

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - CAMPUS DE BOTUCATU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

**BIODIVERSIDADE DOS METAZOÁRIOS PARASITOS DAS ESPÉCIES
DOMINANTES DE PEIXES SILURIFORMES DO RIO BATALHA,
MÉDIO RIO TIETÊ, SÃO PAULO, BRASIL**

Larissa Sbeghen Pelegrini

Botucatu, SP

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - CAMPUS DE BOTUCATU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

**BIODIVERSIDADE DOS METAZOÁRIOS PARASITOS DAS ESPÉCIES
DOMINANTES DE PEIXES SILURIFORMES DO RIO BATALHA,
MÉDIO RIO TIETÊ, SÃO PAULO, BRASIL**

Larissa Sbeghen Pelegrini

Orientadora: Vanessa Doro Abdallah Kozlowiski, Dra.

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu - SP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas – área de concentração Zoologia.

Botucatu, SP

2018

As referências do presente trabalho foram elaboradas de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT/NBR 6023, e citações de acordo com ABNT/NBR 10520.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Pelegrini, Larissa Sbeghen.

Biodiversidade dos metazoários parasitos das espécies dominantes de peixes Siluriformes do rio Batalha, médio rio Tietê, São Paulo, Brasil / Larissa Sbeghen Pelegrini. -Botucatu, 2018

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Vanessa Doro Abdallah Kozlowiski

Capes: 20405006

1. Peixe - Parasito. 2. Bagre (Peixe). 3.Biodiversidade. 4. Bacias hidrográficas. 5. Tietê, Rio, Bacia (SP).

Palavras-chave: bacia hidrográfica do Tietê-Batalha; diversidade de parasitos; ordem Siluriformes; parasitos de peixes; rio Batalha.

"Soñar el sueño imposible.
Sufrir la angustia implacable.
Pisar donde los bravos no osan.
Notar el mal irreparable.
Amar un amor casto a la distancia.
Enfrentar el enemigo invencible.
Intentar cuando las fuerzas se desvanecen.
Alcanzar la estrella inatingible:
esa es mi búsqueda..."

Cervantes

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Dona Sonia M. Sbeghen Pelegrini, minha mãe, a qual eu devo a vida, o exemplo e a força do dia a dia;

Ao meu filhote, Luigi, por ser a principal alegria da vida da mamãe. Não sei se este mundo é bom, mas ele está melhor, desde que você chegou, amo você incondicionalmente;

À minha orientadora, profa. Dra. Vanessa Doro Abdallah, que compartilhou de seus conhecimentos, seu tempo e principalmente, de sua paciência para que este trabalho fosse realizado. Muito obrigada por todo apoio, amizade e discussões, foram anos preciosos de aprendizado e crescimento pessoal e profissional;

Ao prof. Dr. Rodney Kozlowiski de Azevedo, pelo companheirismo, ensinamentos, paciência e amizade de todos estes anos no LABICTIO da USC – Bauru. Minha gratidão será eterna;

Ao prof. Dr. Reinaldo J. da Silva, da UNESP de Botucatu, por ter me indicado à minha orientadora, e ter cedido o espaço para as nossas análises moleculares em seu laboratório, muito obrigada;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa concedida;

Ao prof. Dr. Cláudio Henrique Zawadzki, da UEM – PR, pelo auxílio na identificação dos loricarídeos estudados;

Ao prof. Dr. Ricardo Massato Takemoto, da UEM – PR, pelo auxílio na identificação dos trematódeos digenéticos encontrados;

Ao prof. Dr. Rogério Tubino Vianna, da FURG – RS, pelo auxílio na identificação dos monogenéticos da família Gyrodactylidae;

Ao prof. Dr. Gerardo Pérez-Ponce de León, da UNAM – México, pelo auxílio na identificação e descrição dos digenéticos da família Diplostomidae;

Ao Me. Rafael Eiji Iwama, da USP – SP, pelo auxílio na identificação dos hirudíneos encontrados;

Aos profs. Dr. José Celso Malta e Dra. Angela Varella, do INPA – AM, por me ensinarem a trilhar os primeiros passos na Ictioparasitologia durante o mestrado. Carinho e gratidão eternos por vocês;

À profa. Dra. Rosana Rossi Ferreira, da UNESP de Bauru, a qual me fez despertar o interesse pela parasitologia, durante a graduação. Muito obrigada pela confiança e aprendizado até hoje;

Ao prof. Dr. Renato Pirani Ghilardi, da UNESP de Bauru, obrigada pela amizade, pelas piadas e pelo espaço emprestado no Lapalma para redigir a tese;

Às profas. Dra. Lidiane Franceschini e Dra. Fernanda Dotti do Prado pelas contribuições imensuráveis durante a correção da pré tese;

À Universidade do Sagrado Coração – USC Bauru, junto a pró Reitoria de Pós-Graduação, por ter me permitido a utilizar o espaço da universidade para a realização deste trabalho;

À Central de Laboratórios de Ciência e Tecnologia Ambiental da USC pelo espaço concedido;

À Maira C. Rondina Couto, técnica de laboratório da USC, pela confecção das lâminas de histologia;

Ao Centro de Microscopia Eletrônica da UNESP de Botucatu, pelos serviços prestados em microscopia de varredura e confocal;

Ao Departamento de Água e Esgoto de Bauru – DAE por nos ter concedido auxílio durante as coletas na lagoa de captação de água;

Ao meu querido amigo Diego Vieira, pelo auxílio na execução das análises moleculares;

Ao Lucas Leite, meu amigo, querido, parceiro, companheiro de laboratório, de alegrias e lágrimas, não teria conseguido sem você, mon’amour;

À minha amiga Thayana, por ter me auxiliado nesta reta final nas necropsias, preparação de lâminas, vetorização e nas análises ecológicas. Muito amor e gratidão por sua dedicação e parceria;

Aos meus amigos queridos e companheiros do LABICTIO da USC Beatriz, Thaissa, Lucia, Débora, Rodrigo, Vinicius, Kerolaine, Regiane e em particular Karina, Felipe, Patricia e Guilherme, por terem me auxiliado nas necropsias e análises. Não cabe em mim tamanha gratidão a vocês;

Aos meus amigos queridos de Botucatu do Laboratório de Parasitologia de Animais Silvestres – LAPAS, em especial à Lidiane, Mariana, Maria Isabel, Diego e Karina, por todo auxílio prestado, obrigada pelo carinho e amizade, sempre;

Aos meus amigos e companheiros de “corredor” da Central de Laboratórios de Ciência e Tecnologia Ambiental da USC, em especial à Jéssica, Letícia, Gabriel, Tamires, Rafael,

Marina, Alan, Daniel e Renan, obrigada por estes anos de parceria, amizade, cervejas e risadas;

A toda minha família que, de certa forma, sempre esteve me apoiando e torcendo, de perto ou de longe, para que este trabalho fosse concluído, muito obrigada, amo vocês;

Aos meus amigos de ontem, hoje e sempre, de perto ou de longe, cuja lista será preservada para não se estender ainda mais estes agradecimentos, e para que não ocorra injustiças...muito obrigada, com muito amor.

Ao Eduardo Aímola Neto, que embora tenha surgido na minha vida somente no fim destes longos quatro anos de doutorado, foi essencial para que esses últimos dias fossem mais leves. Amo você, vidinha!

Por fim, a todas as pessoas que de certo modo estiveram presentes e testemunharam esta longa caminhada, auxiliando de alguma maneira, muito obrigada!

Dedicatória

Este trabalho é dedicado à toda a minha família, em especial à minha mãe, principal apoio da minha vida, ao meu pai, que me guarda das estrelas, e ao meu filho, principal motivo deste sorriso e desta caminhada.

Amo vocês.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUÇÃO GERAL	5
A diversidade parasitária nos ambientes de água doce neotropicais.....	5
A área de estudo: o rio Batalha.....	7
Os hospedeiros estudados: a ordem Siluriformes Cuvier, 1816.....	11
Família Loricariidae Rafinesque, 1815.....	12
Família Callichthyidae Bonaparte, 1835.....	13
Família Heptapteridae Gill, 1861.....	14
Família Pseudopimelodidae Fernández-Yépez & Antón, 1966.....	16
Referências Bibliográficas.....	20
OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.....	31
CAPÍTULO 1: A parasitofauna de peixes Siluriformes do rio Batalha, São Paulo, Brasil: considerações e “checklist” das espécies identificadas, com novos registros de hospedeiros e de localidade.	
Resumo.....	32
Abstract.....	33
Introdução.....	34
Material e métodos.....	35
Resultados.....	41
Considerações finais.....	124
Referências bibliográficas.....	124
CAPÍTULO 2: A fauna parasitária de <i>Hypostomus</i> spp. (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, São Paulo, Brasil: uma abordagem ecológica	

Resumo.....	137
Abstract.....	138
Introdução.....	139
Material e métodos.....	140
Resultados.....	143
Discussão.....	154
Referências bibliográficas.....	161

CAPÍTULO 3: Ocorrência de metacercárias de Diplostomidae (Platyhelminthes, Digenea) em peixes Siluriformes do rio Batalha, São Paulo, Brasil: taxonomia integrativa entre análises morfológicas e moleculares

Resumo.....	168
Abstract.....	169
Introdução.....	170
Material e métodos.....	173
Resultados.....	180
Discussão.....	194
Referências bibliográficas.....	197

ANEXOS

1 - Chave provisória para identificação das espécies de <i>Hypostomus</i> spp. procedentes do rio Batalha, Bacia do Tietê – Batalha, Estado de São Paulo, Brasil.....	203
2 - Manuscrito publicado: PELEGRINI, L.S.; JANUÁRIO, F.F., AZEVEDO, R.K.; ABDALLAH, V.D. Biodiversity and ecology of the parasitic infracommunities of <i>Loricaria prolixa</i> (Siluriformes: Loricariidae) from the Tietê-Batalha Basin, SP, Brazil. Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 40, 2018.	206

RESUMO GERAL

No presente estudo é apresentada uma análise da diversidade de parasitos presentes em peixes da ordem Siluriformes, coletados durante os anos de 2014 a 2016 no rio Batalha, pertencente à bacia hidrográfica do Tietê-Batalha (BH-TB), localizada na Região Centro-Oeste do Estado de São Paulo. Os parasitos de organismos aquáticos, particularmente os de peixes, são subestimados quanto à sua importância no impacto das populações hospedeiras. Tem-se observado um aumento nas pesquisas com esta temática, com estudos mais aprofundados envolvendo a dinâmica populacional destes organismos ao longo do tempo-espaço em hospedeiros em seu ambiente natural, ampliando assim o conhecimento sobre as estratégias de adaptação nas relações parasito-hospedeiro-ambiente. Em regiões impactadas, como é o caso da maioria dos corpos d'água do Estado de São Paulo, e dependendo do tipo de alteração ambiental em seus arredores, toda a cadeia trófica dos organismos aquáticos será influenciada por tais mudanças, e os parasitos responderão mais rapidamente do que os seus hospedeiros a estas alterações. A diversidade de organismos aquáticos no rio Batalha ainda é pouco conhecida com estudos restritos na região, e os peixes da ordem Siluriformes se destacam tanto em riqueza de espécies quanto em abundância, cuja importância se dá nas práticas desportivas, na alimentação local e, principalmente, com finalidade ornamental. São organismos amplamente diversificados e complexos, distribuídos em vários tipos de ambiente, com preferência por ambientes com águas turvas, entre as rochas e a vegetação do fundo dos rios, com hábitos predominantemente noturnos, principalmente em regiões tropicais.

No primeiro capítulo deste trabalho, foi realizado um inventário da fauna parasitária de 12 espécies de Siluriformes do rio Batalha, pertencente as seguintes espécies: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae*, *Rhamdia quelen*, *Hoplosternum littorale* e *Pseudopimelodus mangurus*, totalizando 283 hospedeiros. Foram encontrados 50 taxa de parasitos, e considerações acerca das espécies encontradas foram realizadas, além do registro de novas espécies a serem descritas, novas ocorrências de hospedeiros e também de nova localização geográfica.

No segundo capítulo foi analisada a distribuição das infrapopulações parasitárias em quatro espécies de “cascudos” (*Hypostomus regani*; *H. strigaticeps*; *H. hermanni* e *H. ancistroides*) com uma avaliação da dinâmica das comunidades parasitárias e suas relações

ecológicas envolvendo estes hospedeiros. Com todos os peixes parasitados, observou-se uma prevalência maior de ectoparasitos (Monogenea e Hirudinea) nos *Hypostomus* spp. analisados, com exceção para as metacercárias de Diplostomidae gen. sp., endoparasitos encontrados nos olhos dos hospedeiros.

O terceiro e último capítulo abordará a análise morfológica e molecular destas metacercárias da família Diplostomidae parasitos do cristalino de quase todas as espécies de peixes analisadas (exceto *P. mangurus*). A identificação das espécies de diplostomídeos em todas as fases do ciclo de vida é difícil, mas a maior dificuldade se encontra na identificação das metacercárias devido à sua morfologia simples, o que fez com que técnicas moleculares fossem aplicadas em associação à morfologia descritiva. Com base na caracterização genética das sequências do gene Citocromo C Oxidase subunidade I (COI) e análise dos caracteres morfológicos destes organismos, foi sugerido um novo gênero distinto das demais linhagens genéticas de Diplostomidae conhecidas.

Os anexos deste trabalho trazem uma chave de identificação das espécies pertencentes ao gênero *Hypostomus* presentes no rio Batalha, realizada para facilitar a identificação destes hospedeiros, e um manuscrito publicado na Acta Scientiarum. Biological Sciences intitulado “Biodiversity and ecology of the parasitic infracommunities of *Loricaria prolixa* (Siluriformes: Loricariidae) from the Tietê-Batalha Basin, SP, Brazil”.

