ecológico na fragmentação e decomposição da matéria orgânica, promovendo a transferência de energia e nutrientes entre as macrófitas e organismos em níveis tróficos superiores (ESTEVES, 1998). Assim sendo, para o funcionamento equilibrado dos ambientes aquáticos é

importante a manutenção da estrutura de uma comunidade. Nos últimos anos, vários estudos sobre invertebrados associados à macrófitas aquáticas têm sido desenvolvidos em diferentes ambientes aquáticos, principalmente sobre a estrutura da comunidade (THOMAZ et al., 2008; FERREIRO et al., 2011; OHTAKA et al., 2011).

A abundância, diversidade e a distribuição dos invertebrados aquáticos são controlados pela competição por alimento e espaço, predadores, parasitas e até mesmo propriedades físico-químicas do ambiente ocupado (THORP; ROGERS, 2011). Alguns macroinvertebrados aquáticos são importantes para a decomposição de detritos, sendo amplamente utilizados como bioindicadores de qualidade da água, pois a composição e estrutura desses macroinvertebrados refletem mudanças na qualidade da água e na entrada de energia nos ecossistemas aquáticos (RESH; MYERS; HANNAFORD, 1996; MARCHESI; ESCURRA, 2006).

Desde a formação da hidrelétrica de Itaipu, em 1982, estudos têm sido realizados para compreender o impacto da alteração hidrológica nesse ecossistema nas suas comunidades e sabe-se que os macroinvertebrados dentro das comunidades aquáticas, representam um dos grupos mais afetados pela construção de reservatórios (HERNY, 1999; MORMUL et al., 2010; THOMAZ; CUNHA, 2010; THOMAZ; MORMUL; MICHELAN, 2015). Alguns estudos envolvendo comunidades de plantas e animais do reservatório de Itaipu objetivaram o levantamento de espécies, outros, a sua relação com a qualidade da água, decomposição da biomassa e associações com outras espécies (NOGUEIRA; HENRY; JORCIN, 2006). Também foram conduzidos levantamentos de animais da ictiofauna local (CECILIO et al., 1997; HAHN; AGOSTINHO; GOMES, 1998; OKADA; AGOSTINHO; GOMES, 2005) e de invertebrados (MAGALHÃES, 2001; BATISTA-SILVA et al., 2011).

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Área de estudo**

O estudo foi realizado no Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico do município de Santa Helena, no extremo oeste do estado do Paraná (24°51'37" S; 54°19'58" O). Esse Refúgio é uma Área de Preservação Permanente do Lago Itaipu pertencente à empresa Itaipu Binacional. Localizado a leste do município de Santa

Helena, o Refúgio forma uma península continental com 1.482,05 ha dentro do Lago de Itaipu. Essa área é considerada prioritária para conservação pelo Ministério do Meio Ambiente, pois é integrante do Corredor de Biodiversidade Iguaçu-Paraná entre o Parque Nacional do Iguaçu e o Parque Nacional de Ilha Grande, os quais são importantes Unidades de Conservação de Proteção Integral que integram o Programa Paraná Biodiversidade (LIMONT, 2014).

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido e mesotérmico com temperatura média anual entre 19-20°C e precipitação anual entre 1400-1500 mm (IAPAR, 1978). Inserida no bioma Mata Atlântica, a fitofisionomia predominante do Refúgio Biológico é classificada como Floresta Estacional Semidecidual contendo de 20 a 50% de espécies arbóreas com folhas decíduas na estação seca (MARCON et al., 2010). Devido às condições ambientais serem altamente heterogêneas, este bioma possui uma enorme diversidade biológica e alta taxa de endemismos, sendo considerado um *hotspot*, áreas prioritárias para a conservação (*sensu* MYERS et al., 2000).

## 4.2 Coleta de dados

As coletas em campo foram realizadas trimestralmente nos 10 primeiros pontos na Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena (cinco na margem interna e cinco na margem externa), de acordo com a presença de bancos de macrófitas. A distância entre os pontos foi de no mínimo 300 metros para manter a independência das amostras. Em cada ponto, foi realizado uma identificação botânica *in loco* das plantas encontradas em cada banco e foram coletados dois indivíduos de cada espécie de macrófitas flutuante, onde as mesmas foram retiradas da água manualmente e armazenadas em sacos plásticos para evitar a perda de invertebrados (Figura 2A e 2B). Em laboratório, essas plantas foram lavadas individualmente em água corrente (Figura 3A) e os invertebrados filtrados numa malha de 0,01mm, em seguida, foram acondicionados em álcool 70 % (Figura 3B) para posteriormente serem quantificados e identificados ao menor nível taxonômico possível, usando chaves de identificação (HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2014; MUGNAI; BAPTISTA; BARBOSA, 2010; DOMINGUEZ; FERNÁNDEZ, 2009).

Os exemplares de todas as espécies de macrófitas coletadas foram transportadas para o laboratório de Botânica da Universidade Tecnológica Federal do

Paraná (UTFPR), Campus Santa Helena, a fim de serem devidamente herborizadas para posterior identificação através de consulta à literatura específica. Após a lavagem e identificação das plantas, as raízes foram retiradas e pesadas para verificação da biomassa fresca. Após, estas foram secas em estufa a 60°C, por cerca de 60 h, sendo novamente pesadas para obtenção da biomassa seca (Figura 4A e 4B).

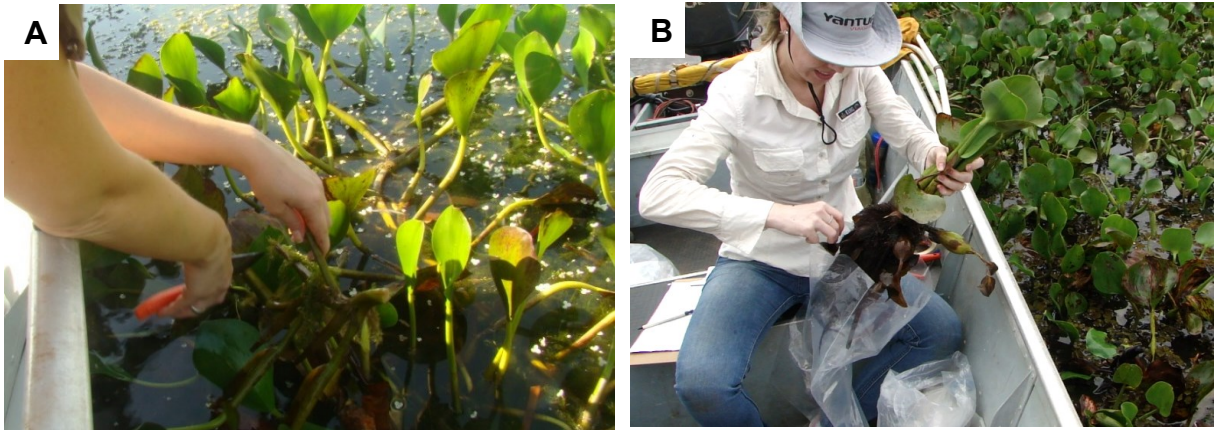


Figura 2 - (A) Coleta e (B) armazenamento das macrófitas  
Fonte: Autoria própria

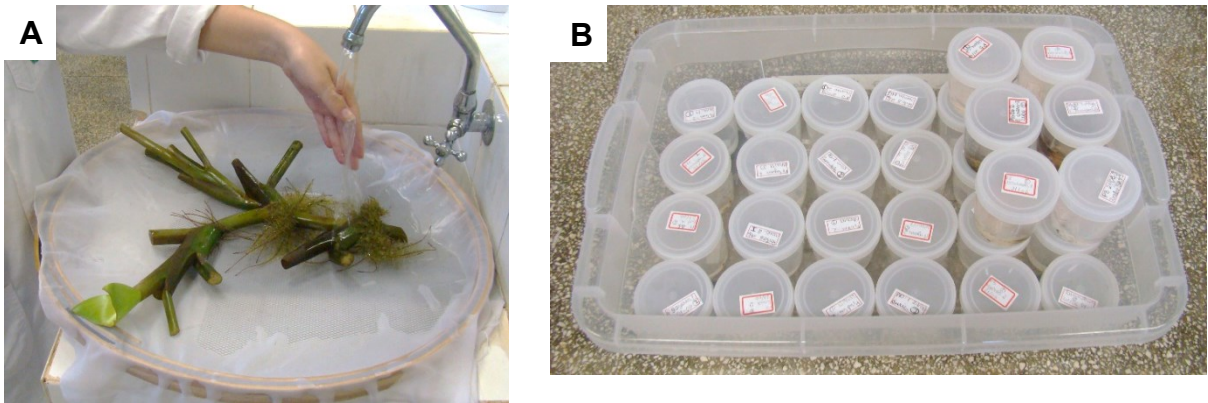


Figura 3 - (A) Lavagem da parte submersa das macrófitas sobre a malha de 0,1mm. (B) Armazenamento dos invertebrados em recipientes com álcool 70%  
Fonte: Autoria própria

