

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE  
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

ELOIZA MUNIZ CAPPARROS

**Aspectos ecológicos e taxonômicos da fauna ectoparasitária de  
*Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Sciaenidae) no  
rio Tapajós, Bacia Amazônica, Brasil**

Maringá  
2019

ELOIZA MUNIZ CAPPARROS

**Aspectos ecológicos e taxonômicos da fauna ectoparasitária de  
*Plgioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Sciaenidae) no  
rio Tapajós, Bacia Amazônica, Brasil**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA) do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais  
Orientador: Dr. Massato Takemoto  
Coorientador: Prof. Dr. José Alberto Prioli  
Coorientador: Prof. Dr. Juan Antonio Balbuena Diaz Pines

Maringá  
2019

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"  
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

- C236a Capparros, Eloiza Muniz, 1991-  
Aspectos ecológicos e taxonômicos da fauna ectoparasitária de *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Sciaenidae) no rio Tapajós, Bacia Amazônica, Brasil / Eloiza Muniz Capparros. -- Maringá, 2019.  
83 f. : il. color.
- Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2019.  
Orientador: Dr. Ricardo Massato Takemoto.  
Coorientador: Prof. Dr. José Alberto Prioli.  
Coorientador: Prof. Dr. Juan Antonio Balbuena Diaz Pines.
1. Fauna ectoparasitária - Tapajós, Rio, Bacia - Bacia Amazônica - Brasil. 2. Monogenea - Tapajós, Rio, Bacia - Bacia Amazônica - Brasil. 3. Copepoda - Tapajós, Rio, Bacia - Bacia Amazônica - Brasil. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -591.7857098115

ELOIZA MUNIZ CAPPARROS

**Aspectos ecológicos e taxonômicos da fauna ectoparasitária de  
*Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Sciaenidae) no  
rio Tapajós, Bacia Amazônica, Brasil**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA) do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais e aprovada pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Dr. Ricardo Massato Takemoto  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Letícia Cucolo Karling  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Prof. Dr. Gilberto C. Pavanelli  
UniCesumar

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Evanilde Benedito  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof. Dr. Sidinei Magela Thomaz.  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2019.

Local de defesa: Auditório do Nupélia, Bloco H-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedicatória

Para o vô Lourival  
(*in memoriam*)

## AGRADECIMENTOS

O doutorado foi realizado em quatro anos, mas a verdade é que essa jornada começou muito antes, quando ingressei no mestrado e quando decidi que fazer doutorado seria uma boa ideia. Meu nome está em destaque aqui, mas esse trabalho não existiria sem a participação de todas as pessoas aqui citadas.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Ricardo M. Takemoto por esses seis anos de trabalho juntos, pela paciência, pela disponibilidade e por acreditar em mim e nas minhas ideias.

Agradeço aos coorientadores, Prof. Dr. José Alberto Prioli e Prof. Dr. Juan Antonio Balbuena Diaz Pines por todas as contribuições.

Aos professores que prontamente aceitaram participar da minha banca: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Evanilde Romano, Prof. Dr. Gilberto C. Pavanelli, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Letícia Cucolo Karling e Prof. Dr. Sidinei Magela Thomaz. Agradeço também às suplentes, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Geza Thais Rangel e Souza e Dr.<sup>a</sup> Natalia Carneiro Lacerda dos Santos.

Aos meus companheiros e amigos do Laboratório de Ictioparasitologia do Nupélia, pelo ombro, pelo carinho nas horas difíceis e por todas as risadas juntos. Agradeço à Maria de los Angeles P. Lizama, pela troca de conhecimentos e contribuições ao longo desses anos.

Meus sinceros agradecimentos a Janaína Gazarini e Michelle K. Carniel, que além de companheiras de jornada se tornaram grandes amigas para mim, além do laboratório. Agradeço à todas as contribuições da equipe: Danilo (que me ajudou com as pranchas), Gisele, Eduardo (pela ajuda com os desenhos), Gabi, Flavinha e a todos que contribuíram no dia-a-dia do laboratório.

Dedico um parágrafo inteiro ao Guilherme Pomaro Casali, que viveu essa jornada comigo, desde o mestrado. Agradeço por ser esse ser humano maravilhoso, pelas risadas, pelas conversas, pelo apoio, pelos artigos lidos, os gráficos, por me ensinar o que abundância, intensidade e prevalência. Agradeço imensamente por ter eutanasiado todos os peixes que foram usados na realização desta tese. Agradeço pela companhia na viagem à Amazônia e todas as histórias que trouxemos. Agradeço por ser um irmão por todos esses anos.

Agradeço à todas as pessoas que participaram da coleta de material biológico na Amazônia: Prof. Dr. Edson Aparecido Adriano e sua equipe: Juliana, Júlio, Dani e Lincoln; pescadores e anfitriões, que nos receberam tão pronta e carinhosamente.

Agradeço aos meus colegas de turma de doutorado pela troca de conhecimentos e pelos bons momentos, especialmente à Jislaine Cristina da Silva, por toda a ajuda com a estatística (e o R) e também pela parceria durante a realização das disciplinas.

Agradeço à coordenadora da Biblioteca Setorial do Nupélia Sra. Maria Salete Ribelatto Arita e ao bibliotecário Sr. João Fábio Hildebrandt, por todos os livros e artigos fundamentais para a realização deste trabalho.

Além das pessoas que contribuíram na prática durante todas as etapas do doutorado, não posso deixar de agradecer a todos aqueles que me deram suporte, me apoiaram, incentivaram, ouviram minhas reclamações e principalmente compreenderam todas as minhas ausências nesses anos.

Agradeço aos meus pais, Nivaldo Lourenço Capparros e Regina Muniz, pelo amor, carinho, suporte financeiro, torcida e compreensão. Amo muito vocês.

Ao meu avô, Lourival Muniz, que sempre foi meu exemplo, me incentivou e que infelizmente não pode ver a conclusão do meu doutorado.

Ao Bruno Cezar Betiati, que foi fundamental para o meu ingresso no doutorado e também nos anos iniciais, inclusive auxiliando na coleta e na manipulação do material biológico. Agradeço o apoio, o acolhimento e por acreditar em mim.

À minha amiga de infância, Mayara Câmara Buss, que sempre esteve presente, sempre me ouviu e torceu por mim. Agradeço por estar presente em mais esta etapa da minha vida.

Aos meus amigos de longa data por todo o apoio e compreensão nesses anos.

Ao Mucio, que acompanhou o dia-a-dia de um final de doutorado bem de perto, oferecendo todo o carinho, amor e suporte possível, em todos os momentos. Agradeço a compreensão, a paciência, o acolhimento e a torcida. Agradeço o interesse pelos parasitas de peixes e também por me ouvir falar de tese por horas a fio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Doutorado e taxa de bancada. Após a conclusão do doutorado, todos os livros adquiridos por meio da taxa de bancada foram repassados para a Biblioteca Setorial do Nupélia.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para essa jornada, meus sinceros agradecimentos.

“No coração da ciência existe um equilíbrio essencial entre duas atitudes aparentemente contraditórias: uma abertura para ideias novas, por mais bizarras ou contrárias à intuição que sejam, e o exame cético mais implacável de todas as ideias, antigas e novas. É assim que verdades profundas são separadas de disparates profundos.”

(Carl Sagan)



## **Aspectos ecológicos e taxonômicos da fauna ectoparasitária de *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Sciaenidae) no rio Tapajós, Bacia Amazônica, Brasil**

### **RESUMO**

A corvina de água doce ou pescada branca, *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Sciaenidae) se distribui pela bacia Amazônica e que como hospedeira, consiste em um modelo para o estudo de seus parasitas. Analisou-se os aspectos ecológicos da fauna ectoparasitária de *P. squamosissimus*, tais como a distribuição e as interações e entre as espécies, por meio das brânquias de vinte espécimes coletados no rio Tapajós, região de Santarém-PA. Considerou-se a distribuição de parasitas entre os espécimes de hospedeiros e também, a partir dos microhabitats que os ectoparasitas ocupavam nesses espécimes. Foram encontradas dezoito espécies de ectoparasitas, dentre os quais catorze monogenéticos e quatro copépodes. Em relação a abundância das espécies, os monogenéticos destacaram-se como grupo dominante e, dentre estas espécies, *Euryhaliotrema thatcheri* apresentou-se como a mais abundante em todos os hospedeiros analisados. Houve correlação da abundância e da prevalência de algumas espécies de parasitas com o comprimento total e o fator de condição dos hospedeiros. Cada espécie de parasita apresentou padrão de distribuição agregado. A comunidade de ectoparasitas de *P. squamosissimus* foi considerada interativa. Em relação à distribuição das espécies nas brânquias, houve diferença significativa na composição entre os arcos, segmentos e regiões. Sugere-se que esta distribuição se relaciona com fatores referentes ao microhabitat, como o fluxo de água e a área disponível para fixação dos parasitas, bem como as estruturas de fixação de cada espécie e também interações como associações positivas e competição. Durante a investigação do material, os espécimes encontrados diferiram das espécies previamente descritas, de modo que realizou-se a proposta de três novas espécies de monogenéticos pertencentes aos gêneros *Aetheolabes*, *Anakohnia* e *Euryhaliotrema* a partir de suas características morfológicas.

**Palavras-chave:** Fauna parasitária. Monogenea. Copepoda. Ecologia. Brânquias.

## **Ecological and taxonomic aspects of *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Sciaenidae) ectoparasites in the rio Tapajós, Amazon Basin, Brazil**

### ***ABSTRACT***

*Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Sciaenidae), known as “corvina” is a native species of Amazon basin and it is a model for studying their parasites. Intending to analyze ectoparasites ecological aspects, such as distribution and interactions, gills of twenty specimens were analyzed, from rio Tapajós, in the region of Santarém-PA, Brazil. Ecological analyzes considered distribution of parasites between host specimens and also microhabitats occupied by ectoparasites. Eighteen ectoparasites species were founded, fourteen monogenetic and four copepods. Considering species abundance, monogenetic were the dominant group and *Euryhaliotrema thatcheri* was the most abundant in all analyzed hosts. There was a significant correlation between some parasite species abundance and prevalence with total length and host condition factor. Each species of parasite presented an aggregate distribution pattern. The community of *P. squamosissimus* ectoparasites were interactive. Considering the distribution of the species in the gills, there was a significant difference in the composition between arches, segments and regions. It is suggested that this distribution is related to factors related to microhabitat, such as water flow and area available for fixation of parasites, as well as the structures of fixation of each species and interactions such as positive associations and competition. During the investigation of the material, specimens that differed from the species already described were founded, so three new monogenetic species were proposed, belonging to the genus *Aetheolabes*, *Anakohnia* and *Euryhaliotrema*, based on their morphological characteristics.

**Keywords:** Fish parasites. Monogenea. Copepoda. Ecology. Gills.

Tese elaborada e formatada conforme as normas das publicações científicas:  
*Acta Amazonica* (<http://goo.gl/4HeutP>),  
*Parasitology* (<http://goo.gl/tFDzfa>) e *Zootaxa* (<https://goo.gl/rDQV8V>).

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	14
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	15
<b>2</b>	<b>ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE ECTOPARASITAS METAZOÁRIOS DE <i>Plagioscion squamosissimus</i> (SCIANIDAE) NO RIO TAPAJÓS, REGIÃO DE SANTARÉM-PA.</b> .....	16
	<b>RESUMO</b> .....	16
	<b>ABSTRACT</b> .....	17
2.1	INTRODUÇÃO .....	18
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	19
2.2.1	Caracterização do local e coleta de hospedeiros .....	19
2.2.2	Análises ecológicas e estatísticas .....	21
2.3	RESULTADOS .....	23
2.3.1	Infracomunidades parasitárias .....	28
2.4	DISCUSSÃO .....	30
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	36
	APÊNDICE A - Matriz de coocorrência (diagonal inferior) e índice de afinidade de Fager (I <sub>AB</sub> ) para associações interespecíficas entre os pares de espécies de ectoparasitas branquiais encontrados em 20 espécimes de <i>Plagioscion squamosissimus</i> .....	41
<b>3</b>	<b>DISTRIBUIÇÃO E COEXISTÊNCIA DE PARASITAS METAZOÁRIOS (MONOGENEA E COPEPODA) EM BRÂNQUIAS DE <i>PLAGIOSCION SQUAMOSISSIMUS</i> (SCIAENIDAE) DA BACIA AMAZÔNICA.</b> .....	42
	<b>RESUMO</b> .....	42
	<b>ABSTRACT</b> .....	43
3.1	INTRODUÇÃO .....	44
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	45
3.2.1	Coleta dos hospedeiros e preparação dos parasitas .....	45
3.2.2	Distribuição espacial dos parasitas nas brânquias .....	45
3.2.3	Análises ecológicas e estatísticas .....	46
3.3	RESULTADOS .....	47
3.4	DISCUSSÃO .....	58
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	64
	APÊNDICE B - Teste não paramétrico de variância Kruskal-Wallis (KW-H) para	

comparar a abundância de cada espécie de ectoparasita nos lados direito e esquerdo do aparato branquial de 20 espécimes de *Plagioscion squamosissimus* da bacia Amazônica (p= nível de significância) . . . . . 67

<b>4</b>	<b>TRÊS NOVAS ESPÉCIES DE MONOGENEA (PLATYHELMINTHES) PARASITAS BRANQUIAIS DE <i>PLAGIOSCION SQUAMOSISSIMUS</i> (SCIAENIDAE) DA BACIA AMAZÔNICA . . . . .</b>	<b>68</b>
	<b>RESUMO . . . . .</b>	<b>68</b>
	<b>ABSTRACT . . . . .</b>	<b>68</b>
4.1	INTRODUÇÃO . . . . .	69
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS . . . . .	69
4.3	RESULTADOS . . . . .	70
4.3.1	<i>Euryhaliotrema</i> sp. n. . . . .	70
4.3.2	<i>Aetheolabes</i> sp. n. . . . .	74
4.3.3	<i>Anakohnia</i> sp. n. . . . .	77
4.3.4	Identificação para Monogenea de <i>Plagioscion squamosissimus</i> . . . . .	80
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>82</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A bacia Amazônica é formada por rios, córregos e demais mananciais que desaguam no rio Amazonas, abrangendo os estados brasileiros do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Mato Grosso e Amapá, além de vários países da América do Sul (REIS et al., 2003). A região amazônica abriga a maior e mais diversa ictiofauna do planeta, com mais de 2700 espécies formalmente descritas (REIS et al., 2016), com representantes de praticamente todas as ordens taxonômicas de água doce.

A realização de estudos sobre a parasitofauna de peixes em ambientes naturais permite a obtenção de conhecimentos das patologias que acometem os organismos aquáticos e de aspectos relativos ao *habitat* e a biologia de seus hospedeiros (TAKEMOTO et al., 1996). Isso porque os parasitas ocupam dois tipos de ecossistemas distintas: o corpo do hospedeiro (ambiente biótico) e a área geográfica (ambiente abiótico) na qual a população hospedeira se encontra (BROWN et al., 2005). Desse modo, cada espécime de hospedeiro representa um *habitat* fragmentado, no qual se encontram comunidades parasitárias hierarquicamente estruturadas (GUEGAN et al., 2005).

*Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Sciaenidae) conhecida popularmente como corvina, pescada-branca ou corvina prata, é uma espécie nativa da bacia Amazônica (COOKE et al., 2012). Devido a seu valor comercial, essa espécie é alvo de diversos estudos, inclusive a respeito de sua fauna parasitária. Entretanto, tais abordagens muitas vezes não incluem a interação entre os parasitas ou ainda não consideram a heterogeneidade de *habitats* dentro do corpo do hospedeiro.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo analisar a fauna de ectoparasitas branquiais de *P. squamosissimus* de duas maneiras: (i) considerando os espécimes de hospedeiros como fragmentos de *habitats* para os parasitas e (ii) sob a perspectiva da heterogeneidade de microhabitats na brânquia, segmentando-a em arcos, segmentos (cortes transversais) e regiões (proximal e distal). Além das análises ecológicas propostas, três novas espécies de Monogenea são propostas, pertencentes aos gêneros *Euryhaliotrema*, *Aetheolabes* e *Anakohnia*.

## REFERÊNCIAS

BROWN, S. P., ANDRÉ, J. B., FERDY, J. B. AND GODELLE, B. Subverting hosts and diverting ecosystems: an evolutionary modelling perspective. In: **Parasitism and Ecosystems** (eds. Thomas F., Renaud F. & Guegan J.-F.). Oxford University Press, Oxford, UK, 2005, p. 140-155.

COOKE, G. M., CHAO, N. L.; BEHEREGARAY, L. B. Marine incursions, cryptic species and ecological diversification in Amazonia: the biogeographic history of the croaker genus *Plagioscion* (Sciaenidae). **Journal of Biogeography**, 2012: 39, 724-738.

GUÉGAN, J. F., MORAND, S.; POULIN, R. Are there general laws in parasite community ecology? The emergence of spatial parasitology and epidemiology. In **Parasitism and Ecosystems** (eds. Thomas, F., Renaud, F. and Guegan, J. F.). Oxford University Press, Oxford, UK, 2005, p. 22-42.

REIS, R. E., KULLANDER, S. O.; FERRARIS Jr, C. J. (Eds): **Checklist of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: Edipucrs, 2003.

REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DI DARIO, F.; MINACARONE, M. M.; PETRY, P.; ROCHA, L. A. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of fish biology**, v. 89, n.1, p. 12-47, 2016.

TAKEMOTO, Ricardo M.; AMATO, J. F.; LUQUE, J. L. Comparative analysis of the metazoan parasite communities of leatherjackets, *Oligoplites palometa*, *O. saurus*, and *O. saliens* (Osteichthyes: Carangidae) from Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 56, n. 4, p. 639-650, 1996.

## 2 ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE ECTOPARASITAS METAZOÁRIOS DE *PLAGIOSCION SQUAMOSISSIMUS* (SCIANIDAE) NO RIO TAPAJÓS, REGIÃO DE SANTARÉM-PA

### Resumo

*Plagioscion squamosissimus* (Sciaenidae) é uma espécie dulcícola nativa da bacia Amazônica, conhecida popularmente como corvina. Foram analisadas a estrutura das infracomunidades e a comunidade componente de ectoparasitas branquiais de vinte espécimes de *P. squamosissimus*, coletados em janeiro de 2016, no Rio Tapajós, região de Santarém-PA. No total, 6101 ectoparasitas foram identificados, pertencentes a 14 espécies de Monogenea (gêneros *Euryhaliotrema*, *Diplectanum*, *Anakohnia* e *Aetheolabes*) e quatro espécies de Copepoda (gêneros *Miracetyma*, *Vaigamus* e *Therodamas*). A riqueza parasitária variou entre 12 e 13 espécies; os monogenéticos constituíram o grupo dominante, sendo *Euryhaliotrema thatcheri* a espécie dominante na maioria das infracomunidades analisadas. O padrão de distribuição das espécies encontradas foi agregado. Apenas a abundância de *E. thatcheri* apresentou correlação positiva significativa com o fator de condição relativo (Kn) dos hospedeiros, enquanto que a abundância de *E. chaoi*, *Diplectanum piscinarius*, *D. decorum*, *D. gymnopus* e *Therodamas elongatus* apresentaram correlação positiva e significativa com o comprimento total dos hospedeiros. A prevalência parasitária de *Anakohnia* sp. e *T. elongatus* apresentaram correlação positiva e significativa com o comprimento total dos hospedeiros. Apesar de não haver diferenças significativas no comprimento e no peso de hospedeiros machos e fêmeas, as abundâncias de *E. lovejoyi*, *D. piscinarius* e *Anakohnia* sp. foram maiores nos hospedeiros fêmea, o que também ocorreu com a prevalência de *Anakohnia* sp. e *Miracetyma* sp. Não houve correlação significativa entre a variação da diversidade e o comprimento total dos hospedeiros; também não houveram diferenças significativas na variação da diversidade de hospedeiros machos e fêmeas. Devido aos padrões de dominância encontrados, bem como os pares de espécies que apresentaram altos índices de co-ocorrência, a comunidade de ectoparasitas de *P. squamosissimus* foi considerada interativa, em que há espécies centrais e evidências de relacionamentos interespecíficos.

**Palavras-chave:** Corvina; Parasitas; Amazônia; Ecologia; Monogenea; Copepoda.



## **Abstract**

*Plagioscion squamosissimus* (Sciaenidae) is a freshwater species from the Amazon basin, known as “corvina” or “pescada”. Twenty *P. squamosissimus* specimens were collected in January 2016, from Tapajós River, near Santarém-PA. Infracommunities structure and component community of gill ectoparasites were analyzed. In total, 6101 ectoparasites were founded, belonging to 14 species of Monogenea (genera: *Euryhaliotrema*, *Diplectanum*, *Anakohnia* and *Aetheolabes*) and four species of Copepoda (genera: *Miracetyma*, *Vaigamus* and *Therodamas*). Parasite richness varied between 12 and 13 species; monogenetic was the dominant group and *Euryhaliotrema thatcheri* was the dominant species in the majority of analyzed infracommunities. They presented an aggregated distribution pattern. *E. chaoi*, *Diplectanum piscinarius*, *D. decorum*, *D. gymnopus* and *Therodamas elongatus* abundance showed a significant positive correlation with host total length. *Anakohnia* sp. and *T. elongatus* prevalence showed positive and significant correlation with host total length. Although. There were no significant differences between length and weight of male and female hosts, *E. lovejoyi*, *D. piscinarius* and *Anakohnia* sp. presented higher abundances in female hosts, which also occurred with the prevalence of *Anakohnia* sp. and *Miracetyma* sp. There was no significant correlation between diversity variation and total host length; there were also no significant differences in diversity variation of male and female hosts. Due to the dominance patterns found, as well as pairs of species that had high co-occurrence rates, the community of *P. squamosissimus* ectoparasites was considered interactive, in which there are central species and evidences of interspecific relationships.

**Keywords:** Freshwater parasites; Parasites; Amazonian; Ecology; Monogenea; Copepoda.

## 2.1 INTRODUÇÃO

Apesar de ser um dos modos de vida mais comuns entre os seres vivos, o parasitismo raramente é considerado em estudos de biodiversidade nos ambientes naturais (Chambouvet *et al.* 2015). Por isso, compreender padrões de distribuição parasitária consiste em um dos principais objetivos da parasitologia de peixes (Lacerda *et al.* 2013).

As relações entre parasitas e hospedeiros representam um modelo para análises ecológicas, pois os parasitas ocupam duas classes de ecossistemas: o corpo do hospedeiro (ambiente biótico) e a área geográfica (ambiente abiótico) na qual a população hospedeira se encontra (Brown *et al.* 2005). Desse modo, cada espécime de hospedeiro representa um *habitat* fragmentado, no qual se encontram comunidades parasitárias hierarquicamente estruturadas (Guegan *et al.* 2005). Em peixes encontram-se os maiores níveis de parasitismo dentre os vertebrados, pois a transmissão e a dispersão de parasitas são facilitadas pelo ambiente aquático (Eiras *et al.* 2010).

As comunidades de parasitas apresentam estrutura naturalmente hierarquizada; os parasitas de um hospedeiro individual (infracomunidade) constituem uma amostra dos parasitas que podem infectar a espécie hospedeira e estão presentes no ambiente (comunidade componente) (Stock e Holmes 1988). Entretanto, a composição de uma comunidade parasitária depende de fatores relacionados tanto ao ambiente (qualidade da água, temperatura, sazonalidade), ao hospedeiro (*habitat*, alimentação, fisiologia, idade e sexo) e também ao parasita (disponibilidade de estágios infectantes, resistência à imunidade do hospedeiro e mortalidade natural dos parasitas) (Pavanelli *et al.* 2013). Em ectoparasitas de populações naturais de peixes, a riqueza e a diversidade parasitária são influenciadas principalmente pela relação da comunidade parasitária com o estágio de vida do hospedeiro e fatores ambientais físicos e químicos (Gonçalves *et al.* 2018).

*Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Sciaenidae) é uma espécie nativa da bacia Amazônica (Cooke *et al.* 2012), conhecida popularmente como corvina, pescada-branca ou corvina prata. Embora considerada piscívora (Hahn *et al.* 1997; Stefani e Rocha 2009), há também relato do consumo de insetos aquáticos, plantas e crustáceos (Goulding e Ferreira 1984). Em relação aos ectoparasitas, até o momento *P. squamosissimus* apresenta registro de dez espécies de monogenéticos, de dois gêneros distintos: *Diplectanum* e *Euryhaliotrema* (Thatcher 2006; Cohen *et al.* 2013) e duas espécies de Copepoda, do gênero *Therodamas* (Luque e Tavares 2007).