Palavras-chave: diversidade de parasitos, bacia hidrográfica do Tietê-Batalha, parasitos de peixes, *Hypostomus* spp., *Loricaria* spp., *Hoplosternum littorale*, *Rhamdia quelen*, *Pseudopimelodus mangurus*

ABSTRACT

The present study analyzes the parasites diversity present in fish species of the order Siluriformes, collected during the years 2014 to 2016 in the Batalha River, Tietê-Batalha river basin (BH-TB), in the Central-West Region of the State of São Paulo. Parasites of aquatic organisms, particularly those parasitizing fish, are underestimated as to their importance in the impact of host populations. The studies on this theme has grown over time, with more in-depth studies involving the population dynamics of these organisms over time-space in hosts in their natural environment, thus increasing knowledge on adaptation strategies in parasite-host-environment relationship. In degraded regions, as is the case with most water bodies in the State of São Paulo, and depending on the type of environmental change in their surroundings, the entire trophic chain of aquatic organisms will be influenced by such changes, and the parasites will respond more than your hosts to these changes.

The diversity of aquatic organisms in the Batalha River is still little known with restricted studies in the region, and the Siluriformes species stand out both in species richness and in abundance, whose importance is given in sports, local feeding and ornamental purpose. They are widely diversified and complex organisms, distributed in several types of environment, with preference for cloudy water, between rocks and vegetation of the bottom of the rivers, with predominantly nocturnal habits, mainly in tropical regions.

In the first chapter of this study, an inventory of the parasitic fauna of 12 fish species of Siluriformes of the Batalha River was carried out, belonging to the following species: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae*, *Rhamdia quelen*, *Hoplosternum littorale* and *Pseudopimelodus mangurus*, totaling 283 hosts. Fifty parasite taxa were found, and considerations about the species found were made, besides the registration of new species to be described, new hosts occurrences and also new geographic location occurrence.

In the second chapter, the distribution of parasitic infrapopulations in four species of "cascudos or catfishes" (*Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni* and *H. ancistroides*) was analyzed with an evaluation of the parasitic's communities dynamics and their ecological relations involving these hosts. All fish were parasitized. A higher prevalence

of ectoparasites (Monogenea and Hirudinea) was observed in *Hypostomus* spp. analyzed, except for the metacercariae of Diplostomidae gen. sp., endoparasites found in the hosts eyes.

The third and last chapter performed a morphological and molecular analysis of these Diplostomidae metacercariae, crystalline parasites of almost all species of fish analyzed (except *P. mangurus*). There is a great difficulty in identifying the Diplostomidae species in all phases of its life cycle, but especially in relation to the metacercariae phase, which made that molecular techniques applied in association with the descriptive morphology. Based on the genetic characterization of the Cytochrome C Oxidase subunit I (COI) gene sequences and analysis of the morphological characters of these organisms, it was suggested a new genus distinct from the other known genetic lines of Diplostomidae.

In the "Attachments" section, an species identification key of the genus *Hypostomus* presents in the Batalha River was realized to facilitate the hosts identification. Finally, we present the manuscript published in Acta Scientiarum. Biological Sciences entitled “Biodiversity and ecology of the parasitic infracommunities of *Loricaria prolixa* (Siluriformes: Loricariidae) from the Tietê-Batalha Basin, SP, Brazil”.

Keywords: parasites diversity, Tietê-Batalha river basin, fish parasites, *Hypostomus* spp., *Loricaria* spp., *Hoplosternum littorale*, *Rhamdia quelen*, *Pseudopimelodus mangurus*

INTRODUÇÃO GERAL

A diversidade parasitária nos ambientes de água doce neotropicais

O parasitismo é um fenômeno ubíquo que provavelmente é tão antigo quanto os próprios organismos heterotróficos. É um dos principais tipos de relação entre organismos biologicamente diferentes. Estes organismos estão agrupados apenas por seu estilo de vida em comum, que envolve a ocorrência destes dentro ou sobre um hospedeiro, alimentando-se dos tecidos e líquidos do último (Levri, 1998). A definição clássica de parasitismo envolve o dano causado pelos parasitos infligidos nos hospedeiros, a dependência metabólica dos parasitos pelos hospedeiros e as interações ecológicas entre as populações dessas duas espécies de organismos vivos (Fortes, 2004). Sabe-se também que os parasitos podem diminuir a aptidão dos hospedeiros, explorando recursos nutricionais, habitats e dispersão, influenciando até mesmo em seu comportamento (Poulin e Levri, 2012).

Apesar do grande número de organismos, considerando que todos os seres vivos em si são potenciais hospedeiros, o sistema parasito-hospedeiro só poderá existir quando as condições forem apropriadas. Ambos devem habitar o mesmo ecossistema, deve ocorrer o encontro entre eles e o hospedeiro deve oferecer condições adequadas para a vida e a sobrevivência do parasito (Thomas et al., 2009). Os parasitos podem infectar hospedeiros únicos ou numerosos durante os diferentes estágios de desenvolvimento de seus ciclos biológicos (Dobson et al., 2005). No entanto, em cada etapa terá que superar as barreiras metabólicas e imunológicas do hospedeiro (Combes, 1995). O parasitismo pode ser empregado como monitor altamente sensível na detecção de mudanças que ocorrem em habitats degradados, podendo ser indicador de contaminações ambientais e da saúde ambiental (Vidal-Martínez et al., 2010). Estudos de identificação de organismos que obrigatoriamente utilizam outros como habitat podem fornecer excelentes indicadores de biodiversidade, principalmente considerando parasitos que possuem diferentes hospedeiros em seu ciclo de vida (Hechinger et al., 2007; Sures et al., 2017).

A composição da comunidade parasitária presente nos peixes depende de fatores relacionados ao ambiente (qualidade da água, alterações do pH, concentração de amônia, disponibilidade de oxigênio dissolvido, variações na temperatura, nível da água e efeitos da sazonalidade); ao hospedeiro (hábitat, comportamento alimentar, fisiologia, idade e sexo); ao parasito (disponibilidade de larvas infectantes, de hospedeiros intermediários e/ou definitivo,

da resposta imune do hospedeiro ao estabelecimento da larva e da mortalidade natural dos parasitos) e à história evolutiva da relação entre o peixe e seu parasito (Dogiel, 1970; Takemoto et al., 2004).

O parasitismo possui um papel central na biologia dos peixes. Os parasitos podem influenciar a reprodução, o comportamento e padrões de migração dos hospedeiros (Marcogliese, 2004). Além disso, são fundamentais para a regulação das populações e afetam toda a estrutura da comunidade ictiológica (Gordon e Rau, 1982; Garnick e Margolis, 1990). Ademais, os parasitos conseguem reagir frente às alterações ambientais mais rapidamente do que os seus hospedeiros, de modo que flutuações da população do parasito poderá indicar alterações antrópicas no local (Lafferty, 1997; Vidal-Martínez et al., 2010), sendo uma importante ferramenta para avaliação da qualidade ambiental (Nachev e Sures, 2015).

Nesta perspectiva, o conhecimento prévio da diversidade de parasitos em diferentes ambientes com várias espécies de hospedeiros torna-se um dado relevante para a conservação. Quando se considera que os fatores que atuam no meio ambiente onde a relação parasito-hospedeiro está ocorrendo não são estáticos (características relacionadas à água, principalmente), ou seja, podem ser variáveis de acordo com a região onde tal relação está acontecendo, é que temos noção da proporção da influência do parasitismo sobre seus hospedeiros.

As águas doces do Estado de São Paulo concentram-se em quatro bacias hidrográficas principais: alto Paraná, Paraíba do Sul, Ribeira de Iguape e as Drenagens Costeiras ou Bacia Litorânea (Oyakawa e Menezes, 2010). O alto Paraná, a maior das quatro bacias hidrográficas, é grande mantenedora da biodiversidade ictiofaunística da região e apresenta os cursos de água de maior porte do Estado (Langeani et al., 2007), estando quase que inteiramente incluída no bioma do Cerrado, com exceção da sub-bacia do alto Tietê, que desde sua nascente drena áreas de Mata Atlântica (Oyakawa e Menezes, 2010).

A bacia do alto rio Paraná, devido a sua importância, tem sido ao longo das décadas alvo de intenso estudo em relação à estrutura e composição da sua ictiofauna (Oyakawa e Menezes, 2010). Mesmo sendo bastante conhecida, ainda existem regiões da bacia que foram pouco estudadas, tanto em relação aos hospedeiros, quanto em relação à fauna parasitária associada. É provável que a diversidade da fauna parasitária seja bastante elevada nestes ambientes, visto que os peixes são considerados como o grupo de vertebrados mais parasitados devido à facilidade de infestação/infecção por esses organismos no ambiente aquático (Eiras et al., 2008).

A área de estudo: o rio Batalha

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), as bacias hidrográficas que contêm territórios do Estado de São Paulo pertencem à bacia do rio Paraná ou às bacias do Atlântico Sul-Leste e Atlântico Sudeste. Para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos estaduais, o Estado foi dividido em 22 unidades de gerenciamento hidrográfico, que constaram dos subsequentes Planos Estaduais de Recursos Hídricos e que constitui a atual divisão hidrográfica do Estado (São Paulo – Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2006).

A bacia hidrográfica do Tietê-Batalha (BH-TB), localizada na Região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, ocupa uma área total de 13.149 Km² e abrange 36 municípios, tendo como cursos d'água principais os rios Tietê, Dourado, São Lourenço, Ribeirão dos Porcos e Batalha (CETEC, 2002). A BH-TB limita-se ao Norte com a bacia do rio São José dos Dourados e a bacia do Turvo/Grande, a Leste com a bacia do rio Mogi-Guaçu, a Sudeste com a bacia do Tietê-Jacaré, ao Sul com a bacia do médio rio Paranapanema, a Sudoeste com a bacia do rio Aguapeí e a oeste com a bacia do baixo Tietê (Silva et al., 2009). Seu afluente principal, o rio Batalha, possui aproximadamente 167 Km de extensão e abrange total ou parcialmente os municípios de Agudos, Bauru, Piratininga, Avaí, Duartina, Gália, Presidente Alves, Reginópolis, Balbinos e Uru. Sua nascente está localizada na Serra da Jacutinga (Agudos-SP) e sua foz no rio Tietê, no município de Uru-SP (CETEC, 2002).

O clima da região é classificado como temperado macrotérmico, moderadamente chuvoso, de inverno seco não rigoroso, com temperatura média máxima ocorrendo após o solstício de verão. Há a influência das massas de ar Equatorial e Continental Tropical, que alteram o calor, a umidade e as precipitações (Almeida Filho, 2000). O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Escuro Fase Arenosa, que geralmente apresenta grande profundidade e drenagem acentuada (Cavassan, 1990). Tal tipo de solo é proveniente do Arenito Bauru, possui pH neutro, alto teor de carbono e não se observam fatores limitantes de fertilidade (Cavaguti, 1994).

Mesmo estando inserido em uma APA (Área de Proteção Ambiental) e sendo responsável pelo abastecimento de aproximadamente 40% da população do município de Bauru, o rio Batalha nas últimas décadas tem sofrido com as interferências antrópicas, como por exemplo pelo uso intensivo do solo adjacente ao rio pela agricultura, pecuária e pelo despejo direto de resíduos provenientes de atividades industriais. Estas atividades contribuem direta ou indiretamente com a redução das áreas de vegetação nativa, aumentando os

processos de erosão e assoreamento e também com a poluição de suas águas, levando à perda da biodiversidade local e no déficit de abastecimento (Silva et al., 2009; Leite et al., 2017).

O presente estudo foi realizado em dois trechos do rio Batalha, com uma distância em torno de 135 km entre eles, com características limnológicas distintas. O trecho caracterizadamente lântico, localizado entre os municípios de Piratininga e Bauru, Estado de São Paulo (22°24'46"S; 49°05'05"O) é uma lagoa utilizada para captação de água do Departamento de Água e Esgoto (DAE) de Bauru. Possui uma área de aproximadamente 170.000 m² e um volume captado de água de 1.256.040 m³/mês (DAE, 2014). Trata-se de um ecossistema altamente antropizado, com atividades como agricultura, pecuária e atividades industriais localizadas em áreas adjacentes à lagoa. Tais atividades vêm desencadeando impactos ambientais irreversíveis na sua estrutura, levando ao seu assoreamento e à redução dos poucos remanescentes de vegetação nativa, além de contribuir com o aumento significativo dos níveis de poluentes (metais pesados, compostos organoclorados, radicais livres etc.) e colocando em risco a qualidade da água (CETEC, 2002). Apesar disso, a CETESB considera a água captada da lagoa como de Classe 2, ou seja, de boa qualidade para o abastecimento doméstico, consumo humano, proteção da biodiversidade aquática e recreação (CETESB, 2017) (Figura 1 e 2A).

O outro trecho, predominantemente lótico, se localiza no município de Reginópolis, Estado de São Paulo (21°53'17"S; 49°13'31"O). A área de entorno do rio neste trecho, mesmo que coberta por mata ciliar nativa na maior parte de sua extensão, é também utilizada predominantemente para fins agropecuários, com destaque para a criação de bovinos, plantação de cana-de-açúcar, milho e eucalipto, fazendo com que as quantidades de matéria orgânica e poluentes (provenientes dos agrotóxicos) lixiviados sejam bastante altas (CETEC, 2002). Além disso, o município não possui tratamento de esgoto, fazendo com que o mesmo seja lançado *in natura* em um afluente do rio (Santos e Heubel, 2008) (Figura 1 e 2B).

A diversidade de organismos aquáticos no rio Batalha ainda é pouco conhecida com estudos restritos na região. De acordo com Santos e Heubel (2008) e Leite et al. (2018), pelo menos 42 espécies de peixes são descritas para este rio. E dentre os grupos de peixes que possui grande destaque, tanto em diversidade de espécies quanto em abundância, estão os peixes da ordem Siluriformes, cuja importância se dá nas práticas desportivas, na alimentação de moradores locais e, principalmente, com finalidade ornamental.



Figura 2. Imagens dos pontos no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil, onde os peixes foram coletados. A) Lagoa de captação de água do Departamento de Água e Esgoto (DAE) em Piratininga (22°24'46"S; 49°05'05"O), caracterizadamente lântico; B) Calha principal do rio, município de Reginópolis (21°53'17"S; 49°13'31"O), um ambiente lótico.