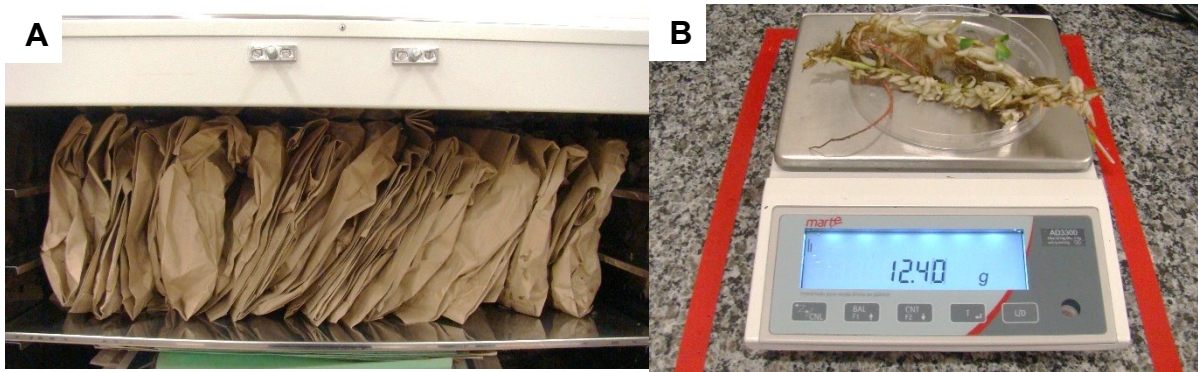


Figura 4 - (A) Macrófitas sendo submetida a processo de secagem em estufa a 60°C  
 (B) Pesagem das macrófitas  
 Fonte: Autoria própria

### 4.3 Análise dos dados

Para verificar a estrutura e variação temporal da interação macrófitas-invertebrados aquáticos foram formadas quatro matrizes de incidência, abrangendo as interações entre as espécies de macrófitas e os táxons de invertebrados aquáticos encontrados, sendo uma matriz para cada coleta. Posteriormente, foram calculadas as seguintes métricas: conectância; grau médio de cada grupo (macrófitas e invertebrados), índice de aninhamento (NODF) e de especialização ( $H2'$ ). A significância do NODF foi estimada por meio do procedimento de Monte Carlo com 1.000 randomizações usando o modelo nulo "Ce", o qual durante a aleatorização mantém o valor total das linhas fixo. As métricas conectância, grau médio e índice de aninhamento (NODF) variam de 0 a 100 partindo de padrões especialistas para os valores próximo de 0 e generalistas para os mais próximos de 100. O índice  $H2'$  varia de 0 a 1, partindo de padrões generalistas para valores mais próximos a 0 e mais especialistas para os mais próximos de 1. O índice NODF foi calculado usando o programa Aninhado Bangu 3.0 (GUIMARÃES; GUIMARÃES, 2006). A partir das quatro matrizes, quatro grafos bipartidos foram construídos utilizando o programa R versão 3.5. Este programa também foi utilizado para calcular o índice de especialização ( $H2'$ ).

Para verificar a variação temporal no peso das raízes das macrófitas coletadas, a abundância de indivíduos e riqueza de táxons de invertebrados encontrados nas

raízes entre as quatro coletas foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis (teste H) com teste a posteriori de Dun levando em consideração que as amostras eram independentes. O teste H também foi utilizado para verificar se existe diferença no peso das raízes entre as espécies de macrófitas. Análise de correlação usando coeficiente de Spearman foi utilizado para verificar relação entre peso das raízes de macrófitas e abundância de indivíduos e riqueza de táxons de invertebrados. As análises envolvendo o peso seco das raízes foram realizadas utilizando apenas os dados das três primeiras coletas, pois não foi possível pesar as raízes da quarta coleta devido um acidente ocorrido no laboratório da UTFPR. As análises foram feitas no software GraphPad Prism 5.0 após verificação da normalidade dos dados utilizando o teste Kolmogorov–Smirnov e considerando o nível de 5% de significância.

## 5 RESULTADOS

No total, foram evidenciadas oito espécies de macrófitas, sendo seis espécies flutuantes livres e duas flutuantes fixas. A abundância de indivíduos, frequência e hábito de cada espécie de macrófitas coletadas estão demonstradas na Tabela 1.

Associados às raízes das macrófitas, foram encontrados 72.394 invertebrados distribuídos em 80 táxons, sendo 47 táxons na Coleta 1, 51 na Coleta 2, 52 na Coleta 3 e 61 na Coleta 4, distribuídos em cinco filos (Arthropoda, Anellida, Mollusca, Nematoda e Platyhelminthes). A abundância e frequência absoluta de indivíduos de invertebrados encontrados em cada coleta estão demonstradas na Tabela 2.

A rede de interação macrófitas-invertebrados teve baixo padrão aninhado nas quatro coletas (Figura 5). A conectância variou entre as coletas, com maior valor na Coleta 2, seguida pela Coleta 4, 3 e 1. Os táxons de invertebrados interagiram em média com mais espécies de macrófitas na Coleta 4, seguida pela Coleta 3, 1 e 2. A quantidade de táxons associados às macrófitas variou de 7.413 (na Coleta 1) a 24.423 (na Coleta 3). Foi evidenciado baixo grau de especialização ( $H_2'$ ) na interação para as quatro coletas (Tabela 3) demonstrando que as interações estabelecidas entre esses grupos tende à generalização. A interação mais abundante das quatro coletas foi estabelecida entre Mytilidae (Mollusca) e *E. crassipes* (33.433 indivíduos em 45 raízes). No total, seis táxons de invertebrados foram considerados raros (com apenas um indivíduo em uma espécie de planta).

Tabela 1 – Abundância de raízes coletadas, frequência absoluta das espécies e hábito das macrófitas encontradas em bancos às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, Santa Helena, PR, nos meses de novembro de dezembro de 2016 (Coleta 1), abril de 20 17 (Coleta 2), junho de 2017 (Coleta 3) e setembro de 2017 (Coleta 4).

Família	Espécie	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4		Hábito*
		Abund.	Freq.	Abund.	Freq.	Abund.	Freq.	Abund.	Freq.	
Pontederiaceae	<i>Eichhornia azurea</i>	6	3	17	9	20	10	16	8	Flutuante fixa
	<i>Eichhornia crassipes</i>	14	7	10	5	15	8	16	8	Flutuante livre
Salviniaceae	<i>Salvinia auriculata</i>	10	5	15	8	20	10	16	8	Flutuante livre
	<i>Salvinia biloba</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	Flutuante livre
Hydrocharitaceae	<i>Limnobium laevigatum</i>	2	1	0	0	4	2	8	4	Flutuante livre
Onagraceae	<i>Ludwigia helminthorhiza</i>	2	1	2	1	4	2	4	2	Flutuante livre
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i>	2	1	0	0	6	3	6	3	Flutuante livre
Poaceae	<i>Paspalum repens</i>	0	0	0	0	0	0	12	6	Flutuante fixa
<b>Total</b>		36	18	44	23	71	36	78	39	-

\*Classificação de acordo com Pott, Pott (2000)

Fonte: Autoria própria

Tabela 2. Abundância e frequência absoluta de invertebrados encontrados associados às raízes de macrófitas em bancos às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, Santa Helena, PR, nos meses de novembro de dezembro de 2016 (Coleta 1), abril de 2017 (Coleta 2), junho de 2017 (Coleta 3) e setembro de 2017 (Coleta 4).