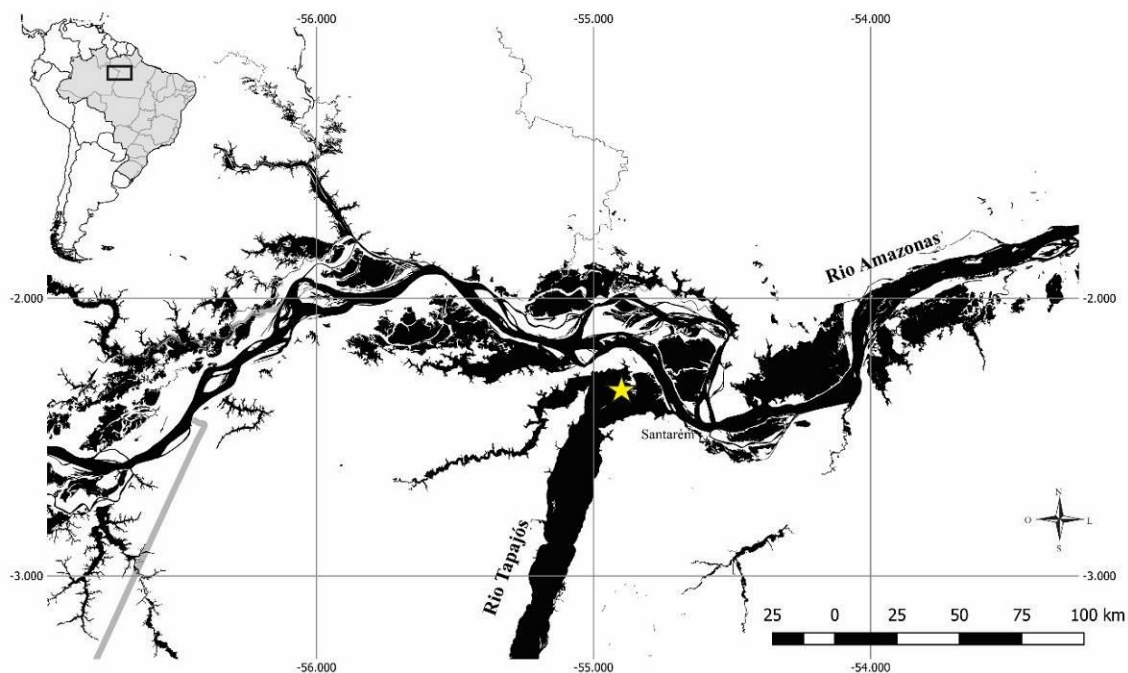
Nesse contexto, é apresentada a análise ecológica da comunidade parasitária de *P. squamosissimus*, com o intuito de avaliar a dinâmica das infrapopulações parasitárias e das comunidades componentes, examinando seus relacionamentos com fatores bióticos, tais como o comprimento total e o sexo dos hospedeiros, além de seus relacionamentos interespecíficos e a diversidade das respectivas infracomunidades parasitárias.

## **2.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.2.1 Caracterização do local e coleta de hospedeiros**

O rio Tapajós pertence à Região Hidrográfica Amazônica e é formado pela confluência dos rios Teles Pires e Juruena, em Barra de São Manuel na fronteira entre Pará e Mato Grosso. O curso fluvial do Tapajós estende-se por aproximadamente 800 km até verter no rio Amazonas. A bacia do rio Tapajós ocupa uma área total de 492.263 km<sup>2</sup> e distribui-se por quatro estados brasileiros: Mato Grosso, Pará, Rondônia e Amazonas. Até o momento foram realizados os registros de 494 espécies de peixes no rio Tapajós (Brasil 2006).

As coletas dos espécimes de *Plagioscion squamosissimus* foram realizadas no rio Tapajós (02° 19' 57,4" S – 54° 53' 45,3"O), na região de Santarém-PA (**Figura 1**) em janeiro de 2016, em parceria com a Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), autorizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA/SISBIO n° 44268-5).



**Figura 1.** Trecho da região hidrográfica amazônica que compreende o rio Tapajós e o rio Amazonas, indicando o local em que a coleta dos hospedeiros *Plagioscion squamosissimus* foi realizada.

Yamada e Takemoto (2017) constataram que espécies de hospedeiros piscívoros fornecem informações significativas com um esforço amostral menor do que para os demais grupos alimentares. Desta forma, o número amostral de 20 espécimes, foi adotado como suficiente para caracterizar a comunidade parasitária de *P. squamosissimus* em questão.

As técnicas de coleta, eutanásia e necropsia empregadas foram realizadas conforme as orientações do AVMA (2013) e com aprovação do comitê de ética da UNIFESP (CEUA nº 92090802140), conforme a lei federal nº 11794/2008. Os hospedeiros coletados por meio de pesca com vara, foram pesados (g), medidos (cm) e tiveram suas brânquias removidas para investigação parasitológica.

As brânquias extraídas foram colocadas em formalina 1: 4.000. Posteriormente, foi adicionada formalina comercial até obter a concentração aproximada de 5% para a fixação das brânquias e dos parasitas (Eiras *et al.* 2006).

Após a análise sob microscópio estereoscópico e remoção dos parasitas, os espécimes de monogenéticos e copépodes foram montados em meio Hoyer para visualização das estruturas esclerotizadas e, no caso dos copépodes, para identificação taxonômica por meio da observação de patas e antenas (Eiras *et al.* 2006, adaptado).

### 2.2.2 Análises ecológicas e estatísticas

A abordagem ecológica da comunidade parasitária de *Plagioscion squamosissimus* foi feita a partir de seus componentes e de cada infracomunidade (Esch *et al.* 1990). Os componentes das comunidades foram classificados em espécies centrais, quando ocorrem em mais de 66,6% dos hospedeiros, espécies secundárias se estão presentes entre 33,3% até 66,6% ou são consideradas satélites quando ocorrem em até 33,3% dos hospedeiros (Bush e Holmes 1986).

A prevalência, a intensidade e a abundância de cada componente das comunidades parasitárias foram calculados de acordo com Bush *et al.* (1997). O índice de Simpson (D) foi calculado com objetivo de determinar a concentração para dominância na comunidade parasitária. Assume-se a concentração para dominância quando  $D \geq 0,25$  (Stone e Pence 1978).

A relação entre a variância e a média da intensidade parasitária (índice de dispersão) foi calculada para cada espécie de parasita para indicar o nível de agregação e o tipo de distribuição das infrapopulações parasitárias. Foi calculado também o teste estatístico d para avaliar a sua significância (Ludwig e Reynolds 1988). O índice de Green (Ludwig e Reynolds 1988) foi aplicado para determinar o grau de agregação dos parasitos.

A dominância de cada componente das infracomunidades parasitárias foi determinada mediante o cálculo da frequência de dominância (porcentagem de infracomunidades na qual a espécie de parasita é numericamente dominante, segundo a metodologia utilizada por Neves *et al.* 2013) e da dominância relativa (número de espécimes de uma espécie/número total de espécimes de todas as espécies de cada infracomunidade, conforme Rohde *et al.* 1995). Também foi determinada a frequência de dominância compartilhada (número de vezes em que duas ou mais espécies ocorreram em igual abundância em um indivíduo hospedeiro), seguindo a metodologia de Rohde *et al.* (1995).

O coeficiente de correlação por postos de Spearman ( $r_s$ ) foi usado para detectar possíveis correlações entre a abundância parasitária e o comprimento total do hospedeiro e a abundância parasitária e o fator de condição relativo (Kn), obtido conforme Le Cren (1951).

O coeficiente de correlação de Pearson  $r$  foi aplicado para detectar possíveis correlações existentes entre a prevalência parasitária e o comprimento do hospedeiro. Para este teste, os dados de prevalência foram previamente transformados angularmente

(Zar 1999). O teste t de Student foi usado para determinar a possível diferença entre o comprimento total médio entre os hospedeiros machos e fêmeas. Foram aplicados o teste U de Mann-Whitney para determinar o efeito do sexo dos peixes em relação à abundância parasitária de cada espécie de parasito e o teste exato de Fisher para determinar a influência do sexo do hospedeiro em relação à prevalência parasitária dos componentes das infracomunidades parasitárias (Zar 1999).

Nas infracomunidades, a diversidade parasitária foi determinada para cada hospedeiro pelo índice de Brillouin (H); adicionalmente, foi calculado o Índice de dominância de Berger-Parker (Zar 1999). O teste t de Student foi usado para comparar o comprimento total de hospedeiros machos e fêmeas.

Com base na riqueza de espécies geral e a encontrada em cada infracomunidade, foram calculadas as diversidades  $\alpha$  (dentro das infracomunidades),  $\beta$  (entre infracomunidades) e  $\gamma$  (diversidade total). Para avaliar a semelhança na estrutura entre as infracomunidades foi utilizado o índice de  $\beta$ -diversidade ( $D_{\beta}$ ), proposto por Diserud e Odegaard (2007), em que  $0 \leq D_{\beta} \leq 1$ , de modo que se  $D_{\beta} = 0$ , então a composição é a mesma em todas as infracomunidades e a diversidade  $\beta$  é baixa, ou se  $D_{\beta} = 1$ , então cada infracomunidade apresenta uma composição diferente e a diversidade  $\beta$  é alta.

Posteriormente, foram analisadas as possíveis variações da diversidade parasitária com relação ao comprimento total (coeficiente de correlação por postos rs de Spearman) e com o sexo dos hospedeiros (teste U de Mann-Whitney). Levando-se em consideração a possível dependência destas relações em função do sexo ou da ontogenia, a variação da diversidade parasitária com relação ao comprimento total e ao sexo dos hospedeiros foi analisada por meio de uma ANCOVA (Zar 1999). Também foi calculado para cada infracomunidade o respectivo índice de uniformidade baseado no índice de Brillouin (Zar 1999).

Possíveis associações interespecíficas entre pares ou grupos de espécies co-ocorrentes foram avaliadas com o índice de afinidade de Fager (Fager 1957), que avalia simultaneamente o caráter qualitativo e quantitativo desse tipo de relacionamento.

As análises foram realizadas nos Softwares Statistica (versão 7.1), BioEstat (versão LE), DiVes (versão 3.0), Gnumeric (versão 1.10.16) e Past (versão 3.20). Todos os valores que correspondem à média de alguma variável são acompanhados do respectivo desvio padrão. O nível de significância estatística adotado foi  $p < 0,05$ .

## 2.3 RESULTADOS

Ao todo, foram necropsiados 20 espécimes de *Plagioscion squamosissimus*, com  $23,9 \pm 6,1$  (13,5 - 37,5) cm de comprimento total e  $183 \pm 147,2$  (10–610) g. O comprimento total dos machos ( $21,4 \pm 7,7$  cm; n=8) e das fêmeas ( $25,5 \pm 4,3$  cm; n=12) não apresentou diferença significativa ( $t = -1,50$ ;  $p = 0,085$ ).

As brânquias de todos os hospedeiros analisados estavam parasitadas por no mínimo uma espécie de metazoário. No total, foram encontrados 6101 ectoparasitas branquiais: 5691 monogenéticos (identificados em 14 espécies) e 253 copépodes, pertencentes a 4 espécies; representando abundância média de  $305,05 \pm 169,2$  (65–656).

Os monogenéticos foram o táxon majoritário, com 95% do total de parasitas coletados, presentes em 20 (100%) hospedeiros, com abundância média de  $292,4 \pm 166,4$  (41–655). Os copépodes constituíram aproximadamente 5% do total de parasitas, presentes em 19 (95%) hospedeiros, com abundância média de  $12,6 \pm 20,8$  (1–88).

Considerando a prevalência parasitária, dez espécies de monogenéticos foram consideradas espécies centrais; duas espécies de monogenéticos e as quatro espécies de copépodes foram consideradas secundárias e duas espécies de monogenéticos foram consideradas satélites (**Tabela 1**). A comunidade parasitária apresentou concentração para dominância ( $C=0,253$ ), sendo *Euryhaliotrema thatcheri* a espécie dominante, o que representou 45,54% do total de parasitas encontrados.

**Tabela 1.** Valores de Prevalência (P%), Abundância Média (AM), Amplitude da Intensidade (AI); Intensidade Média (IM), Classificação das espécies segundo o grau de importância para a comunidade (Central (Ce) = espécie presente em mais de 66,66% do total de peixes examinados; Secundária (Se) = presente entre 33,33% e 66,6% da amostra; Satélite (Sa) = inferior a 33,33% da amostra) da fauna parasitária de brânquias de *Plagioscion squamosissimus* do Rio Tapajós, Pará, coletados em janeiro de 2016.

Parasitas	P (%)	AM	AI	IM	Classif.
<b>Monogenea</b>					
<i>Euryhaliotrema thatcheri</i>	100	138,9	9-291	138,9	Ce
<i>E. monacanthus</i>	100	40,3	7-104	40,3	Ce
<i>E. potamocetes</i>	100	33,3	1-178	33,3	Ce
<i>E. lovejoyi</i>	100	26,7	3-109	26,7	Ce
<i>E. chaoi</i>	85	6,3	1-34	7,4	Ce
<i>Euryhaliotrema</i> sp.	75	3,5	1-14	4,6	Ce
<i>E. succedaneus</i>	70	3,3	1-11	4,7	Ce
<i>Diplectanum piscinarius</i>	90	24,6	1-94	27,3	Ce
<i>D. decorum</i>	75	7,0	1-27	9,4	Ce
<i>D. gymnopus</i>	70	4,4	1-25	6,3	Ce

<i>D. hilum</i>	65	1,8	1-5	2,8	Se
<i>D. pescadae</i>	50	0,9	1-5	1,8	Se
<i>Anakohnia</i> sp.	25	0,9	1-7	3,6	Sa
<i>Aetheolabes</i> sp.	5	0,05	1	1	Sa
Copepoda					
<i>Miracetyma</i> sp.	60	6,3	1-39	10,5	Se
<i>Vaigamus</i> sp.	50	4,4	1-47	8,9	Se
<i>Therodamas elongatus</i>	45	1,0	1-6	2,2	Se
<i>T. tamarae</i>	35	0,9	1-10	2,5	Se

Dentre os componentes das infracomunidades, *Euryhaliotrema thatcheri* apresentou a maior frequência de dominância e o maior valor de dominância relativa (**Tabela 2**). Os componentes da comunidade parasitária de *Plagioscion squamosissimus* apresentaram padrão de distribuição tipicamente agregado, conforme demonstrado pelos Índices de dispersão e de Green (**Tabela 3**).

**Tabela 2.** Frequência de dominância e dominância relativa média dos componentes das infracomunidades de metazoários parasitas de brânquias de *Plagioscion squamosissimus* do Rio Tapajós, na região de Santarém-PA.

Espécie	Frequência de dominância	Frequência de dominância compartilhada	Dominância relativa média
Monogenea			
<i>E. thatcheri</i>	18	1	0,42 ± 0,15
<i>E. monacanthus</i>	0	2	0,13 ± 0,05
<i>E. potamocetes</i>	1	2	0,11 ± 0,08
<i>E. lovejoyi</i>	0	1	0,08 ± 0,04
<i>E. chaoi</i>	0	11	0,02 ± 0,02
<i>Euryhaliotrema</i> sp.	0	6	0,01 ± 0,01
<i>E. succedaneus</i>	0	5	0,01 ± 0,01
<i>Diplectanum piscinarius</i>	1	1	0,09 ± 0,13
<i>D. decorum</i>	0	3	0,01 ± 0,02
<i>D. gymnopus</i>	0	4	0,01 ± 0,02
<i>D. hilum</i>	0	7	0,007 ± 0,009
<i>D. pescadae</i>	0	6	0,002 ± 0,003
<i>Anakohnia</i> sp.	0	3	0,002 ± 0,008
Copepoda			
<i>Miracetyma</i> sp.	0	5	0,02 ± 0,06
<i>Vaigamus</i> sp.	0	4	0,01 ± 0,03
<i>Therodamas elongatus</i>	0	5	0,003 ± 0,005
<i>T. tamarae</i>	0	6	0,003 ± 0,005



**Tabela 3.** Índice de dispersão (ID), teste estatístico d (d\*); Índice de agregação de Green (IG) e padrão de distribuição das espécies de parasitas metazoários de brânquias de *Plagioscion squamosissimus* do Rio Tapajós, na região de Santarém-PA. Agr.: distribuição agregada; Rand.: distribuição randômica.

Parasitas	ID	d*	IG	Distribuição
<b>Monogenea</b>				
<i>E. thatcheri</i>	61,27	562,74	0,021	Agr.
<i>E. monacanthus</i>	16,53	153,15	0,019	Agr.
<i>E. potamocetes</i>	46,27	236,09	0,067	Agr.
<i>E. lovejoyi</i>	19,45	134,54	0,034	Agr.
<i>E. chaoi</i>	12,28	48,36	0,089	Agr.
<i>Euryhaliotrema</i> sp.	3,74	16,23	0,039	Agr.
<i>E. succedaneus</i>	3,24	14,24	0,034	Agr.
<i>Diplectanum piscinarius</i>	29,38	159,64	0,057	Agr.
Parasitas	ID	d	IG	Distribuição
<i>D. decorum</i>	12,34	51,41	0,081	Agr.
<i>D. gymnopus</i>	9,85	34,73	0,100	Agr.
<i>D. hilum</i>	2,00	5,79	0,027	Agr.
<i>D. pescadae</i>	1,85	<b>1,89</b>	0,050	Agr./Rand.**
<i>Anakohnia</i> sp.	5,83	8,04	0,284	Agr.
<b>Copepoda</b>				
<i>Miracetyma</i> sp.	18,79	61,00	0,142	Agr.
<i>Vaigamus</i> sp.	26,07	60,32	0,284	Agr.
<i>Therodamas elongatus</i>	2,42	3,50	0,074	Agr.
<i>T. tamarae</i>	5,60	7,75	0,270	Agr.

\*d>1,96= distribuição agregada; d<-1,96= distribuição uniforme; |d|<1,96= distribuição randômica.

\*\* Distribuição considerada agregada conforme ID e randômica de acordo com IG.

Apenas *Euryhaliotrema thatcheri* mostrou correlação positiva e significativa entre o fator de condição relativo dos hospedeiros e a abundância parasitária. Ao correlacionar o comprimento total dos hospedeiros com a abundância parasitária, houve correlação positiva e significativa para quatro espécies de monogenéticos (*Euryhaliotrema chaoi*, *Diplectanum piscinarius*, *D. decorum*, *D. gymnopus*) e também para uma espécie de copépode (*Therodamas elongatus*) (**Tabela 4**).

**Tabela 4.** Coeficiente de correlação por postos de Spearman (rs), correlacionando o Fator de Condição relativo (Kn) e o comprimento padrão (Cp) com a abundância de parasitismo para *Plagioscion squamosissimus* coletados na região do Rio Tapajós, AM, em janeiro de 2016 (p= nível de significância; em negrito valores de p<0,05).

Parasitas	Kn		Cp	
	rs	p	rs	p
<b>Monogenea</b>				
<i>Euryhaliotrema thatcheri</i>	0,588	<b>0,006</b>	0,288	0,217
<i>E. monacanthus</i>	0,312	0,179	0,239	0,308
<i>E. potamocetes</i>	0,469	0,644	0,248	0,291
<i>E. lovejoyi</i>	0,254	0,277	0,323	0,164
<i>E. chaoi</i>	0,329	0,156	0,511	<b>0,021</b>

<i>Euryhaliotrema</i> sp.	0,203	0,390	0,256	0,275
<i>E. succedaneus</i>	0,108	0,647	0,183	0,439
<i>Diplectanum piscinarius</i>	-0,023	0,922	0,553	<b>0,011</b>
<i>D. decorum</i>	0,201	0,393	0,540	<b>0,013</b>
<i>D. gymnopus</i>	-0,208	0,377	0,571	<b>0,008</b>
<i>D. hilum</i>	-0,282	0,226	-0,002	0,990
<i>D. pescadae</i>	0,440	0,052	0,123	0,602
<i>Anakohnia</i> sp.	0,042	0,858	0,383	0,094
<i>Aetheolabes</i> sp.	-0,039	0,867	0,159	0,502
Copepoda				
<i>Miracetyma</i> sp.	0,135	0,568	-0,050	0,831
<i>Vaigamus</i> sp.	0,403	0,077	-0,285	0,223
<i>Therodamas elongatus</i>	0,227	0,335	0,617	<b>0,003</b>
<i>T. tamarae</i>	-0,149	0,530	0,251	0,283

As espécies *Anakohnia* sp. (Monogenea) e *Therodamas elongatus* (Copepoda) apresentaram correlação positiva e significativa entre o comprimento total dos hospedeiros e a prevalência parasitária (**Tabela 5**).

**Tabela 5.** Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r), para avaliar o relacionamento entre a prevalência parasitária de cada espécie e o comprimento total (Ct) dos hospedeiros *Plagioscion squamosissimus*. (p= nível de significância em negrito valores de  $p < 0,05$ ).

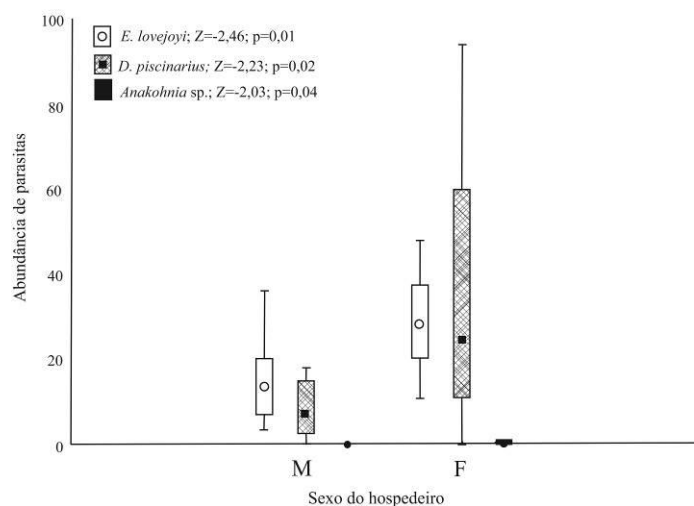
Parasitas	r	p
Monogenea		
<i>Euryhaliotrema</i> sp.	0,803	0,101
<i>E. succedaneus</i>	0,0007	0,999
<i>Diplectanum piscinarius</i>	0,853	0,065
<i>D. decorum</i>	0,752	0,142
<i>D. gymnopus</i>	0,773	0,125
<i>D. hilum</i>	-0,496	0,395
<i>D. pescadae</i>	0,534	0,353
<i>Anakohnia</i> sp.	0,989	<b>0,001</b>
<i>Aetheolabes</i> sp.	0,031	0,960
Copepoda		
<i>Miracetyma</i> sp.	0,387	0,518
<i>Vaigamus</i> sp.	-0,649	0,235
<i>Therodamas elongatus</i>	0,978	<b>0,003</b>
<i>T. tamarae</i>	0,819	0,089

*Euryhaliotrema lovejoyi*, *Diplectanum piscinarius* e *Anakohnia* sp. apresentaram abundâncias significativamente diferentes entre os hospedeiros machos e fêmeas (**Tabela 6**), sendo que as fêmeas eram mais parasitadas do que os machos (**Figura 2**). Quando foi testada a diferença na prevalência parasitária, os hospedeiros fêmea se

apresentaram significativamente mais parasitados por *Anakohnia* sp. e *Miracetyma* sp. do que os machos (**Tabela 6**).

**Tabela 6.** Valores do teste U de Mann-Whitney (Z), para avaliar a influência do sexo do hospedeiro na abundância parasitária de cada espécie; valores do teste exato de Fisher (F) para avaliar a influência do sexo do hospedeiro na prevalência de cada espécie de parasita (p= nível de significância em negrito valores de  $p < 0,05$ ).

Parasitas	Z	p	F	p
<b>Monogenea</b>				
<i>E. thatcheri</i>	-1,234	0,217	-	-
<i>E. monacanthus</i>	-1,543	0,122	-	-
<i>E. potamocetes</i>	0,462	0,643	-	-
<i>E. lovejoyi</i>	-2,468	<b>0,013</b>	-	-
<i>E. chaoi</i>	-0,617	0,537	0,993	0,332
<i>Euryhaliotrema</i> sp.	-1,234	0,217	1,058	0,317
<b>Parasitas</b>				
<i>E. succedaneus</i>	0,694	0,487	0,144	-
<i>Diplectanum piscinarius</i>	-2,237	<b>0,025</b>	0,083	0,775
<i>D. decorum</i>	-0,771	0,440	0,654	0,429
<i>D. gymnopeus</i>	-0,925	0,354	0,327	0,574
<i>D. hilum</i>	-1,735	0,082	2,945	0,103
<i>D. pescadae</i>	-0,810	0,417	0,782	0,388
<i>Anakohnia</i> sp.	-2,033	<b>0,042</b>	5,142	<b>0,035</b>
<b>Copepoda</b>				
<i>Miracetyma</i> sp.	1,234	0,217	4,786	<b>0,042</b>
<i>Vaigamus</i> sp.	-0,732	0,463	0,782	0,388
<i>Therodamas elongatus</i>	0,077	0,938	0,276	0,605
<i>T. tamarae</i>	-0,848	0,396	0,543	0,470



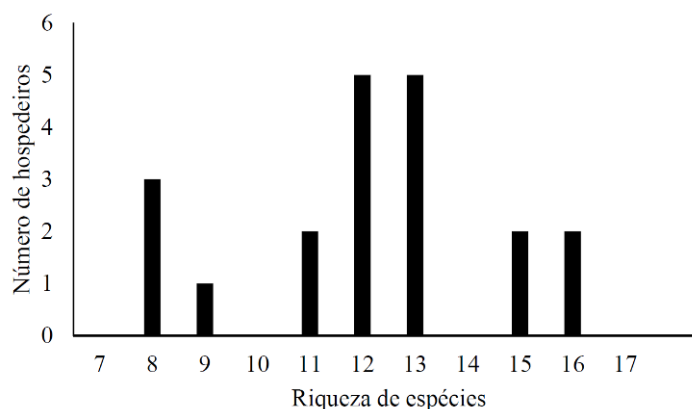
**Figura 2.** Média e desvio padrão da abundância de *Euryhaliotrema lovejoyi*, *Diplectanum piscinarius* e *Anakohnia* sp.\* entre hospedeiros machos e fêmeas. \**Anakohnia* sp. ocorreu apenas em hospedeiros fêmeas.