Os hospedeiros estudados: a ordem Siluriformes Cuvier, 1816

Os peixes pertencentes à ordem Siluriformes são considerados organismos amplamente diversificados e altamente complexos, despertando grande interesse em estudos com as mais diferentes abordagens envolvendo estes teleósteos (Ferraris Jr., 2007). Estão amplamente distribuídos, dos trópicos e até mesmo em águas polares, com a inclusão de fósseis do Eoceno ou Oligoceno encontrados no continente Antártico (*Hypsidoris* Lundberg & Case, 1970 (Grande e Eastman, 1986)). A maioria das espécies tem preferência por temperaturas mais altas, concentrando-se principalmente nas regiões tropicais da América do Sul, África, Sul e Sudeste da Ásia (Burgess, 1989; de Pinna, 1998; Arratia et al., 2003), e poucas são as que alcançam os extremos da América do Sul ou da América do Norte (Nelson, 2016), como é o caso de *Diplomystes* Bleeker, 1858, considerado um dos mais primitivos, o único que possui maxilar dentado e ocorre no extremo Sul da América do Sul (de Pinna, 1998).

Mais de seis mil espécies são conhecidas em todo mundo e pelo menos 1700 são descritas para a região Neotropical, distribuídas em 39 famílias (Reis et al., 2003, Ferraris Jr., 2007; Eschmeyer e Fong, 2017). Estes números têm sido significativamente incrementados devido à contínua descoberta de novas *taxa* (Rodiles-Hernández et al., 2005). No Brasil, são conhecidos popularmente como bagres, cascudos, bodós, armados, tamoaatás, mandis, jundiás, jaús, pintados, entre outros. Os ambientes de água doce são preferenciais para a maioria dos Siluriformes (Sullivan et al., 2006). Porém, duas famílias se adaptaram primariamente ao ambiente marinho: Plotosidae, presente no Oceano Pacífico, e Ariidae, com representantes localizados ao longo das plataformas continentais tropicais e subtropicais (Betancur-R et al., 2007). Além disso, as famílias Pimelodidae, Pangasiidae, Aspredinidae e Pseudopimelodidae incluem algumas espécies estuarinas, que podem ainda apresentar certa tolerância aos ambientes marinhos (de Pinna, 1998).

As principais características dos Siluriformes incluem o corpo totalmente sem escamas, revestidos por uma pele espessa ou por placas ósseas (recobrando total ou parcialmente); presença de barbilhões ao redor da boca, rudimentares ou desenvolvidos, providos com numerosas papilas táteis e gustativas, com provável função de localização de alimentos e orientação da natação, já que muitas vezes a visão não é muito desenvolvida (Nakatani et al., 2003), nadadeiras raiadas e presença de fortes espinhos à frente do primeiro raio das nadadeiras dorsal e peitorais (em muitas espécies) (Burgess, 1989).

A grande variedade de formas e adaptações dos Siluriformes possibilita a ocupação de um amplo espectro de nichos e ambientes. Porém, a grande preferência é por ambientes com águas turvas, entre as rochas e a vegetação do fundo dos rios, com hábitos predominantemente noturnos (Ferraris Jr., 2007). Apresentam dificuldade em superar cachoeiras ou corredeiras, e raras são as espécies verdadeiramente migradoras, como os grandes bagres migradores da Bacia Amazônica (Barthem et al., 2017). Geralmente são onívoros, herbívoros ou carnívoros (Sterba, 1973), com peculiaridades em alguns grupos, como os hábitos hematófagos, lepidófagos ou planctófagos, ambos da família Trichomycteridae (Nelson, 2016).

No Estado de São Paulo, cerca de 50% das espécies de peixes de água doce pertencem à ordem Siluriformes (Castro e Menezes, 2001). Das principais famílias, Loricariidae, Heptapteridae, Callichthyidae e Pseudopimelodidae estão amplamente distribuídas por toda a região, e particularmente no Brasil, estudos envolvendo aspectos da fauna parasitária de muitos destes indivíduos têm sido realizados pontualmente.

Família Loricariidae Rafinesque, 1815

Dentre os Siluriformes, a família Loricariidae apresenta a maior riqueza, com cerca de 960 espécies descritas (Eschmeyer e Fong, 2017). Conhecidos popularmente como cascudos, bodós ou acari-bodós, estão amplamente distribuídos por toda a América do Sul e Central, ocorrendo em grande variedade de ecossistemas de água doce (Ferraris Jr., 2003; 2007).

São peixes detritívoros que se alimentam de organismos associados ao fundo de lagos, rios, córregos e cachoeiras, bem como de outros ambientes (Santos et al., 2006; Mazzoni et al., 2010). Devido a sua resistência e popularidade, muitas espécies de Loricariidae de interesse para aquarofilia foram introduzidas em diversos países ao redor do mundo, como EUA, Filipinas, Taiwan e Turquia (Golani e Snovsky, 2013). No Norte e Nordeste do Brasil, são também apreciados como alimento para consumo da população local (Santos et al., 2006).

Apresentam o corpo achatado dorsoventralmente, coberto por placas ósseas dérmicas e boca ventral em forma de ventosa. São considerados animais bentônicos, hábeis para aderir ao substrato em rios de forte correnteza, raspando o alimento. Apresentam, ainda, um par de barbilhões maxilares, lábios ventrais papilhosos e intestino delgado alongado (Covain e Fish-Müller, 2007). Por ocupar habitats variados, os loricarídeos possuem alta capacidade de

adaptação, já que conseguem se manter fora d'água por longo tempo devido à alta vascularização das paredes do estômago (Reis et al., 2003). O tamanho corporal é bastante variável, desde pequenos cascudos até indivíduos de porte médio a grande (Ferraris Jr., 2007).

Os loricarídeos pertencentes a *Hypostomus* Lacépède, 1803 representam cerca de 130 espécies (Ferraris Jr., 2007; Zawadzki et al., 2010). A determinação e o diagnóstico das espécies de *Hypostomus* é difícil, em particular devido à diversidade e distribuição generalizada, à variabilidade morfológica intraespecífica elevada e, também, por conta de algumas descrições antigas que são muito curtas ou incompletas (Cardoso et al., 2012) (Figuras 3 e 4C). Para auxílio neste trabalho, foi elaborada uma chave de identificação para as espécies de *Hypostomus* da bacia do Tietê Batalha (ver “anexos” ao final do trabalho)

Loricaria Linnaeus, 1758, um dos gêneros mais característicos de Loricariidae, é composto por 17 espécies (Thomas et al., 2013). São espécies de pequeno a médio porte, caracterizadas pela ausência de nadadeira adiposa, presença de um focinho achatado dorsoventralmente com filamentos finos nos lábios e um longo pedúnculo caudal (Thomas e Rapp Py-Daniel, 2008). Seus membros são endêmicos da América do Sul, e ocorrem em uma variedade de habitats que vão desde grandes rios de planície de inundação nos fundos arenosos e rochosos a pequenos córregos insulares (Ferraris Jr., 2003; Covain e Fish-Miller, 2007; Rodriguez et al., 2012) (Figuras 4 A e B).

Apesar da diversidade e ampla distribuição destes peixes, a parasitofauna presente na maioria dos loricariídeos ainda permanece pouco estudada, com a exceção de alguns estudos que citam estes hospedeiros (Suriano, 1985; Thatcher 2006; Kritsky et al., 2007; Takemoto et al. 2009; Azevedo et al., 2010; Ferrari-Hoeinghaus et al., 2010; Kohn et al. 2011; Eiras et al., 2012; Zica et al., 2012; Gonçalves et al. 2014; Lemos et al., 2015; Franceschini et al., 2017 Acosta et al., 2017; 2018).

Família Callichthyidae Bonaparte, 1835

As espécies da família Callichthyidae estão distribuídas por diversos países na América do Sul. No Brasil, esses peixes têm ampla distribuição nas áreas de drenagem de praticamente todas as bacias hidrográficas (Reis et al., 2003). Possui cerca de 220 espécies agrupadas em oito gêneros (Ferraris Jr., 2007; Eschmeyer e Fong, 2017). Geralmente esses Siluriformes habitam diferentes ambientes, tais como fundo lamacento de lagos e rios até

riachos de águas rápidas, incluindo aqueles com níveis críticos de oxigênio dissolvido (Pinheiro et al., 2013).

São peixes caracterizados por apresentar espécies com duas séries de placas longitudinais na lateral do corpo, dando-lhes conformação de uma armadura rígida, linha lateral reduzida, dentes pré-maxilares ausentes nos adultos, além de boca pequena e barbilhões (Reis et al., 2003). Uma característica importante dos indivíduos dessa família é a presença de um órgão acessório à respiração aérea, localizado no intestino, dando-lhes condições de sobrevivência em situação de anóxia (Brauner et al., 1995). A respiração aérea é facultativa, e a escolha do órgão respiratório vai depender da concentração de oxigênio na água (Afonso, 2001), sendo esta uma importante estratégia adaptativa. O porte das espécies varia de pequeno a médio (Soares et al., 2008).

Hoplosternum littorale (Hancock, 1828) é uma das espécies mais conhecidas da família Callichthyidae. Comumente chamada de tamboatá, tamoatá ou caborja, pode ser encontrada em toda a América do Sul, abrangendo várias drenagens cisandinas desde a Bacia Amazônica até a Bacia do rio da Prata (Santos et al., 2006). Possui porte médio sendo considerada bentônica, noturna, habitando lagoas e rios de diversos tamanhos (Granado-Lorencio et al., 2005). É uma espécie onívora cuja dieta varia de acordo com seu desenvolvimento ontogenético. Larvas e juvenis alimentam-se de microcrustáceos e pequenos invertebrados, enquanto que os indivíduos adultos utilizam detritos, larvas de insetos, macroinvertebrados, algas, escamas de peixes, sementes e pequenos fragmentos de insetos associados a sedimentos em sua alimentação (Hahn et al., 1998; Soares et al., 2008) (Figura 5A).

No Brasil, estudos sobre a fauna parasitária em populações naturais de *H. littorale* têm sido realizados por diversos autores (Torres et al., 1994; São Clemente et al., 1998; Dias et al., 2003, 2006; Abdallah et al., 2006; 2007; 2012; Lacerda et al., 2009; Takemoto et al., 2009; Azevedo et al., 2010, 2011; Ramos et al., 2013; Fernandes et al., 2013; Pinheiro et al., 2013; Yamada et al., 2015; Dias et al., 2017). Porém não há relatos sobre a parasitofauna desta espécie coletada na região da bacia do Tietê-Batalha ou seus tributários.

Família Heptapteridae Gill, 1861

Esta família inclui bagres de pequeno à grande porte, apresentando corpo longo e afilado, achatado dorso-ventralmente, olhos dorsais, três pares de barbilhões sensoriais bem desenvolvidos, compressão do pedúnculo caudal e nadadeiras peitorais bastante largas (de Pinna, 1998; Reis et al., 2003; Casatti e Castro, 2006). Sua distribuição ocorre desde o México até a América do Sul (Nelson, 2016). Com mais de 200 espécies descritas, a família Heptapteridae, proposta na década de 90, ainda apresenta problemas taxonômicos, tendo em vista que seus exemplares possuem grandes semelhanças com os da família Pimelodidae, das quais podem ser diferenciados por apresentarem o canal látero-sensorial cefálico não ramificado (Bockmann e Guazzelli, 2003).

Os peixes heptapterídeos exploram recursos alimentares em pequenos espaços entre as rochas do substrato, utilizando a boca ventral e os barbilhões sensoriais (Casatti e Castro, 1998). Em algumas regiões do país os exemplares de menor porte são utilizados por aquarofilistas, enquanto os de maior porte são muito apreciados na pesca comercial (Graça e Pavanelli, 2007).

Dentre as espécies mais comuns, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) é encontrada em toda a região Neotropical (Gomes et al., 2000). Conhecido como jundiá, possui coloração que varia de marrom-avermelhado claro a cinza-esverdeado escuro no dorso, e mais esbranquiçado no ventre (Silfvergrip, 1996). Uma característica que a diferencia das demais espécies do gênero é a presença de um espinho na nadadeira peitoral serrilhado em ambos os lados. A boca é grande, sem dentes, com três pares de barbilhões sensitivos, o que facilita seu hábito onívoro tendendo a carnívoro. Quando adultos, se alimentam, preferencialmente, de peixes, crustáceos, insetos, vegetais e detritos orgânicos. É uma espécie bentônica, encontrada em lagos e poços fundos dos rios, preferindo os ambientes de águas mais calmas com fundo de areia e lama, junto às margens e vegetação (Gomes et al., 2000). Escondem-se entre pedras e troncos apodrecidos, de onde saem à noite, à procura de alimento (Guedes, 1980) (Figura 5B).

Devido ao crescente interesse em utilizar este peixe em atividades como a piscicultura, diversos estudos parasitológicos têm sido realizados em várias regiões (Lunaschi, 1986; Ostrowsky De Nuñez e Pertierra 1991; Amato e Amato, 1993; Moreira, 2000; Engers et al., 2000; Pertierra, 2002; Volontério et al., 2004; Matos et al., 2005; Vianna et al., 2005; Ferrari-Hoeinghaus et al., 2006; Carvalho et al., 2009; Venancio et al., 2010; Moreira et al., 2014).

Família Pseudopimelodidae Fernández-Yépez & Antón, 1966

A família Pseudopimelodidae é amplamente distribuída na América do Sul. Embora compreenda apenas seis gêneros e cerca de 30 espécies (Ferraris Jr., 2007), pode ser considerada a família menos conhecida entre os bagres de água doce neotropicais (Shibatta, 2003). Até recentemente, as espécies atribuídas à Pseudopimelodidae eram consideradas pertencentes à família Pimelodidae (Birindelli e Shibatta, 2011). Os peixes pertencentes a esta família possuem porte médio, variando de 5 a 70 cm (Shibatta, 2003; Zaniboni Filho et al., 2004). Habitam o fundo de pequenos corpos d'água calmos ou entre a vegetação, com estratégias específicas para a captura de presas. Não apresentam cuidado parental e dimorfismo sexual, e seus hábitos alimentares incluem animais carnívoros ou onívoros em sua maioria (Bockmann e Guazzelli, 2003)

De acordo com Shibatta (2003), o gênero *Pseudopimelodus* Bleeker, 1858 compreende cinco espécies válidas, sendo que *Pseudopimelodus mangurus* (Valenciennes, 1835) está distribuído nas bacias hidrográficas da região centro-sul da América do Sul (rios Paraná, Uruguai, Paraguai e da Prata) (Ringuelet, 1975; Buckup e Menezes, 2007; Ferraris Jr., 2007).