Filo	Classe	Ordem	Família	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4		Hábito	
				Abund.	Freq.	Abund.	Freq.	Abund.	Freq.	Abund.	Freq.	alimentar*	
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	71	12	44	9	227	32	102	31	I=D	
			Caenidae	47	17	23	11	24	10	25	14	I=D	
			Leptohyphidae	19	2	1	1	3	2	0	0	I=D	
			Leptophlebiidae	1	1	0	0	0	0	0	0	I=D	
			Outras	5	2	7	3	4	4	3	1	I=D	
	Diptera			Ceratopogonidae	44	12	25	12	39	17	39	24	A=H; I=F
				Culicidae	4	4	1	1	1	1	8	6	A=H; I=O
				Syrphidae	10	2	6	3	13	4	34	11	A=H; I=F
				Psychodidae	0	0	4	3	8	5	2	2	
				Chironomidae	77	22	143	24	109	36	199	49	A=H; I=F
				Chaoboridae	0	0	4	2	1	1	11	4	
				Stratiomyidae	0	0	0	0	0	0	1	1	
				Tabanidae	0	0	0	0	0	0	3	3	
				Outras	2	2	13	7	4	4	2	2	



Coleoptera	Curculionidae	3	2	3	3	2	2	2	2	A=H; I=H
	Psephenidae	1	1	0	0	0	0	0	0	A=P; I=H
	Dythiscidae	2	2	5	2	3	3	14	10	A=P; I=P
	Hydrophilidae	17	8	11	6	12	5	24	7	A=D; I=P
	Lampyridae	1	1	1	1	1	1	6	2	A=P; I=P
	Noteridae	18	3	5	3	7	5	4	3	A=P; I=O
	Scirtidae	5	4	0	0	11	6	27	11	A=P; I=F
	Gyrinidae	0	0	1	1	0	0	2	1	A=P; I=P
Odonata	Coenagrionidae	16	7	0	0	3	3	15	10	A=P; I=P
	Aeshnidae	1	1	27	5	1	1	1	1	A=P; I=P
	Protoneuridae	39	19	32	13	57	28	82	31	A=P; I=P
	Libellulidae	10	9	38	12	27	16	48	23	A=P; I=P
	Dicteriadidae	0	0	0	0	1	1	0	0	
	Corduliidae	0	0	0	0	2	1	0	0	
	Outras	1	1	9	2	0	0	0	0	
Lepidoptera	Crambidae	14	8	1	1	4	4	33	20	A=H; I=H
	Pyralidae	2	2	0	0	1	1	8	4	A=H; I=H
	Outras	0	0	0	0	0	0	1	1	
Trichoptera	Hydropsychidae	1	1	0	0	1	1	0	0	A=H; I=O

	Hydroptilidae	183	12	10	6	66	10	79	22	A=H; I=O
	Polycentropodidae	1	1	3	2	1	1	3	2	A=H; I=O
Hemiptera	Mesoveliidae	1	1	7	6	3	3	34	14	A=P; I=P
	Naucoridae	3	3	0	0	1	1	1	1	A=P; I=P
	Notonectidae	0	0	3	3	0	0	0	0	A=P; I=P
	Elmidae	0	0	0	0	4	2	0	0	
	Saldidae	0	0	0	0	2	2	0	0	
	Phoridae	0	0	0	0	1	1	1	1	
	Veliidae	0	0	1	1	0	0	4	3	A=P; I=P
	Hebridae	0	0	0	0	0	0	6	5	
	Aphididae	0	0	0	0	0	0	2	2	
	Pleidae	0	0	1	1	0	0	0	0	A=P; I=P
	Gerridae	0	0	0	0	0	0	3	2	
	Belostomatidae	0	0	0	0	0	0	10	9	
	Macroveliidae	0	0	0	0	0	0	2	2	
	Outras	0	0	1	1	0	0	0	0	
Thysanoptera		3	2	0	0	1	1	5	2	A=H; I=H
Orthoptera		0	0	0	0	0	0	1	1	
Hymenoptera	Formicidae	0	0	1	1	0	0	0	0	

		Outra	0	0	1	1	0	0	0	0	
Entognata	Colembolla		2	2	18	12	24	10	116	32	
		Outras	0	0	0	0	0	0	3	2	
Maxillopoda	Copepoda		72	17	190	16	164	20	202	31	
		Ostracoda	3.739	29	6.775	43	1.763	57	6.478	71	A=F; I=F
Branchiopoda	Cladocera		130	6	806	15	186	23	188	32	A=P/F; I=?
Arachnida	Araneae	Salticidae	5	5	0	0	8	6	2	1	A=P; I=P
		Lycosidae	0	0	6	6	6	3	5	5	
		Theridiidae	0	0	0	0	4	3	3	3	
Arachnida	Acari		231	24	151	28	261	32	492	43	
Malacostraca	Amphipoda	Hyalidae	216	23	7	4	37	15	792	48	A=D; I=D
		Outras	0	0	0	0	0	0	7	4	
	Decapoda	Palaemonidae	0	0	2	2	0	0	0	0	A=P/H; L=P
		Trichodactylidae	0	0	2	2	0	0	0	0	A=P/H; L=H
		Outras	0	0	0	0	2	2	0	0	
Mollusca	Gastropoda	Thiaridae	13	6	48	9	0	0	1	1	A=D; I=D
		Lymnaeidae	2	1	0	0	0	0	0	0	A=D; I=D
		Hydrobiidae	16	3	7	5	0	0	1	1	A=D; I=D
		Ancylidae	0	0	36	12	10	8	18	8	A=D; I=D

			Ampulariidae	0	0	3	3	0	0	4	4	A=D; I=D
			Physidae	137	23	552	31	444	40	1563	65	A=D; I=D
			Planorbiidae	102	6	186	18	17	7	191	9	A=H/D; I=H/D
	Bivalvia		Mycetopodidae	12	2	0	0	1	1	22	2	A=O; I=O
		Mytiloidea	Mytilidae	2.046	25	8.393	14	20.766	44	11.487	60	A=F; I=F
Annelida	Clitellata		Hirundinidae	5	1	0	0	0	0	0	0	A=H; I=H
	Hirundinida	Oligochaeta		55	9	34	6	39	13	180	32	A=D; I=D
Platyhelminthes				27	7	7	6	36	16	257	31	A=P; I=P
Nematoda				0	0	1	1	1	1	1	1	
Não identificados				1	1	36	3	9	3	6	5	
<b>Total</b>				<b>7.413</b>	<b>354</b>	<b>17.692</b>	<b>383</b>	<b>24.423</b>	<b>519</b>	<b>22.866</b>	<b>831</b>	

\* As letras da coluna Hábitos alimentares representam: A=adulto, I= imaturo, D=detritívoro, H=herbívoro, P=predador, O=onívoro. Classificação de acordo com vários autores (DOMINGUEZ; FERNANDES, 2009; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015; HICKMAN, 2016).  
Fonte: Autoria própria