### 2.3.1 Infracomunidades parasitárias

A riqueza média de parasitas foi de 12,1 espécies por hospedeiro, sendo que a maior parte dos hospedeiros apresentaram 12 ou 13 espécies de ectoparasitas (**Figura 3**). Dentre as 20 infracomunidades analisadas, em 19 a espécie mais abundante e dominante foi *Euryhaliotrema thatcheri*. Os valores dos índices de diversidade convergiram (**Tabela 7**), o que indica que as infracomunidades são estruturalmente semelhantes.

Em relação à diversidade  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , dentro das infracomunidades a diversidade  $\alpha$  com base na riqueza de espécies variou entre 8 e 16 espécies; o total de espécies encontradas (diversidade  $\gamma$ ) foi de 18 espécies e a variabilidade entre as infracomunidades, mensurada por meio da diversidade  $\beta$  se mostrou elevada ( $D_{\text{beta}}=0,923$ ), indicando que a composição das infracomunidades apresenta ampla variação.

Não houve correlação significativa entre a variação da diversidade parasitária e comprimento total dos hospedeiros ( $r_s=0,2818$ ;  $p=0,228$ ). Também não houve diferença significativa entre a diversidade parasitária em hospedeiros machos e fêmeas ( $t=-0,115$ ;  $p=0,909$ ).



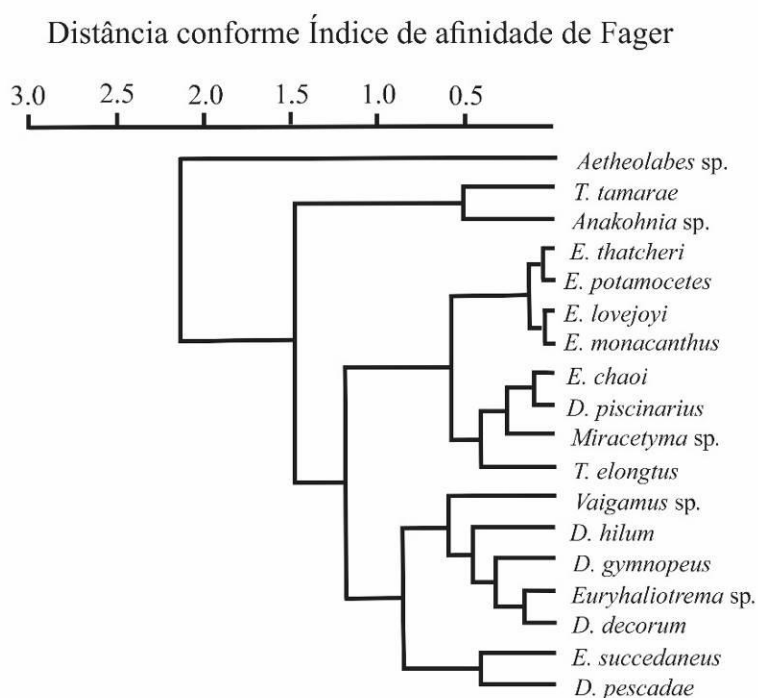
**Figura 3.** Distribuição da riqueza de espécies das infracomunidades de metazoários ectoparasitas de *Plagioscion squamosissimus* do rio Tapajós, na região de Santarém-PA.

**Tabela 7.** Índices médios de diversidade de parasitas em *Plagioscion squamosissimus* do Rio Tapajós, na região de Santarém-PA.

Índices	Valores médios $\pm$ desvio padrão	Amplitude
Riqueza de espécies	12,1 $\pm$ 2,44	8 – 16
Shannon (H')	1,64 $\pm$ 0,07	1,34 – 2,10
Brillouin (HB)	0,46 $\pm$ 0,08	0,35 – 0,55
Uniformidade (E)	0,66 $\pm$ 0,10	0,51 – 0,87
Berger-Parker (d)	0,45 $\pm$ 0,13	0,29 – 0,64

Os pares de espécies ectoparasitas que apresentaram maiores índices de afinidade (Fager 1957) parasitando as brânquias de *P. squamosissimus* foram: *Euryhaliotrema thatcheri*/ *E. potamocetes* ( $I_{AB}= 1$ ;  $t=6,23$ ); *E. thatcheri*/ *E. lovejoyi* ( $I_{AB}= 1$ ;  $t=6,23$ ); *E. thatcheri* x *E. monacanthus* ( $I_{AB}= 1$ ;  $t=6,23$ ); *E. potamocetes*/*E. lovejoyi* ( $I_{AB}= 1$ ;  $t=6,23$ ); *E. potamocetes*/ *E. monacanthus* ( $I_{AB}= 1$ ;  $t=6,23$ ); *E. lovejoy* / *E. monacanthus* ( $I_{AB}= 1$ ;  $t=6,23$ ). Essas quatro espécies de monogenéticos também foram as que se associaram em maior número de vezes com outras espécies (**Figura 4 e Apêndice A**).

*Euryhaliotrema chaoi*/*Diplectanum piscinarius* ( $I_{AB}= 0,914$ ;  $t=4,83$ ) e *Euryhaliotrema* sp./*Diplectanum decorum* ( $I_{AB}= 0,933$ ;  $t=4,65$ ) também apresentaram forte associação (**Figura 4 e Apêndice A**).



**Figura 4.** Dendrograma de análise de agrupamento hierárquico (método de Ward; coef. corr. fononético= 0,7846) para a intensidade das associações entre as espécies de ectoparasitas branquiais de *P. squamosissimus*, medida pelo Índice de Fager ( $I_{AB}$ ; Fager 1957).

## 2.4 DISCUSSÃO

As brânquias de *Plagioscion squamosissimus* coletados no rio Tapajós (região de Santarém-PA) estavam parasitadas por monogenéticos e copépodes, ambos parasitas de ciclo monoxênico, sendo que os monogenéticos foram o táxon majoritário em todas as infracomunidades analisadas. Os monogenéticos são ectoparasitas bastante comuns em peixes dulcícolas (Tavares-dias *et al.* 2017), encontrados em um amplo espectro de hospedeiros, porém sua riqueza é bastante variável (Thatcher 2006). Thatcher (2006) e Cohen *et al.* (2013) registraram dez espécies de monogenéticos (das quais oito foram registradas no Brasil) e duas de copépodes parasitando *Plagioscion squamosissimus*, o que difere do total de dezoito espécies (14 monogenéticos e 4 copépodes) encontradas nos espécimes aqui analisados.

A concentração para dominância encontrada foi significativa, o que é um indício de forte interação entre os componentes da comunidade parasitária. Nesse sentido, segundo Bush e Holmes (1986), as comunidades parasitárias são formadas por um núcleo de espécies dominantes, cercado por outras espécies interagindo para a instabilidade da frequência e abundância. Desse modo, ao classificar as espécies de parasitas entre centrais, secundárias e satélites, apenas as espécies centrais apresentam padrões de ocorrência (frequência e abundância) previsíveis, enquanto espécies satélites comportam-se de forma imprevisível (Bush e Holmes 1986). A dominância de *Euryhaliotrema thatcheri* e a alta prevalência de *E. potamocetes*, *E. lovejoyi* e *E. monacanthus*, consideradas espécies-irmãs (Kritsky e Boeger 2002) sugerem um padrão de segregação na distribuição das espécies de parasitas dentro das infracomunidades.

O padrão agregado de distribuição observado nos ectoparasitas branquiais de *P. squamosissimus* é característico das interações parasitárias (Paraguassú e Luque 2007; Tavares-Dias *et al.* 2013) e pode ser considerado resultado da estratégia reprodutiva de parasitas monoxênicos (Gonçalves *et al.* 2014). Na distribuição agregada, a maioria dos hospedeiros é parasitada por espécies que ocorrem em baixa intensidade ou não infectada, enquanto poucos hospedeiros apresentam a mesma espécie de parasita mas que ocorrem em elevada intensidade (Poulin 2007; Kennedy 2009).

A agregação na distribuição de parasitas se relaciona a diversos fatores: variações nos parâmetros físicos e químicos ambientais, variações espaciais, diferenças na susceptibilidade de cada hospedeiro à infecção (diferenças imunológicas, comportamentais e fatores genéticos) (Paraguassú e Luque 2007). Tal heterogeneidade

se reflete na dispersão dos parasitas, bem como nas taxas de mortalidade de parasitas e hospedeiros. Assim, os parâmetros populacionais, que controlam o tamanho da população de parasitas, são considerados variáveis aleatórias (Zuben 1997; Paraguassú e Luque 2007; Amarante *et al.* 2015, Amarante *et al.* 2016 a).

Os parasitas exercem efeito negativo sobre seus hospedeiros, o que se reflete na saúde, na eficiência da reprodução, no crescimento e na conversão alimentar (Pavanelli *et al.* 2013). Entretanto, os efeitos do parasitismo são difíceis de quantificar ou avaliar, especialmente para peixes em condições naturais (Yamada *et al.* 2008). Em peixes, o fator de condição relativo (Kn) é utilizado como uma medida ou um indicador quantitativo de bem-estar (Le Cren 1951; Vazzoler 1996) e pode ser aplicado como parâmetro para avaliar o estado de saúde do hospedeiro em relação aos níveis de parasitismo (Lizama *et al.* 2006).

De modo geral, nas relações parasita-hospedeiro, são esperadas correlações negativas entre fator de condição relativo (Kn) e abundância ou diversidade parasitárias (Lizama *et al.* 2007; Yamada *et al.* 2008; Gonçalves *et al.* 2014). Entretanto, a abundância de parasitismo não apresentou correlação significativa com o fator de condição na maioria das espécies que parasitavam os exemplares de *P. squamosissimus* analisados, com exceção de *Euryhaliotrema thatcheri*, que apresentou correlação significativa e positiva. A correlação significativa e positiva também foi encontrada por Lizama *et al.* (2006) em *Prochilodus lineatus* e Yamada *et al.* (2008) em ectoparasitas de ciclídeos no rio Paraná, bem como por Hoshino e Tavares-Dias (2014) em ecto e endoparasitas de *Metynnis lippincottianus* (Characiformes: Serrasalmidae), sugerindo que, para estas espécies, peixes maiores e com Kn melhor suportam níveis de parasitismo relativamente mais elevados.

Nos ectoparasitas de *Plagioscion squamosissimus* houve correlação significativa e positiva entre a abundância parasitária e o comprimento dos hospedeiros em três espécies de monogenéticos (*Euryhaliotrema chaoi*, *Diplectanum piscinarius*, *D. decorum* e *D. gymnopeus*) e em uma espécie de copépode (*Therodamas elongatus*), de modo que hospedeiros maiores estavam mais parasitados por essas espécies. *Anakohnia* sp. e *Therodamas elongatus* apresentaram correlação entre a prevalência parasitária e o comprimento dos hospedeiros. Casali e Takemoto (2016) também encontraram correlação positiva e significativa entre o comprimento do hospedeiro (*Serrasalmus marginatus*) e a abundância de endoparasitas na bacia do alto rio Paraná, o que indica

que tanto endo quanto ectoparasitas encontram maiores áreas a serem ocupadas quanto maior é o hospedeiro.

Hospedeiros maiores e mais velhos apresentam elevados níveis de parasitismo devido ao acúmulo mecânico de parasitas e também por apresentarem maior tempo de exposição às infestações (Pavanelli *et al.* 2013). Além disso, o amadurecimento provoca uma série de mudanças na biologia dos peixes, tais como aquisição de imunidade, alterações na dieta e migração (Abdallah *et al.* 2006; Yamada *et al.* 2008), o que pode se refletir em mudanças na fauna parasitária de um indivíduo ao longo de seu amadurecimento.

Nos ectoparasitas de ciclo monoxênico, a correlação com o tamanho dos hospedeiros pode ser influenciada pelo grau de especialização dos órgãos de fixação dos parasitas e pela disponibilidade das formas infectantes a determinadas faixas da população de hospedeiros (Luque e Chaves 1999). Além disso, ainda que o tamanho corporal dos hospedeiros e a abundância parasitária não consista em uma correlação universal, o tamanho do corpo do hospedeiro também pode explicar a variação interespecífica nas comunidades parasitárias (Gonçalves *et al.* 2018).

Apesar de não haver diferenças significativas entre o comprimento e o peso dos hospedeiros machos e fêmeas de *Plagioscion squamosissimus* analisados, as abundâncias de *Euryhaliotrema lovejoyi*, *Diplectanum piscinarius* e *Anakohnia* sp. divergiram significativamente em relação ao sexo dos hospedeiros, de modo que as fêmeas estavam mais parasitadas por essas espécies. A abundância e a prevalência parasitária podem diferir entre hospedeiros machos e fêmeas, devido às diferenças hormonais e de imunidade, ao tamanho corporal e também às atividades que hospedeiros de sexos distintos realizam ao longo de sua vida (Isaac *et al.* 2004; Pavanelli *et al.* 2013).

Além da abundância, as prevalências parasitárias de *Anakohnia* sp. e *Miracetyma* sp. também se mostraram significativamente maiores em hospedeiros fêmea. Diferenças significativas na abundância e na prevalência parasitária podem sugerir que relações ecológicas como *habitat* ou comportamento entre os hospedeiros machos e as fêmeas são diferentes (Abdallah *et al.* 2006). Entretanto, tais diferenças podem ser resultado de vários fatores e conclusões mais concretas são prejudicadas pela falta de estudos a respeito da biologia e do comportamento relacionados ao sexo dos hospedeiros (Luque *et al.* 1999).



Ao comparar a riqueza de espécies de monogenéticos e copépodes entre as espécies para as quais há registros na literatura, *Plagioscion squamosissimus* é a espécie de Sciaenidae que apresenta maior riqueza de ectoparasitas (Thatcher 2006; Cohen *et al.* 2013; Eiras *et al.* 2016). Dentre as 25 espécies de Sciaenidae que apresentam registros de monogenéticos na América do Sul, seis ocorrem em ecossistemas dulcícolas, sendo quatro delas presentes na bacia Amazônica (Cohen *et al.* 2013). Na bacia Amazônica, apenas duas espécies de Sciaenidae apresentam registros de copépodes (Thatcher 2006).

Segundo Poulin *et al.* (2008), o padrão característico de comunidades parasitárias consiste em poucas espécies que ocorrem em grande abundância e muitas que ocorrem em baixa, sendo que as espécies dominantes são aquelas com maiores abundâncias. Esse padrão foi o encontrado nos espécimes de *Plagioscion squamosissimus* aqui analisados, sendo que *Euryhaliotrema thatcheri* foi a espécie dominante na maioria das infracomunidades analisadas. Poulin e Justine (2008), Poulin *et al.* (2008) e Amarante *et al.* (2016 b) investigaram fatores bióticos e abióticos que pudessem influenciar a dominância de diferentes espécies de parasitas nas infracomunidades, porém as conclusões foram contingentes e, segundo Amarante *et al.* (2016 b), ainda não é possível definir a existência de fatores que, de fato, influenciam a dominância parasitária. Ainda assim, de acordo com Magurran (2013), a abundância de uma espécie, ao menos parcialmente, reflete seu sucesso em competir por recursos limitados, sendo assim, *E. thatcheri*, dentre as espécies analisadas, foi a que apresentou, sob essa perspectiva, maior sucesso competitivo.

A dominância de *Euryhaliotrema thatcheri* em relação às demais espécies de ectoparasitas se refletiu também nos índices de diversidade. O índice de Shannon ( $H'$ ) e o índice de Brillouin (HB) mostram o quanto uma comunidade é homogênea, ou seja, quando a abundância é similar para todas as espécies de parasitas, então os valores de  $H'$  e HB são máximos. Esses dois índices apresentaram valores relativamente baixos, considerando que o índice de Shannon geralmente varia entre 1,5 e 3,5 e que raramente excede 5, enquanto que Brillouin raramente excede 4,5 (Magurran 2013).

A uniformidade (E) e o índice de Berger-Parker (d), por sua vez, indicam a dominância de uma espécie em sua comunidade. Assim, quanto maior a dominância, menor a uniformidade e menor o valor do índice de Berger-Parker (Magurran 2013). Assumindo que na uniformidade  $0 \leq E \leq 1$ , sendo zero a uniformidade mínima e um a máxima, então o valor obtido ( $E=0,66 \pm 0,1$ ) pode ser considerado intermediário, indicando que a comunidade sofre influência de uma espécie dominante. O valor obtido

para o índice de Berger-Parker ( $d = 0,45 \pm 0,13$ ), por sua vez, reforça a influência da espécie dominante na diversidade da comunidade, pois quanto menor o índice, maior a dominância.

Em relação à estrutura das infracomunidades estudadas, o elevado valor de diversidade  $\beta$  encontrado ( $D_{\beta} = 0,923$ ) indica ampla variação na distribuição das espécies de parasitas nas respectivas infracomunidades. Assumindo que a diversidade  $\beta$  consiste na extensão com que as diversidades de duas ou mais unidades espaciais diferem entre si (Magurran 2013), então com uma elevada diversidade  $\beta$  é possível inferir que as infracomunidades apresentam espécies de parasitas majoritariamente diferentes entre si.

Não houve correlação significativa entre a diversidade e o comprimento dos hospedeiros, bem como não houve diferenças significativas na diversidade encontrada em hospedeiros machos e fêmeas. Tais resultados diferem do esperado, visto que o padrão mais observado em peixes de água doce é o relacionamento significativo da diversidade parasitária com o tamanho dos hospedeiros (Luque e Chaves 1999). O resultado obtido, entretanto, é um indicativo de que outros fatores (que não o sexo ou o comprimento do hospedeiro) exercem maior influência sobre a estrutura das infracomunidades. Dentre esses fatores, podem ser destacados, por exemplo, a idade e a dieta do hospedeiro, a composição química da água, a profundidade do *habitat*, as estações do ano e também fatores geográficos (Pavanelli *et al.* 2013).

A covariação significativa na abundância de determinadas espécies pode indicar a ocorrência de interferência positiva ou negativa entre as espécies de parasitas (Pavanelli *et al.* 2013). Nesse sentido, ao longo de um contínuo, as comunidades parasitárias podem ser estruturadas de maneira interativa (com espécies centrais e evidências de relacionamentos interespecíficos) ou isolacionista (ausência de espécies centrais e relacionamentos entre os componentes) (Stock e Holmes 1988; Luque e Chaves 1999; Tavares *et al.* 2001).

As evidências de interação se dão por meio da dominância de uma ou mais espécies (Luque e Chaves 1999), o que ocorre com *Euryhaliootrema thatcheri*, bem como pela co-ocorrência de espécies de parasitas nas infracomunidades, evidenciado com *E. thatcheri*, *E. potamocetes*, *E. lovejoyi* e *E. monacanthus*, todas congênicas e associadas positivamente umas com as outras.

Além dessas espécies *E. chaoi*/ *Diplectanum piscinarius* e *Euryhaliootrema* sp./ *D. decorum* apresentam alto e significativo índice de co-ocorrência. Desse modo, a

comunidade de ectoparasitas de *P. squamosissimus* apresenta caráter mais próximo ao interativo, o que, segundo Poulin (2006) evidencia que as características biológicas das espécies de parasitas podem potencialmente substituir as condições ambientais locais na dinâmica populacional dos parasitas.

Monogenéticos e copépodes branquiais se distribuem de maneira restrita no corpo de seus hospedeiros e, se tratando de *Plagioscion squamosissimus*, foi possível evidenciar uma grande diversidade parasitária por meio da riqueza e abundância de espécies de parasitas. Lopera et al. (2017) ressaltam o potencial invasor de *P. squamosissimus* e também de algumas de suas espécies de parasitas, como *Diplectanum piscinarius*, no rio Tietê, São Paulo. Assim, a identificação de aspectos ecológicos que influenciam na distribuição dos parasitas se torna uma ferramenta para os estudos acerca da biologia de invasão destas espécies.

## REFERÊNCIAS

- Abdallah, V. D.; Kozłowski, R. A.; Luque, J. L. 2006. Ecologia da comunidade de metazoários parasitos do tamboatá *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) (Siluriformes: Callichthyidae) do Rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 28: 413-419.
- Amarante, C. F.; Tassinari, W. S., Luque, J. L.; Pereira, M. J. S. 2015. Factors associated with parasite aggregation levels in fishes from Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* 24: 174-182.
- Amarante, C. F. D., Tassinari, W. D. S., Luque, J. L.; Pereira, M. J. S. 2016 a. Factors associated with parasite dominance in fishes from Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 25: 225-230.
- Amarante, C. F.; Tassinari, W. S., Luque, J. L.; Pereira, M. J. S. 2016 b. Parasite abundance and its determinants in fishes from Brazil: an eco-epidemiological approach. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* 25: 196-201.
- AVMA – American Veterinary Medical Association. AVMA. 2007. *Animal Welfare Principles*. ([http://www.avma.org/issues/policy/animal\\_welfare](http://www.avma.org/issues/policy/animal_welfare)) Acessado em 12/01/2019.
- Brasil, Ministério do Meio Ambiente (MMA) 2006. *Caderno da Região Hidrográfica Amazônica* / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. – Brasília: MMA. ([http://www.mma.gov.br/estruturas/161/\\_publicacao/161\\_publicacao03032011024915.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011024915.pdf)) Acessado em 13/01/2019.
- Brown, S. P., André, J. B., Ferdy, J. B.; Godelle, B. 2005. Subverting hosts and diverting ecosystems: an evolutionary modelling perspective. In: *Parasitism and Ecosystems* (eds. Thomas F., Renaud F. & Guegan J.-F.). Oxford University Press, Oxford, p. 140-155.
- Bush, A. O.; Holmes, J. C. 1986. Intestinal helminths of lesser scaup ducks: an interactive community. *Canadian Journal of Zoology* 64: 142-152.
- Bush, A. O.; Lafferty, K. D.; Lotz, J. M.; Shostak, A. W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *The Journal of parasitology* 83: 575-583.
- Casali, G. P.; Takemoto, R. M. 2016. Endoparasitic fauna of *Serrasalmus* spp. (Characidae: Serrasalminae) in a neotropical floodplain. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 38: 105-112.
- Chambouvet, A.; Richards, T.A.; Bass, D.; Neuhauser, S. 2015. Revealing microparasite diversity in aquatic environments using brute force molecular techniques and subtle microscopy. In: Morand, S.; Krasnov, B.R.; Littlewood, D. T. J. (Ed). *Parasite diversity and diversification: evolutionary ecology meets phylogenetics*. Cambridge University Press, Padstow Cornwall, p.93-116.