Morfológicamente, *P. mangurus* é caracterizado por ter uma boca grande com placa de dentes pré-maxilar projetada para trás em sua ponta distal com dentes viliformes e vomerianos ausentes no céu da boca (Nelson, 2016). É um bagre robusto, que pode alcançar até 70 cm e 20 kg, com uma coloração parda-amarelada com manchas escuras e olhos pequenos cobertos por pele (Zaniboni Filho et al., 2004; Vera-Alcaraz et al., 2017). Apresenta hábito alimentar carnívoro, com comportamento migratório e desova total (Shibatta, 2003). Esta espécie foi recentemente incluída na lista vermelha de espécies ameaçadas de extinção no estado de São Paulo (Bressan et al. 2009, São Paulo 2014).

Apesar da importância que apresentam na alimentação das populações ribeirinhas, devido à qualidade de sua carne e à ausência de espinhos intramusculares, presentes em muitos Siluriformes, apenas estudos realizados no Brasil e Argentina trazem alguns registros de parasitos neste hospedeiro (Travassos et al., 1928; Rego et al., 1999; Fernandes e Kohn, 2001; Kohn et al., 2007; Kohn et al., 2011; Luque et al., 2011; Maidana, 2013; Alves et al., 2017).

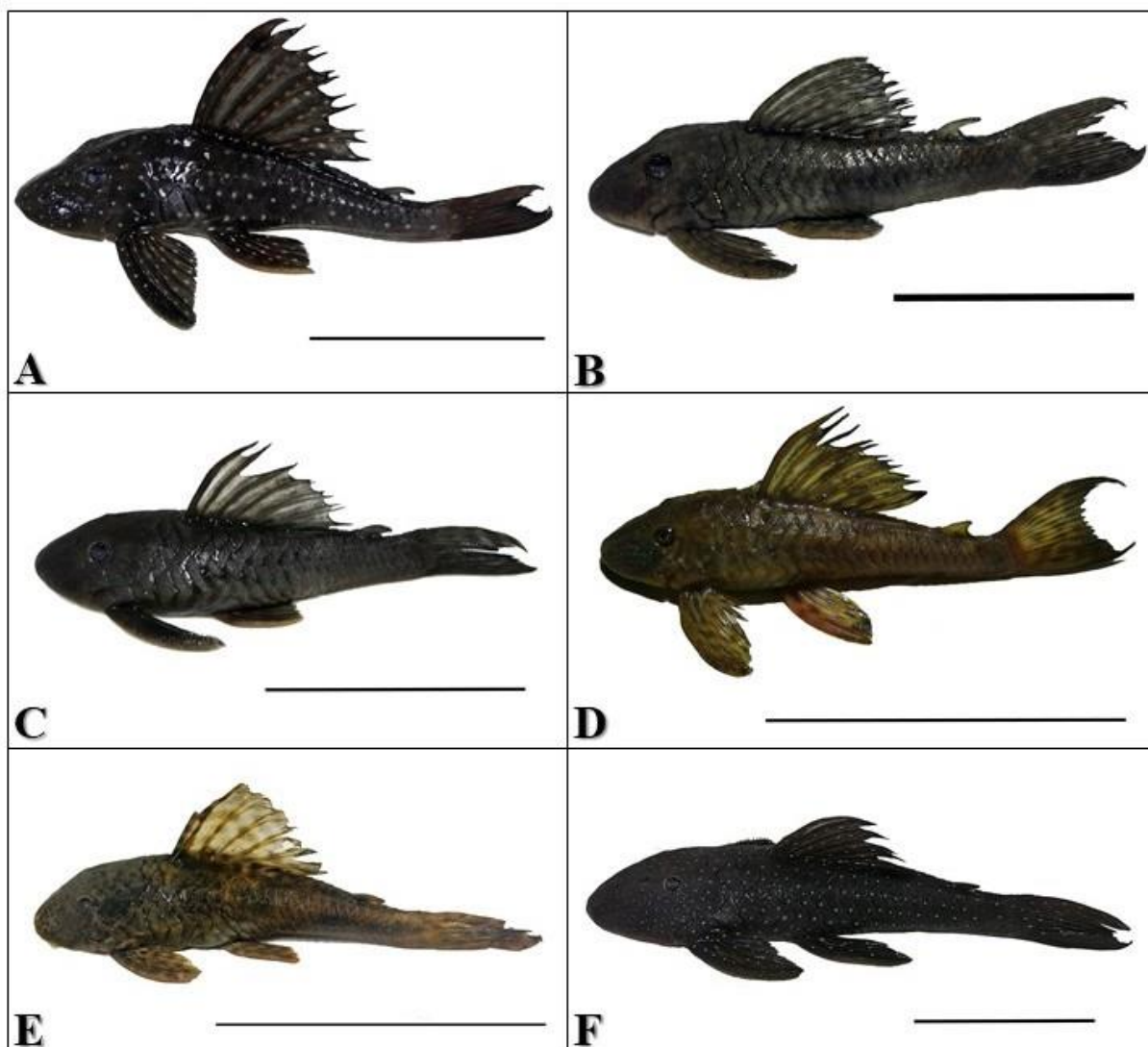


Figura 3. Peixes Siluriformes coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil, durante os anos de 2014 a 2016. Família Loricariidae. A) *Hypostomus regani* (Ihering, 1905); B) *H. strigaticeps* (Regan, 1908); C) *H. hermanni* (Ihering, 1905); D) *H. iheringii* (Regan, 1908); E) *H. ancistroides* (Ihering, 1911); F) *H. albopunctatus* (Regan, 1908) (Barra de escala = 10cm).

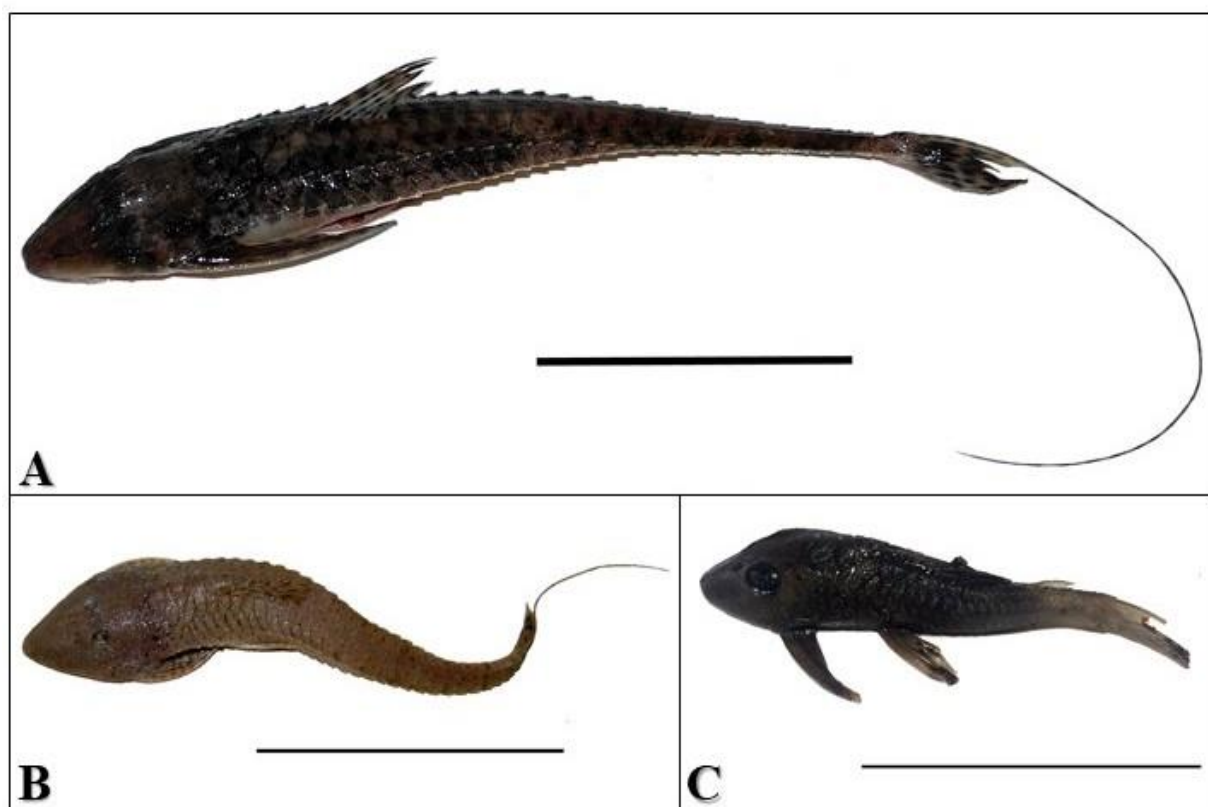


Figura 4. Peixes Siluriformes coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil, durante os anos de 2014 a 2016. Família Loricariidae. A) *Loricaria proluxa* (Isbrücker & Nijssen, 1978); B) *L. piracicabae* Ihering, 1907; C) *Hypostomus paulinus* (Ihering, 1905) (Barra de escala em A = 10cm; Barra de escala em B e C = 5cm).

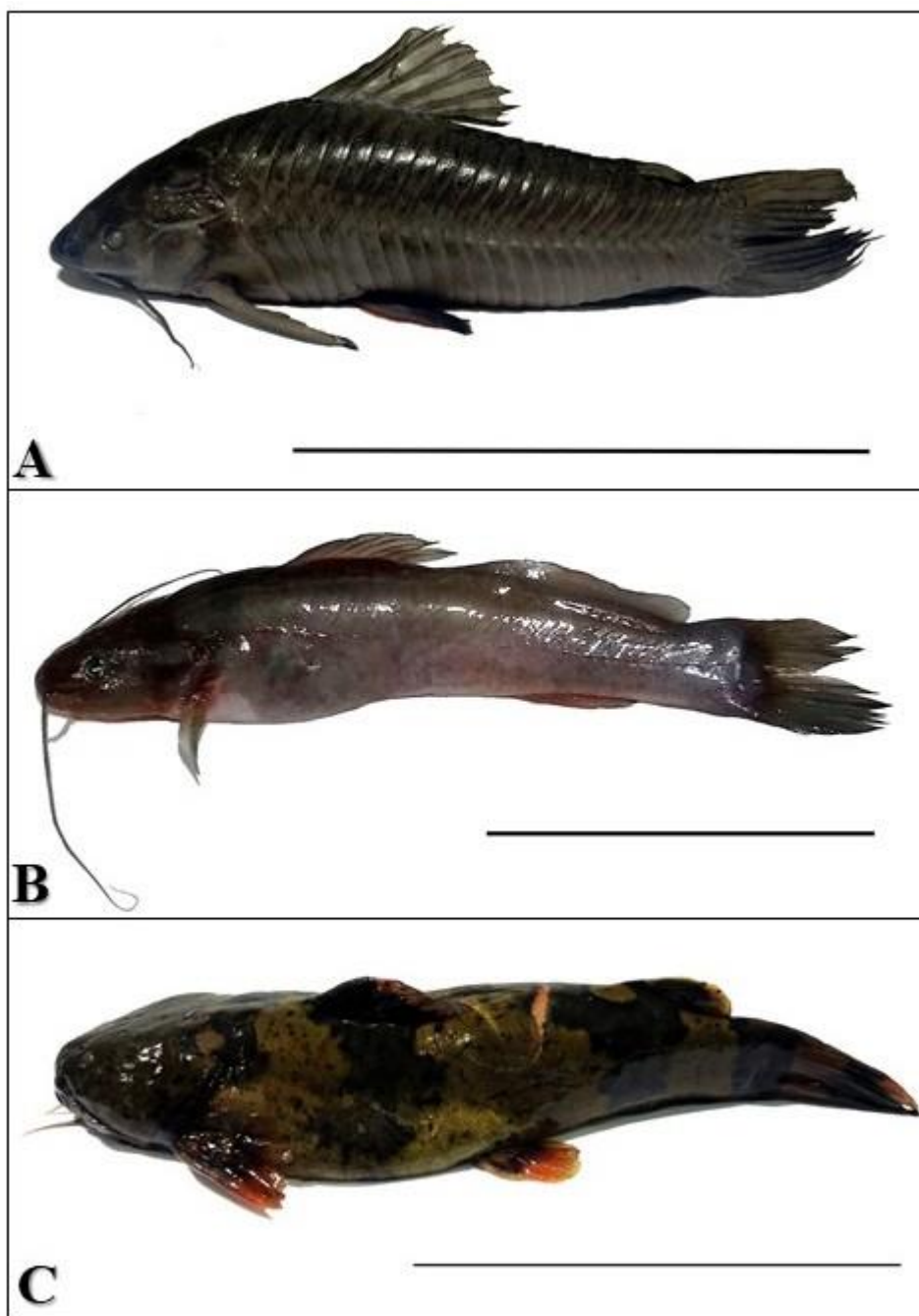


Figura 5. Peixes Siluriformes coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil, durante os anos de 2014 a 2016. A) Família Callichthyidae: *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828); B) Família Heptapteridae: *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824); C) Família Pseudopimelodidae: *Pseudopimelodus mangurus* (Valenciennes, 1835) (Barra de escala = 10cm).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLAH, V.D. et al. Two new species of *Henneguya* Thélohan, 1892 (Myxozoa, Myxobolidae), parasitic on the gills of *Hoplosternum littorale* (Callichthyidae) and *Cyphocharax gilbert* (Curimatidae) from the Guandu River, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Parasitologia Latinoamericana*, v. 62, p. 35 – 41, 2007.
- ABDALLAH, V. D. et al. New hosts and distribution records for nematode parasites of freshwater fishes from São Paulo State, Brazil. *Neotropical Helminthology*, v.6, p. 43-57, 2012.
- ABDALLAH, V.D.; AZEVEDO, R.K.; LUQUE, J.L. 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*, v. 28, n. 4, p. 413-419, 2006.
- ACOSTA, A.A. et al. Six new species of *Heteropriapulus* (Monogenea: Dactylogyridae) from South American fishes with an amended diagnosis to the genus. *Zootaxa*, v. 4290, n. 3, p. 459-482, 2017.
- ACOSTA, A. A. et al. A new genus and two new species of dactylogyrid monogeneans from gills of Neotropical catfishes (Siluriformes: Doradidae and Loricariidae). *Parasitology International*, v. 67, n. 1, p. 4–12, 2018.
- AFONSO, E. G. Respiratory characteristics of *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae). *Acta Amazonica*, v. 31, p. 249-262, 2001.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *12 Regiões hidrográficas brasileiras*. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/parana>>. Acesso em: 05/07/2017.
- ALMEIDA FILHO, G.S. *Diagnóstico de processos erosivos lineares associados a eventos pluviosos no município de Bauru, SP*. 2000. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- ALVES, P.V.; DE CHAMBRIER, A.; SCHOLZ, T.; LUQUE, J.L. Annotated checklist of fish cestodes from South America. *ZooKeys*, v. 650, p. 1–205, 2017.
- AMATO, S.B.; AMATO, F.R. A new species of *Phyllodistomum* Braun, 1899 (Digenea: Gorgoderidae) from *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) (Siluriformes: Pimelodidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 88, p. 557-559, 1993.
- ARRATIA, G. et al. *Catfishes*. Vol 2. Enfield: Science Publishers, 2003.