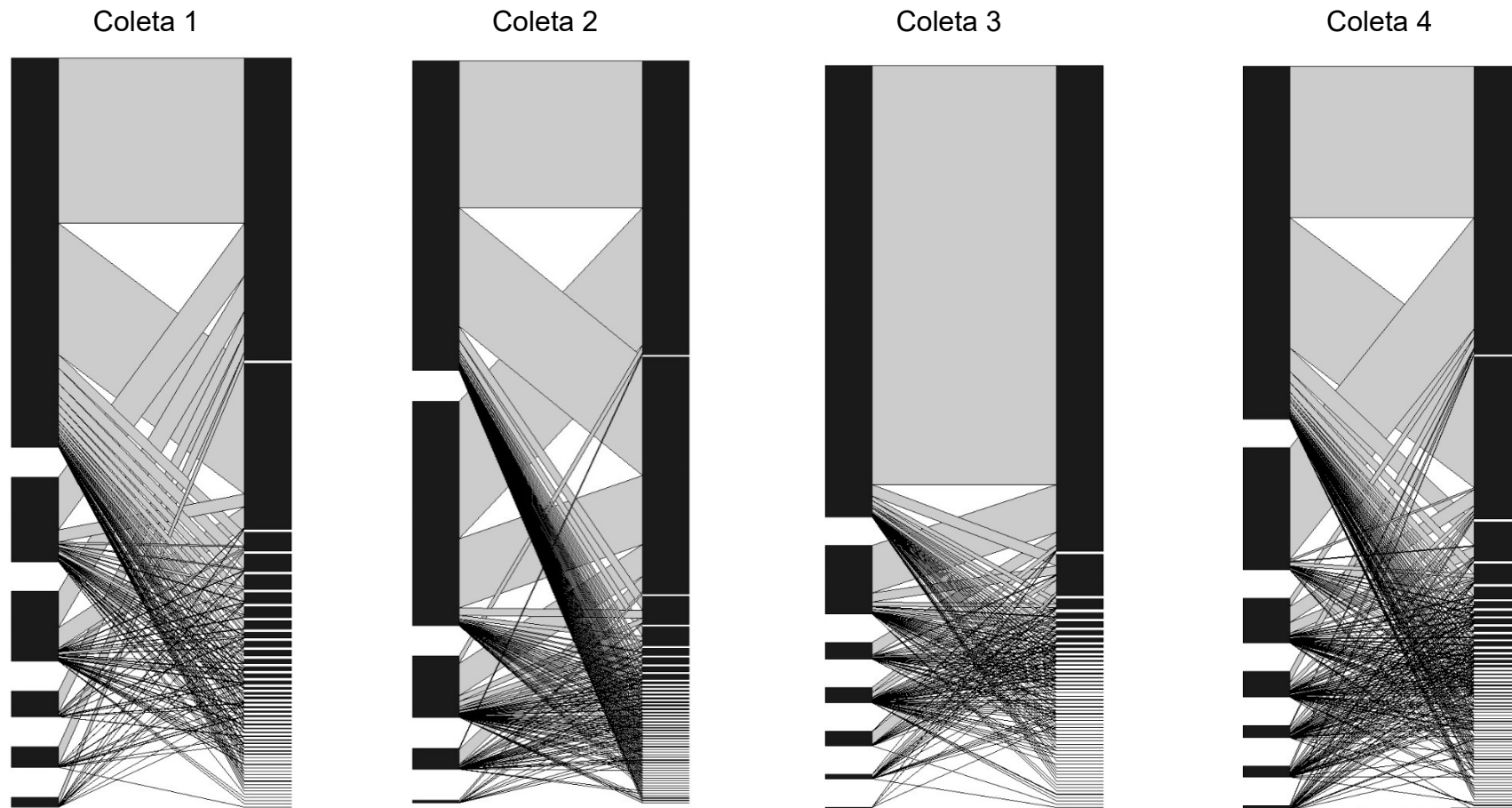


Figura 5 - Grafos bipartidos representando a variação e estrutura das interações entre invertebrados aquáticos e macrófitas encontradas em bancos às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena Santa Helena PR, nos meses de novembro de dezembro de 2016 (Coleta 1), abril de 2017 (Coleta 2), junho de 2017 (Coleta 3) e setembro de 2017 (Coleta 4). À esquerda estão localizadas as espécies de macrófitas e à direita os táxons de invertebrados. A ordem dos táxons de macrófitas e de invertebrados estão na tabela 4 e 5, respectivamente. Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 - Resultado das métricas calculadas a partir das matrizes de interação macrófitas-invertebrados aquáticos para cada coleta realizadas no período de novembro de 2016 a setembro de 2017 em Santa Helena, PR.

Métricas da rede	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
Conectância (%)	45,13	57,35	45,05	53,16
Grau médio das espécies de plantas	21,66	29,26	23,42	14,85
Grau médio dos táxons de invertebrados	2,70	2,29	3,09	3,70
Índice de especialização ( $H_2'$ )	0,10	0,27	0,26	0,17
Índice de aninhamento (NODF)	37,11	58,75	52,82	45,99

Fonte: Autoria própria

Os resultados demonstraram que existe diferença no peso seco raízes entre as espécies ( $H = 102,7$ ;  $p < 0,01$  - Figura 6) e relação positiva moderada entre peso seco das raízes e abundância de invertebrados ( $r_s = 0,44$ ;  $p < 0,01$  - Figura 7) e riqueza de invertebrados ( $r_s = 0,34$ ;  $p < 0,01$  - Figura 8). O peso das raízes avaliadas foi estatisticamente semelhante entre as coletas ( $H = 3.016$ ;  $p = 0,221$ ). A abundância de indivíduos e riqueza de táxons de invertebrados foi estatisticamente diferente entre as coletas ( $H = 20,89$ ;  $p = 0,0001$  - Figura 9;  $H = 21,39$ ;  $p < 0,0001$  - Figura 10, respectivamente).

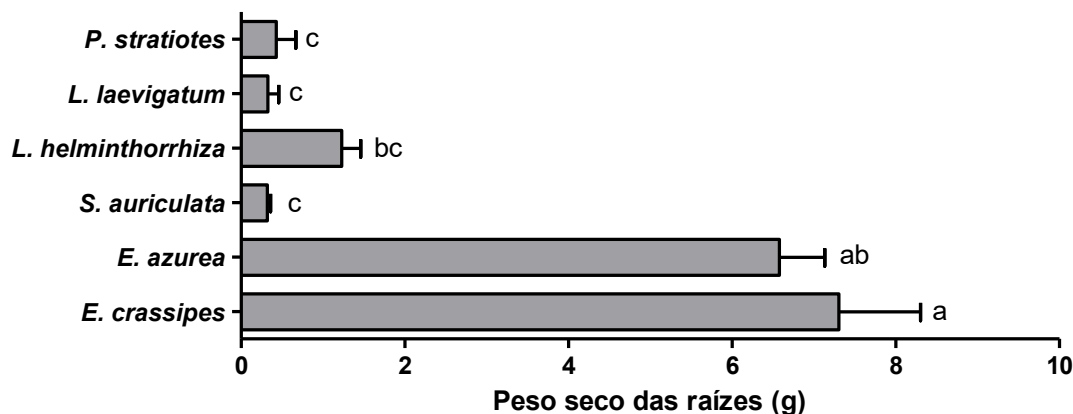


Figura 6 - Média e desvio padrão do peso das raízes entre as espécies de plantas coletadas nas três coletas realizadas entre novembro de 2016 e junho de 2017 no Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, em Santa Helena, PR. As letras no gráfico representam a diferença par-a-par entre as coletas de acordo com o teste a posteriori de Dun ao nível de 5% de significância após teste ( $H = 102,7$ ;  $p < 0,01$ ).

Fonte: Autoria própria

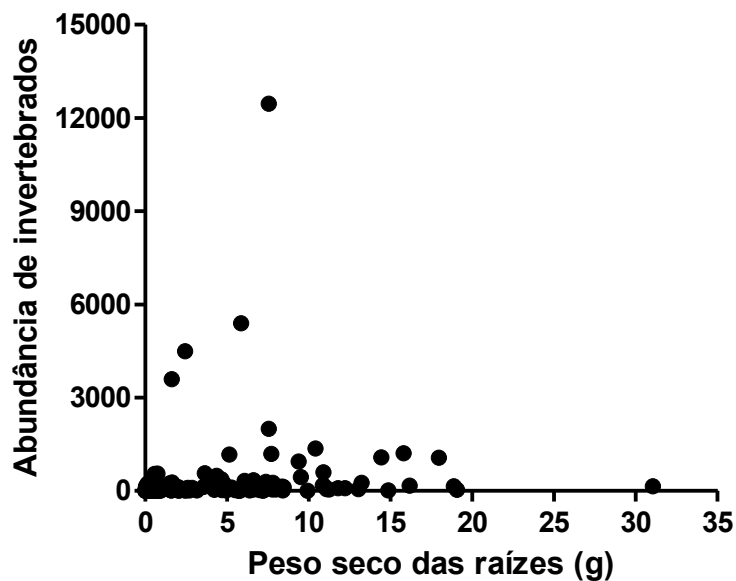


Figura 7 - Relação entre o peso seco das raízes e abundância total de invertebrados ( $r_s = 0,44$ ;  $p < 0,01$ ) das três coletas realizadas entre novembro de 2016 e junho de 2017 no Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, em Santa Helena, PR.