- Cohen, S. C.; Justo, M. C.; Kohn, A. 2013. *South American Monogenoidea parasites of fishes, amphibians and reptiles*. Rio de Janeiro, Oficina do Livro. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq),
- Cooke, G. M., Chao, N. L.; Beheregaray, L. B. 2012. Marine incursions, cryptic species and ecological diversification in Amazonia: the biogeographic history of the croaker genus *Plagioscion* (Sciaenidae). *Journal of Biogeography* 39: 724-738.
- Diserud, O. H.; Odegaard, F. 2007. A multiple-site similarity measure. *Biology Letters* 3: 20-22.
- Eiras, J. C.; Takemoto, R. M.; Pavanelli, G. C. 2006. *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. 2 ed. Maringá: EDUEM. 171 p.
- Eiras, J. C.; Takemoto, R. M.; Pavanelli, G. C. 2010. *Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil*. Maringá: Clichetec. 333p.
- Eiras, J. C.; Velloso, A. L.; Pereira Jr., J. 2016. *Parasitas de peixes marinhos da América do Sul*. Rio Grande: Editora da FURG. 442p.
- Esch, G. W.; Shostak, A. W.; Marcogliese, D. J.; Goater, T. M. 1990. Patterns and processes in helminth parasite communities, p. 1-19. In: Esch, G.; Bush, A. O.; Aho, J. (Eds.) *Parasite communities: patterns and processes*. New York: Chapman & Hall. 335p.
- Fager, E.W. 1957. Determination and analysis of recurrent groups. *Ecology* 38: 586-595.
- Gonçalves, R. A.; Oliveira, M. S. B.; Santos, E. F.; Tavares-Dias, M. 2014. Aspectos ecológicos da comunidade de parasitos em duas espécies de Loricariidae da bacia Igarapé Fortaleza, estado do Amapá, Brasil. *Biota Amazônia* 4: 15-21.
- Gonçalves, B. B.; Oliveira, M. S. B.; Borges, W. F.; Santos, G. G.; Tavares-Dias, M. 2018. Diversity of metazoan parasites in *Colossoma macropomum* (Serrasalminae) from the lower Jari River, a tributary of the Amazonas River in Brazil. *Acta Amazonica* 48: 211-216, 2018.
- Goulding, M.; Ferreira, E. J. G. 1984. Shrimp-eating fishes and a case of prey-switching in Amazon rivers. *Revista Brasileira de Zoologia* 2: 85-97.
- Guégan, J. F.; Morand, S.; Poulin, R. 2005. Are there general laws in parasite community ecology? The emergence of spatial parasitology and epidemiology. In: Thomas, F., Renaud, F. and Guegan, J. F. (Eds.) *Parasitism and Ecosystems*. Oxford University Press, Oxford, UK, p. 22-42.
- Hahn, N. S.; Agostinho, A. A.; Goitein, R. 1997. Feeding ecology of curvina *Plagioscion squamosissimus* (Hechel, 1840) (Osteichthyes, Perciformes) in the Itaipu reservoir and Porto Rico Floodplain. *Acta Limnologica Brasiliensia* 9: 11-22.

Hoshino, M. D. F. G.; Tavares-Dias, M. 2014. Ecology of parasites of *Metynniss lippincottianus* (Characiformes: Serrasalminidae) from the eastern Amazon region, Macapá, State of Amapá, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 36: 249-255.

Isaac, A.; Guidelli, G. M.; França, J. G.; Pavanelli, G. C. 2004. Composição e estrutura das infracomunidades endoparasitárias de *Gymnotus* spp.(Pisces: Gymnotidae) do rio Baía, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 26: 453-462.

Kennedy, C. R. 2009. The ecology of parasites of freshwater fishes: the search for patterns. *Parasitology*, 136: 1653-1662.

Kritsky, D. C.; Boeger, W. A. 2002. Neotropical Monogenoidea. 41: New and previously described species of Dactylogyridae (Platyhelminthes) from the gills of marine and freshwater perciform fishes (Teleostei) with proposal of a new genus and a hypothesis on phylogeny. *Zoosystema* 24: 7-40.

Lacerda, A. C. F.; Bellay, S.; Takemoto, R. M.; Pavanelli, G. C. 2013. Randomness of component communities of parasites of fish in a neotropical floodplain. *Pan American Journal of Aquatic Sciences* 8: 39-50.

Lapera, I. M.; Silva, A. C.; Canônico, B. M.; Perezin, G. F.; Tebaldi, J. H.; Pala, G.; Manrique, W. G.; Hoppe, E. G. L. 2017. Metazoan parasites of *Plagioscion squamosissimus*, an invasive species in the Tietê River, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology* 26: 143-151.

Le-Cren, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and conditions in the perch *Perca fluviatilis*. *Journal of Animal Ecology* 20: 201-211.

Lizama, M. A. P.; Takemoto, R. M.; Pavanelli, G. C. 2006. Parasitism influence on the hepato, splenosomatic and weight/length relation and relative condition factor of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Prochilodontidae) of the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* 15: 116-122.

Lizama, M. A. P.; Takemoto, R. M.; Ranzani-Paiva, M. J. T.; Silva, L. M. A.; Pavanelli, G. C. 2007. Relação parasito-hospedeiro em peixes de pisciculturas da região de Assis, Estado de São Paulo, Brasil. 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 29: 223-231.

Luque, J. L.; Chaves, N. D. 1999. Ecologia da comunidade de metazoários parasitos da anchova *Pomatomus saltator* (Linnaeus) (Osteichthyes, Pomatomidae) do litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista brasileira de Zoologia* 16: 711-723.

Luque, J. L.; TAVARES, L. E. R. 2007. Checklist of Copepoda associated with fishes from Brazil. *Zootaxa* 1579: 1-39.

Ludwig, J. A.; Reynolds, J. F. 1988. *Statistical ecology: A primer on methods and computing*. New York: John Wiley & Sons. 337p.

Magurran, A. E. 2013. *Medindo a diversidade biológica*. Curitiba: Editora UFPR. 261p.

Neves, L. R.; Pereira, F. B.; Tavares-Dias, M.; Luque, J. L. 2013. Seasonal influence on the parasite fauna of a wild population of *Astronotus ocellatus* (Perciformes: Cichlidae) from the Brazilian Amazon. *Journal of Parasitology* 99: 718-721.

Paraguassú, A. R.; Luque, J. L. 2007. Metazoários parasitos de seis espécies de peixes do Reservatório de Lajes, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* 16: 121-128.

Pavanelli, G. C.; Takemoto, R. M.; Eiras, J. C. 2013. *Parasitologia de Peixes de Água Doce do Brasil*. Maringá: EDUEM. 452p.

Poulin, R. 2006. Variation in infection parameters among populations within parasite species: Intrinsic properties versus local factors. *International Journal of Parasitology* 36: 877-855.

Poulin, R. 2007. The structure of parasite communities in fish hosts: ecology meets geography and climate. *Parasitologia* 49: 169-172.

Poulin, R., Justine, J. 2008. Linking species abundance distributions and body size in monogenean communities. *Parasitology Research* 103: 187-193.

Poulin, R.; Luque, J. L.; Guilhaumon, F.; Mouillot, D. 2008. Species abundance distributions and numerical dominance in gastrointestinal helminth communities of fish hosts. *Journal of helminthology* 82: 193-202.

Rohde, K.; Hayward, C.; Heap, M. 1995. Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. *International Journal for Parasitology* 25: 945-970.

Stefani, P. M.; Rocha, O. 2009. Diet composition of *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), a fish introduced into the Tietê River system. *Brazilian Journal of Biology* 69, 805-812.

Stock, T. M.; Holmes, J. C. 1988. Functional relationships and microhabitat distributions of enteric helminths of grebes (Podicipedidae): the evidence for interactive communities. *Journal of Parasitology* 74: 214-227.

Stone, J. E.; Pence, D. B. 1978. Ecology of helminth parasitism in the bobcat from West Texas. *Journal of Parasitology* 64: 295-302.

Tavares, L. E. R.; Luque, J. L.; Botelho Neto, S. L. 2001. Ecologia da comunidade de metazoários parasitos do olho-de-cão *Priacanthus arenatus* (Cuvier, 1829) (Osteichthyes, Priacanthidae) do litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências* 3: 45-59.

Tavares-Dias, M.; Neves, L. R.; Pinheiro, D. A.; Oliveira, M. S. B.; Marinho, R. G. B. 2013. Parasites in *Curimata cyprinoides* (Characiformes: Curimatidae) from eastern Amazon, Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 35: 595-601.

Tavares-Dias, M.; Gonçalves, R. A.; Oliveira, M. S. B.; Neves, L. R. 2017. Ecological aspects of the parasites in *Cichlasoma bimaculatum* (Cichlidae), ornamental fish from the Brazilian Amazon. *Acta Biológica Colombiana* 22: 175-180.

Thatcher, V. E. 2006. *Amazon Fish Parasites* (Second Edition). Sofia, Bulgaria: Pensoft Publishers. 508p.

Vazzoler, A. E. A. M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM. 169p.

Yamada, F. H.; Takemoto, R. M.; Pavanelli, G. C. 2008. Relação entre fator de condição relativo (Kn) e abundância de ectoparasitos de brânquias, em duas espécies de ciclídeos da bacia do rio Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 30: 213-217.

Yamada, F. H.; Takemoto, R. M. 2017. How does host ecology influence sampling effort in parasite diversity estimates? A case study using Neotropical freshwater fishes. *Acta Parasitologica* 62: 348-353.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall. 4 ed. 663p.

Zuben, C. J. V. 1997. Implicações da agregação espacial de parasitas para dinâmica populacional na interação hospedeiro-parasita. *Revista de Saúde Pública* 31: 523-530.



APÊNDICE A - Matriz de coocorrência (diagonal inferior) e índice de afinidade de Fager ( $I_{AB}$ ) para associações interespecíficas entre os pares de espécies de ectoparasitas branquiais encontrados em 20 espécimes de *Plagioscion squamosissimus*. Em negrito: afinidade real, para valores de  $t_{calculado} > 1,645$  ( $\alpha=0,05$ ) (FAGER, 1957; SERRA-FREIRE, 2002); - pares de espécies que não ocorrem juntas.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>1</b>	<i>E. thatcheri</i>		<b>0,857</b>	<b>0,918</b>	<b>0,823</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,857</b>	<b>0,787</b>	<b>0,666</b>	<b>0,823</b>	<b>0,947</b>	0,009	0,4	<b>0,75</b>	<b>0,666</b>	<b>0,62</b>	<b>0,518</b>
<b>2</b>	<i>Euryhaloitrema</i> sp.	15		<b>0,875</b>	<b>0,758</b>	<b>0,857</b>	<b>0,857</b>	<b>0,857</b>	<b>0,933</b>	<b>0,785</b>	<b>0,72</b>	<b>0,689</b>	<b>0,848</b>	0,125	0,5	<b>0,666</b>	0,64	0,583	0,454
<b>3</b>	<i>E. chaoi</i>	17	14		<b>0,838</b>	<b>0,918</b>	<b>0,918</b>	<b>0,918</b>	<b>0,875</b>	<b>0,8</b>	<b>0,74</b>	<b>0,774</b>	<b>0,914</b>	0,111	0,454	<b>0,758</b>	0,592	<b>0,692</b>	0,416
<b>4</b>	<i>E. succedaneus</i>	14	11	13		<b>0,823</b>	<b>0,823</b>	<b>0,823</b>	<b>0,827</b>	0,592	0,583	0,642	<b>0,75</b>	0,133	0,315	<b>0,538</b>	0,5	0,521	0,38
<b>5</b>	<i>E. potamocetes</i>	20	15	17	14		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,857</b>	<b>0,787</b>	<b>0,666</b>	<b>0,823</b>	<b>0,947</b>	0,009	0,4	0,75	<b>0,666</b>	<b>0,62</b>	<b>0,518</b>
<b>6</b>	<i>E. lovejoyi</i>	20	15	17	14	20		<b>1</b>	<b>0,857</b>	<b>0,787</b>	<b>0,666</b>	<b>0,823</b>	<b>0,947</b>	0,009	0,4	0,75	<b>0,666</b>	<b>0,62</b>	<b>0,518</b>
<b>7</b>	<i>E. monacanthus</i>	20	15	17	14	20	20		<b>0,857</b>	<b>0,787</b>	<b>0,666</b>	<b>0,823</b>	<b>0,947</b>	0,009	0,4	0,75	<b>0,666</b>	<b>0,62</b>	<b>0,518</b>
<b>8</b>	<i>D. decorum</i>	15	14	14	12	15	15	15		<b>0,714</b>	<b>0,72</b>	<b>0,758</b>	<b>0,848</b>	0,125	0,5	<b>0,666</b>	0,56	0,583	0,454
<b>9</b>	<i>D. hilum</i>	13	11	12	8	13	13	13	10		<b>0,695</b>	<b>0,666</b>	0,774	0	0,555	0,56	<b>0,695</b>	0,454	0,5
<b>10</b>	<i>D. pescadae</i>	10	9	10	7	10	10	10	9	8		<b>0,666</b>	<b>0,714</b>	0	0,4	0,636	0,6	0,631	0,235
<b>11</b>	<i>D. gymnopus</i>	14	10	12	9	14	14	14	11	9	8		<b>0,875</b>	0,133	0,526	0,615	0,608	0,5	0,571
<b>12</b>	<i>D. piscinarius</i>	18	14	16	12	18	18	18	14	12	10	14		0,105	0,434	<b>0,8</b>	0,571	<b>0,666</b>	0,48
<b>13</b>	<i>Aetheolabes</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	1		0	0	0	0	0
<b>14</b>	<i>Anakohnia</i>	5	5	5	3	5	5	5	5	5	3	5	5		-	0,352	0,4	0,571	0,666
<b>15</b>	<i>Miracetyma</i> sp.	12	9	11	7	12	12	12	9	7	7	8	12		-	3	0,454	<b>0,761</b>	0,421
<b>16</b>	<i>Vaigamus</i> sp.	10	8	8	6	10	10	10	7	8	6	6	8		-	3	5	0,421	0,352
<b>17</b>	<i>T. elongatus</i>	9	7	9	6	9	9	9	7	5	6	7	9		-	4	8	4	0,5
<b>18</b>	<i>T. tamarae</i>	7	5	5	4	7	7	7	5	5	2	6	6		-	4	4	3	4

### 3 DISTRIBUIÇÃO E COEXISTÊNCIA DE PARASITAS METAZOÁRIOS (MONOGENEA E COPEPODA) EM BRÂNQUIAS DE *PLAGIOSCION SQUAMOSISSIMUS* (SCIAENIDAE) DA BACIA AMAZÔNICA

#### RESUMO

As brânquias de peixes hospedam diversas espécies de parasitas, dentre as quais monogenéticos e copépodes. A diversidade encontrada nesses habitats é influenciada por fatores tanto intrínsecos às espécies de parasitas (órgãos de fixação, tamanho corporal) quanto ao microhabitat (fluxo corrente de água, área disponível para fixação) ou ao relacionamento interespecífico. Com objetivo de analisar a composição parasitária e a distribuição das espécies parasitas de *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), as brânquias de vinte indivíduos coletados na região de Santarém-PA foram analisadas. Os arcos branquiais foram numerados de 1 a 4, foram divididos em segmentos (de I a III) e separados em regiões (interna e externa). Ao todo, foram encontradas 18 espécies de parasitas (14 monogenéticos e 4 copépodes). Houve diferença significativa na composição das comunidades parasitárias entre os arcos, os segmentos e as regiões. *Euryhaliotrema lovejoyi* e *E. monacanthus* apresentaram preferência pelo segundo arco branquial, *Diplectanum pescadae* pelo terceiro. *Euryhaliotrema* sp., *E. lovejoyi* e *D. hilum* apresentaram preferência pelo segmento I, *D. pescadae*, *Anakohnia* sp. e *Miracetyma* sp. pelo segmento III. A maioria das espécies analisadas apresentou segregação quanto às regiões interna e externa, as quais podem estar relacionadas a fatores como os órgãos de fixação de cada espécie e também ao fluxo de água e a área de fixação disponível para os parasitas. A análise de pares de espécies indicou que os copépodes estavam mais agrupados do que os monogenéticos e que interações interespecíficas positivas são mais frequentes do que as negativas. Assim, a estrutura e a composição das comunidades ectoparasitárias nas brânquias de *P. squamosissimus* se relacionam, neste caso, a fatores intrínsecos às espécies de parasita, características do microhabitat e também o relacionamento entre as espécies.

**Palavras-chave:** parasitas de peixes; competição; microhabitat; poliparasitismo.

**ABSTRACT**

Monogenea and Copepoda are groups of fish gill parasites and their diversity in these habitats are influenced by factors as intrinsic to parasite species (fixation organs, body size) and microhabitat (current water flow, available area) or interspecific relationship. Intending to analyze the parasitic composition and distribution of *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), the gills of twenty fish specimens were collected in the region of Santarém-PA. The gill arches were numbered from 1 to 4, divided into segments (from I to III) and separated into regions (internal and external). Altogether, 18 species of parasites (14 monogenetic and 4 copepods) were found. There was a significant difference in the parasite communities composition between arches, segments and regions. *Euryhaliotrema lovejoyi* and *E. monacanthus* showed preference for the second branchial arch, *D. pescadae* prefers the third one. *Euryhaliotrema* sp., *E. lovejoyi* and *Diplectanum hilum* presented preference for segment I, *D. pescadae*, *Anakohnia* sp. and *Miracetyma* sp. by segment III. Most of the analyzed species showed segregation in the internal and external regions, which are due to factors such as: fixation organs, water flow and available area available for fixation. Pairs of species analysis indicated that the copepods are more grouped than the monogenetic and interspecific interactions positive are more frequent than the negative ones. Thus, the structure and composition of ectoparasitic communities in the gills of *P. squamosissimus* are related, in this case, to factors intrinsic of parasite species, microhabitat characteristics and the relationship between the species.

**Key-words:** Fish parasite; competition; microhabitat; poliparasitism.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Os peixes formam o grupo de vertebrados mais parasitado, o que pode ser observado pela riqueza e abundância de parasitas e de sítios de infecção no corpo desses hospedeiros (Eiras *et al.* 2010). Muitos parasitas são especializados ao nível de tecidos e órgãos em seus hospedeiros e as brânquias dos peixes, órgãos bastante funcionais, são habitadas por diferentes grupos de parasitas (Tombi *et al.* 2010; Zolovs *et al.* 2015). Os estudos sobre parasitologia de peixes permitem compreender a estrutura das comunidades parasitárias e o processo que envolve a sua manutenção (Adou *et al.* 2017).

Apesar de as brânquias de peixes representarem um *habitat* relativamente homogêneo, os parasitas podem apresentar preferências por determinadas áreas em sua distribuição (Zolovs *et al.* 2015). Isso porque as brânquias apresentam regiões com recursos diferentes para os parasitas, tais como variação no volume de água corrente ou diferenças na área disponível para a fixação e alimentação (Hermida *et al.* 2012).

Desse modo, cada fração branquial pode representar um microhabitat distinto, no qual se encontram comunidades parasitárias hierarquicamente estruturadas. A segregação de microhabitats, por sua vez, é um processo observado quando mais de uma espécie de parasita é encontrada no mesmo *habitat*, como as brânquias de um peixe (Oliva e Luque, 1998).

Popularmente denominada corvina de água doce, pescada-branca ou corvina prata, a espécie *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) é nativa da bacia amazônica e já foi alvo de diversos estudos sobre sua fauna de ectoparasitas branquiais (Kritsky e Thatcher, 1984; Thatcher, 1986; Amado e Rocha, 1996; Kritsky e Boeger, 2002). Dentre os parasitas já registrados em *P. squamosissimus*, estão dez espécies de Monogenea (*Diplectanum decorum*, *D. gymnopus*, *D. pescadae*, *D. piscinarius*, *Euryhaliotrema chaoi*, *E. lovejoyi*, *E. monacanthus*, *E. potamocetes*, *E. succedaneus* e *E. thatcheri*) (Cohen, Justo e Kohn, 2013) e duas espécies de Copepoda (*Therodamas elongatus* e *T. tamarae*) (Luque e Tavares, 2007).

Como *P. squamosissimus* tem as brânquias parasitadas por várias espécies diferentes, os objetivos do presente estudo foram comparar a composição da fauna ectoparasitária nos microhabitats, descrever a distribuição espacial das espécies,

investigar possíveis preferências por uma determinada área branquial e verificar possíveis associações positivas e negativas.

As hipóteses e as respectivas predições aqui investigadas são: (1) a composição da comunidade ectoparasitária de *P. squamosissimus* difere entre os arcos, os segmentos e as regiões das brânquias; espera-se que as espécies encontradas sejam diferentes em cada microhabitat, tanto em riqueza quanto em abundância; (2) as espécies de ectoparasitas apresentam distribuição espacial distinta, de modo que são esperadas preferências por microhabitats e associações interespecíficas que interfiram nessa distribuição.

## **3.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.2.1 Coleta dos hospedeiros e preparação dos parasitas**

As coletas dos espécimes de *Plagioscion squamosissimus* foram realizadas no rio Tapajós (02° 19' 57,4" S – 54° 53' 45,3" O), na região de Santarém-PA em janeiro de 2016, em parceria com a Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) e autorizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA/SISBIO nº 44268-5).

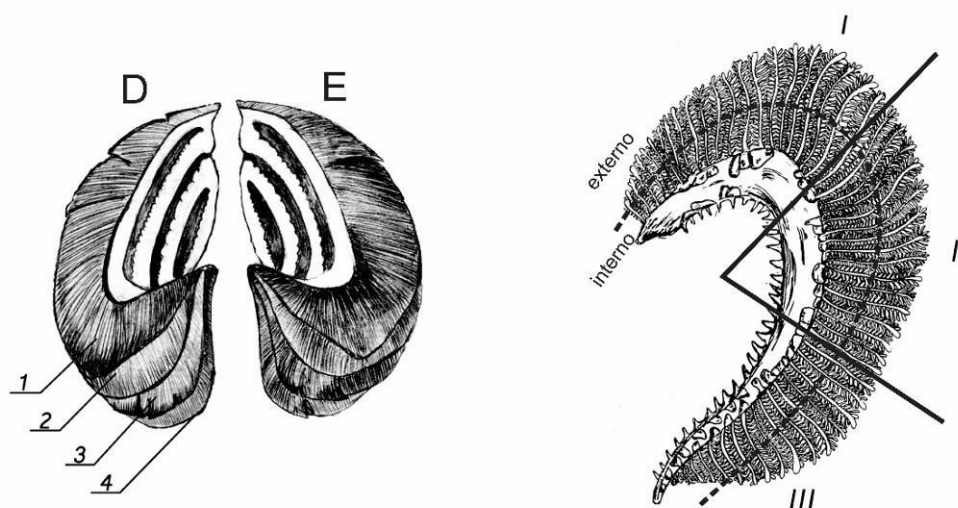
As técnicas de coleta, eutanásia e necropsia empregadas foram realizadas com aprovação do comitê de ética da UNIFESP (CEUA nº 92090802140), conforme a lei Federal nº 11794/2000. Os exemplares de *P. squamosissimus* foram coletados por meio de pesca com vara, eutanasiados com incisão na medula espinal (AMVA 2013) e as brânquias foram removidas para investigação parasitológica.

Após a análise sob microscópio estereoscópico e remoção dos parasitas, os espécimes de monogênicos foram montados em meio Hoyer para visualização das estruturas esclerotizadas. Os copépodes foram fixados em formol 10% e posteriormente montados em lâminas com Hoyer, para identificação taxonômica por meio da observação de patas e antenas (Eiras *et al.* 2006, adaptado).

### **3.2.2 Distribuição espacial dos parasitas nas brânquias**

Os arcos branquiais foram divididos e numerados do anterior ao posterior (1–4). Cada arco foi dividido em três segmentos, do dorsal ao ventral (I a III) (Zolov *et al.* 2015, modificado). Cada segmento foi dividido em duas regiões: interna (proximal em

relação ao arco e aos rastros branquiais) e externa (distal). Cada arco branquial foi medido com um paquímetro analógico para determinar o comprimento similar entre as zonas de distribuição de espécies. Assim, cada arco foi dividido em seis regiões de mesmo tamanho em secções longitudinais (**Figura 1**). Ao todo, cada hospedeiro teve suas brânquias segmentadas em 48 microhabitats distintos.



**Figura 1.** Segmentação dos arcos branquiais em microhabitats: (D) lado direito; (E) lado esquerdo; (1-4) arcos branquiais; (I-III) segmentos e regiões (interna e externa). Imagem esquemática, adaptada de Zolovs *et al.* (2015).

### 3.2.3 Análises ecológicas e estatísticas

A distribuição de cada espécie de parasita entre os lados direito e esquerdo do aparato branquial foi comparada por meio do teste não paramétrico de variância Kruskal-Wallis (KW-H). A composição das infracomunidades parasitárias foi comparada por meio de três fatores de segregação: arco, segmento e região branquial. A PCoA (análise de coordenadas principais) foi realizada para diferenciar a composição parasitária dentro de cada fator. Para determinar o grau de diferenciação dos fatores, foi realizada a PERMANOVA (análise de variância permutacional) baseada no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis e o teste *post hoc pairwise adonis*, objetivando identificar a origem da possível diferença.

Para cada espécie de ectoparasita encontrada foi calculado o índice de preferência de microhabitat ( $W_s$ ; Savage 1931 adaptado por Zolov *et al.* 2015), segundo o qual  $W_s=0,05$  indicam que não há preferência por aquele *habitat*;  $W_s<0,05$  indicam relativa repulsa e  $W_s>0,05$  indicam relativa preferência. A abundância de cada espécie

de ectoparasita foi comparada entre os arcos (1-4), os segmentos (I-III) e entre as regiões interna e externa por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Para cada espécie de ectoparasita foi calculado o índice de interação intraespecífica ( $J_r$ ;  $J=0$  distribuição randômica;  $J>0$  agregação e  $J<0$  distribuição regular ou uniforme). Para cada par de espécies, foi calculado o índice de agregação interespecífica ( $C_m$ ;  $C_m=0$  distribuição randômica;  $C_m>0$  as duas espécies de parasitas estão positivamente associadas e  $C_m<0$  associação negativa). Além disso, para avaliar a predominância da interação intra ou interespecífica na distribuição de cada espécie, foi calculada a força relativa ( $A_m$ ) da agregação ( $A_m=1$  agregações iguais;  $A_m>1$  associação intraespecífica é mais forte e  $A_m<1$  interespecífica é mais forte) (Zolov *et al.* 2015).