- AZEVEDO, R.K.; ABDALLAH, V.D.; LUQUE, J.L. Biodiversity of fish parasites from Guandu River, Southeastern Brazil: an ecological approach. *Neotropical Helminthology*, v. 5, p. 185-199, 2011.
- AZEVEDO, R.K.; ABDALLAH, V.D.; LUQUE, J.L. Acanthocephala, Annelida, Arthropoda, Myxozoa, Nematoda and Platyhelminthes parasites of fishes from the Guandu river, Rio de Janeiro, Brazil. *Check list*, v.6, p. 659-667, 2010.
- BARTHEM, R. B. et al. Goliath catfish spawning in the far western Amazon confirmed by the distribution of mature adults, drifting larvae and migrating juveniles. *Scientific Reports*, v. 7, p.1-13, 2017.
- BETANCUR-R., R. et al. Systematics and biogeography of New World sea catfishes (Siluriformes: Ariidae) as inferred from mitochondrial, nuclear, and morphological evidence. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 45, p. 339–357, 2007.
- BIRINDELLI, J.L.O.; SHIBATTA, O.A. Morphology of the gas bladder in bumblebee catfishes (Siluriformes, Pseudopimelodidae). *Journal of Morphology*, v. 272, n. 7, p. 890–896, 2011.
- BOCKMANN, F.A.; G.M. GUAZZELLI. Family Heptapteridae (Heptapterids), p. 406-431. In: REIS, R.E.; KULLANDER, S.O.; FERRARIS JR, C.J. *Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Porto Alegre: Edipucrs, 2003.
- BRAUNER, C. J. et al. Air breathing in the armored catfish (*Hoplosternum littorale*) as an adaptation to hypoxic, acidic, and hydrogen sulfide rich waters. *Canadian Journal of Zoology*, v. 73, n. 4, p. 739 – 744, 1995.
- BRESSAN, P.M.; KIERULFF, M.C.M.; SUGIEDA, A.M. *Fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo*. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2009.
- BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A. *Catálogo das Espécies de Peixes de Água Doce do Brasil. Série Livros 23*. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
- BURGESS, W.E. An atlas of freshwater and marine catfishes. A preliminary survey of the Siluriformes. New Jersey: T.F.H. Publications, Inc, 1989.
- CARDOSO, Y.P. et al. Origin of species diversity in the catfish genus *Hypostomus* (Siluriformes: Loricariidae) inhabiting the Paraná river basin, with the description of a new species. *Zootaxa*, v. 3453, p. 69-83, 2012.

- CARVALHO, A.R.; TAVARES, L.E.R.; LUQUE, J.L. A new species of *Aphanoblastella* (Monogenea: Dactylogyridae) parasitic on *Rhamdia quelen* (Siluriformes: Heptapteridae) from Southeastern Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, v. 31, p. 323-325, 2009.
- CASATTI, L.; CASTRO, R. M. C. A fish community of the São Francisco River headwaters riffles, southeastern Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, v. 9, n. 3, p. 229-242, 1998.
- CASATTI, L.; CASTRO, R. M. C. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 4, n. 2, p. 203-214, 2006.
- CASTRO, R. M. C.; MENEZES, N. A. Estudo diagnóstico da diversidade de peixes do Estado de São Paulo. In: CASTRO, R. M. C. *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Síntese do conhecimento ao final do século XX*. São Paulo: WinnerGraph, 2001.
- CAVAGUTI, N. *Hidrogeologia da região de Bauru, água subterrânea, seu estudo e aproveitamento face ao problema de abastecimento da cidade*. 1970. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Sagrado Coração, Bauru, São Paulo.
- CAVASSAN, O. *Florística e fitossociologia da vegetação lenhosa em um hectare de cerrado no Parque Ecológico Municipal de Bauru (SP)*. 1990. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- CENTRO TECNOLÓGICO DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO - CETEC. *Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 16. Relatório zero*. Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê/Batalha, 2002.
- COMBES, C. *Parasitism: The ecology and Evolution of intimate interactions*. London: Chicago Press, 1995.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2016. Série Relatórios*. CETESB/São Paulo, 2017.
- COVAIN, R.; FISCH-MULLER, S. The genera of the Neotropical armored catfish subfamily Loricariinae (Siluriformes: Loricariidae): a practical key and synopsis. *Zootaxa*, v. 1462, p. 1-40, 2007.
- DE PINNA, M. C. C. Phylogenetic relationships of neotropical Siluriformes (Teleostei: Ostariophysi): historical overview and synthesis of hypotheses. 279-330. In: MALABARBA, L.R. et al. *Phylogeny and classification of neotropical fishes*. Porto Alegre: Edipucrs, 1998.

- DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE BAURU. *Rio Batalha e a Lagoa*, 2014. Disponível em: <<http://www.daebauru.com.br/2014/empresa/empresa.php>>. Último acesso: 25 jul. 2017.
- DIAS, K. G. A. et al. Parasitic communities of *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) as indicators of environmental impact. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 3, n. 3, p. 2317 – 2325, 2017.
- DIAS, M. L. G. G. et al. The life cycle of *Clinostomum complanatum* Rudolphi, 1814 (Digenea, Clinostomidae) on the floodplain of the high Parana River, Brazil. *Parasitology Research*, v. 89, p. 506–508, 2003.
- DIAS, M. L. G. G. et al. Ecology of *Clinostomum complanatum* Rudolphi, 1814 (Trematoda: Clinostomidae) infecting fish from the floodplain of the high Parana River, Brazil. *Parasitology Research*, v. 99, p. 675-681, 2006.
- DOBSON, A.; LAFFERTY, K.; KURIS, A. Parasites in food webs. In: DUNNE, J.; PASCUAL, M. *Ecological Networks: Linking Structure to Dynamics*. Oxford: Oxford University Press, Oxford, 2005.
- DOGIEL, V.A. Ecology of the parasites of freshwater fishes. In: DOGIEL, V.A.; PETRUSHEVSKI, G.K.; POLYANSKY, Y.I. *Parasitology of fishes*. London: Olivier & Boyd, 1970.
- EIRAS, J. C. et al. *Fish diseases*. Jersey: Science Publishers, 2008, v. 2.
- EIRAS, J.C. et al. Checklist of Protozoan parasites of fishes from Brazil. *Zootaxa*, v. 3221, p. 1-25, 2012.
- ENGERS, K. B.; BOEGER, W. A.; BRANDÃO, D. A. *Ergasilus thatcheri* n. sp. (Cepepoda, Poecilostomatoida, Ergasilidae) from de gills of *Rhamdia quelen* (Teleostei, Siluriformes, Pimelodidae) from Southern Brazil. *Journal of Parasitology*, v. 86, p. 945-947, 2000.
- ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. Catalog of fishes. Species by Family/Subfamily. Disponível em: <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>>. Acesso em: 10/11/2017.
- FERNANDES, B.M.M.; KOHN, A. On some trematodes parasites of fishes from Paraná River. *Brazilian Journal of Biology*, v. 61, n. 3, p. 461–466, 2001.

- FERNANDES, B.M.M.; MALTA, J.C.O.; MORIAS, A.M. *Porangatus ceteyus* n. gen., n. sp. (Digenea: Zoogonidae): A Parasite of *Hoplosternum littorale* (Pisces: Callichthyidae) from Amazonas State, Brazil. *Comparative Parasitology*, v. 80, p. 203–209, 2013.
- FERRARI-HOEINGHAUS, A.P. et al. Host-parasite relationships of monogeneans in gills of *Astyanax altiparanae* and *Rhamdia quelen* of the São Francisco Verdadeiro River, Brazil. *Parasite*, v.13, n.4, p.315-320, 2006.
- FERRARI-HOEINGHAUS, A.P. et al. A new species of *Demidospermus* Suriano, 1983 (Monogenea, Dactylogyridae) parasitic on *Loricariichthys platymetopon* Isbrücker et Nijssen (Loricariidae, Siluriformes) from the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Acta Parasitologica*, v. 55, p. 16-19, 2010.
- FERRARIS JR., C.J. Subfamily Loricariinae (Armored catfishes). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR., C. J. *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Porto Alegre: Edipurcs, 2003.
- FERRARIS JR, C.J. Checklist of catfishes, recent and fossil (Osteichthyes: Siluriformes), and catalogue of siluriform primary types. *Zootaxa*, v. 1418, p. 1–628, 2007.
- FORTES, E. *Parasitologia veterinária*. 4. ed. São Paulo: Ícone, 2004.
- FRANCESCHINI, L. et al. Morphology and molecular characterization of *Demidospermus spirophallus* n. sp., *D. prolixus* n. sp. (Monogenea: Dactylogyridae) and a redescription of *D. anus* in siluriform catfish from Brazil. *Journal of Helminthology*. p. 1-16, 2017.
- GARNICK, E.; MARGOLIS, L. Influence of four species of helminth parasites on orientation of seaward migrating sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 47, p. 2380-2389, 1990.
- GOLANI, D.; SNOVSKY, G. Occurrence of suckermouth armored catfish (Siluriformes, Loricariidae, *Pterygoplichthys*) in inland waters of Israel. *BioInvasions Records*, v. 2, p. 253–256, 2013.
- GOMES, L.C. et al. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). *Ciência Rural*, v.30, p.170-185, 2000.
- GONÇALVES, R.A. et al. Aspectos ecológicos da comunidade de parasitos em duas espécies de Loricariidae da bacia Igarapé Fortaleza, estado do Amapá, Brasil. *Biota Amazônia*, v. 4, p. 15-21, 2014.

- GORDON, D. M.; RAU, M. R. Possible evidence for mortality induced by the parasite *Apatemon gracilis* in a population of brook sticklebacks (*Culaea inconstans*). *Parasitology*, v. 84, p. 41–47, 1982.
- GRANADO-LORENCIO, C.; LIMA, R.M. A.; LOBÓN-CERVIÁ, J. Abundance-distribution relationships in fish assembly of the Amazonas floodplain lakes. *Ecography*, v. 28, p. 515-520, 2005.
- GRANDE, L.; EASTMAN, J. T. A review of Antarctic ichthyofaunas in the light of new fóssil discoveries. *Palaeontology*, v. 29, p. 113–137, 1986.
- GUEDES, D.S. *Contribuição ao estudo da sistemática e alimentação de jundiás (Rhamdia spp) na região central do Rio Grande do Sul (Pisces, Pimelodidae)*. Santa Maria – RS. 1980. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- HAHN, N.S. et al. Estrutura trófica da ictiofauna do reservatório de Itaipu (Paraná- Brasil) nos primeiros anos de sua formação. *Interciência*, v. 23, p. 299–305, 1998.
- HECHINGER, R.F. et al. Can parasites be indicators of free-living diversity? Relationships between species richness and the abundance of larval trematodes and of local benthos and fishes. *Oecologia*, v. 151, p. 82-92, 2007.
- KOHN, A.; FERNANDES, B.M.M.; COHEN, S.C. *South American Trematodes Parasites of Fishes*. Rio de Janeiro: Imprinta Express Ltda, 2007.
- KOHN, A. et al. Helminths of freshwater fishes in the reservoir of the Hydroelectric Power Station of Itaipu, Paraná, Brazil. *Check List*, v.7, p.681-690, 2011.
- KRITSKY, D.C.; VIANNA, R.T.; BOEGER, W.A.; Neotropical Monogenoidea. 50. Oviparous gyrodactylids from loricariid and pimelodid catfishes in Brazil, with proposal of *Phanerothecioides* n. g., *Onychogyrodactylus* n. g. and *Aglaiogyrodactylus* n. g. (Polyonchoinea: Gyrodactylidea). *Systematic Parasitology*, v.66, p.1-34, 2007.
- LACERDA, A.; TAKEMOTO, R.M.; PAVANELLI, G. A new trematode species parasitizing the catfish *Hoplosternum littorale* (Osteichthyes, Callichthyidae) from Paraná River, Brazil, with an emendation of the diagnosis of *Magnivitellinum* (Trematoda, Macroderoididae). *Acta Parasitologica*, v. 54, n. 1, p. 37-40, 2009.
- LAFFERTY, K.D. Environmental parasitology: what can parasites tell us about human impacts on the environment? *Parasitology Today*, v.13, p. 251–255, 1997.