Fonte: Autoria própria

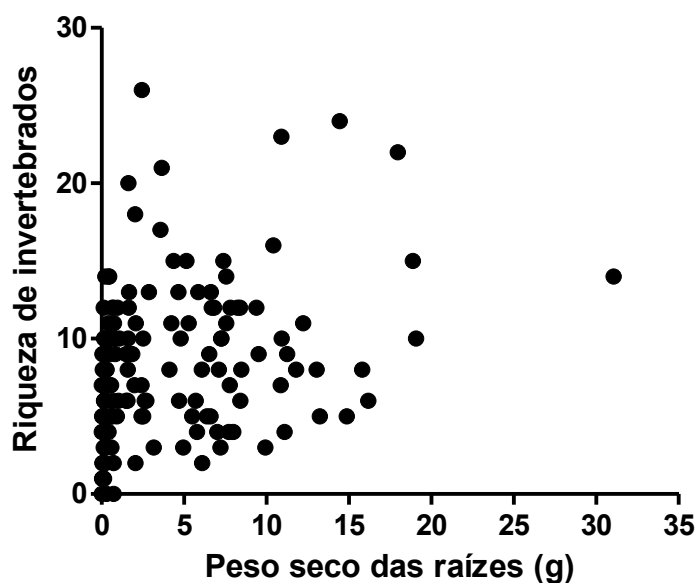


Figura 8 - Relação entre o peso seco das raízes e riqueza total de invertebrados ( $r_s = 0,34$ ;  $p < 0,01$ ) das três coletas realizadas entre novembro de 2016 e junho de 2017 no Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, em Santa Helena, PR.

Fonte: Autoria própria

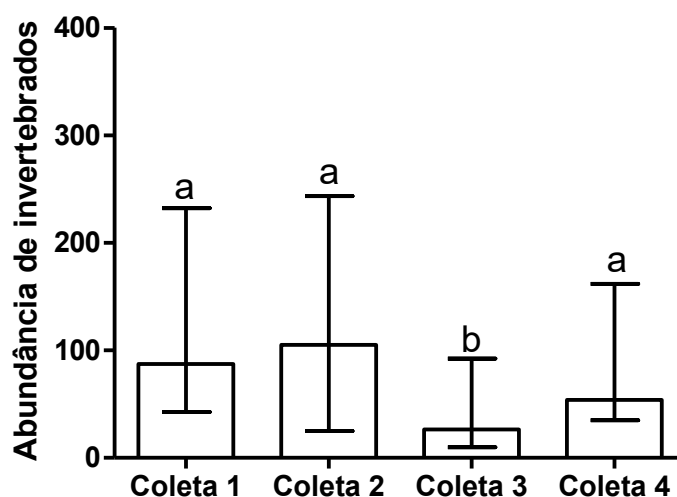


Figura 9 - Mediana e distância interquartílica da abundância de invertebrados entre as quatro coletas realizadas no período de novembro de 2016 a setembro de 2017 no Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, em Santa Helena, PR. As letras no gráfico representam a diferença par-a-par entre as coletas de acordo com o teste a posteriori de Dun ao nível de 5% de significância após teste ( $H = 20,89$ ;  $p = 0,0001$ ).

Fonte: Autoria própria

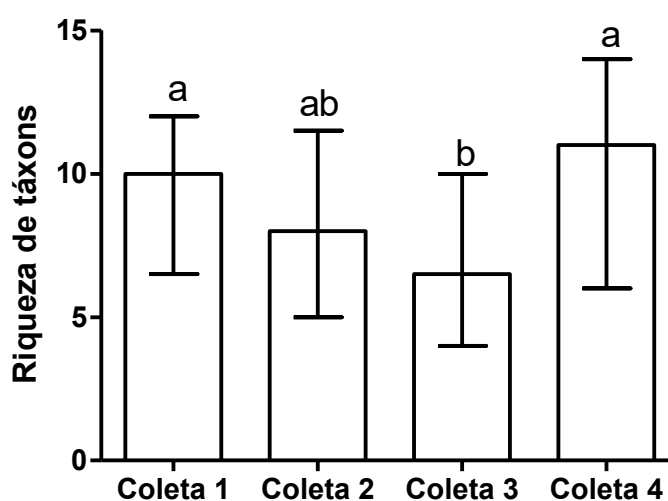


Figura 10 - Mediana e distância interquartílica da riqueza de táxons entre as quatro coletas realizadas no período de novembro de 2016 a setembro de 2017 no Lago de Itaipu às margens do Refúgio Biológico de Santa Helena, em Santa Helena, PR. As letras no gráfico representam a diferença par-a-par entre as coletas de acordo com o teste a posteriori de Dun ao nível de 5% de significância após teste ( $H = 21,39$ ;  $p < 0,0001$ ).

Fonte: Autoria própria



Tabela 4 - Rank das espécies de macrófitas apresentados nos quatro grafos bipartidos demonstrados na Figura 5.

Classe	Ordem	Família	Rank das espécies de macrófitas			
			Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
Equisetopsida	Commelinales	Pontederiaceae	1° <i>Eichhornia crassipes</i>	1° <i>E. crassipes</i>	1° <i>E. crassipes</i>	1° <i>E. crassipes</i>
			2° <i>Eichhornia azurea</i>	2° <i>E. azurea</i>	2° <i>E. azurea</i>	4° <i>E. azurea</i>
	Salviniales	Salviniaceae	3° <i>Salvinia auriculata</i>	3° <i>S. auriculata</i>	4° <i>S. auriculata</i>	3° <i>S. auriculata</i>
					7° <i>Salvinia biloba</i>	
			4° <i>Pistia stratiotes</i>		3° <i>P. stratiotes</i>	2° <i>P. stratiotes</i>
	Alismatales	Araceae	6° <i>Limnobium laevigatum</i>		5° <i>L. laevigatum</i>	5° <i>L. laevigatum</i>
		Hydrocharitaceae				
Myrtales	Onagraceae	5° <i>Ludwigia helminthorhiza</i>	4° <i>L. helminthorhiza</i>	6° <i>L. helminthorhiza</i>	7° <i>L. helminthorhiza</i>	
Poales	Poaceae				6° <i>Paspalum repens</i>	

Fonte: Autoria própria

Tabela 5 - Rank dos táxons de invertebrados apresentados nos quatro grafos bipartidos demonstrados na Figura 5.

Filo	Classe	Ordem	Rank dos táxons de invertebrados						
			Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4			
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	11° Baetidae	10° Baetidae	5° Baetidae	13° Baetidae			
			13° Caenidae	18° Caenidae	17° Caenidae	22° Caenidae			
			17° Leptohiphidae	48° Leptohiphidae	35° Leptohiphidae				
			47° Leptophlebiidae						
		Diptera	27° Sp	24° Sp	30° Sp	42° Sp			
			14° Ceratopogonidae	17° Ceratopogonidae	14° Ceratopogonidae	17° Ceratopogonidae			
			31° Culicidae	40° Culicidae	49° Culicidae	30° Culicidae			
			25° Syrphidae	30° Syrphidae	19° Syrphidae	18° Syrphidae			
			9° Chironomidae	6° Chironomidae	8° Chironomidae	8° Chironomidae			
				33° Psychodidae	24° Psychodidae	53° Psychodidae			
				34° Chaboridae	42° Chaboridae	28° Chaboridae			
						46° Tabanidae			
						55° Stratiomyidae			
			Coleoptera	36° Sp	20° Sp	29° Sp	51° Sp		
		33° Curculionidae		35° Curculionidae	38° Curculionidae	47° Curculionidae			
		35° Dytiscidae		31° Dytiscidae	34° Dytiscidae	27° Dytiscidae			
		19° Hydrophilidae		21° Hydrophilidae	20° Hydrophilidae	23° Hydrophilidae			
		42° Lampyridae		49° Lampyridae	51° Lampyridae	33° Lampyridae			
		18° Noteridae		32° Noteridae	25° Noteridae	39° Noteridae			
		30° Scirtidae			21° Scirtidae	21° Scirtidae			
				43° Gyrinidae		52° Gyrinidae			
		Arthropoda		Insecta	Odonata	40° Psephenidae			
						21° Coenagrionidae		33° Coenagrionidae	26° Coenagrionidae
48° Aeshnidae	16° Aeshnidae		50° Aeshnidae			58° Aeshnidae			
15° Protoneuridae	15° Protoneuridae		10° Protoneuridae			14° Protoneuridae			
26° Libellulidae	13° Libellulidae		15° Libellulidae			16° Libellulidae			

Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	41° Sp	23° Sp			
			22° Crambidae	51° Crambidae	28° Crambidae	20° Crambidae	
			37° Pyralidae		53° Pyralidae	31° Pyralidae	
							54° Sp
		Trichoptera	46° Hydropsychidae				
			5° Hydroptilidae	22° Hydroptilidae	9° Hydroptilidae	15° Hydroptilidae	
			45° Polycentropodidae	36° Polycentropodidae	52° Polycentropodidae	43° Polycentropodidae	
		Hemiptera	43° Mesoveliidae	27° Mesoveliidae	36° Mesoveliidae	19° Mesoveliidae	
			34° Naucoridae		46° Naucoridae	56° Naucoridae	
				42° Pleidae			
				38° Notonectidae			
				47° Veliidae			40° Veliidae
		41° Sp					
				41° Phoridae	57° Phoridae		
				32° Elmidae			
				37° Corduliidae			
				39° Saldidae			
					29° Belostomatidae		
					34° Hebridae		
					44° Gerridae		
					49° Macroveliidae		
					50° Aphididae		
		Thysanoptera	32° Sp			36° Sp	
		Orthoptera				61° Sp	
	Entognata	Collembola	39° Sp	19° Sp	16° Sp	12° Sp	
						41° Sp	
	Maxillopoda		10° Copépoda	5° Copépoda	6° Copépoda	7° Copépoda	
			1° Ostracoda	1° Ostracoda	2° Ostracoda	2° Ostracoda	
	Branchiopoda	Cladocera	7° Sp	3° Sp	7° Sp	10° Sp	

	Arachnida	Araneae	28° Salticidae		27° Salticidae	48° Salticidae
					31° Theridiidae	45° Theridiidae
		Hymenoptera		29° Lycosidae	26° Lycosidae	37° Lycosidae
				45° Sp		
				44° Formicidae		
	Arachnida	Acari	3° Acari	9° Acari	4° Acari	5° Acari
	Malacostraca	Amphipoda	4° Hyalidae	26° Hyalidae	13° Hyalidae	4° Hyalidae
				46° Trichodactylidae		
Mollusca	Gastropoda		23° Thiaridae	8° Thiaridae		32° Sp
			38° Lymnaeidae			62° Thiaridae
			20° Hydrobiidae	28° Hydrobiidae		59° Hydrobiidae
					39° Palaemonidae	
				37° Ampularidae		38° Ampularidae
			6° Physidae	4° Physidae	3° Physidae	3° Physidae
			8° Planorbiidae	7° Planorbidae	18° Planorbidae	9° Planorbidae
	Bivalvia		24° Mycetopodidae		44° Mycetopodidae	24° Mycetopodidae
			12° Ancilidae		22° Ancilidae	25° Ancilidae
		Mytiloidea	2° Mytilidae	2° Mytilidae	1° Mytilidae	1° Mytilidae
Annelida	Clitellata		29° Hirudinida			
	Hirudinida	Oligochaeta	12° Oligochaeta	14° Oligochaeta	11° Oligochaeta	11° Oligochaeta
Nematoda				50° Sp	48° Sp	60° Sp
Platyhelminthes				25° Sp	12° Sp	6° Sp
Não identificados			44° Não identificado	11° Não identificado	23° Não identificado	35° Não identificado
					40° Crustacea	
					45° Dicteriidae	
					47°	
					Hydropsychodidae	

Fonte: Autoria própria

## 6 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstram que as interações macrófitas-invertebrados aquáticas são complexas, ou seja, compostas por vários táxons principalmente de invertebrados e que a estrutura dessa interação tende à generalização. Além disso, foi verificado que essas interações variam ao longo do tempo, por meio da variação da abundância e riqueza dos táxons envolvidos nas interações.

As interações envolvendo invertebrados, principalmente táxons de artrópodes, tendem a ser complexas devido a sua grande abundância de indivíduos e riqueza de espécies. Arthropoda é o filo com maior riqueza de espécies e abundância de organismos existentes, sendo eles onipresentes em todos os ambientes, estabelecendo diversos tipos de interações ecológicas (HICKMAN, 2016). Neste estudo, 35% da abundância de indivíduos e 74% da riqueza de táxons dos invertebrados encontrados pertencem ao filo Arthropoda, demonstrando a importância desse grupo nas interações entre macrófitas e invertebrados. Dentre os artrópodes, Ostracoda (Crustacea: Maxillopoda) foi o táxon mais abundante nas duas primeiras coletas e o segundo mais abundante nas outras duas coletas.

Embora Arthropoda tenha sido o filo mais representativo em abundância e riqueza de invertebrados neste estudo, indivíduos da família Mytilidae do filo Mollusca foram os mais abundantes em duas das quatro coletas realizadas. Acredita-se que a maioria desses organismos sejam da espécie *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), o mexilhão dourado, que provavelmente tenha sido introduzido através de água de lastro de navios oriundos da Coreia e de Hong Kong (DARRIGRAN; PASTORINO, 1995) espécie invasora reconhecida como uma grande ameaça para a biodiversidade e represas (CLAVERO; GARCIA-BERTHOU, 2005).

Os táxons de invertebrados encontrados em maior abundância, Ostracoda e Mytilidae, são organismos filtradores e se associam às raízes devido ao maior acúmulo de matéria orgânica nesses locais. A interação desses com as macrófitas pode ser considerada mutualística, pois acabam diminuindo a turbidez da água,

fazendo com que os raios solares penetrem mais no ambiente aquático aumentando a produção pela fotossíntese nas raízes e eventuais caules submersos.

Redes de interações que possuem a predominância de interações mutualísticas facultativas, possuem padrão generalista (BASCOMPTE; JORDANO; OLESEN, 2006). Essas redes possuem índices de especialização baixo (BLÜTHGEN; MENZEL; BLÜTHGEN, 2006) e grau de aninhamento, embora baixo, significativo (BASCOMPTE; JORDANO; OLESEN, 2006). Essas características foram evidenciadas nos quatro grafos das coletas realizadas neste estudo. Esse padrão generalista e aninhado observado nas redes é um indicativo de que as interações são robustas à perda de espécies, tornando as comunidades mais estáveis. Isso porque espécies com muitas conexões dão suporte às espécies com menos interações, pois estas estão conectadas àquelas com muitas interações. Esse padrão é conhecido por aninhado (BASCOMPTE; JORDANO; OLESEN, 2006). Além disso, neste presente estudo interações especialistas parecem ser inexistentes, pois apenas seis do total de 80 táxons de invertebrados foram considerados raros. Segundo McGill et al., (2007), algumas espécies simplesmente são mais registradas que outras, devido a sua distribuição. Caso isso não ocorra, significa que esses animais podem ser considerados espécies raras e/ou especialistas.

Os valores altos do grau médio das plantas demonstram o quanto as interações são generalistas, comportam espécies de plantas que são capazes de atrair uma grande diversidade de insetos, mesmo tendo uma baixa diversidade de plantas (SHEPHERD; DEBINSKI, 2005)

A baixa conectância e o baixo grau médio dos grupos encontrados neste estudo, principalmente dos invertebrados, devem-se à grande quantidade de táxons de invertebrados encontrados nas raízes das macrófitas. Segundo Jordano, Bascompte e Olesen (2003), a conectância diminui com o aumento de espécies na rede, diminuindo as chances de as interações serem estabelecidas. Com isso, redes muito grandes tendem a ter conectâncias baixas. Embora a conectância tenha variado entre as coletas neste estudo, sempre foi evidenciado valores baixos corroborando outros estudos que também avaliaram redes grandes.