As análises foram realizadas nos Softwares Statistica (versão 7.1), BioEstat (versão LE), e Past (versão 3.20). A PCoA e a PERMANOVA foram realizadas utilizando como plataforma o programa R (versão 3.0.3). Todos os valores que correspondem à média de alguma variável são acompanhados do respectivo desvio padrão. O nível de significância estatística adotado foi  $P < 0,05$ .

### 3.3 RESULTADOS

No total foram analisadas as brânquias de 20 espécimes de *Plagioscion squamosissimus*, todos estavam parasitados por mais de uma espécie de metazoário ectoparasita. Foram encontrados 6101 ectoparasitas branquiais: 5691 monogenéticos (classificados em 14 espécies: *Euryhaliotrema thatcheri*, *Euryhaliotrema* sp., *E. chaoi*, *E. succedaneus*, *E. potamocetes*, *E. lovejoyi*, *E. monacanthus*, *Diplectanum decorum*, *D. hilum*, *D. pescadae*, *D. gymnopeus*, *D. piscinarius*, *Aetheolabes* sp. e *Anakhonia* sp.) e 253 copépodes, pertencentes a 4 espécies (*Miracetyma* sp., *Vaigamus* sp., *Therodamas elongatus* e *T. tamarae*).

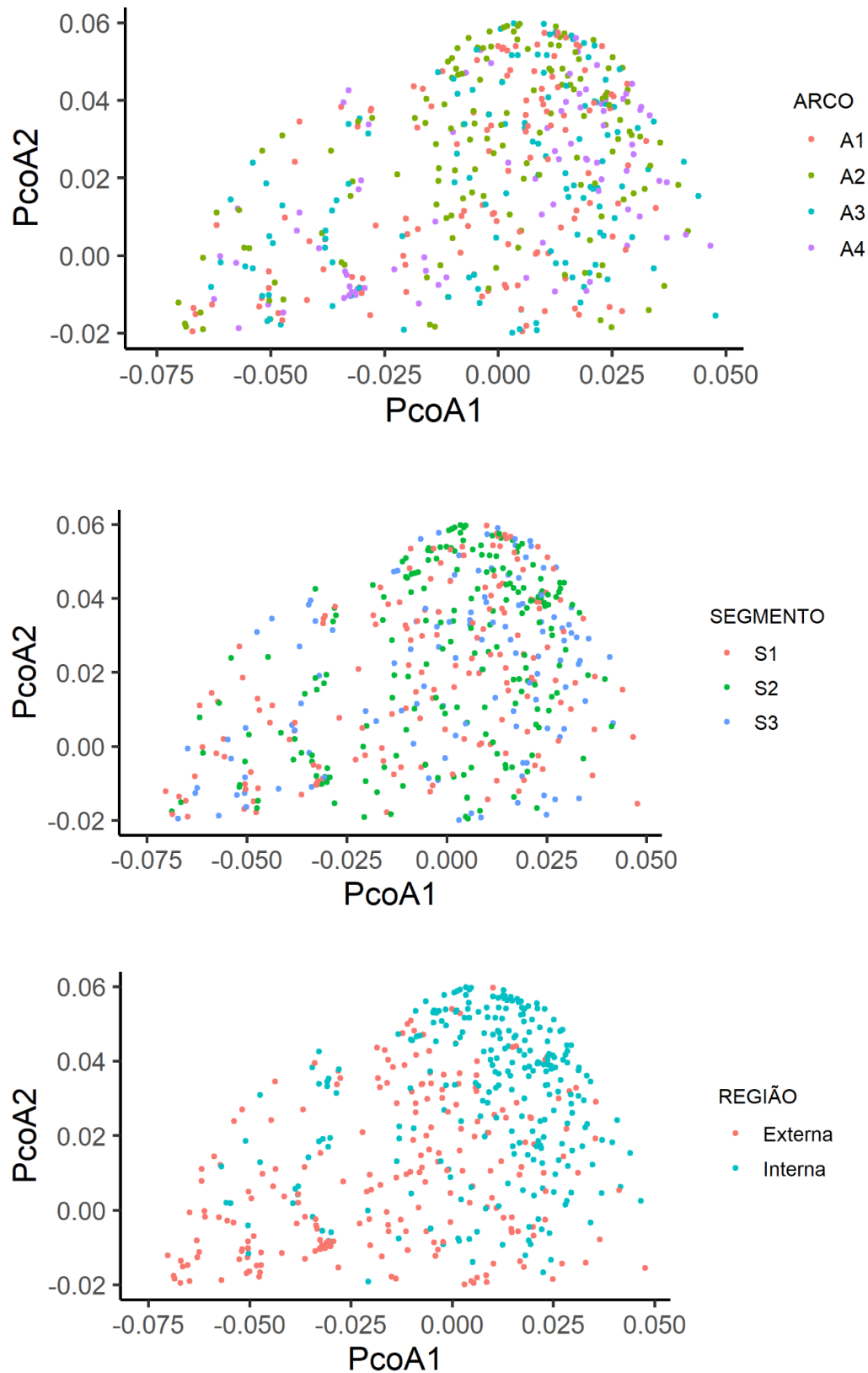
Não houve diferença significativa na ocorrência entre os lados direito e esquerdo dos arcos branquiais para nenhuma das dezoito espécies de ectoparasitas encontradas (**Apêndice B**). Assim, as análises foram realizadas desconsiderando a distinção de arcos direito e esquerdo. A PCoA realizada para visualizar a dissimilaridade existente entre os arcos, segmentos e regiões das brânquias (**Figura 2**) mostrou que dentre todos os fatores, as regiões interna e externa são as que mais diferem na composição. Além disso, houve diferenças significativas dentro de todos os fatores analisados

(PERMANOVA; *post-hoc*: tabela 1) arcos (pseudo-F=4,34; p=0,001), segmentos (pseudo-F=5,62; p=0,001) e regiões (pseudo-F=51,31; p=0,001)

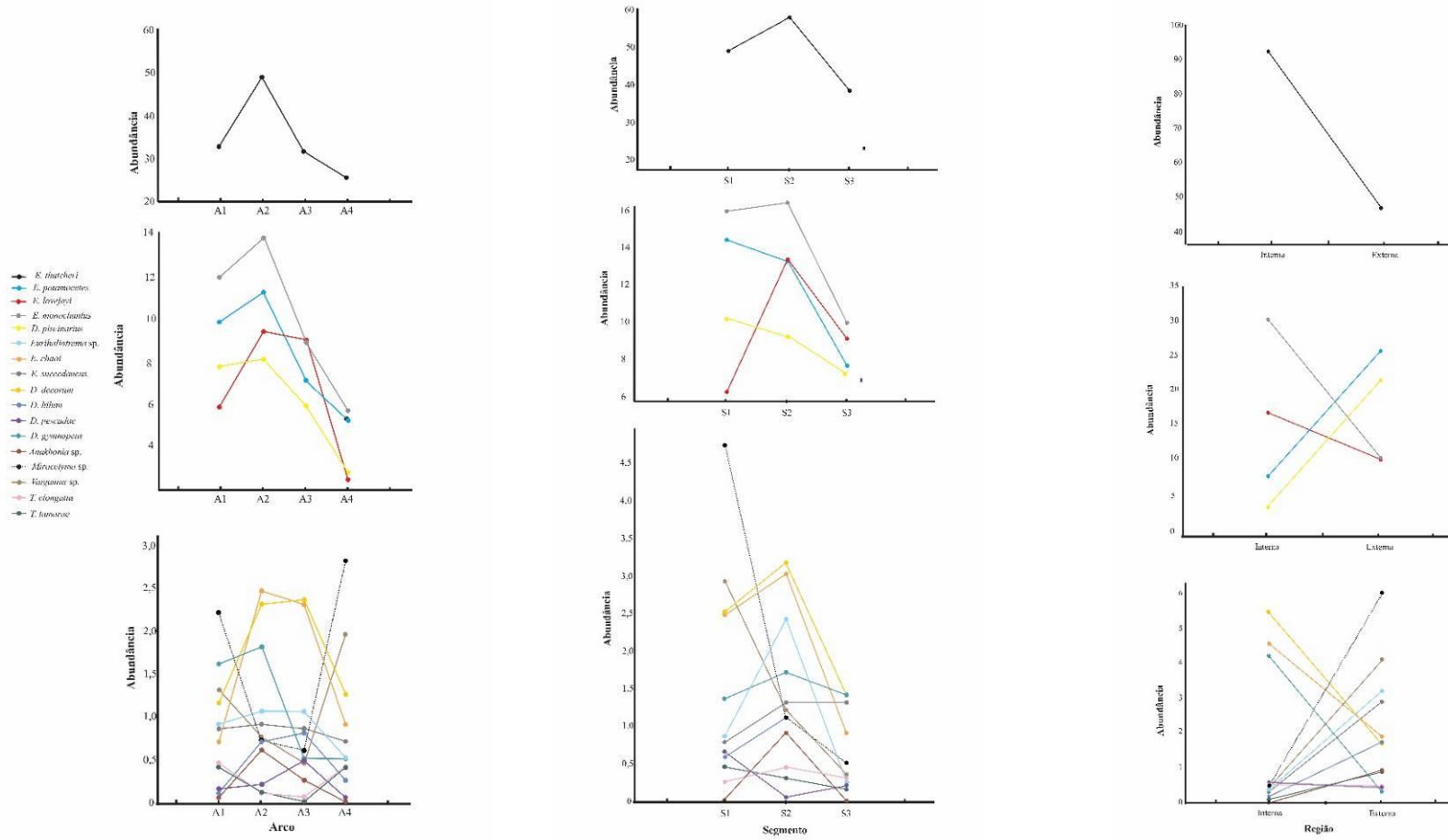
**Tabela 1.** Teste *post-hoc pairwise adonis* para cada fator analisado pela PERMANOVA (arcos e segmentos das brânquias). Os p-valores foram obtidos por uma permutação de 999 vezes, valores significativos em negrito (\* para p<0,05 e \*\* para p<0,01).

Combinações	GL	Modelo F	R2	p-valor
Arcos				
A1 x A2	472	3,31	0,006	<b>0,012*</b>
A1 x A3	464	3,60	0,007	<b>0,018*</b>
A1 x A4	453	4,10	0,009	<b>0,018*</b>
A2 x A3	465	2,53	0,005	0,126
A2 x A4	454	7,03	0,015	<b>0,006**</b>
A3 x A4	446	5,49	0,012	<b>0,006**</b>
Segmentos				
SI x SII	615	4,03	0,006	<b>0,003**</b>
SI x SIII	612	6,54	0,01	<b>0,003**</b>
SII x SIII	610	6,31	0,01	<b>0,003**</b>





**Figura 2.** PCoA (análise de coordenadas principais) para cada fator (arco, segmento e brânquias), a partir de uma matriz de similaridade que considerou riqueza e abundância das espécies de parasita em cada unidade amostral em *Plagioscion squamosissimus* do rio Tapajós, região de Santarém-PA.

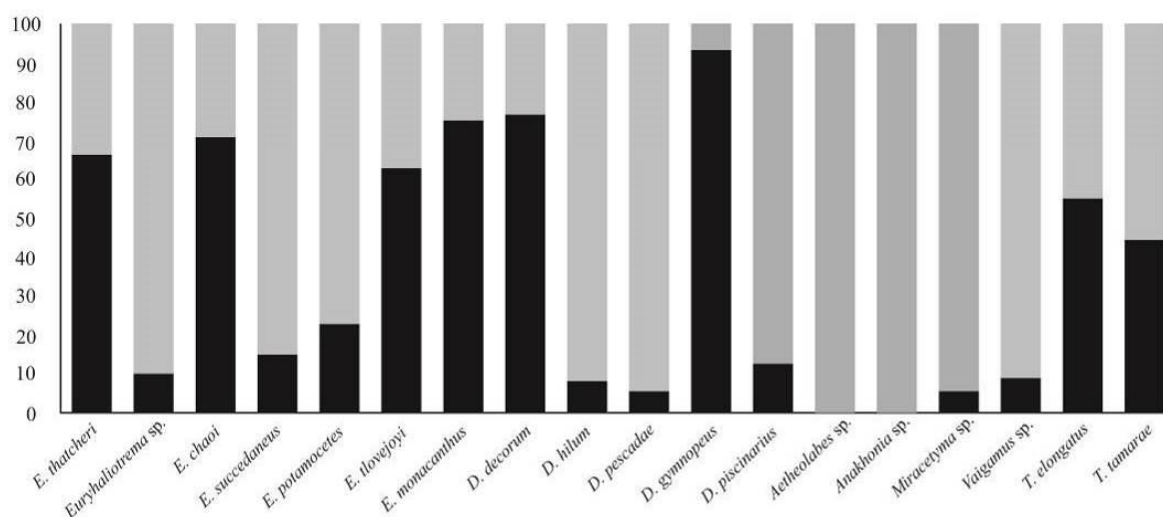


**Figura 3.** Abundância média das espécies de ectoparasitas branquiais nos arcos, segmentos e regiões de *P. squamosissimus* do rio Tapajós, região de Santarém-PA.

Os resultados da PERMANOVA e do teste *post-hoc* indicam que houve diferença significativa na composição das espécies entre os arcos, de modo todos os arcos diferem entre si, com exceção dos arcos 2 e 3 (**Tabela 1**). Além disso, todos os segmentos (I, II e III) são significativamente diferentes entre si, assim como as regiões interna e externa (**Tabela 1**).

As espécies de monogenéticos e de copépodes se distribuem de maneira diferente entre os arcos, segmentos e regiões. A maioria das espécies de monogenéticos apresenta maior abundância média no Arco 2, enquanto para os copépodes, as maiores abundâncias médias ocorrem nos Arcos 1 ou 4 (**Figura 3**). Entre os segmentos também é possível observar essa diferença na distribuição, pois a maioria das espécies de monogenéticos tem maior abundância média no segmento II, enquanto as espécies de copépodes ocorrem mais frequentemente nos segmentos I ou III (**Figura 3**).

No que diz respeito às regiões interna e externa, a distribuição dos parasitas ocorre de maneira semelhante em monogenéticos e copépodes, de modo que as espécies se segregam nas regiões interna ou externa (**Figuras 3 e 4**). Em relação à abundância, dentre as dezoito espécies de ectoparasitas, onze espécies (oito monogenéticos e três copépodes) apresentaram maior abundância percentual na região externa, enquanto as outras sete (seis de monogenéticos e uma de copépode) apresentaram maior percentual na região interna (**Figura 4**).



**Figura 4.** Percentual de ocupação, baseado na abundância relativa de cada espécie de ectoparasita branquial, nas regiões interna (preta) e externa (cinza), encontrados em 20 espécimes de *Plagioscion squamosissimus* do rio Tapajós, região de Santarém-PA.

O índice de preferência de microhabitat ( $W_s$ ; Savage, 1931 adaptado por Zolov *et al.*, 2015) (**Tabela 2**) indicou que a maioria das espécies de parasitas têm preferência pelo arco 2, mas essa preferência é significativa apenas para *E. lovejoyi* e *E. monacanthus*, (KW-H;  $p < 0,05$ ; **Tabela 3**) (*post-hoc* **Tabela 4**) (**Figura 5**). Os arcos 3 e 4 são os prioritários para a ocupação de quatro e três espécies, dentre elas *D. pescadae*, que tem preferência significativa pelo terceiro arco branquial. O arco 4 é preferido apenas por três espécies, todas de copépodes, mas não há diferença significativa na ocupação destas espécies entre os arcos branquiais.

Quanto aos segmentos, a maior parte das espécies (11, no total) apresentou preferência pelo segmento II (central), mas apenas para quatro delas (*Euryhaliotrema* sp., *E. lovejoyi*, *Diplectanum hilum* e *Anakohnia* sp.) houve diferença significativa na presença destas espécies no segmento II em relação aos demais (KW-H;  $p < 0,05$ ) (**Tabela 3**) (*post-hoc* **Tabela 5**) (**Figura 6**). *Anakohnia* sp. ocorreu exclusivamente no segmento II.

**Tabela 2.** Valores do índice de preferência por microhabitat ( $W_s$ ; Savage, 1931 adaptado por Zolov *et al.*, 2015) para cada espécie de ectoparasita. Valores de  $W_s = 0,05$  indicam que não há preferência por aquele *habitat*;  $W_s < 0,05$  indicam relativa repulsa e  $W_s > 0,05$  indicam relativa preferência (-: a espécie não foi encontrada no microhabitat).

Espécies de parasitas	Arcos				Segmentos			Região	
	I	II	III	IV	1	2	3	Interna	Externa
<i>E. thatcheri</i>	0,5	1	0,33	0,25	0,5	1	0,33	1	0,5
<i>Euryhaliotrema</i> sp.	0,33	1	1	0,25	0,5	1	0,33	0,5	1
<i>E. chaoi</i>	0,25	1	0,5	0,33	0,5	1	0,33	1	0,5
<i>E. succedaneus</i>	0,5	1	0,5	0,25	0,33	1	1	0,5	1
<i>E. potamocetes</i>	0,5	1	0,33	0,25	1	0,5	0,33	0,5	1
<i>E. lovejoyi</i>	0,33	1	0,5	0,25	0,33	1	0,5	1	0,5
<i>E. monacanthus</i>	0,5	1	0,33	0,25	0,5	1	0,33	1	0,5
<i>D. decorum</i>	0,25	0,5	1	0,33	0,5	1	0,33	1	0,5
<i>D. hilum</i>	0,25	0,5	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1
<i>D. pescadae</i>	0,33	0,5	1	0,25	1	0,33	0,5	0,5	1
<i>D. gymnopeus</i>	0,5	1	0,33	0,33	0,33	1	0,5	1	0,5
<i>D. piscinarius</i>	0,5	1	0,33	0,25	1	0,5	0,33	0,5	1
<i>Anakohnia</i> sp.	0,33	1	0,5	–	–	1	–	0,5	1
<i>Miracetyma</i> sp.	0,5	0,33	0,25	1	1	0,5	0,33	0,5	1
<i>Vaigamus</i> sp.	0,5	0,33	0,25	1	1	0,5	0,33	0,5	1
<i>T. elongatus</i>	1	0,33	0,25	0,5	0,33	1	0,5	1	0,5
<i>T. tamarae</i>	1	0,33	–	1	1	0,5	0,33	1	0,5

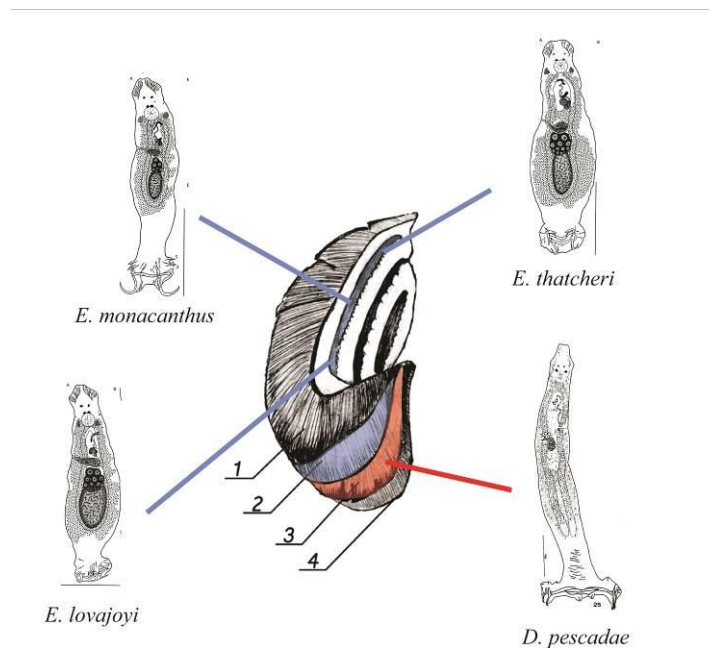
A distribuição das espécies nas regiões interna e externa foram significativamente diferentes para onze espécies (**Tabela 3**), sendo que quatro delas (*Euryhaliotrema thatcheri*, *E. lovejoyi*, *E. monacanthus* e *Diplectanum gymnopus* e *D. hilum*) eram mais abundantes na região interna (**Tabela 2**) enquanto outras seis (*Euryhaliotrema* sp., *E. succedaneus*, *E. potamocetes*, *Diplectanum pescadae*, *D. piscinarius* e *Anakohnia* sp.) eram mais abundantes na região externa (**Figura 7**).

**Tabela 3.** Valores da análise de variância (Kruskal-Wallis; KW-H) para a diferença na abundância parasitária de cada espécie em cada arco branquial e segmento; teste U de Mann-Whitney (Z) para diferenças nas regiões; (p= nível de significância em negrito valores de  $p < 0,05$ ).

Espécies de parasita	Arcos		Segmentos		Regiões	
	KW-H	p	KW-H	p	Z	p
<i>E. thatcheri</i>	5,76	0,12	2,11	0,34	2,51	<b>0,01</b>
<i>Euryhaliotrema</i> sp.	0,94	0,81	12,13	<b>0,002</b>	-3,29	<b>0,0009</b>
<i>E. chaoi</i>	5,89	0,11	6,03	0,06	1,06	0,28
<i>E. succedaneus</i>	0,23	0,97	1,11	0,57	-2,85	<b>0,004</b>
<i>E. potamocetes</i>	6,82	0,07	4,23	0,12	-3,56	<b>0,0003</b>
<i>E. lovejoyi</i>	18,33	<b>0,0004</b>	8,45	<b>0,01</b>	2,73	<b>0,006</b>
<i>E. monacanthus</i>	10,26	<b>0,016</b>	4,84	0,08	3,79	<b>0,0001</b>
<i>D. decorum</i>	3,27	0,35	2,23	0,32	1,19	0,23
<i>D. hilum</i>	7,28	0,06	10,63	<b>0,004</b>	-3,35	<b>0,0007</b>
<i>D. pescadae</i>	5,02	<b>0,04</b>	12,58	<b>0,001</b>	-2,92	<b>0,003</b>
<i>D. gymnopus</i>	6,35	0,09	0,33	0,84	3,47	<b>0,0005</b>
<i>D. piscinarius</i>	6,62	0,08	4,76	0,09	-3,76	<b>0,0001</b>
<i>Anakohnia</i> sp.	7,74	0,06	20,69	<b>0,001</b>	-2,35	<b>0,018</b>
<i>Miracetyma</i> sp.	4,09	0,25	7,84	<b>0,01</b>	-1,72	0,08
<i>Vaigamus</i> sp.	2,12	0,54	3,02	0,21	-1,52	0,12
<i>T. elongatus</i>	5,52	0,13	0,26	0,87	-0,08	0,93
<i>T. tamarae</i>	5,08	0,16	1,57	0,45	-1,47	0,14

**Tabela 4.** Teste *post-hoc* de comparação múltipla dos valores de KW para a distribuição de *Euryhaliotrema lovejoyi*, *E. monacanthus* e *D. pescadae* entre os arcos branquiais de *Plagioscion squamosissimus*.

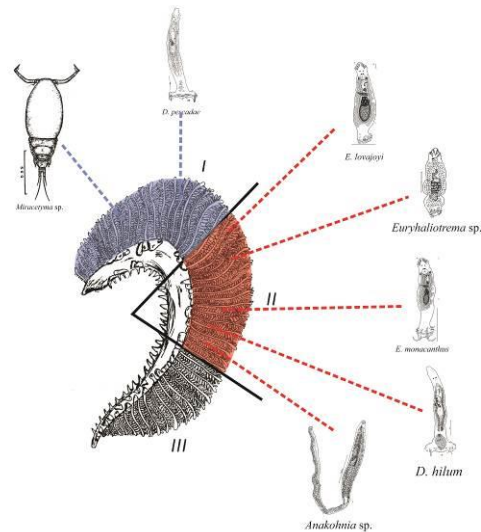
ARCOS	<i>E. lovejoyi</i>		<i>E. monacanthus</i>		<i>D. pescadae</i>	
	Post-hoc	p	Post-hoc	p	Post-hoc	p
A1xA2	1,68	0,55	0,33	1,00	0,26	0,99
A1xA3	1,33	1,00	1,16	1,00	0,98	0,17
A1xA4	2,16	0,18	2,54	0,06	0,52	0,93
A2xA3	0,35	1,00	1,50	0,80	0,66	0,29
A2xA4	3,84	<b>0,0007</b>	2,88	<b>0,02</b>	0,78	0,81
A3xA4	3,49	<b>0,002</b>	1,38	0,99	1,45	<b>0,04</b>



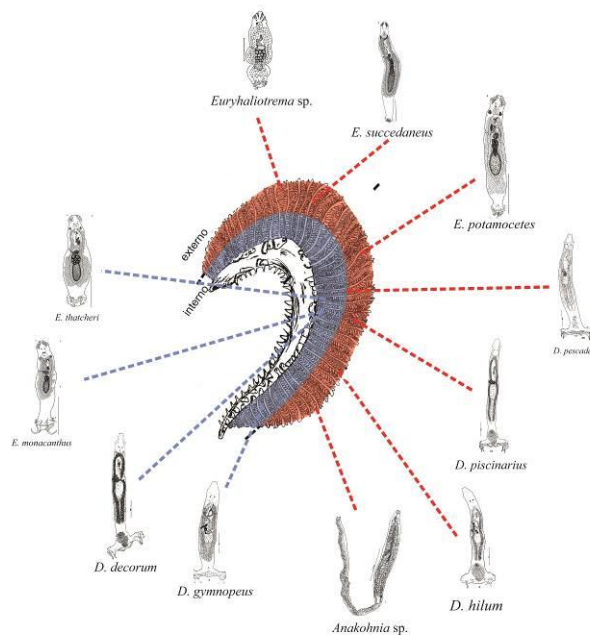
**Figura 5.** Espécies de ectoparasitas de *Plagioscion squamosissimus* que apresentaram diferença significativa na ocupação dos arcos branquiais. *Euryhaliotrema lovejoyi* e *E. monacanthus* têm maior abundância no segundo arco; *Diplectanum pescadae* no terceiro. Imagem elaborada a partir das ilustrações de: Kritsky e Boeger, 2002; Kritsky e Thatcher, 1984 e Zolovs *et al.*, 2015. Sem escala.