- LANGEANI, R. M. C. et al. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotropica*, v. 7, n. 3, p. 181–197, 2007.
- LEITE, L.A R. et al. Estrutura e composição da ictiofauna do rio batalha, sub-bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. *Environmental*, In press, 2018.
- LEMOS, M. et al. Phylogenetic and morphological characterization of trypanosomes from Brazilian armoured catfishes and leeches reveal high species diversity, mixed infections and a new fish trypanosome species. *Parasites & Vectors*, v.8, p.1-17, 2015.
- LEVRI, E. P. The influence of non-host predators on parasiteinduced behavioural changes in a freshwater snail. *Oikos*, v. 81, p. 531–537, 1998.
- LUNASCHI, L. Helminos parasitos de peces da Água Dulce de la Argentina. V. Redescription de *Acanthostomum (Atrophocaecum) gnerii* (sic) Szidat 1954 (Trematoda: Acanthostomidae). *Neotropica*, v. 32, p. 35-42, 1986.
- LUQUE, J.L. et al. Checklist of Nematoda associated with the fishes of Brazil. *Zootaxa*, v.3082, p. 1-88, 2011.
- MAIDANA, J. N. S. Revisión bibliográfica y estudio de los parásitos del tracto digestivo del Manguruyú amarillo *Pseudopimelodus mangurus* (Valenciennes, 1835) (Siluriformes, Pseudopimelodidae) del bajo río Uruguay. 2013. Tese (Doutorado) – Facultad de Veterinaria, Universidad de la República.
- MARCOGLIESE, D. J. Parasites: Small players with crucial roles in the ecological theater. *EcoHealth* v. 1, n. 2, p. 151–164, 2004.
- MATOS, E.; TAJDARI, J.; AZEVEDO, C. Ultrastructural studies of *Henneguya rhamdia* n. sp. (Myxozoa) a parasite from the Amazon teleost fish *Rhamdia quelen* (Pimelodidae). *Journal of Eukaryotic Microbiology*, v. 52, n. 6, p.532–537, 2005.
- MAZZONI, R., REZENDE, C.F.; MANNA, L.R. Feeding ecology of *Hypostomus punctatus* Valenciennes, 1840 (Osteichthyes, Loricariidae) in a costal stream from Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 70, n. 3, p. 569-574, 2010.
- MOREIRA, L. H. de A. et al. Endoparasite community structure of three fish species in tributary streams of the river Pirapó, Paraná State, Brazil *Neotropical Helminthology*, v. 8, p. 97-109, 2014.

- MOREIRA, N. I. B. *Helminhos parasitos de peixes de lagos do médio Rio Doce, Minas Gerais, Brasil*. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- NACHEV, M.; SURES, B. Environmental parasitology: Parasites as accumulation bioindicators in the marine environment. *Journal of Sea Research*, v. 113, p. 45–50, 2016.
- NAKATANI, K. et al. *Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação*. 1ªed. Maringá: Nupélia, 2003.
- NELSON, J.S.; GRANDE, T. C.; WILSON, M. V. H. *Fishes of the world*. 5ªed. New York: John Wiley & Sons, 2016.
- OSTROWSKY DE NUÑEZ, M.; PERTIERRA, A.A.G. The life history of *Acanthostomum gnerii* Szidat, 1954 (Trematoda: Acanthostomatidae), from the catfish *Rhamdia sapo* in Argentina. *Zoologischer Anzeiger*, v. 227, p. 58-71, 1991.
- OYAKAWA, O. T.; MENEZES, N. A. Checklist dos peixes de água doce do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 11, p. 19-31, 2010.
- PERTIERRA, A.A.G. Redescription of *Proteocephalus bagri* and *P. rhamdiae* (Cestoda: Proteocephalidae), parasites of *Rhamdia quelen* (Siluriformes: Pimelodidae) from South America, with comments on morphological variation. *Folia Parasitologica*, v. 49, p. 55-66, 2002.
- PINHEIRO, D. A. et al. Primeiro registro da ocorrência de protozoários em tamoatá *Hoplosternum littorale* no Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 39, p. 169- 177, 2013.
- POULIN, R.; LEVRI, E. P. Applied aspects of host manipulation by parasites. In: HUGHES, D. P. et al. *Host Manipulation by Parasites*. Oxford: University of Oxford, 2012.
- RAMOS, I.P. et al. New host records and a checklist of fishes infected with *Austrodiplostomum compactum* (Digenea: Diplostomidae) in Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. v.22, n.4, p. 511-518, 2013.
- REGO, A.A.; CHUBB, J.C.; PAVANELLI, G.C. Cestodes in South America freshwater teleost fishes: keys to genera and brief description of species. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 16, p. 299-367, 1999.
- REIS, R.E.; KULLANDER, S.O.; FERRARIS-Jr., C.J. (Orgs.). *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre: Edipucrs, 2003.
- RINGUELET, R A. Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. *Ecosur*, v. 2, n. 3, p. 1-122, 1975.

- RODILES-HERNÁNDEZ, R. et al. *Lacantunia enigmatica* (Teleostei: Siluriformes) a new and phylogenetically puzzling freshwater fish from Mesoamerica. *Zootaxa*, v. 1000, p. 1–24, 2005.
- RODRIGUEZ, M.S.; CAVALLARO, M.R.; THOMAS, M.R. A New Diminutive Species of *Loricaria* (Siluriformes: Loricariidae) from the Rio Paraguay System, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Copeia*, v. 2012, n. 1, p. 49–56, 2012
- SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S. *Peixes comerciais de Manaus*. Manaus: IBAMA/AM, ProVárzea, 2006.
- SANTOS, F. S.; HEUBEL, M. T. C. D. Composição da comunidade ictiológica e biometria taxológica na lagoa de captação de água do DAE no rio Batalha (Bauru-SP). *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 1, p. 29-44, 2008.
- SÃO CLEMENTE, S.C. et al. Histopatologia do parasitismo por metacercárias de *Clinostomum* sp. em tamoatá, *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828). *Parasitologia al Dia*, v. 22, p. 38-40, 1998.
- SÃO PAULO - CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. *Plano Estadual de Recursos Hídricos: 2004 / 2007*. DAEE/São Paulo, 2006.
- SÃO PAULO. Decreto no. 60.133, de 7 de fevereiro de 2014.
- SHIBATTA, O.A. Family Pseudopimelodidae. In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR., C. J. *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Porto Alegre: Edipucrs, 2003.
- SILFVERGRIP, A.M.C. *A systematic revision of the neotropical catfish genus Rhamdia (Teleostei, Pimelodidae)*. 1996. Tese (Doutorado) — Department of Zoology, Stockholm University and Department of Vertebrate Zoology, Swedish Museum of Natural History.
- SILVA, F.L. et al. Macroinvertebrados aquáticos do reservatório do rio Batalha para a captação das águas e abastecimento do município de Bauru, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, v. 4, p. 66-74, 2009.
- SOARES, M.G.M. et al. *Peixes de lagos do médio Rio Solimões*. 2a ed. rev. Manaus: Instituto Piatam, 2008.
- STERBA, G. *Freshwater fishes of the world*. USA: T.F.H. Publications, 1973, v. 1 e 2.
- SULLIVAN, J.P.; LUNDBERG, J.G.; HARDMAN, M. A phylogenetic analysis of the major groups of catfishes (Teleostei: Siluriformes) using rag1 and rag 2 nuclear gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 41, p. 636–662, 2006.

- SURES, B. et al. Parasite responses to pollution: What we know and where we go in 'Environmental Parasitology'. *Parasites & Vectors*, v. 10, n. 65, p. 1 - 19, 2017.
- SURIANO, D.M. El genero *Unilatus* Mizelle y Kritsky, 1967. (Monogenea: Ancyrocephalidae) parasito de Siluriformes (Pisces: Loricariidae) del Rio Negro, Manaus, Brasil. *Neotropica* v. 31, p. 163–175, 1985.
- TAKEMOTO, R.M. et al. Diversity of parasites of fish from the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, p. 691–705, 2009.
- TAKEMOTO, R. M. et al. Parasitas de peixes de águas continentais. In: *Sanidade de Organismos Aquáticos*. São Paulo: Varela, 2004.
- THATCHER, V.E. *Amazon Fish Parasites*. 2.ed. Bulgaria: Pensoft Publishers, 2006.
- THOMAS, F.; GUÉGAN, J. F.; RENAUD, F. *Ecology and Evolution of Parasitism*. New York: Oxford University Press, 2009.
- THOMAS, M.R. et al. *Loricaria luciae*, a new species of whiptail catfish (Siluriformes: Loricariidae) from the Paraguay and lower Paraná River basins of southeastern South America. *Zootaxa*, v. 3745, p. 365–378, 2013.
- THOMAS, M.R.; RAPP PY-DANIEL, L.H. Three new species of the armored catfish genus *Loricaria* (Siluriformes: Loricariidae) from river channels of the Amazon basin. *Neotropical Ichthyology*, v. 6, p. 379–394, 2008.
- TORRES, A.; MATOS, E.; AZEVEDO, C. Fine structure of *Henneguya amazonica* (Myxozoa) in ovarian follicle of *Hoplosternum littorale* (Teleostei) from the Amazon river. *Diseases of Aquatic Organisms*, v. 19, p. 169–172, 1994.
- TRAVASSOS, L.; ARTIGAS, P.; PEREIRA, C. Fauna helmintológica dos peixes de água doce do Brasil. *Archivos do Instituto Biológico de São Paulo*, v.1, p. 5-68, 1928.
- VENANCIO, A.C.P. et al. Metazoan parasites of Mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* and of Jundiá *Rhamdia quelen* (Osteichthyes: Siluriformes) of Paraíba do Sul River, Volta Redonda, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 19, p. 157-163, 2010.

- VERA-ALCARAZ, H.S.; RIOS, G.; VULETICH, J.D.E. Confirmation of the occurrence for seven fish species in Paraguay. *Ichthyological Contributions of Peces Criollos*, v. 49, p. 1-9, 2017.
- VIANNA, R.T.; PEREIRA JÚNIOR, J.; BRANDÃO, D.A. *Clinostomum complanatum* (Digenea, Clinostomidae) Density in *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) from South Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 48, p. 635-642, 2005.
- VIDAL-MARTÍNEZ, V. M. et al. Can parasites really reveal environmental impact? *Trends in Parasitology*, v. 26, n. 1, p. 44–51, 2010.
- VOLONTERIO, O., LÓPEZ-DE LEÓN, E., & DE LEÓN, R. P. Infestation Dynamics and Histopathology of Two Species of Freshwater Leeches (Hirudinea: Piscicolidae) on Teleost Fish from Uruguay. *Comparative Parasitology*, v. 71, p. 21–28, 2004.
- YAMADA, F. H. et al. *Philocorydoras longus* sp. n. (Monogenea, Dactylogyridae) from the gills of *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) in Southeastern Brazil and the reassignment of two species from the genus *Urocleidoides* to *Philocorydoras*. *Helminthologia*, v. 52, n. 4, p. 331-335, 2015.
- ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S.; SHIBATTA, O.A.; DE OLIVERIRA NUÑES, A.P. *Catálogo ilustrado de peixes do alto Rio Uruguai*. Florianópolis: Tractebel Energia, UFSC, 2004.
- ZAWADZKI, C. H., WEBER, C.; PAVANELLI, C. S. A new dark-saddled species of *Hypostomus* (Siluriformes: Loricariidae) from the upper rio Paraguay basin. *Neotropical Ichthyology*, v. 8, p. 719-725, 2010.
- ZICA, E. O. P. et al. *Unilatus unilatus* Mizelle & Kritsky, 1967 (Monogenea, Ancyrocephalinae) in *Hypostomus* spp. (Siluriformes, Loricariidae) from the Chavantes reservoir, São Paulo State, Brazil. *Helminthologia*, v.49, p. 87 – 91, 2012.

OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo quali-quantitativo dos parasitos de peixes da ordem Siluriformes residentes no rio Batalha, aumentando o conhecimento da biodiversidade dentro deste ambiente aquático do Estado de São Paulo, contribuindo desta maneira com o inventário da biodiversidade global.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um inventário das espécies de parasitos de peixes da ordem Siluriformes do rio Batalha, São Paulo, Brasil, com considerações acerca das espécies encontradas, além de registrar as novas ocorrências de hospedeiros e também de nova localidade para os parasitos identificados;
- Analisar a distribuição das infrapopulações parasitárias de quatro espécies de *Hypostomus* spp. (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, São Paulo, Brasil, com uma abordagem ecológica envolvendo esta composição;
- Caracterizar morfológica e molecularmente as metacercárias da família Diplostomidae parasitos de olhos de onze espécies de peixes da ordem Siluriformes provenientes do rio Batalha, Estado de São Paulo, Brasil, utilizando caracteres morfológicos e análises moleculares do gene Citocromo C Oxidase subunidade I (COI), com a sugestão de um possível novo gênero pertencente à família Diplostomidae.

CAPÍTULO 1.

A parasitofauna de peixes da ordem Siluriformes do rio Batalha, São Paulo, Brasil: considerações e “checklist” das espécies identificadas, com novos registros de hospedeiros e de localidade

RESUMO

Peixes conhecidos como bagres, cascudos, armados, mandis, jaús, pintados ou *catfishes*, pertencem à ordem Siluriformes e são mundialmente distribuídos. Podem ser encontrados em diversos ambientes, mas apresentam preferência pelos ecossistemas de água doce. Embora representantes das famílias Loricariidae, Heptapteridae, Callichthyidae e Pseudopimelodidae estejam amplamente distribuídos por toda a região neotropical e, particularmente, no Brasil, estudos envolvendo aspectos da fauna parasitária destes indivíduos têm sido realizados pontualmente. Mesmo em regiões bem estudadas, como o Estado de São Paulo, algumas de suas áreas ainda são desconhecidas do ponto de vista faunístico-parasitológico. Objetivou-se no presente trabalho inventariar a parasitofauna de doze espécies de peixes Siluriformes provenientes do rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, São Paulo, Brasil, e apresentar considerações acerca das espécies identificadas e também de novos registros de hospedeiros e de localidade. As seguintes espécies de hospedeiros foram coletadas: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae*, *Rhamdia quelen*, *Hoplosternum littorale* e *Pseudopimelodus mangurus*. As coletas foram realizadas em dois pontos do rio Batalha, localizados nos municípios de Piratininga e Reginópolis, com auxílio de redes de espera, durante os anos de 2014 a 2016. Foram coletados 283 hospedeiros os quais estavam parasitados por pelo menos uma espécie de parasito. Mais de 20 mil metazoários parasitos foram coletados, pertencentes às Classes Monogenea, Digenea e Cestoda, Filo Nematoda, e Subclasses Hirudinea e Copepoda. Também foram identificadas espécies do Subfilo Myxozoa nas brânquias e intestino, e tripanosomatídeos em alíquotas de sangue de alguns hospedeiros amostrados. Foram identificados 50 taxa de parasitos, quase todos registrados em pranchas de imagens. Até o momento, foi possível identificar pelo menos oito novas espécies (e três possíveis novos gêneros) (*Henneguya* sp., *Gyrodactylus* sp., Gyrodactylidae n. gen. 1 n. sp., Gyrodactylidae n. gen. 2 n. sp., *Phanerothecium* sp., Diplostomidae gen. sp., Aporocotylidae gen. sp. e *Oligobdella* sp.), ainda em fase de análise morfológica. A maioria dos parasitos são novos registros de localidade (tanto para a bacia do rio Batalha, quanto para o Estado de São Paulo e para o Brasil).