Além dos organismos filtradores, os quais foram os mais abundantes na rede macrófitas-invertebrados aquáticos, também foi evidenciado organismos com outros

hábitos alimentares neste estudo, como os predadores. Segundo Heino (2000), a elevada diversidade de grupos predadores pode ser atribuída à alta complexidade estrutural do habitat gerada pela presença de plantas aquáticas, as quais conferem abrigo, refúgio e alimento para inúmeros organismos. Segundo esse mesmo autor, a abundância e riqueza de táxons está correlacionada com a quantidade de vegetação e, desta forma, um provimento maior de presas aos predadores invertebrados. Ou seja, a alta densidade de predadores pode interferir na presença de herbívoros. Entretanto, são necessários estudos mais aprofundados para a comprovação do mesmo no sistema avaliado neste estudo.

A existência de relação entre abundância de indivíduos e riqueza de táxons de invertebrados e o peso seco das raízes pode estar relacionada ao espaço que as raízes das macrófitas oferecem para nidificação desses invertebrados. Muitos autores (ALBERTONI et al., 2006) afirmam que a biomassa e densidade das macrófitas aquáticas influenciam diretamente na densidade e composição da comunidade de invertebrados associados, pois, segundo Albertoni et al., (2006 apud HYNES, 1970), há uma relação direta entre quantidade e riqueza de macrófitas aquáticas e a fauna associada. Portanto, tal relação deve ser investigada para constatar como ocorre essa relação e quais os fatores envolvidos numa possível preferência dos invertebrados por um determinado nicho com macrófitas que tenham maiores ou menores raízes.

A variação temporal da interação macrófitas-invertebrados aquáticos foi demonstrada neste estudo por meio da alteração interna na estrutura da rede, com variação nos valores das métricas, e também na variação da abundância de macrófitas nos bancos avaliados e na variação na abundância e riqueza de invertebrados. Variações temporais são inerentes das interações ecológicas, pois estão diretamente relacionadas à história natural dos organismos. Algumas espécies de invertebrados aquáticos possuem ciclo de vida com alternância de ambiente aquático para o terrestre. Essas alternâncias podem fazer com que o tamanho das populações varie entre ambientes ao longo no tempo, refletindo nas interações com as raízes das macrófitas. As alterações decorrentes dessas alternâncias podem influenciar nas populações de organismos, que vivem somente no ambiente aquático. Além disso, o ciclo de vida desses organismos totalmente aquáticos também pode alterar o seu comportamento, fazendo que eles se desprendam das raízes e se tornem

bentônicos. Com a diversidade encontrada neste estudo, inúmeros cenários poderiam ser descritos para justificar a variação temporal. Entretanto, para que se tenha conclusões precisas, seria necessário conhecer as espécies desses grupos e também a história de vida. A história de vida pode ser definida a partir de estudos observacionais dos organismos em seu ambiente. Ela estabelece as conexões entre espécies, habitats e ecossistemas, bem como os fatores abióticos e bióticos (BARROWS; MURPHY-MARISCAL; HERNANDEZ, 2016)

## **7 CONCLUSÕES**

Os resultados demonstraram a complexidade e estrutura das interações macrófitas-invertebrados e a diversidade de relações estabelecidas, bem como a existência de fatores moldadores ainda desconhecidos que influenciam na variação da interação entre esses dois grupos.

Este estudo demonstra a importância da presença de macrófitas para a existência de uma riqueza e diversidade de invertebrados aquáticos, os quais dependem deste substrato para seu habitat e nicho ecológico. Na verdade, o que se apresenta é uma comunidade cujas redes alimentares estão intrincadas com a presença de diferentes habitats alimentares diversos.

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Por meio deste trabalho foi possível ressaltar a importância do estudo de interações entre invertebrados-macrófitas visto que, essas interações são responsáveis pela estruturação e manutenção da biodiversidade em comunidades naturais. As macrófitas flutuantes possuem grande influência no aumento da biodiversidade local, pois as mesmas servem de alimento, abrigo, berçário e refúgio para muitos invertebrados e até mesmo vertebrados.

Apesar das diversas conclusões realizadas no atual trabalho, é necessário realizar análises físico-químicas da água com o objetivo de compreender como essas interações ocorrem.



## REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; GOMES, L. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 68, n. 4, p. 1119-1132, 2008.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; JULIO, JR. H. F. **Relações entre macrófitas e fauna de peixes**. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM. p. 261-279. 2003.
- ALBERTONI et al. Macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas flutuantes em canais urbanos de escoamento pluvial). **Neotropical Biology and Conservation**, Balneário Cassino, Rio Grande, RS v. 1, n. 2, p. 90-100, 2006.
- BARROWS, C. W.; MURPHY-MARISCAL, M. L.; HERNANDEZ, R. R. At a crossroads: the nature of natural history in the twenty-first century. **BioScience**, v. 66, n. 7, p. 592-599. 2016.
- BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; OLESEN, J. M. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. **Science**, v. 312, p. 431-433, 2006.
- BATISTA-SILVA, V. F.; BONETO, D. D.; BAILLY, D.; ABELHA, M. C. F.; KASHIWAQUI, E. A. L. Invertebrates associated to *Eichhornea azurea* Kunth in a lagoon of the Upper Paraná River: composition, community attributes and influence of abiotic factors. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 4, p. 376-385, 2011.
- BAXTER, R. M. Environmental effects of dams and impoundments. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 8, p. 255-283, 1977.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- BEYRUTH, Z.; DOS SANTOS LIMA PEREIRA, H. A. **The isolation of Rio Grande from Billings reservoir, São Paulo, Brazil: effects on the phytoplankton**. Boletim do Instituto de Pesca Sao Paulo v. 28, n. 2, p. 111-123, 2002.
- MENDIONDO, E. Limnologia by J G Tundisi and T Matsumura Tundisi. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 229–229, 2009. Instituto Internacional de Ecologia. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-69842009000100033&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842009000100033&lng=en&tlng=en)>. Acesso em: 14/12/2018.
- BUNN, S. E.; ARTHINGTON, A. H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental management**, v. 30, n.4, p. 492-507, 2002.
- CALLISTO, M.; GOULART, M.; BARBOSA, F. A. R.; 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.; MEDERROS, A. O.; MORENO, P.; ROSA, C. A. Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, p. 743-755, 2005.
- CECILIO, E. B.; AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO Jr, H. F.; PAVANELLI, C. S. Colonização ictiofaunística do reservatório de Itaipu e áreas adjacentes. **Rev. Bras. Zool**, v. 14, n. 1, p. 1-14, 1997.
- CLAVERO, M.; GARCIA-BERTHOU, E. Espécies invasoras são uma das principais causas de extinção de animais. **Tendências Ecol Evol**, v. 20, p. 110, 2005
- DARRIGRAN, G.; PASTORINO, G. The recent introduction of a freshwater Asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. **Veliger**, Santa Bárbara, v. 38, n. 2, p. 171-175, 1995.
- DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M.; BELCHIOR, C.; ALVES-SILVA, E. Ecologia Comportamental: uma ferramenta para a compreensão das relações animal-plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 1, p. 16-29, 2009.
- DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H.M. **Insect-Plant Interactions: New Pathways to a Better Comprehension of Ecological Communities in Neotropical Savannas. Neotropical Entomology**, v. 38, n. 2, p. 159-164, 2009.
- DÍAZ-CASTELAZO, C.; GUIMARÃES, P. R.; JORDANO, P.; THOMPSON, J. N.; MARQUIS, R. J.; RICO-GRAY, V. Changes of a mutualistic network over time: reanalysis over a 10-year period. **Ecology**, v. 91, n. 3, p. 793-801, 2010.
- DOMÍNGUEZ, E.; FERNÁNDEZ, H. R. **Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos: Sistemática y Biología**. Tucumán: Fund. Miguel Lillo, 1º ed, p. 659, 2009.
- ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. **Interciência**, Finep, Rio de Janeiro, 1998.
- FERREIRO, N.; FEIJOÓ, C.; GIORGI, A.; LEGGIERI, L. Efeitos da heterogeneidade de macrófitas e disponibilidade de alimento em parâmetros estruturais da comunidade de macroinvertebrados em um riacho pampeano. **Hydrobiologia**, v. 664, p. 199-211, 2011.
- GUIMARÃES, P. R.; GUIMARÃES, P. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. **Environmental Modelling and Software**. v. 21, p. 1512-1513, 2006.
- HAGEN, M.; KISSLING, W. D.; RASMUSSEN, C.; et al. Biodiversity, Species Interactions and Ecological Networks in a Fragmented World. 1º ed. **Elsevier Ltd.**, 2012.
- HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do INPA. p. 724, 2014.
- HAHN, N. S.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. **Estrutura trófica da ictiofauna do reservatório de Itaipu**. v. 23, n. 5, p. 299-305, 1998.