**Tabela 5.** Teste post-hoc de comparação múltipla dos valores de KW para a distribuição de *Euryhaliotrema* sp., *E. lovejoyi*, *Diplecatnum hilum*, *D. pescadae*, *Anakohnia* sp. e *Miracetyma* sp. entre os segmentos branquiais de *Plagioscion squamosissimus*.

Espécies de parasitas	SEGMENTOS					
	S1xS2		S1xS3		S2xS3	
	Post-hoc	p	Post-hoc	p	Post-hoc	p
<i>Euryhaliotrema</i> sp.	1,39	0,48	1,73	0,24	3,12	<b>0,005</b>
<i>E. lovejoyi</i>	2,88	<b>0,01</b>	1,70	0,26	1,17	0,71
<i>D. hilum</i>	1,82	0,20	0,67	1,00	2,50	<b>0,03</b>
<i>D. pescadae</i>	2,33	<b>0,04</b>	1,60	0,32	0,73	1,00
<i>Anakohnia</i> sp.	1,90	<b>0,03</b>	0,00	1,00	1,90	<b>0,03</b>
<i>Miracetyma</i> sp.	1,31	<b>0,02</b>	2,20	<b>0,008</b>	0,88	0,69



**Figura 6.** Espécies de ectoparasitas de *Plagioscion squamosissimus* que apresentaram diferença significativa na ocupação dos segmentos branquiais. *Euryhaliotrema* sp., *E. lovejoyi*, *E. monacanthus*, *D. hilum* e *Anakohnia* sp. têm maior abundância no segmento central; *Diplectanum pescadae* e *Miracetyma* sp. tem preferência pelo segmento I. Imagem elaborada a partir das ilustrações de: Bravo-Hollis, 1986; Kritsky e Boeger, 2002; Kritsky e Thatcher, 1984, Malta, 1983 e Zolovs *et al.*, 2015. Sem escala.



**Figura 7.** Espécies de ectoparasitas branquiais de *Plagioscion squamosissimus* que apresentaram diferença significativa na ocupação das regiões interna e externa. *Euryhaliotrema* sp., *E. succedaneus*, *E. potamocetes*, *Diplectanum pescadae*, *D. piscinarius*, *D. hilum* e *Anakohnia* sp. têm maior abundância na região externa; *E. thatcheri*, *E. monacanthus*, *D. decorum* e *D. gymnopus* têm preferência pela região interna. Imagem elaborada a partir das ilustrações de: Bravo-Hollis, 1986; Kritsky e Boeger, 2002; Kritsky e Thatcher, 1984, Malta, 1983 e Zolovs *et al.*, 2015. Sem escala.

No relacionamento intra e interespecífico (**Tabela 6**), o índice de agregação intraespecífica ( $J_r$ ) indicou que *Aetheolabes* sp. apresenta distribuição randômica ( $J_r=0$ ) e todas as outras espécies apresentam distribuição agregada, sendo *Anakohnia* sp. a que apresenta maior agregação ( $J_r=93,68$ ), seguida de *Vaigamus* sp. ( $J_r=68,40$ ) e *Diplectanum hilum* ( $J_r=25,70$ ). Nenhuma espécie apresentou distribuição uniforme.

O índice de agregação interespecífica ( $C_m$ ) indicou valores similares para associações positivas (49%) e negativas (51%). O par de espécies de copépodes *Miracetyma* sp. e *Vaigamus* sp. apresentou o maior valor de agregação positiva ( $C_m=15,20$ ), ambos apresentaram valores elevados de agregação intraespecífica ( $J_r=22,0$  e  $68,40$ , respectivamente), mas força de agregação ( $A_m$ ) indicou que a associação interespecífica predomina ( $A_m=0,004$ ).

O par de espécies *Diplectanum hilum* e *D. pescadae* apresentou o segundo maior valor de associação interespecífica positiva ( $C_m=8,30$ ). Para essas duas espécies, a agregação interespecífica também interfere mais em sua distribuição do que a intraespecífica ( $A_m=0,01$ ). O par formado pelas espécies de copépodes *Miracetyma* sp. e *Therodamas elongatus* também apresentou elevada agregação interespecífica positiva ( $C_m=5,12$ ) e mais relevante do que a agregação intraespecífica ( $A_m=0,03$ ), sendo que *Miracetyma* sp. apresenta elevado grau de associação intraespecífica ( $J_r=22,0$ ) enquanto *T. elongatus* apresentou valor de agregação intraespecífica mais baixo ( $J_r=3,85$ ).

Quanto às associações negativas, o par de espécies *Diplectanum pescadae* e *Anakohnia* sp. apresentaram os valores mais baixos no índice de agregação interespecífica ( $C_m=-8,53$ ), o que indica que essas duas espécies têm maior divergência na ocupação de *habitats* do que todas as outras combinações de pares de espécies analisadas. *D. pescadae* apresentou elevado grau de associação intraespecífica ( $J_r=22,78$ ), assim como *Anakohnia* sp. ( $J_r=93,96$ ), mas ainda assim a agregação interespecífica negativa é mais relevante do que a agregação intraespecífica para a distribuição dessas duas espécies ( $A_m=0,01$ ).

Outro par de espécies que apresentou valor reduzido para o índice de agregação interespecífica foi *Euryhaliotrema chaoi* e *D. pescadae* ( $C_m=-5,64$ ). Para esse par, a agregação interespecífica negativa também é mais relevante do que a agregação intraespecífica ( $A_m=0,05$ ), sendo que *E. chaoi* apresentou grau de agregação intraespecífica menor do que *D. pescadae* ( $J_r=10,56$ ;  $J_r=22,78$ , respectivamente).



**Tabela 6.** Agregação intraespecífica ( $J_r$ ;  $J=0$  indica distribuição randômica;  $J>0$  agregação e  $J<0$  distribuição regular ou uniforme). Matriz de agregação interespecífica (diagonal superior;  $C_m=0$  indicam distribuição randômica;  $C_m>0$  indica que as duas espécies de parasitas estão positivamente associadas e  $C_m<0$  associação negativa). Força relativa da agregação intraespecífica versus interespecífica (diagonal inferior;  $A_m=1$  indicam que as agregações são iguais;  $A_m>1$  associação intraespecífica é mais forte e  $A_m<1$  interespecífica é mais forte). Valores calculados para as espécies de ectoparasitas branquiais encontrados em 20 espécimes de *Plagioscion squamosissimus*. Em rosa: valores de  $C_m>1$ , para espécies positivamente relacionadas positivamente associadas; verde: valores de  $C_m<-1$  para associações negativas; **negrito**: valores de  $A_m>10$  para associação intraespecífica como mais forte; sublinhado: valores de  $A_m<0,1$  para associação interespecífica como mais forte.

	$J_r$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 <i>E. thatcheri</i>	1,25		0,59	0,42	-0,69	0,81	0,82	0,94	0,591	0,008	-0,09	0,41	-0,07	0,03	0,22	-0,32	-0,11	0,49	0,36
2 <i>Euryhaloitrema</i> sp.	12,34	1,65		-0,51	0,19	2,62	0,19	-0,19	-0,46	3,55	0,51	-0,73	1,52	-0,9	3,65	0,83	0,22	0,65	-0,73
3 <i>E. chaoi</i>	10,56	2,18	5,05		1,51	1,35	1,34	1,14	2,16	-0,78	-5,64	3,83	-0,11	-0,94	0,64	-0,57	-0,97	0,10	-0,12
4 <i>E. succedaneus</i>	8,43	<b>43,35</b>	0,81	0,19		1,44	-0,15	-0,40	0,51	1,11	-0,15	-0,98	0,89	-0,96	-0,76	-0,76	-0,92	-0,27	-0,76
5 <i>E. potamocetes</i>	6,38	2,01	0,13	0,34	0,30		0,04	0,27	0,80	1,19	0,61	-0,43	0,20	0,41	3,91	0,47	-0,49	0,75	-0,43
6 <i>E. lovejoyi</i>	2,67	1,83	1,17	0,32	2,30	0,71		1,00	1,07	-0,30	-0,47	0,71	0,43	-0,86	1,14	-0,76	-0,54	-0,86	-0,69
7 <i>E. monacanthus</i>	1,98	1,90	3,00	0,45	5,46	1,93	0,71		1,28	-0,77	-0,06	1,61	0,04	1,37	-0,06	-0,19	-0,38	0,34	0,63
8 <i>D. decorum</i>	10,60	1,64	4,21	0,13	0,53	0,59	0,41	0,40		-0,52	-0,36	2,35	-0,05	-0,98	-0,98	-0,67	-0,58	0,35	-0,21
9 <i>D. hilum</i>	25,70	3,98	0,05	<b>24,29</b>	0,24	0,36	3,30	<b>36,13</b>	5,16		8,30	-0,8	2,02	-0,99	2,76	-0,79	-0,11	-0,99	-0,96
10 <i>D. pescadae</i>	22,78	4,79	0,47	<u>0,05</u>	1,50	0,66	5,64	2,12	2,85	<u>0,01</u>		-0,57	3,85	-0,97	-8,53	0,69	1,95	-0,76	-0,85
11 <i>D. gymnopus</i>	12,35	2,14	<b>16,08</b>	0,05	<b>2922,4</b>	5,69	0,58	0,29	0,11	<b>28,37</b>	6,02		-0,44	0,05	-0,97	-0,82	-0,58	0,07	1,72
12 <i>D. piscinarius</i>	4,22	6,81	0,25	2,16	0,45	1,78	1,15	2,57	1,92	0,17	<u>0,06</u>	5,27		2,80	0,93	-0,23	-0,27	0,26	0,18
13 <i>Aetheolabes</i>	0	3,67	<b>107,4</b>	<b>314,85</b>	<b>699,3</b>	0,85	<b>79,53</b>	0,32	<b>2870,1</b>	<b>1039,2</b>	<b>1133,1</b>	0,99	0,10		0,97	-0,95	-0,93	-0,92	-0,97
14 <i>Anakohnia</i>	93,96	2,66	<u>0,05</u>	0,42	18,92	<u>0,07</u>	0,34	2,12	<b>2920,9</b>	<u>0,07</u>	<u>0,01</u>	<b>1236,8</b>	0,41	0,26		-0,81	-0,57	-0,76	-0,85
15 <i>Miracetyma</i> sp.	22,00	9,52	0,36	6,92	21,01	0,88	<b>30,58</b>	3,17	<b>11,91</b>	<b>26,64</b>	0,40	<b>38,15</b>	2,88	<b>452,97</b>	<b>31,92</b>		15,20	5,12	-0,56
16 <i>Vaigamus</i> sp.	68,40	3,56	0,78	<b>1374,7</b>	<b>182,6</b>	7,12	8,04	5,23	7,10	1,43	0,12	6,76	3,10	<b>223,23</b>	6,02	<u>0,004</u>		2,22	0,74
17 <i>T. elongatus</i>	3,85	1,79	0,40	0,95	2,04	0,56	<b>81,10</b>	1,04	0,64	<b>1060,7</b>	<b>18,05</b>	0,97	0,26	<b>159,67</b>	<b>18,05</b>	<u>0,03</u>	0,10		-0,99
18 <i>T. tamarae</i>	10,91	2,14	<b>14,99</b>	1,48	<b>18,92</b>	5,31	<b>16,50</b>	0,70	1,87	<b>661,25</b>	<b>46,12</b>	0,15	1,10	<b>1133,1</b>	<b>46,12</b>	5,95	0,36	<b>10399</b>	

### 3.4 DISCUSSÃO

As espécies de ectoparasitas branquiais encontradas em *Plagioscion squamosissimus* apresentam, como esperado, diferenças em sua distribuição. Nessas espécies, tanto os fatores mecânicos (fluxo e turbulência da água, área de fixação) quanto ecológicos (relações intra e interespecíficas) atuam na composição das comunidades parasitárias e na distribuição de cada espécie.

Ao comparar os lados direito e esquerdo dos aparatos branquiais, não houve diferença significativa, resultado também encontrado por diversos autores (Le Houx *et al.* 2011; Hermita *et al.* 2012; Tombi *et al.* 2014; Blahoua *et al.* 2016; Adou *et al.* 2017). A simetria corpórea bilateral de *P. squamosissimus*, assim como em outras espécies de peixe, se relaciona com a distribuição equitativa dos ectoparasitas nos arcos branquiais de ambos os lados do hospedeiro (Adou *et al.* 2017).

A primeira hipótese proposta foi corroborada, pois a composição da comunidade ectoparasitária encontrada nos espécimes de *P. squamosissimus* apresentou diferenças significativas entre os arcos, segmentos e regiões, como indicam os resultados obtidos pela PCoA e a PERMANOVA. Para essas análises são utilizados dados de riqueza e abundância, portanto, a diferença esperada para as espécies encontradas em cada microhabitat, também foi encontrada.

Em relação aos arcos branquiais, o padrão A2-A3-A1-A4 de preferência pelos arcos foi observado por Paling (1968) e Hermida *et al.* (2012), o que difere dos resultados aqui apresentados, em que a ordem de preferência foi A2-A1-A3-A4, existindo então uma inversão na abundância dos arcos 1 e 3 na ordem de preferência. O quarto arco branquial, por sua vez, foi o menos parasitado, resultado que condiz com os trabalhos de Hermita *et al.* (2012), Scott-Holland *et al.* (2006) e Munõz e Cribb (2005), o que indica um possível padrão.

Paling (1968) observou que nos arcos branquiais centrais (arcos 2 e 3) há maior fluxo de água do que nos arcos periféricos, o que pode provocar a remoção mecânica dos ectoparasitas e, assim, representar maior disponibilidade para as espécies que possuem um aparato de fixação (ganchos, âncoras, garras) mais robusto, permitindo explorar esse microhabitat, bem como facilitar a oxigenação local. A maior ou menor oxigenação entre os arcos branquiais pode justificar a preferência de infecções quando se trata de uma ou poucas espécies Hermida *et al.* (2012).

Entretanto, infestações causadas por várias espécies em que a distribuição parasitária é grande em todos os arcos, outros fatores exercem influência, tais como a heterogeneidade de microhabitats das brânquias, a fisiologia do hospedeiro, a estrutura de fixação das espécies de parasitas (Dzika, 1999). Existem ainda outras explicações para distribuição diferencial nos microhabitats: efeito de predadores; competição interespecífica e agregação intraespecífica, que facilita a reprodução (Hermida *et al.* 2012).

A segunda hipótese proposta também foi corroborada, pois houve distinção na distribuição espacial das espécies de ectoparasitas. Além disso, houve para algumas espécies a preferência por microhabitats, bem como foram observadas também associações interespecíficas, conforme indicam os dados de abundância de cada espécie.

Considerando as características biológicas e morfológicas, é possível dividir as espécies de ectoparasitas encontradas nos espécimes de *P. squamosissimus* em quatro grupos: os copépodes, os monogenéticos do gênero *Euryhaliotrema*, os diplectanídeos (gênero *Diplectanum* e *Aetheolabes*) e *Anakohnia*. Cada um desses grupos difere em relação às dimensões corporais, aos órgãos de fixação no hospedeiro, aos recursos alimentares (células epiteliais e muco para a maioria dos monogenéticos ou ainda sangue do hospedeiro para os copépodes e *Anakohnia*, por exemplo) e conseqüentemente na distribuição e ocupação de *habitats* (Eiras, 1994).

Em relação à ocupação de *habitats*, *Euryhaliotrema lovejoyi* e *E. monacanthus* apresentaram preferência significativa pelo segundo arco branquial, enquanto *D. pescadae* tem preferência pelo terceiro arco. Essa preferência é esperada, considerando o maior fluxo de água nesses dois arcos. Como a distribuição entre arcos branquiais é influenciada por vários fatores abióticos (espaço disponível para fixação, fluxo de água, oxigenação, características da água), a agregação dentro de um arco pode ser afetada por um complexo de fatores bióticos com um único fator dominante (Zolovs *et al.* 2015).

A preferência por determinado arco branquial, ou mesmo por setores de cada arco, é bastante importante, uma vez que a restrição do microhabitat influencia a fecundação, assegurando o êxito reprodutivo das espécies, que poderia ser ameaçado se a distribuição fosse aleatória, sobretudo nas espécies com baixa prevalência e intensidade de infecção (Eiras, 1994).

Dmitrieva (2000) sugere que o fluxo de água influencia a distribuição de parasitas apenas entre os arcos branquiais, enquanto a distribuição entre os segmentos é determinada por relações intraespecíficas de parasitas. Assim, em relação aos segmentos, as espécies de

monogenéticos *Euryhaliotrema* sp., *E. lovejoyi*, *Diplectanum hilum* e *Anakohnia* sp. apresentaram preferência significativa pelo segundo segmento (central), onde o fluxo de água também é maior. *Miracetyma* e *D. pescadae*, por outro lado, apresentaram preferência pelo primeiro segmento. A preferência por *habitats* semelhantes, bem como o relacionamento interespecífico podem ser determinantes para a distribuição destas espécies, pois a tendência dos parasitas branquiais em selecionar diferentes microhabitats reduz a possibilidade de competição inter e intraespecífica (Tombi *et al.* 2010).

Doze das dezoito espécies de ectoparasitas analisadas apresentaram diferença significativa em relação a distribuição por regiões (interna/externa). *Euryhaliotrema* sp., *E. succedaneus*, *E. potamocetes*, *Diplectanum hilum*, *D. pescadae*, *D. piscinarius*, *Anakohnia* sp. e *Miracetyma* sp. apresentaram preferência pela região externa, enquanto *E. thatcheri*, *E. monacanthus* e *D. gymnopeus* apresentaram abundância significativamente maior na região interna.

A principal explicação para a segregação de espécies por região (interna ou externa) é a morfologia das estruturas de fixação (âncoras, ganchos, haptor) (Tombi *et al.* 2010). Espécies que apresentam estruturas de fixação relativamente mais robustas e maiores apresentam preferência pela região externa (Adou *et al.* 2017), região essa em que o fluxo de água e a turbulência é maior do que na região interna (Paling, 1968).

As espécies do gênero *Euryhaliotrema*, em comparação com as outras encontradas, apresentam as estruturas de fixação mais simples. *E. thatcheri* é a espécie dominante, pois apresentou maior abundância em todos os arcos, segmentos e regiões analisadas. A estrutura de fixação mais frágil pode explicar a preferência pela região interna e a grande abundância da espécie é um indicativo de que essa espécie é apresenta altas taxas de reprodução e, conseqüentemente, alto *fitness* (valor adaptativo) nesse ambiente (Ridley, 2005). *E. monacanthus*, por sua vez, apresenta apenas um par de âncoras, o que também é um indicativo de que a capacidade de fixação desta espécie é reduzida. Além disso, *E. monacanthus* e *E. lovejoyi* tem ocorrência associada à *E. thatcheri*.

*Euryhaliotrema potamocetes*, a segunda espécie mais abundante, *Euryhaliotrema* sp., *E. succedaneus* apresentaram preferência significativa pela região externa (distal). É possível que, principalmente para *E. potamocetes*, a competição por recursos com *E. thatcheri* tenha segregado a distribuição destas espécies.

A maioria das espécies apresentaram preferência pela região externa. A localização de espécies por regiões externas pode refletir uma preferência por locais em que o fluxo de

água é máximo (Adou *et al.* 2017) e, conseqüentemente, as condições aeróbicas também são melhores (Turgut *et al.* 2006).

Em comparação com as espécies de *Euryhaliotrema*, os diplectanídeos (*Diplectanum* spp. e *Aetheolabes* sp.) são maiores e apresentam estruturas de fixação mais complexas. *D. piscinarius* é a espécie mais abundante do gênero e tem preferência pela região externa dos filamentos branquiais. *D. pescadae* e *D. hilum* também apresentam preferência pela região externa, porém ambas são espécies menos abundantes. Já *D. gymnopeus* é mais abundante na região interna, o que pode ser um indicativo de segregação por competição com *D. piscinarius*.

*Anakohnia* sp. é a maior espécie de monogenético encontrada nas brânquias analisadas, medindo de 7 a 9 mm de comprimento. Essa característica faz com que sua ocupação no filamento branquial seja distinta das outras espécies, pois as estruturas de fixação se localizam na região interna enquanto o tronco e a região cefálica se encontram na parte externa do filamento. Além disso, diferente das outras espécies de monogenéticos, ela se alimenta principalmente de sangue do hospedeiro, o que também influencia sua ocupação diferencial. Nos filamentos em que esta espécie se encontra, não são encontrados outros parasitas. O haptor é formado por ventosas, pinças e ganchos que podem funcionar independentemente, facilitando o deslocamento do parasita sem que ele seja levado pelo fluxo de água (Eiras, 1994).

Os copépodes, por sua vez, não apresentaram preferência significativa por nenhuma região. A atividade alimentar direta dos copépodes (células epiteliais ou sangue do hospedeiro) pode danificar as brânquias ou reduzir a eficiência respiratória, por sua fixação, pelo espaço que ocupam na câmara branquial ou pela pressão exercida pelos indivíduos de grandes dimensões (Eiras, 1994).

As espécies de copépode apresentam as estruturas de fixação mais eficientes dentre as espécies de parasita aqui analisadas. Entretanto, existem variações no modo de fixação, há espécies que se fixam sobre uma extremidade do filamento e seu corpo se estende até a extremidade oposta (como *Therodamas elongatus* e *T. tamarae*), outras que se situam entre os filamentos (como *Vaigamus* sp.) ou as que se localizam na extremidade dos mesmos (*Miracetyma* sp). O local de fixação nas brânquias também pode depender de relações intraespecíficas relacionadas com a quantidade de parasitas e o espaço disponível, ou ainda de relações interespecíficas (Eiras, 1994).

O padrão de distribuição de copépodes, sem preferência por região, foi relatado também por Hermida *et al.* (2012) e foi justificado por ela como resultado da movimentação dos copépodes pelas brânquias. A morfologia das estruturas de fixação pode favorecer a movimentação dos parasitas entre os arcos branquiais, o que contribui para sua distribuição sem preferência por um *habitat* específico (Hermida *et al.* 2012).

Fatores intrínsecos às espécies de parasitas, tais como as estruturas de fixação, desempenham um importante papel na distribuição das dezoito espécies aqui encontradas. Resultado semelhante foi encontrado por Adou *et al.* (2017) ao estudar a distribuição de duas espécies de monogenéticos nas brânquias de *Sarotherodon melanotheron* (Cichlidae) e também por Tombi *et al.* (2010), nas brânquias de *Barbus martorelli* (Cyprinidae). Em ambos os casos, as estruturas de fixação dos monogenéticos foram utilizadas como explicação para a ocupação diferencial entre as regiões interna e externa das brânquias, de modo que espécies com estruturas mais robustas apresentaram preferência pela região externa, ao contrário daquelas com órgãos de fixação menores, que tinham maior abundância na região interna.

Com exceção de *Aetheolabes*, todas as demais espécies de ectoparasitas apresentaram distribuição intraespecífica agregada. A agregação de indivíduos da mesma espécie é uma das estratégias que aumentam a sobrevivência, pois é por meio dela que se desenvolvem mecanismos como fuga de predadores, reprodução (para monogenéticos), alimentação e competição (Zolovs *et al.* 2015). Segundo Zolovs *et al.* (2015), os monogenéticos apresentam distribuição mais agregada do que os copépodes, o que não ocorreu com as espécies aqui estudadas.