Palavras-chave: Bagre, cascudo, tamoatá, jaú-sapo, ecossistemas de água doce, parasitofauna de peixes.

ABSTRACT

Catfishes, bagres, cascudos, armados, mandis, jaús or pintados belongs to the order Siluriformes and are distributed worldwide. They can be found in many environments, but have a preference for freshwater ecosystems. Although species belonging to the families Loricariidae, Heptapteridae, Callichthyidae and Pseudopimelodidae are distributed throughout the neotropical region and, mainly, in Brazil, studies involving aspects of the parasitic fauna of these species have been performed punctually. Even in well-studied regions, such as the State of São Paulo, some of its areas are still unknown from a faunistic-parasitological point of view. The objective of this study was to survey the parasitofauna of twelve species of Siluriformes fish from the Batalha River, Tietê-Batalha river basin, São Paulo, Brazil, and to present considerations about the identified species and also new records of hosts and locality. The following host species were collected: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae*, *Rhamdia quelen*, *Hoplosternum littorale* and *Pseudopimelodus mangurus*. The fishes were collected at two points of the Batalha River, located in the municipalities of Piratininga and Reginópolis, with gillnets, during the years 2014 to 2016. A total of 283 hosts were collected, which were parasitized by at least one parasite species. More than 20 thousand metazoan parasites were collected, belonging to the Class Monogenea, Digenea and Cestoda, Phylum Nematoda, and Subclass Hirudinea and Copepoda. Species of the Subphylum Myxozoa were also identified in the gills and intestines, and trypanosomatids in blood aliquots of some sampled hosts. Fifty parasite taxa were identified, almost all of them recorded in image plates. To date, it was been possible to identify at least eight new species (and three possible new genera) (*Henneguya* sp. *Gyrodactylus* sp., Gyrodactylidae n. gen. 1 n. sp, Gyrodactylidae n. gen. 2 n. sp, *Phanerothecium* sp., Diplostomidae gen. sp., Aporocotylidae gen. sp. e *Oligobdella* sp.), still in the morphological analysis. Most of the parasites are new records of locality (both for the Batalha river basin, as well as for the State of São Paulo and for Brazil), emphasizing the importance of this kind of study for the robustness of faunistic inventories and local conservation strategies.

Keywords: Catfish, cascudo, tamoatá, jaú-sapo, freshwater ecosystems, fish parasites.

INTRODUÇÃO

Dentre os Ostariophysi, a ordem Siluriformes é a mais diversa e amplamente distribuída, com grande complexidade taxonômica. De acordo com Eschmeyer e Fong (2017), existe cerca de 6.480 espécies de Siluriformes distribuídas em todo o mundo, e destas, pelo menos 1.700 pertencem à região Neotropical (Reis et al., 2003; Albert e Reis, 2011). Habitam principalmente ambientes dulcícolas, e são conhecidos como bagres, cascudos, armados, mandis, candirus, jaús, pintados ou *catfishes*. Suas escamas estão ausentes e possuem frequentemente acúleos fortes e pungentes nas nadadeiras dorsal e peitorais (Alexander, 1965). Apresentam uma grande variedade de formas e tamanhos, com inúmeras adaptações anatômicas, fisiológicas e comportamentais, ocupando um amplo espectro de nichos e ambientes. Seus hábitos são predominantemente crepusculares e noturnos, e geralmente habitam locais com águas turvas (Ferraris Jr., 2007). Este estilo de vida levou à redução do tamanho do olho, que foi compensada pela presença de barbilhões orais e de um aparelho de Weber especializado, que consiste em um conjunto de ossos cranianos com a função de captar estímulos sonoros e vibrações ao ouvido interno (Fink e Fink, 1981; Grande e Young, 2004).

Diversas espécies de Siluriformes possuem forte apelo comercial, com grande apreciação na aquariofilia (como peixes das famílias Callichthyidae e Loricariidae), na pesca esportiva e também para consumo humano (como os grandes bagres das famílias Doradidae, Pimelodidae e Heptapteridae). Apesar de sua grande diversidade e importância econômica, menos de 10% das espécies de Siluriformes da região Neotropical tiveram suas faunas parasitárias estudadas (Mendoza-Palmero et al., 2015). O reconhecimento dos parasitos como componente importante da biodiversidade dos ambientes tem ocorrido nas últimas décadas (Poulin e Morand, 2004), dada sua importância na compreensão das funcionalidades da biosfera (Brooks e Hoberg, 2000). O estudo da parasitofauna de peixes em ambiente natural possibilita a identificação de possíveis patógenos que acometem os organismos aquáticos e possibilita o conhecimento de aspectos relativos ao hábitat e à biologia de seus hospedeiros (Luque et al., 1996).

Estudos de biodiversidade nas bacias hidrográficas neotropicais relatam uma variedade imensa de potenciais organismos que atuarão, em algum momento, como hospedeiros intermediários, paratênicos ou definitivos de espécies de parasitos. Grande parte dos ambientes fluviais neotropicais se encontra em território brasileiro (Rocha e Boeger,

2009), e trabalhos envolvendo aspectos taxonômicos, ecológicos, zoonóticos e toxicológicos da parasitofauna de peixes brasileiros tem crescido consideravelmente. A bacia hidrográfica do alto rio Paraná, a maior do Estado de São Paulo, possui a região mais investigada em relação aos peixes de água doce brasileiros (Agostinho et al., 2007). Porém, nem sempre os estudos abrangem todas as sub-bacias ou afluentes pertencentes a esta. Assim é o caso da sub-bacia do Tietê-Batalha, cujo rio principal, o rio Batalha, é responsável pelo abastecimento de quase metade da população do município de Bauru, SP (Silva et al., 2009).

Análises parasitológicas em peixes na região da bacia do Tietê-Batalha foram realizadas por Pedro et al. (2016a, b); Leite et al. (2017), Dias et al (2017b), Negrelli et al. (2018) e Pelegrini et al. (2018) (sendo este último realizado como parte do presente trabalho) envolvendo peixes da ordem Characiformes. No entanto, nenhum destes envolveu o estudo da parasitofauna de peixes Siluriformes. Assim, com o presente trabalho teve-se por objetivo inventariar a fauna parasitária de doze espécies de peixes da ordem Siluriformes provenientes do rio Batalha, São Paulo, Brasil, bem como apresentar considerações acerca das espécies identificadas e novos registros de hospedeiros.

MATERIAL E MÉTODOS

Os peixes foram coletados em duas regiões do rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, localizados nos municípios de Piratininga (22°24'46"S 49°05'05"O) e Reginópolis (21°53'17"S 49°13'31"O), Estado de São Paulo (Figura 1). As coletas foram realizadas nestes dois pontos por estes serem distintos entre si: em Piratininga trata-se de um ambiente lântico, com uma formação lacustre utilizada para a captação de água, enquanto que em Reginópolis as águas correm mais rapidamente, sendo considerado um ambiente lótico. Assim, se elevaram as possibilidades de se coletar diferentes espécies de hospedeiros que têm preferência por um dos dois ambientes.

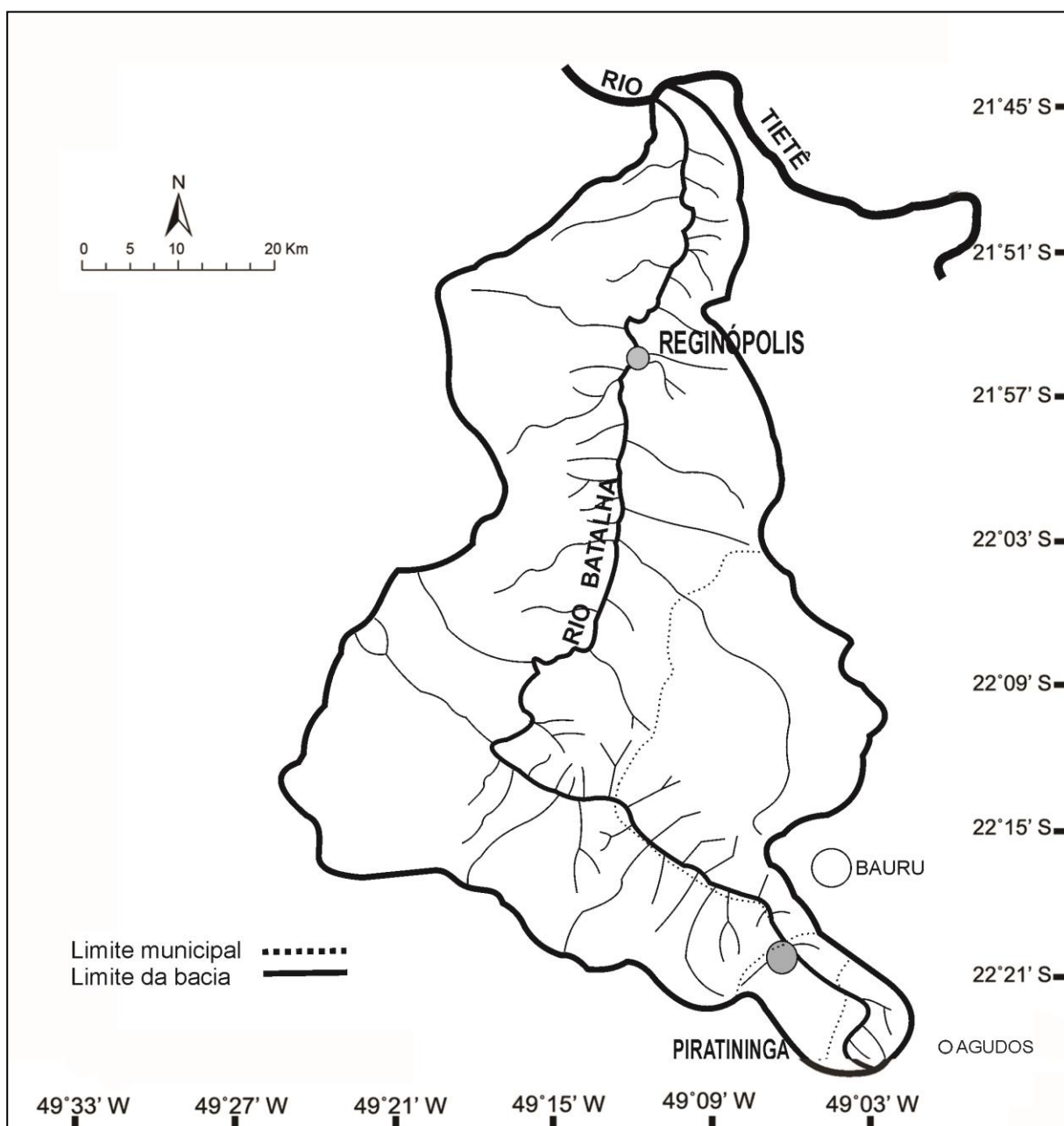


Figura 1. Mapa da localização do rio Batalha dentro da Bacia Hidrográfica do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. Os círculos cinzas representam os locais dos pontos de coleta (Piratininga e Reginópolis) (Modificado de CETESB, 1986).

As coletas seguiram as orientações da licença de pesca científica sob autorização do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO - autorização nº 40998-2) e para tal procedimento foram utilizadas redes de espera de monofilamento de nylon com diferentes tipos de malhas (variando de 2 a 10 cm entrenós alternados), sendo colocadas durante a noite e retiradas antes do amanhecer totalizando 12 horas de exposição, nas regiões próximas ao fundo ou encostas, locais preferenciais dos peixes Siluriformes. As coletas ocorreram trimestralmente de fevereiro de 2014 a dezembro de 2016 e o esforço de coleta para os dois trechos foi o mesmo (11 coletas em cada ponto/município).

Os peixes foram armazenados individualmente em sacos plásticos e parte destes foi eutanasiada e analisada ainda em campo. Os demais hospedeiros que ainda estavam vivos foram anestesiados com solução a base de eugenol (óleo de cravo) e eutanasiados através do método físico de secção medular. Em seguida foram congelados e levados para análise no Laboratório de Ictioparasitologia da Universidade do Sagrado Coração (USC) em Bauru, SP, onde foram anotados em uma ficha de necropsia os valores de comprimento total (cm), comprimento padrão (cm), massa corporal (g) e sexo (Tabela 1). A identificação dos hospedeiros foi obtida com o auxílio de bibliografia específica (Ferraris Jr., 2003; Covain & Fisch-Muller, 2007; Nelson et al., 2016) e chave de identificação para as espécies pertencentes ao gênero *Hypostomus* do rio Batalha, desenvolvida em parceria com o professor Dr. Cláudio Henrique Zawadzki, da Universidade Estadual de Maringá (UEM), PR (Anexo 1).

Os hospedeiros foram submetidos à necropsia completa incluindo todos os órgãos. Toda a superfície externa dos peixes (cavidades, pele, nadadeiras, olhos) foram examinadas macroscopicamente à procura de lesões, úlceras, hemorragias subcutâneas, pústulas, cistos, formações nodulares volumosas e descolorações. A região perianal foi observada à procura de áreas vermelhas incomuns e prolapsos do intestino.

Antes dos procedimentos de necropsia, alguns peixes que foram observados externamente e que se constatou a presença de Hirudinea (sanguessugas) em sua superfície e/ou cavidades foram selecionados para análise de sangue, o qual foi extraído através de punção cardíaca e três lâminas de extensão em camada delgada foram confeccionadas e fixadas em metanol para a observação e registros de hemoparasitos.

Em seguida, os conteúdos da superfície do corpo, nadadeiras, narinas e as cavidades branquial, bucal e anal foram analisadas em estereomicroscópio à procura de ectoparasitos. Estas estruturas foram lavadas com água e o conteúdo de cada órgão externo foi filtrado em uma peneira de malha de 53 micrômetros. Em seguida, as brânquias foram retiradas e os arcos branquiais foram individualizados e submersos em um recipiente hermético com água, o qual foi agitado aproximadamente 50 vezes e este conteúdo filtrado em peneira de malha de 53 micrômetros.