HEINO, J. Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. **Hydrobiologia**, v. 418, p. 229–242, 2000.

HENRY, R. **Ecologia dos reservatórios**: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu, FAPESPFUNDBIO, p. 800, 1999.

HICKMAN, C. et al. **Princípios Integrados de Zoologia**. 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 943, 2016.

HYNES, H. B. N. The diversity of macroinvertebrate and macrophyte communities in ponds. **Freshwater Biology**, v. 18, p. 87-104, 1970.

IAPAR, Instituto Agrônômico do Estado do Paraná. **Cartas climáticas básicas do estado do Paraná**, Londrina. 1978.

IRGANG, B. E.; GASTAL, JR. C. V. S. **Plantas aquáticas da planície costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: edição dos autores, 1ªed, p. 290, 1996.

IRGANG, B. E.; PEDRALLI, G.; WAECHTER, J. L. Macrófitas aquáticos da estação ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Roessleria**, v. 6, n. 1, p. 395-404, 1984.

JORDANO, P.; BASCOMPTE, J.; OLESEN, J. Invariant properties in coevolutionary networks of plant–animal interactions. **Ecology Letters** v. 6, p. 69-81, 2003.

LANGE, D.; DEL-CLARO, K. Ant-plant interaction in a tropical savanna: may the network structure vary over time and influence on the outcomes of associations? **Plos One**, v. 9, n. 8, 2014.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, Rima Artes e Textos. p. 531, 2000.

LIMONT, M. **O papel da Rede Gestora no planejamento do Corredor de Biodiversidade do Rio Paraná**. Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor no Curso de Meio Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2014.

MCGILL, B. J.; ETIENNE R. S.; GRAY, J. S.; ALONSO, D.; ANDERSON, M. J.; BENECHA, H. K.; DORNELAS, M.; ENQUIST, B. J.; GREEN, J. L.; HE, F.; HURLBERT, A. H.; MAGURRAN, A. E.; MARQUET, P. A.; MAURER, B. A.; OSTLING, A.; SOYKAN, C. U.; UGLAND, K. I.; WHITE, E. P. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. **Ecology Letters**, v. 10, p. 995-101, 2007.

MAGALHÃES, C. **Diversity, distribution, and habitats of the macro-invertebrate fauna of the Río Paraguay and Río Apa, Paraguay, with emphasis on Decapod Crustaceans**. RAP Bulletin of Biological Assessment, v. 19, p. 68-72, 2001.

MARCHESE, M.; ESCURRA DE DRAGO, I. **Bentos como Indicadores de Condições Tróficas del Rio Paraná Médio**. In: TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T.; GALLI, C. S. (Eds.). Eutrofização na América do Sul: Causas, Consequências e Tecnologias de Gerenciamento e Controle, p. 339-362, 2006.

MARCON, T. R.; TEMPONI, L. G.; GRIS, D.; FORTES, A. M. T. Guia ilustrado de Leguminosae Juss. Arbóreas do Corredor de Biodiversidade Santa Maria – PR. **Biota Neotropica** v. 13, p. 350-373, 2010.

MORMUL, R. P.; FERREIRA, F. A.; MICHELAN, T. S.; CARVALHO, P.; SILVEIRA, M. J.; THOMAZ, S. M. Aquatic macrophytes in large sub-tropical reservoir (Itaipu). **Revista de Biología Tropical** v. 58, p. 1437-1452, 2010.

MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F.; BARBOSA, J. V. Transferência didática como problema pedagógico para o ensino em programas de formação em biomonitoramento ambiental. **Educação & Tecnologia**, v. 15, n. 2, 2010.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. 3. ed. Rio de Janeiro: Technical Books. p. 174, 2010.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. **Rima**, 2006.

OHTAKA, A.; NARITA, T.; KAMIYA, T.; KATAKURA, H.; ARAKI, Y. IM. S.; CHHAY, R.; TSUKAWAKI, S. Composição de invertebrados aquáticos associados com macrófitas no Lago Tonle Sap, Camboja. **Limnology**, v. 12, p. 137-144, 2011.

OKADA, E. K.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. Spatial and temporal gradients in artisanal fisheries of a large Neotropical reservoir, the Itaipu Reservoir, Brazil. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 62, n. 3, p. 714-724, 2005.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. 1° ed. Brasília, DF: Ed EMBRAPA, p. 404, 2000.

RESH, V. H.; MYERS, M.; HANNAFORD, M. J. **Macroinvertebrates as Biotic Indicators of Environmental Quality**, In: HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. (Eds.). *Methods in Stream Ecology*. Academic Press, San Diego. p. 647-667, 1996.

RICKLEFS, R. E.; RELYEA, R.; **A Economia da Natureza**. 7ª ed. Guanabara Koogan. p. 503, 2018.

RIBEIRO-FILHO, R. A.; PETRERE, JR. M.; BENASSI, S. F.; PEREIRA, J. M. A. Itaipu Reservoir limnology: eutrophication degree and the horizontal distribution of its limnological variables. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 4 p. 889-902, 2011.

SHEPHERD, S.; DEBINSKI, D. M. Evaluation of isolated and integrated prairie reconstructions as habitat for prairie butterflies. **Biological Conservation**, v. 126, p. 51-61, 2005.

STRONG, JR. R.; LAWTON, J. H.; SOUTHWOOD, T. R. E. Insects on plants: community patterns and mechanisms. **Blackwell Scientific Publications**, Oxford, v. 313, p. 437, 1984.

THOMAZ, S. M.; CUNHA, E. R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. **Acta Limnologica Brasiliensia** v. 22, p. 218-236, 2010.

THOMAZ, S. M.; DIBLLE, E. D.; EVANGELISTA, L. R.; HIGUTI, J.; BINI, L. M. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. **Freshwater Biology** v. 53, p. 358-367, 2008.

THOMAZ, S. M.; MORMUL, R. P.; MICHELAN, T. S. Propagule pressure, invasibility of freshwater ecosystems by macrophytes and their ecological impacts: a review of tropical freshwater ecosystems. **Hydrobiologia** v. 746, p. 39-59, 2015.

THOMAZ, S. M.; PAGIORO, T. A.; BINI, L. M.; SOUZA, D. C. **Aquatic macrophytes of the Upper Paraná River floodplain: species list and patterns of diversity in large scales**. In: AGOSTINHO, A.; RODRIGUES, L.; GOMES, L. C.; THOMAZ, S. M.; MIRANDA, L. E. (Org.). Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain. Maringá: EDUEM. p. 221-225. 2004.

THOMAZ, S. M.; SOUZA, D. C.; BINI, L. M. Species richness and beta diversity of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil): the influence of limnology and morphometry. **Hydrobiologia** v. 505, p. 119-128, 2003.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003.

THOMPSON, J. N. **Relentless Evolution**. University of Chicago Press, Chicago. p. 499, 2013.

THORP, J. H.; ROGERS, D. C. **A Primer on Ecological Relationships among Freshwater Invertebrates**. Field Guide to Freshwater Invertebrates of North America, p. 37-46, 2011. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123814265000041> .

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos Insetos**: Tradução da 7ª edição de Borror and DeLong's introduction to the study of insects. São Paulo: Cengage Learning. 2ª ed. p. 761, 2015.

TUNDISI, J. G. **Theoretical basis for reservoir management**. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie v. 25, p. 1153-1156, 1993.

TUNDISI, T.; GALLI, C. S. (Eds.). **Eutrofização na América do Sul: Causas, Consequências e Tecnologias de Gerenciamento e Controle**, p. 339-362. 2006.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 632, 2008.