As associações não aleatórias encontradas sugerem influência mútua na distribuição espacial de espécies de ectoparasitas nas brânquias de seu hospedeiro. Para as espécies aqui estudadas, as agregações interespecíficas apresentaram ampla variação nos pares de espécies, de modo que a quantidade de agregações positivas e negativas foram semelhantes. Além disso, houve casos em que as agregações intraespecíficas foram mais importantes para a distribuição das espécies, mas em outros (*Miracetyma* sp. e *Vaigamus* sp., *D. hilum* e *D. pescadae*, *Miracetyma* sp. e *T. elongatus*) a agregação interespecífica positiva foi mais relevante. A distribuição de ectoparasitas apresenta muitas vezes um padrão definido, podendo haver casos de relacionamentos interespecíficos. (Eiras, 1994). Na segregação de *habitats* por espécies que utilizam recursos semelhantes, a interferência de fatores ecológicos é mais evidente do que de fatores mecânicos (Oliva e Luque, 1998).

Os resultados sugerem ainda que a agregação interespecífica e positiva é mais frequente para as espécies de copépodes do que para os monogenéticos. Zolovs *et al.* (2015) não encontraram competição interespecífica entre os parasitas; agregação interespecífica é rara, é reduzida quando comparada à agregação intraespecífica. Além disso, a existência de duas espécies no mesmo *habitat* pode levar a algum tipo de competição que pode provocar uma modificação na sua distribuição, uma vez que existem recursos, como o espaço e o alimento, que são limitados (Eiras, 1994).

É esperado que espécies semelhantes, com proximidade filogenética, ocupem nichos ecológicos semelhantes e apresentem maior grau de competição entre si (Morand *et al.* 1999), o que, teoricamente, levaria a associações negativas. Dentre as dezoito espécies de ectoparasitas encontradas, estão espécies congênicas, que utilizam recursos semelhantes. Diferentemente do esperado, associações positivas foram observadas na ocupação de espécies semelhantes, como o par de espécies congênicas *Diplectanum hilum*/*D. pescadae* ou ainda em espécies que apresentam características biológicas semelhantes, como os copépodes *Miracetyma* sp./*Vaigamus* sp. e *Miracetyma* sp./*T. elongatus*. A segregação na distribuição dessas espécies ocorre principalmente por competição, por reforço de barreira reprodutiva que evita a formação de híbridos e assegura os encontros reprodutivos (Oliva e Luque, 1998).

A competição por espaço interespecífica, ou mesmo a intraespecífica, só ocorrem em situações de infestação massiva de parasitas (Tombi *et al.* 2010). Infestações de várias espécies concomitantes muitas vezes não levam a competição e, conseqüentemente exclusão competitiva, se há espaço disponível (Adou *et al.* 2017). Se espécies que utilizam recursos competem entre si, é também esperado que espécies com características biológicas muito distintas ocupem nichos ecológicos diferentes. Isso também foi observado nos pares de espécies *Diplectanum pescadae*/*Anakohnia* sp. e *Euryhaliotrema chaoi*/*D. pescadae*, nos quais as espécies envolvidas diferem tanto morfológica quanto fisiologicamente.

A preferência por um determinado setor do aparato branquial é consequência de um processo complexo, de modo que considerar a interferência de vários fatores atuando sobre a distribuição dos parasitas pode explicar esse fenômeno melhor do que com um modelo individual baseado em apenas uma hipótese (Materjusová *et al.* 2003). Deste modo, os ectoparasitas e seus respectivos hospedeiros consistem em um modelo bastante útil para estudos de distribuição e interações ecológicas entre espécies.

## REFERÊNCIAS

- Adou, Y. E., Blahoua, G. e Yao S. S., N'Douba, V.** (2017). Spatial distribution of two gill monogenean species from *Sarotherodon melanotheron* (Cichlidae) in man-made Lake Ayamé 2, Côte d'Ivoire. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* **10**, 35-44.
- Amado, M. A. P. M. e Rocha, C. E. F.** (1996). *Therodamas tamarae*, a new species of copepod (Poecilostomatoida: Ergasilidae) parasitic on *Plagioscion squamosissimus* (Heckel) from the Araguaia River, Brazil; with a key to the species of the genus. *Hydrobiologia* **325**, 77-82.
- Bravo-Hollis, M.** (1986). Sobre una subfamilia, género y especies nuevos de un microcotilido de las branquias de un pez marino *Centropomus paralellus*, de Brasil. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* **56**, 671-682.
- Dzika, E.** (1999). Microhabitats of *Pseudodactylogyrus anguillae* and *P. bini* (Monogenea: Dactylogyridae) on the gills of large-size European eel *Anguilla anguilla* from Lake Gaj, Poland. *Folia Parasitologica* **46**, 33-36.
- Blahoua, K. G., Yao, S. S., Etilé, R. N. e N'Douba V.** (2016). Distribution of gill monogenean parasites from *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) in man-made Lake Ayamé I, Côte d'Ivoire. *African Journal of Agricultural Research* **11**, 117-129.
- Eiras, J. C.** (1994). *Elementos de ictioparasitologia*. Fundação Engenheiro António de Almeida: Porto, Portugal.
- Eiras, J. C., Takemoto, R. M. e Pavanelli, G. C.** (2010). *Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil*. Clichetec, Maringá.
- Hermida, M., Cruz, C. e Saraiva A.** (2012). Distribution of *Hatschekia pagellibogneravei* (Copepoda: Hatschekiidae) on the gills of *Pagellus bogaraveo* (Teleostei:Sparidae) from Madeira, Portugal. *Folia Parasitologica* **59**, 148-152.
- Kritsky, D. C. e Thatcher, V. E.** (1984). Neotropical Monogenea. 6. Five new species of *Diplectanum* (Diplectanidae) from freshwater teleosts, *Plagioscion* spp. (Sciaenidae), in Brazil. *Proceedings of the Biological Society of Washington* **97**, 432-441.
- Kritsky D. C. e Boeger, W. A.** (2002). Neotropical Monogenoidea. 41: New and previously described species of Dactylogyridae (Platyhelminthes) from the gills of marine and freshwater perciform fishes (Teleostei) with proposal of a new genus and a hypothesis on phylogeny. *Zoosystema* **24**, 7-40.
- Le Roux, L. E., Avenant-Oldewage, A. e Walt, F. C.** (2011). Aspects of the ecology of *Cichlidogyrus philander* collected from *Pseudocrenilabrus philander philander* from the Padda Dam, Gauteng, South Africa. *African Zoology* **46**, 103-116.



- Lo C.M. e Morand, S.** (2001). Gill parasites of *Cephalopholis argus* (Teleostei: Serranidae) from Moorea (French Polynesia): site selection and coexistence. *Folia Parasitologica* **48**, 30–36.
- Luque, J.L. e Tavares, L. E. R.** (2007). Checklist of Copepoda associated with fishes from Brazil. *Zootaxa* **1579**, 1–39.
- Malta, J. C. O.** (1993). *Miracetyma etimaruya* gen. et sp. n. (Copepoda, Poecilostomatoida, Ergasilidae) from freshwater fishes of the Brazilian Amazon. *Acta Amazonica* **23**, 49-57.
- Morand, S., Poulin R., Rohde, K. e Hayward, C.** (1999). Aggregation and species coexistence of ectoparasites of marine fishes. *International Journal for Parasitology* **29**, 663-672.
- Muñoz G. e Cribb, T. H.** (2005). Infracommunity structure of parasites of *Hemigymnus elapterus* (Pisces: Labridae) from Lizard Island, Australia: the importance of habitat and parasite body size. *Journal of Parasitology* **91**, 38–44.
- Oliva, M. E. e Luque, J. L.** (1998). Distribution patterns of *Microcotyle nemadactylus* (Monogenea) on gill filaments of *Cheilodactylus variegatus* (Teleostei). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **93**, 477-478.
- Paling, J. E.** (1968). A method of estimating the relative volumes of water flowing over the different gills of a freshwater fish. *Journal of Experimental Biology* **48**, 533–544.
- Pavanelli, G. C., Eiras, J. C. e Takemoto, R. M.** (2008). Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento. 2 ed. Eduem: Maringá-PR.
- Ridley, M.** (2009). *Evolução*. Artmed Editora.
- Scott-Holland, T. B., Benn, S. M. e Benn, M. B.** (2006). Distribution of an asymmetrical copepod, *Hatschekia plectropomi*, on the gills of *Plectropomus leopardus*. *Journal Fish Biology* **68**, 222–235.
- Thatcher, V. E.** (1986). The parasitic crustaceans of fishes from the Brazilian Amazon, 16. *Amazonicopeus elongatus* gen. et sp. nov. (Copepoda: Poecilostomatoida) with the proposal of Amazonicopeidae fam. nov. and remarks on its pathogenicity. *Amazoniana* **10**, 49-56.
- Thatcher, V. E.** (2006). *Amazon Fish Parasites*. Aquatic Biodiversity in Latin America, Pensoft, Sofia-Moscow.
- Timi, J. T.** (2003). Habitat selection by *Lernanthropus cynoscicola* (Copepoda: Lernanthropidae): host as physical environment, a major determinant of niche restriction. *Parasitology* **127**, 155–163.

**Tombi, J., Nack, J. e Bilong-Bilong, C. F.** (2010). Spatial distribution of Monogenean and Myxosporidian gill parasites of *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Teleostei: Cyprinid): The role of intrinsic factors. *African Journal of Agricultural Research* **5**, 1662–1669.

**Turgut, E., Shinn, A. e Wotten, R.** (2006). Spatial distribution of *Dactylogyrus* (Monogenean) on the gills of the host fish. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **6**, 93-98.

**Zolovs, M., Deksne G., Daukste, J., Aizups, J. e Kirjušina, M.** (2015). Microhabitat preference and relationships between metazoan parasites on the gill apparatus of the European eel (*Anguilla anguilla*) from freshwaters of Latvia. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis* **15**, 241 – 249.

APÊNDICE B - Teste não paramétrico de variância Kruskal-Wallis (KW-H) para comparar a abundância de cada espécie de ectoparasita nos lados direito e esquerdo do aparato branquial de 20 espécimes de *Plagioscion squamosissimus* da bacia Amazônica (p= nível de significância).

Espécie de parasita	KW-H	p
<i>Euryhaliotrema thatcheri</i>	0,09	0,75
<i>Euryhaliotrema</i> sp.	0,07	0,78
<i>E. chaoi</i>	0,009	0,92
<i>E. succedaneus</i>	1,31	0,25
<i>E. potamocetes</i>	0,03	0,86
<i>E. lovejoyi</i>	0,87	0,35
<i>E. monacanthus</i>	0,51	0,47
<i>Diplectanum decorum</i>	1,29	0,25
<i>D. hilum</i>	0,42	0,51
<i>D. pescadae</i>	0,85	0,35
<i>D. gymnopeus</i>	0,38	0,53
<i>D. piscinarius</i>	0,03	0,86
<i>Aetheolabes</i> sp. *	-	-
<i>Anakohnia</i> sp.	0,16	0,68
<i>Miracetyma</i> sp.	0,46	0,49
<i>Vaigamus</i> sp.	0,02	0,86
<i>Therodamas elongatus</i>	3,09	0,07
<i>T. tamarae</i>	1,80	0,17

#### 4 TRÊS NOVAS ESPÉCIES DE MONOGENEA (PLATYHELMINTHES) PARASITAS BRANQUIAIS DE *PLAGIOSCION SQUAMOSISSIMUS* (SCIAENIDAE) DA BACIA AMAZÔNICA

##### RESUMO

*Euryhaliotrema* n. sp. (Dactylogyridae), *Aetheolabes* n. sp. (Diplectanidae) e *Anakohnia* n. sp. (Microcotylidae) são descritas parasitando brânquias de corvina de água doce, *Plagioscion squamosissimus* (Sciaenidae), coletadas do rio Tapajós, região de Santarém-PA. *Euryhaliotrema* n. sp. se assemelha à *E. chaoi* pelo formato da peça acessória e também porque ambas apresentam âncoras dorsais curvadas sobre a barra dorsal. Entretanto, essas espécies se diferenciam pela morfologia do órgão copulatório masculino (OCM). *Aetheolabes* n. sp. é a segunda espécie descrita para o gênero e se assemelha à espécie-tipo *A. goeldiensis* pela morfologia do haptor (em pinça). Porém, *Aetheolabes* n. sp. apresenta projeções em forma de espinhos por toda a extensão das barras dorsais, característica ausente em sua congênérica. *Anakohnia* n. sp. também é a segunda espécie descrita para o gênero e se assemelha à *A. brasiliiana* por apresentar haptor mais extenso do que o comprimento corporal e porque em ambas o átrio genital não possui espinhos. A principal característica que difere as duas espécies é a simetria do haptor em *A. brasiliiana* e a assimetria, com grampos de dois tamanhos distintos, em *Anakohnia* n. sp.

**Palavras-chave:** Amazônia; corvina; Dactylogyridae; ectoparasitas; rio Tapajós.

##### ABSTRACT

*Euryhaliotrema* n. sp. (Dactylogyridae), *Aetheolabes* n. sp. (Diplectanidae) and *Anakohnia* n. sp. (Microcotylidae) are described parasitizing *Plagioscion squamosissimus* (Sciaenidae) gills, collected from Tapajós river, region of Santarém-PA, Brazil. *Euryhaliotrema* n. sp. resembles *E. chaoi* by the accessory piece shape and because both presented curved dorsal anchors over dorsal bar. However, these species differs by the morphology of the male copulatory organ (MCO). *Aetheolabes* n. sp. is the second species described for the genus and resembles the type-species, *A. goeldiensis*, by haptor morphology (in tweezers). However, *Aetheolabes* n. sp. presents projections like spines throughout the extension of the dorsal bars, characteristic absent in its congeneric. *Anakohnia* n. sp. is also the second species described for the genus and resembles *A. brasiliiana* because it presents haptor more extensive than body length and because in both the genital atrium has no spines. The main characteristic that differs between those species is the haptor symmetry in *A. brasiliiana* and the asymmetry, with staples of two different sizes, in *Anakohnia* n. sp.

**Keywords:** Amazonian; white croaker; Dactylogyridae; ectoparasites; Tapajós river.

## 4.1 INTRODUÇÃO

*Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Sciaenidae), popularmente conhecida por corvina, pescada branca ou corvina prata, é uma espécie endêmica da bacia Amazônica. É considerada piscívora (Hahn et al., 2004; Stefani; Rocha, 2009), mas que também pode consumir outros alimentos, incluindo insetos aquáticos, crustáceos e plantas (Goulding; Ferreira, 1984). Essa espécie fornece componentes funcionais básicos na cadeia alimentar (Barthem, 1985) e apresenta grande importância econômica para a pesca na região amazônica.

Dentre os parasitas branquiais de *P. squamosissimus*, estão registradas dez espécies de monogenéticos, divididas em dois gêneros: *Diplectanum* (*Diplectanum decorum*, *D. gymnopus*, *D. pescadae* e *D. piscinarius*) e *Euryhaliotrema* (*Euryhaliotrema chaoi*, *E. lovejoyi*, *E. monacanthus*, *E. potamocetes*, *E. succedaneus* e *E. thatcheri*) (Thatcher, 2006; Cohen et al., 2013).

Nesse contexto, são apresentadas três novas espécies de monogenéticos parasitando *P. squamosissimus*, e que pertencem aos gêneros *Euryhaliotrema*, *Aetheolabes* e *Anakhonia*. Além disso, é também proposta uma chave de identificação morfológica para os monogenéticos parasitas de brânquias de *P. squamosissimus*.

## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os espécimes de *Plagioscion squamosissimus* (n=20) foram coletados no rio Tapajós (02° 19' 57,4" S – 54° 53' 45,3"O), na região de Santarém-PA, em janeiro de 2016, em parceria com a Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), autorizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA/SISBIO n° 44268-5).

As técnicas de coleta, eutanásia e necropsia empregadas foram realizadas conforme as orientações do AVMA (2013) e com aprovação do comitê de ética da UNIFESP (CEUA n° 92090802140), conforme a Lei Federal 11794/2008. Os hospedeiros tiveram suas brânquias removidas para investigação parasitológica.

As brânquias extraídas foram colocadas em formalina 1: 4.000. Posteriormente, foi adicionada formalina comercial até obter a concentração aproximada de 5% para a fixação das brânquias e dos parasitas. Após a análise sob microscópio estereoscópico e remoção

dos parasitas, os espécimes de monogenéticos foram montados em meio Hoyer para visualização das estruturas esclerotizadas (Eiras et al., 2006).

Espécimes representativos dos parasitas foram medidos em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) com o auxílio de ocular micrométrica, a média é seguida da amplitude e do número de espécimes medidos (n) entre parênteses. As ilustrações foram feitas com a utilização de uma câmara clara acoplada a um microscópio óptico NIKON (Eclipse E200). Posteriormente, os desenhos foram digitalizados e montados utilizando o programa InkScape 0.91.

O holótipo e os parátipos serão depositados na Coleção Helmintológica do Instituto Oswaldo Cruz (CHIOC), Rio de Janeiro, Brasil. Os epítetos específicos de cada espécie descrita serão apresentados na versão a ser submetida à revista, pois de acordo com o Art. 8 (Apêndice B) do Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN, 1999), este trabalho não é considerado uma publicação formal, sendo aqui tratados como *Euryhaliotrema* sp. n.; *Aetheolabes* sp. n. e *Anakhonia* sp. n.

### 4.3 RESULTADOS

Monogenea (Van Beneden, 1858)

Dactylogyridea Bychowsky, 1933

Dactylogyridae Bychowsky, 1933

*Euryhaliotrema* Kritsky & Boeger, 2002

Espécie-tipo: *E. chaoi*, parasita de *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840)

(Sciaenidae)

#### 4.3.1 *Euryhaliotrema* sp. n. (Fig. 1 - 11)

**Localização:** rio Tapajós (02° 19' 57,4" S – 54° 53' 45,3" O)

**Hospedeiro-tipo:** *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840)

**Sítio de infestação:** brânquias

**Prevalência:** 75%

**Intensidade Média:** 4,6 parasitas por hospedeiro

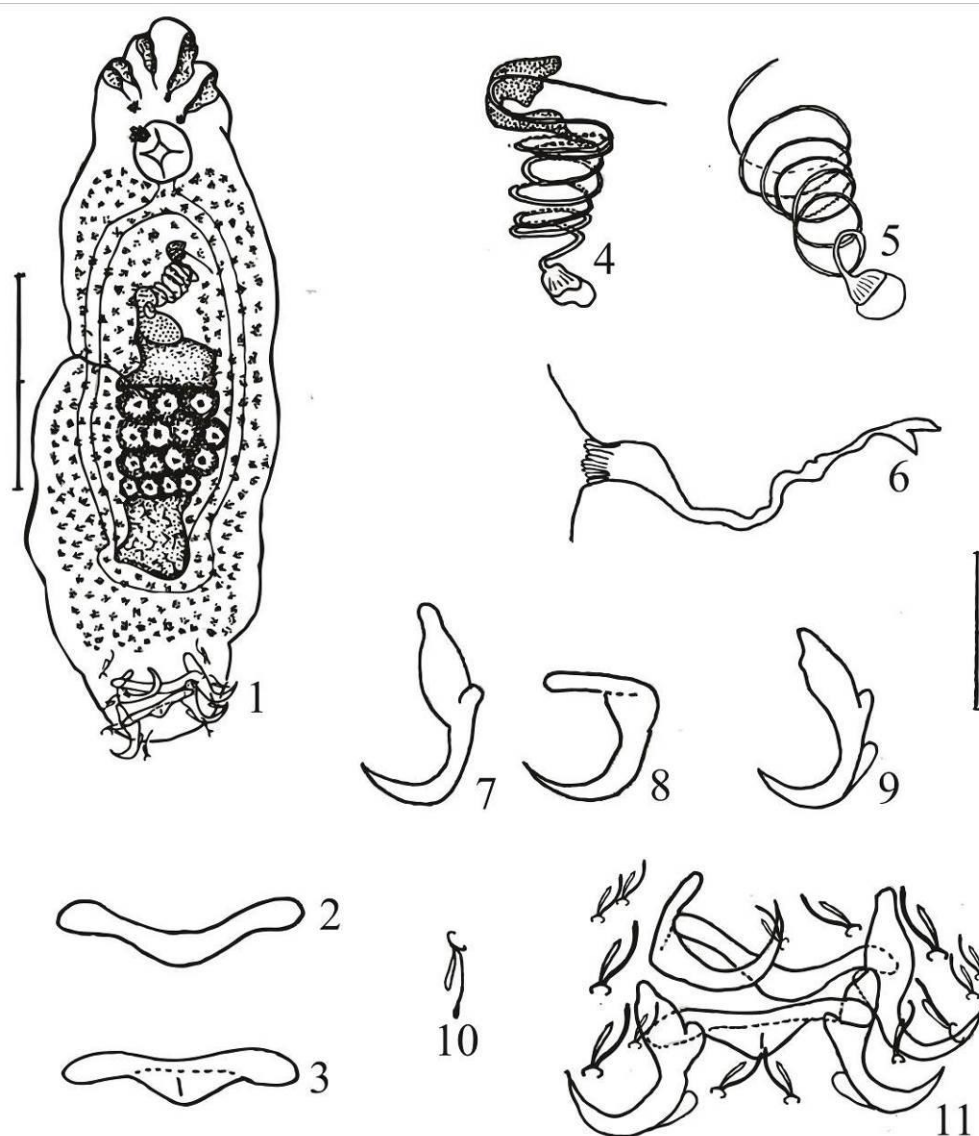
**Espécimes depositados:** Holótipo CHIOC XXX, Parátipos CHIOC XXX

**Descrição.** (Baseada em 10 espécimes). Corpo alongado, achatado dorsoventralmente, 305 (224-390; n=8) comprimento; 146 (116-182; n=9) largura máxima; composto por região cefálica, tronco, pedúnculo e haptor. Tegumento liso. Quatro lobos cefálicos lobos com órgãos cefálicos visíveis e que se sobrepõem. Dois pares de ocelos, o par posterior é maior do que o anterior, os grânulos são ovais e ficam dispersos pela região cefálica. Faringe esférica, 22 (15-27; n=9) diâmetro; esôfago curto e cecos intestinais pouco visíveis. Pedúnculo curto, haptor globular, 61 (47-77; n=8) comprimento e 81 (68-97; n=8) largura. Âncoras ventrais e dorsais de tamanho semelhante; âncora dorsal, 27 (21-34; n=10) comprimento e 21 (17-25; n=8) largura, raiz superficial alongada e afilada na extremidade, inclinada ao redor da barra dorsal; filamento não visualizado, lâmina curta e curvada até a altura da base. Âncora ventral, 24 (21-27; n=10) comprimento e 23 (20-27; n=8) largura, com raiz superficial alongada e irregular, raiz profunda estreita, com filamento, lâmina curta, com ponta curvada. Barra ventral, 42 (35-49; n=10), alongada e curvada no centro. Barra dorsal, 34 (28-38; n=9) comprimento, ligeiramente curvada, dilatada nas extremidades e com uma saliência em forma escudo originado da margem posterior. Sete pares de ganchos distribuídos como os demais Ancyrocephalinae, 13 (11-15; n=10) comprimento, com haste mais espessa na extremidade, filamento do gancho se estende a aproximadamente 2/3 do comprimento da haste. Complexo copulatório, 46 (35-61; n=9) comprimento e 23 (19-31; n=9) largura, composto por órgão copulatório masculino (OCM) afilado e em espiral, com seis voltas e meia no sentido anti-horário a partir da base; peça acessória, 17 (15-25; n=9) comprimento e 10 (8-13; n=9), em formato de J invertido, alargada na extremidade anterior, ligamento copulatório ausente. Testículo, 42 (34-63; n=7) comprimento e 31 (25-39; n=7) largura, parcialmente sobreposto pelo ovário, 74 (51-100; n=8) comprimento e 40 (34-46; n=8) largura. Vagina, 15 (12-18; n=7) pouco esclerotizada, com abertura dextral e marginal, em forma de funil. Ovo não observado. Vitelária densa, distribuída por todo o tronco.

**Comentários.** *Euryhaliotrema* n. sp. apresenta a base do órgão copulatório masculino (OCM) expandida em forma de bulbo, uma sinapomorfia do gênero (Kritsky; Boeger, 2002). Outras seis espécies congênicas também são parasitas de *P. squamosissimus*, das quais a que mais se aproxima é *E. chaoi*, pelo formato da peça acessória, porque ambas

possuem âncora dorsal com raiz superficial dobrada sobre a barra dorsal e também porque há uma saliência em forma de escudo nas barras dorsais de ambas as espécies. Entretanto, *E. chaoi* e *Euryhaliotrema* n. sp. se diferem pelo tamanho e pelas espirais do OCM. A raiz superficial das âncoras dorsais com curvatura sobre a barra é uma característica que também está presente em *E. thatcheri*, mas as espécies se diferem pelo formato da barra ventral, que possui uma protuberância semelhante a um escudo em *E. thatcheri* que não existe em *Euryhaliotrema* n. sp, bem como pelo comprimento e espirais do OCM e também pelo comprimento da vagina. Outra espécie que apresenta características semelhantes à *Euryhaliotrema* n. sp. é *E. potamocetes*, pois ambas apresentam OCM alongado e com espirais de diâmetro semelhante e em um sentido só, porém o número de voltas é diferente em cada espécie, duas voltas e meia em *E. potamocetes* e seis voltas e meia em *Euryhaliotrema* sp. n. Além disso, as âncoras dorsais de *E. potamocetes* não são curvadas sobre a barra, como ocorre em *Euryhaliotrema* sp. n.





**Figuras 1 – 11:** *Euryhaliotrema* n. sp.; **1.** Desenho composto, vista ventral. **2.** Barra ventral. **3.** Barra dorsal. **4.** Complexo copulatório com peça acessória. **5.** OCM. **6.** Vagina; **7 e 8.** Âncora dorsal. **9.** Âncora ventral. **10.** Gancho. **11.** Haptor. Escala: **1.** 50  $\mu$ m; **2-11.** 25  $\mu$ m.

Monogenea (Van Beneden, 1858)

Dactylogyridea Bychowsky, 1933

Diplectanidae Monticelli, 1903

*Aetheolabes* Boeger & Kritsky, 2009

Espécie-tipo: *A. goeldiensis*, parasita de *Plagioscion* sp. (Heckel, 1840) (Sciaenidae)

#### 4.3.2 *Aetheolabes* sp. n. (Fig. 12 - 19)

**Localização:** rio Tapajós (02° 19' 57,4" S – 54° 53' 45,3" O)

**Hospedeiro-tipo:** *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840)

**Sítio de infecção:** brânquias

**Prevalência:** 5%

**Intensidade Média:** 1 parasita por hospedeiro

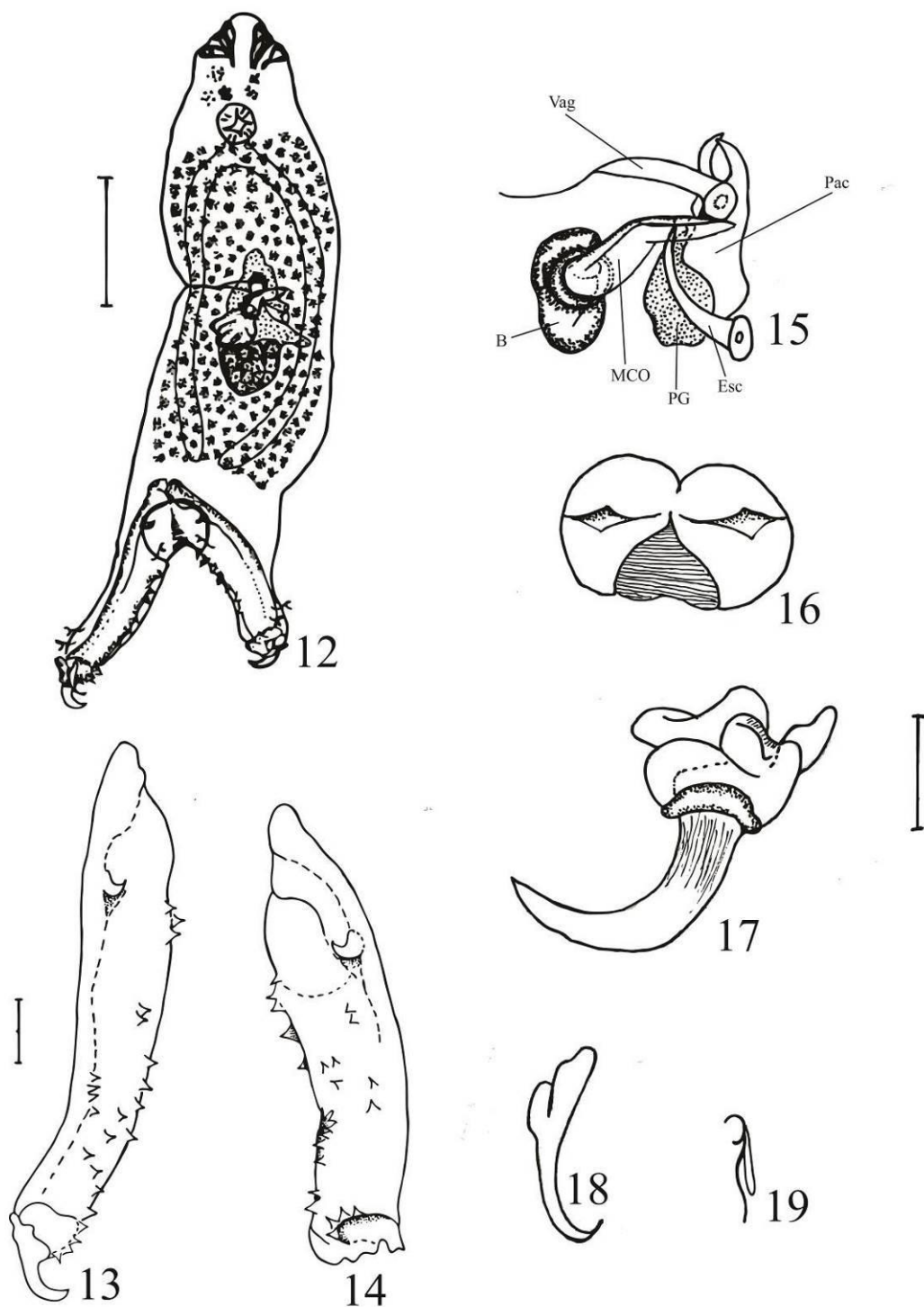
**Espécimes depositados:** Holótipo CHIOC XXX, Parátipos CHIOC XXX

**Descrição.** (Baseada em 1 espécime<sup>1</sup>). Corpo alongado, achatado dorsoventralmente, (1253; n=1) comprimento e (348; n=1) largura; composto por região cefálica, tronco, pedúnculo e haptor. Tegumento liso; lobos e órgãos cefálicos pouco desenvolvidos. Dois pares de ocelos, com grânulos pequenos e dispersos. Faringe bulbosa e muscular, (92; n=1). Esôfago e cecos intestinais pouco visíveis. Haptor, (465; n=1) comprimento e (348; n=1) largura, em formato de pinça. Âncora ventral robusta, (90; n=1) comprimento e (40; n=1) largura, com raiz superficial em forma de punho e com ranhuras na base da lâmina. Âncora dorsal estreita, (52; n=1) comprimento e (39; n=1) largura, com raiz superficial menor do que o comprimento da lâmina. Barra ventral em forma de disco, com uma abertura terminal, (154; n=1) comprimento. Barras dorsais simétricas, alongadas, com forma de lâmina, mais espessas na margem externa e com protuberâncias parecidas com espinhos ou acúleos em toda a margem interna (**Figuras 13 e 14**), (465; n=1) comprimento. Sete pares de ganchos semelhantes, 22 (19-23; n=4) comprimento, com haste afilada e filamento do gancho se estendendo até aproximadamente 2/3 do

<sup>1</sup> Nos 20 hospedeiros analisados foi encontrado apenas um espécime de *Aetheolabes* n. sp., por isso não há valores de média, máximo e mínimo. O valor entre parêntesis é referente à mensuração (em µm) do indivíduo analisado.

comprimento da haste. Gônadas sobrepostas, testículo (80, n=1) comprimento e (46, n=1) largura; ovário (220; n=1) comprimento e (136; n=1) largura. Complexo copulatório situado na região central do corpo, vagina alongada, coniforme e pouco esclerotizada, (38; n=1) comprimento, com abertura dextral. OCM alongado e em forma de funil, (36; n=1) comprimento; peça acessória com extremidade anterior em forma de pinça, (52; n=1) comprimento e (22; n=1) largura. Ovo não observado. Vitelária densa e dispersa por toda o tronco.

**Comentários.** *Aetheolabes* n. sp. se assemelha à sua congênica *A. goeldiensis* pelo formato do haptor que não possui esquamodiscos, estrutura comum em Diplectanídeos. Em ambas espécies, as barras têm angulação de aproximadamente 180° em relação ao comprimento corporal, o que também difere dos demais membros da família, que possuem barras com 90° em relação ao tronco, formando um “T” invertido. A localização central do complexo copulatório no tronco e as estruturas que o compõem também são semelhantes em ambas as espécies. O formato das âncoras ventrais em ambas se assemelha, mas as âncoras dorsais são diferentes, pois a raiz superficial de *Aetheolabes* n. sp. é mais desenvolvida do que a de *A. goeldiensis*. Em relação às barras, a barra ventral de *A. goeldiensis* é mais estreita e menos globosa do que *Aetheolabes* n. sp. A diferença mais significativa entre as duas espécies está na presença de saliências em forma de espinhos ou acúleos distribuídos na margem interna de ambas as barras dorsais em *Aetheolabes* n. sp., o que não ocorre para *A. goeldiensis*, que apresenta barras lisas. Ambas são parasitas de peixes do gênero *Plagioscion*, mas *A. goeldiensis* não tem registro para *P. squamosissimus*.



**Figuras 12–19.** *Aetheolabes* n. sp. **12.** Indivíduo em vista ventral. **13** Barra dorsal (com âncora) **14.** Barra dorsal (sem âncora). **15.**Complexo copulatório. Vag. vagina; Pac. peça acessória; MCO. órgão copulatório masculino; B. base do COM; PG. poro genital; Esc. esclerito da peça acessória. **16.** Barra ventral. **17.** Âncora ventral. **18.** Âncora dorsal. **19.** Gancho. Escalas: **12.** 250  $\mu$ m; **13-14.** 50  $\mu$ m; **15-19.** 25  $\mu$ m.

Monogenea (Van Beneden, 1858)  
 Heteronchoinea Boeger & Kritsky, 2002  
 Oligonchoinea Bychowsky, 1937  
 Microcotylidae Taschenberg, 1879

*Anakohnia* Bravo-Hollis, 1986

Espécie-tipo: *A. brasiliensis*, parasita de *Centropomus paralellus* (Heckel, 1840)  
 (Sciaenidae)

#### 4.3.3 *Anakohnia* sp. n. (Fig. 20- 26)

**Localização:** rio Tapajós (02° 19' 57,4" S – 54° 53' 45,3"O)

**Hospedeiro-tipo:** *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840)

**Sítio de infecção:** brânquias

**Prevalência:** 5%

**Intensidade Média:** 1 parasita por hospedeiro

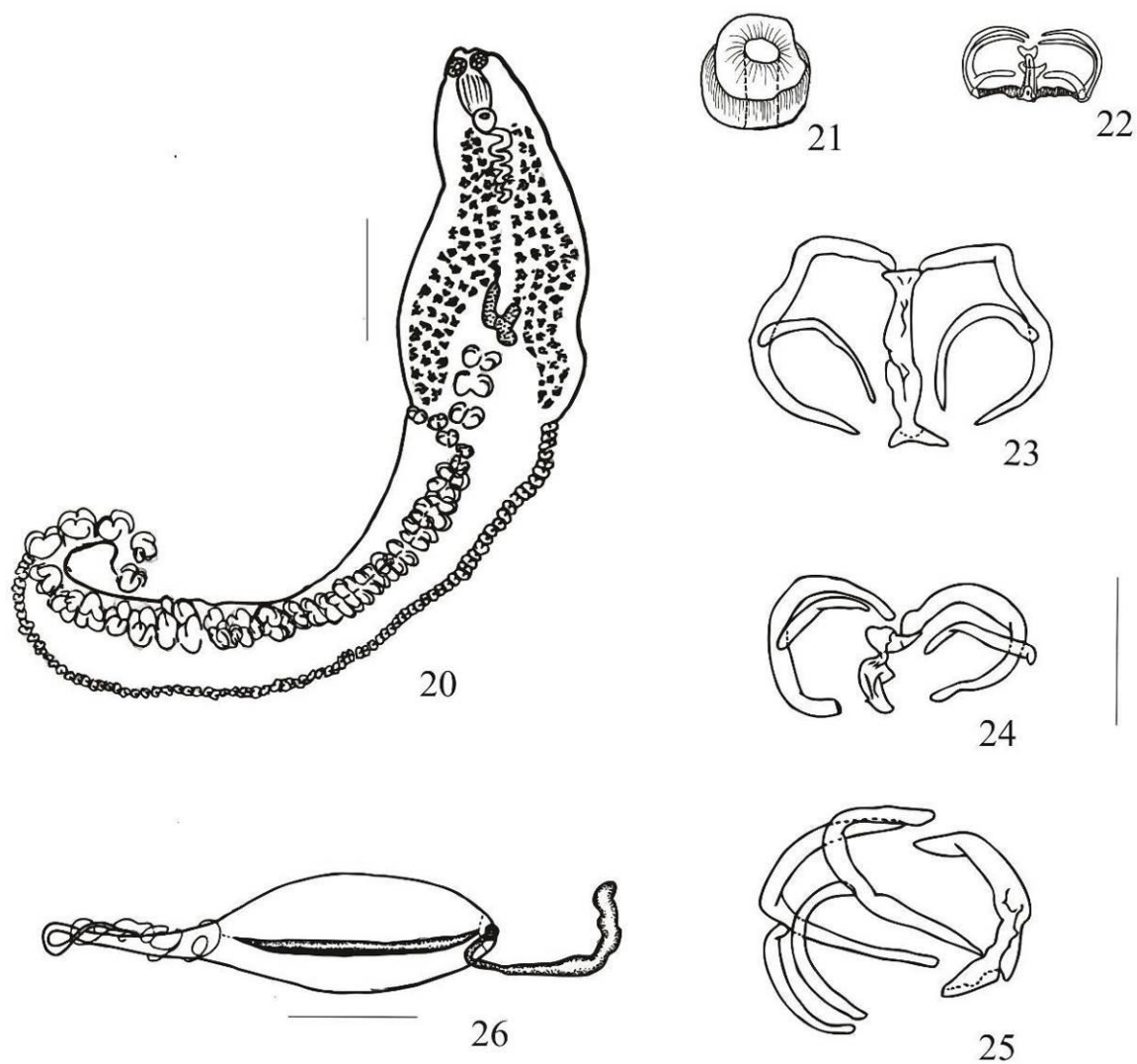
**Espécimes depositados:** Holótipo CHIOC XXX, Parátipos CHIOC XXX

**Descrição.** (Baseada em 9 espécimes). Corpo alongado e robusto<sup>2</sup>; 573 (499-645; n=7) largura, formado por região cefálica, tronco e haptor. Âncoras, barras e ganchos não observados. Ventosas orais musculares, 65 (54-72; n=7) diâmetro; faringe estriada, 113 (98-144) diâmetro, com abertura bucal próxima às ventosas orais. Esôfago alongado, 179 (102-238; n=5) comprimento. Complexo copulatório alongado e enovelado, 401 (348-456; n=5); átrio genital sem espinhos, 55 (32-80; n=6) diâmetro; bulbo genital 95 (86-104; n=6) diâmetro. Ovário alongado e sinuoso, 246 (210-278; n=5) comprimento e 93 (58-150; n=5) largura, sobreposto aos testículos, não mensurado. Haptor assimétrico, medindo ao menos mais de duas vezes o comprimento do tronco e região cefálica, 3211 (2475-4014; n=5) comprimento e 614 (520-749; n=4) maior largura. Dois tipos de grampos estão presentes no haptor; grampo maior, 249 (199-290; n=9) diâmetro quando fechado; grampo menor, 126 (108-141; n=9) diâmetro quando fechado. O diâmetro dos grampos menores aumenta ligeiramente conforme a distância da base do haptor. Órgãos e ganchos larvais não

<sup>2</sup> Os indivíduos observados foram danificados durante o processo de triagem e montagem de lâminas; as medidas do comprimento corporal total e do haptor se referem a indivíduos que não estavam inteiros.

observados. Ovo afilado, com filamento terminal enovelado em ambas as extremidades, observado em apenas um indivíduo, (481; n=1) comprimento e (99; n=1) largura. Vitelária densa e distribuída em duas regiões paralelas ao comprimento corporal.

**Comentários.** *Anakohnia* n. sp. se assemelha a sua congênica e única espécie descrita para o gênero até então, *Anakohnia brasiliiana*. Ambas espécies apresentam haptor com extensão maior do que o comprimento corporal (região cefálica e tronco) e em ambas o átrio genital não apresenta espinhos. Entretanto, *Anakohnia* n. sp. apresenta haptor assimétrico, com grampos de dois tamanhos distintos, enquanto o haptor de *A. brasiliiana* é simétrico e apresenta grampos de tamanho único. Além disso, as ventosas orais de *Anakohnia* sp. n. não são segmentadas, diferente de *A. brasiliiana*. Os hospedeiros das duas espécies também são diferentes, *A. brasiliiana* foi registrada nas brânquias de um peixe marinho, *Centropomus paralellus* (Centropomidae), enquanto *Anakohnia* n. sp. foi encontrada em *Plagioscion squamosissimus* (Sciaenidae), a corvina de água doce.



**Figuras 20-26.** *Anakohnia* n. sp. **20.** Indivíduo em vista ventral. **21.** Átrio genital. **22.** Grampo menor. **23-25.** Grampo maior (**23.** Aberto; **24.** Fechado; **25.** Fechado em posição lateral). **26.** Ovo. Escalas: **20.** 500  $\mu$ m; **21-25.** 50  $\mu$ m; **26.** 100  $\mu$ m.

#### 4.3.4 Identificação para Monogenea de *Plagioscion squamosissimus*:

##### Chave para gêneros:

- 1a. Comprimento corporal abaixo de 1mm. . . . . 3
- 1b. Comprimento corporal acima de 1mm . . . . . 2
- 2a. Haptor com dois pares de âncoras; barra dorsal em forma de disco; barras ventrais bastante desenvolvidas em forma de pinça . . . . . *Aetheolabes*
- 2b. Haptor sem âncoras nem barras; pinças por todo a extensão marginal do haptor, com dois tamanhos distintos . . . . . *Anakohnia*
- 3a. Presença de esquamodiscos na região do pedúnculo. . . . . *Diplectanum*
- 3b. Haptor composto por dois pares de âncoras e duas barras, base do órgão copulatório em forma de bulbo . . . . . *Euryhaliotrema*

##### Chave para o gênero *Euryhaliotrema*

- 1a. Órgão copulatório masculino (OCM) ondulado sem voltas completas . . . . . 5
- 1b. OCM enrolado em espiral no sentido anti-horário . . . . . 2
- 2a. Peça acessória não articulada com a base do OCM . . . . . 3
- 2b. Peça acessória articulada com a base do OCM, que tem duas voltas e meia; raiz superficial da âncora dorsal não curvada sob a barra dorsal, barra ventral reta (sem curvatura) . . . . . *Euryhaliotrema potamocetes*
- 3a. Âncoras e barra dorsais ausentes; âncora ventral bem desenvolvida com raiz superficial sem dobra; barra ventral alongada e sem curvatura . . . . . *E. monacanthus*
- 3b. Âncoras dorsais com raiz superficial curvada sobre a barra ventral. . . . . 4
- 4a. Barra ventral curvada em V, com saliência na região marginal posterior; OCM em espiral solta, com duas voltas e meia. . . . . *E. thatcheri*
- 4b. Barra ventral ligeiramente curvada e OCM em espiral comprimida com seis voltas e meia . . . . . *Euryhaliortema* sp. n.
- 5a. Âncora dorsal com raiz superficial não curvada sobre a barra dorsal . . . . . 6
- 5b. Âncora dorsal dobrada sob a barra; barra ventral sem curvatura; OCM alongado, ocupando aproximadamente 1/4 do comprimento corporal, com sete ondulações e uma volta completa próximo à região da peça acessória . . . . . *E. chaoi*
- 6a. Barra ventral sem curvatura e sem saliência, OCM curto em forma de gancho, com tamanho aproximadamente igual ao da peça acessória . . . . . *E. lovejoyi*



6b. Barra ventral curvada e com saliência terminal em forma de escudo, OCM alongado e solto, sem voltas completas, peça acessória em forma de pinça, comprimento corporal acima de 650  $\mu\text{m}$  . . . . . *E. succedaneus*

**Chave para *Diplectanum***

- 1a. Órgão copulatório masculino (OCM) alongado . . . . . 4
- 1b. OCM curto e barra dorsal arqueada . . . . . 2
- 2a. OCM em forma de funil . . . . . 3
- 2b. OCM em forma de & e vagina próxima à região marginal do corpo, pequena e em forma de u . . . . . *Diplectanum pescadae*
- 3a. OCM curvado na região distal, vagina estreita e em forma de âncora . . . . . *D. hilum*
- 3b. OCM sem curvatura e com um filamento na lateral, vagina pequena e em forma de H ou X . . . . . *D. piscinarius*
- 4a. OCM muito extenso, com aproximadamente 1/5 do comprimento corporal total, barra dorsal reta e vagina globosa . . . . . *D. gymnopeus*
- 4b. Barra dorsal com curvatura de aproximadamente 45°, vagina em forma de W . . . . .  
 . . . . . *D. decorum*

## REFERÊNCIAS

AVMA – American Veterinary Medical Association. AVMA. (2013). Animal Welfare Principles. Disponível em: [http://www.avma.org/issues/policy/animal\\_welfare](http://www.avma.org/issues/policy/animal_welfare).

Barthem, R. B. (1985) Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da Baía de Marajó, Estuário Amazônico. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Zoologia*, 2, 49-69.

Boeger, W. A.; Kritsky, D. C. (2009) Neotropical Monogenoidea. 54. Proposal of *Aetheolabes* n. g. (Dactylogyridae: Diplectanidae), with the description of *A. goeldiensis* n. sp. from the gills of ‘pescada’ *Plagioscion* sp. (Teleostei: Sciaenidae) in Brazil. *Systematic Parasitology*, 74, 137-142.

Bravo-Hollis, M. (1986). Sobre una subfamilia, género y 4 especies nuevos de un microcotilido de las branquias de un pez marino *Centropomus paralellus*, de Brasil. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Série Zoología*, 56, 671-682.

Cohen, S., Justo, M. & Kohn, A. (2013) *South American Monogenoidea parasites of fishes, amphibians and reptiles*. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Eiras, J. C., Takemoto, R. M. e Pavanelli, G. C. (2006). *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. Editora da Universidade Estadual de Maringá: Maringá.

Goulding, M. & Ferreira, E. G. J. (1984) Shrimp-eating fishes and a case of prey-switching in Amazon rivers. *Revista Brasileira de Zoologia*, 2, 85-97.

Hahn, N. S., Fugi, R. & Andrian, I.F. (2004) Trophic ecology of the fish assemblages. In: Thomaz, S.M., Agostinho, A.A. & Hahn, N.S. (Ed.). *The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers.

Kritsky, D. C. & Boeger, W. A. (2002) Neotropical Monogenoidea. 41: New and previously described species of Dactylogyridae (Platyhelminthes) from the gills of marine and freshwater perciform fishes (Teleostei) with proposal of a new genus and a hypothesis on phylogeny. *Zoosystema* (France), 24 (1), 7-24.

Stefani, P. M. & Rocha, O. (2009) Diet composition of *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), a fish introduced into the Tietê river system. *Brazilian Journal of Biology*, 69, 805-812.

Thatcher, V.E. (2006) *Amazon Fish Parasites*. Aquatic Biodiversity in Latin America, Pensoft, Sofia-Moscow.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Parasitas, seus hospedeiros e o ambiente que os cercam formam uma tríade que amplia as possibilidades de interpretação da diversidade biológica e das análises ecológicas. Ao considerar a diversidade de parasitas em uma espécie de hospedeiro, é possível perceber que há variações devidas à individualidade de cada espécime de peixe, que oferecem, portanto, considerável heterogeneidade enquanto *habitats*.

Outro fator que pode ser considerado fonte de heterogeneidade de *habitat* para a ocupação de parasitas consiste nos locais específicos do corpo do hospedeiro em que essas espécies se encontram. Como foi proposto aqui, as espécies de ectoparasitas branquiais, por exemplo, apresentam ocupação distinta nos arcos, segmentos e regiões das brânquias de seus hospedeiros. Dessa forma, a preferência por microhabitats se deve a características físicas do próprio microhabitat, a morfologia das estruturas de fixação dos parasitas, às necessidades fisiológicas de cada espécie e também à influência que as espécies exercem umas sobre as outras, tanto positiva quanto negativamente.

Ecossistemas aquáticos neotropicais, tais como a bacia amazônica, são conhecidos por sua elevada biodiversidade e, se tratando de parasitas de peixes, muitas espécies ainda estão no processo de descrição. Acerca dessa biodiversidade, foram propostas três novas espécies de monogenéticos parasitas de brânquias de *Plagioscion squamosissimus*, pertencentes aos gêneros *Euryhaliotrema*, *Aetheolabes* e *Anakohnia*, todos dactilogirídeos.

Mediante o exposto, as relações ecológicas entre parasitas e seus hospedeiros ainda são pouco exploradas, o que se deve principalmente ao fato de que os parasitas ainda são, quando comparados aos organismos de vida livre, pouco estudados e conhecidos.