Os olhos foram removidos e colocados em placa de Petri com água. Da câmara interna foram removidos o cristalino e o humor vítreo, e cada componente foi examinado separadamente.

Através de uma incisão longitudinal na superfície ventral dos indivíduos foram retirados todos os órgãos da cavidade visceral. Os órgãos foram individualizados, abertos e foram lavados e filtrados em peneira de malha de 63 e 75 micrômetros, colocados em placas de Petri com água e examinados separadamente sob estereomicroscópio à procura de endoparasitos.

Os parasitos encontrados foram coletados, contabilizados, fixados em formol a 5% (Monogenea) ou A.F.A. (demais parasitos) (93 ml de Álcool a 70% + 5ml de Formaldeído a 39% + 2ml de Ácido acético glacial) e conservados em etanol a 70%. Alguns exemplares foram conservados em etanol absoluto para posteriores análises moleculares e metodologias específicas de coloração foram realizadas para a análise em diferentes tipos de microscopias. Para montagem dos parasitos foram seguidas as técnicas propostas por Eiras et al. (2006), de acordo com as especificidades determinadas para cada táxon.

A obtenção das imagens, identificações e análises morfológicas foram realizadas com o auxílio de microscópio Trinocular Nikon E200 utilizando os sistemas de análises computadorizada de imagem Motic (Moticam 5.0MP), de Contraste de Interferência Diferencial (*Differential Interference Contrast* - DIC) - LAS V3 (Leica Application Suite) e de Microscopia Confocal de Varredura a Laser Leica SP5 – LAS AF (Leica Application Suite). Foram utilizadas bibliografias específicas para cada *taxa*, incluindo artigos científicos, livros e chaves de identificação, além do contato com especialistas dos diferentes grupos para se chegar ao menor nível taxonômico (Moravec, 1998; Gibson, 2002; Thatcher, 2006; Kohn et al., 2007; Cohen et al., 2013, entre outros).

Vouchers da maioria das espécies dos hospedeiros analisados foram depositados na Coleção Ictiológica do Nupélia (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura - NUP), da Universidade Estadual de Maringá, PR, e na Coleção de Peixes do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes do Instituto de Biociências de Botucatu (IBB), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP (Tabela 1).

Holótipos e parátipos das novas espécies de parasitos encontradas serão depositados na Coleção Zoológica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em Manaus, AM, e CHIOCC (Coleção Helmintológica do Instituto Oswaldo Cruz) e *vouchers* de espécies já descritas serão depositadas na Coleção Helmintológica do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (CHIBB), UNESP, em Botucatu, SP.

Tabela 1: Espécies de peixes Siluriformes coletados ao longo dos anos de 2014 a 2016 no rio Batalha, municípios de Piratininga e Reginópolis, Estado de São Paulo, Brasil, seguidos dos valores dos dados biométricos obtidos dos hospedeiros analisados. Os valores expressam a média $\pm$ erro padrão (mínimo – máximo) (N = número de hospedeiros analisados; CP = comprimento padrão (cm); MC = massa corporal (g); EP = erro padrão; AV = amplitude de variação).

Hospedeiros	No. Tombo	N	CP $\pm$ EP (AV)	MC $\pm$ EP (AV)
<i>Hypostomus regani</i> (Ihering, 1905)	IBB 22920	60	17,72 $\pm$ 0,37 (11,5 – 23,5)	160,45 $\pm$ 10,03 (32,38 – 360,23)
<i>Hypostomus strigaticeps</i> (Regan, 1908)	-	30	16,53 $\pm$ 0,58 (8 - 22,5)	135,23 $\pm$ 9,86 (14,06 – 232,35)
<i>Hypostomus hermanni</i> (Ihering, 1905)	NUP 17245	31	15,64 $\pm$ 0,42 (10 – 20,5)	120,27 $\pm$ 10,67 (18,03 – 264,53)
<i>Hypostomus iheringii</i> (Regan, 1908)	NUP 17008	17	14,53 $\pm$ 0,58 (11,5 – 21)	89,64 $\pm$ 12,91 (41,12 – 252,94)
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911)	IBB 22922	25	13,98 $\pm$ 0,55 (9,5 – 19,5)	76,50 $\pm$ 9,78 (17,41 – 206,57)
<i>Hypostomus albopunctatus</i> (Regan, 1908)	IBB 22916	11	19,18 $\pm$ 1,77 (10 – 25)	222,35 $\pm$ 42,49 (29,37 – 425,40)
<i>Hypostomus paulinus</i> (Ihering, 1905)	NUP 17244	3	7,33 $\pm$ 0,34 (7 – 8)	10,51 $\pm$ 2,04 (7,91 – 14,53)
<i>Loricaria prolixa</i> (Isbrücker & Nijssen, 1978)	-	40	28,59 $\pm$ 0,97 (11 – 36,5)	223,11 $\pm$ 15,69 (18,19 – 380,75)
<i>Loricaria piracicabae</i> Ihering, 1907	NUP 17246	2	15,25 (13-17,5)	29,13 (16,90 - 41,35)
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy e Gaimard, 1824)	-	10	14,23 $\pm$ 1,92 (7,5 – 29)	74,89 $\pm$ 37,73 (7,09 – 406,13)
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)	IBB 22921	53	14,60 $\pm$ 0,28 (9 – 19)	133,83 $\pm$ 7,11 (35,26 – 281,55)
<i>Pseudopimelodus mangurus</i> (Valenciennes, 1835)	-	1	19	176,37

RESULTADOS

Todos os 283 hospedeiros analisados estavam parasitados por pelo menos uma espécie de parasito. Foram coletados 20.539 metazoários parasitos pertencentes aos seguintes *taxa*: Monogenea, Digenea, Cestoda, Nematoda, Hirudinea e Copepoda (Figura 2). Além destes, foram identificadas algumas espécies de mixozoários encistadas e tripanosomatídeos em alíquotas de sangue de alguns hospedeiros amostrados. O número de hospedeiros amostrados por espécie não foi uniforme, pois dependia diretamente da metodologia escolhida, considerando que somente métodos passivos de coleta de peixes foram utilizados.

Abaixo, a lista de espécies de parasitos encontradas, bem como os hospedeiros em que ocorreram e um breve comentário sobre esta ocorrência (ver também Quadro 1, após as pranchas).

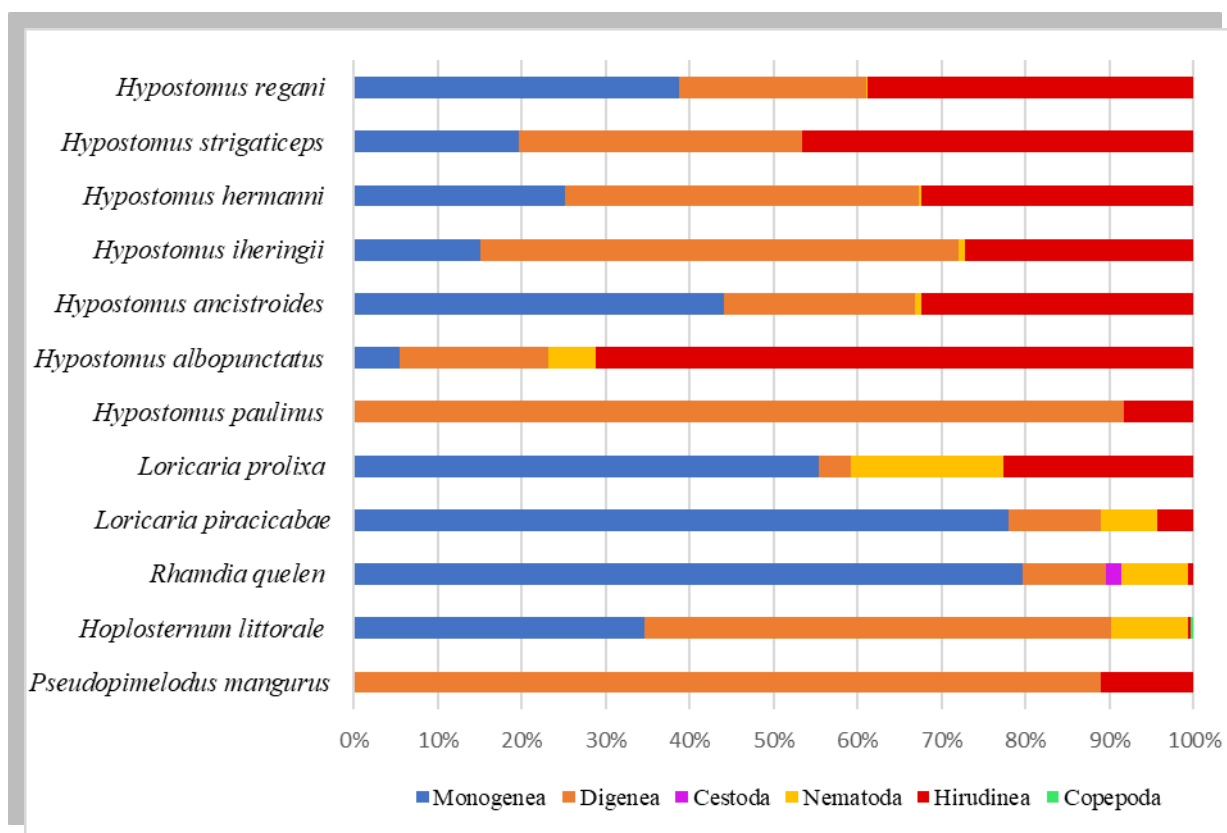


Figura 2. Gráfico com distribuição percentual da abundância de indivíduos coletados pertencentes a cada *taxa* de parasitos (expresso em porcentagem) encontrados nos peixes Siluriformes da bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil, analisados no presente estudo.

EUGLENOZOA

Kinetoplastea Honigberg, 1963

Trypanosomatida Kent, 1880

Trypanosomatidae Doflein, 1911

Trypanosoma sp. (Figura 3)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides* e *Loricaria prolixa*

Local de infecção: sangue

Prevalência: 100% (em todos os hospedeiros analisados)

Comentários: Atualmente estão descritas mais de 200 espécies de tripanosomatídeos parasitando o sangue de peixes marinhos e de água doce em todo o mundo (Eiras et al., 2010; Gupta & Gupta, 2012; Hayes et al., 2014). Deste total, cerca de 60 foram registradas nas bacias hidrográficas brasileiras sendo grande parte destas descritas em peixes Siluriformes (Eiras et al., 2012). Para *H. regani* e *H. strigaticeps* há o registro de *Trypanosoma regani* Fonseca & Vaz, 1928 e *Trypanosoma strigaticeps* Fonseca & Vaz, 1928, respectivamente, descritos no rio Mogi-Guaçu, SP. Já para *H. ancistroides* foram descritas duas espécies: *Trypanosoma lamanoi* Costa, Lopes, Ribeiro, Satake, Carraro, Albuquerque & Garavello, 1992 em hospedeiros coletados no reservatório de Fartura, município de São Sebastião da Gramma, SP, e *Trypanosoma pradoi* Ribeiro, Lopes, Albuquerque, Carraro, Satake, Sala & Costa, 1993 em cascudos coletados no córrego Laureano, município de Ribeirão Preto, SP (Fonseca e Vaz, 1928; Costa et al., 1992; Ribeiro et al., 1993). Para os demais hospedeiros parasitados no presente estudo, trata-se do primeiro registro de ocorrência de *Trypanosoma* sp., além de ser o primeiro registro para a bacia do Tietê-Batalha.

CNIDARIA Verrill, 1865

MYXOZOA Grassé, 1970

Myxosporea Bütschli, 1881

Bivalvulida Schulman, 1959

Myxobolidae Thélohan, 1892

Henneguya guanduensis Abdallah, Azevedo e Luque, 2007 (Figura 4)

Hospedeiro: *Hoplosternum littorale*

Local de infestação: brânquias

Prevalência: 13,2%

Comentários: Este parasito foi descrito nas brânquias deste mesmo hospedeiro em exemplares coletados no rio Guandu, Rio de Janeiro (Abdallah et al., 2007). Já *Henneguya amazonica* Rocha, Matos e Azevedo, 1992, descrita nas brânquias de *Crenicichla lepidota* Heckel, 1840, foi identificada nos folículos ovarianos de *H. littorale* provenientes da bacia amazônica (Torres et al., 1994). É o primeiro registro em *H. littorale* coletados no rio Batalha.

Henneguya sp. (Figura 5)

Hospedeiros: *Rhamdia quelen*

Local de infestação: brânquias

Prevalência: 10%

Comentários: Com mais de 200 espécies descritas em todo o mundo e com mais de 55 descritas no Brasil, o gênero *Henneguya* Thélohan, 1892 é considerado um dos maiores e mais importantes grupos, com destacado potencial patogênico (Eiras et al., 2010). As infecções ocorrem principalmente nas brânquias, o que pode levar à destruição dos filamentos branquiais, causando problemas respiratórios (Lom & Dyková, 1992). Na literatura, *R. quelen* é hospedeiro de *Henneguya rhamdia* Matos, Tajdari & Azevedo, 2005, encontrado nas brânquias de jundiás amazônicos, no Estado do Pará (Matos et al., 2005). Porém, as medidas obtidas dos esporos coletados no presente estudo são inferiores aos exemplares encontrados em *R. quelen* do Pará (médias de 9,26µm de comprimento de corpo, 6,83µm de comprimento de cauda, e 16,11µm de comprimento total em *Henneguya* sp., enquanto que *H. rhamdia* apresentou valores médios de 13,1µm de comprimento de corpo, 36,9µm de comprimento de cauda, e 50µm de comprimento total), indicando que os esporos

encontrados no presente estudo não pertencem à *H. rhamdia*, e provavelmente se trate de uma nova espécie. É o primeiro registro em *R. quelen* coletadas no rio Batalha

Myxobolus sp. (Figura 6)

Hospedeiros: *Hypostomus ancistroides*, *Rhamdia quelen*

Local de infestação: brânquias (*H. ancistroides*) e intestino (*R. quelen*)

Prevalência: 4% (*H. ancistroides*) e 10% (*R. quelen*)

Comentários: O gênero *Myxobolus* Bütschli, 1882 é o maior dentro da classe Myxosporidia, com aproximadamente 792 espécies descritas. Apresentam ampla distribuição geográfica e relativo potencial patogênico, sendo responsáveis por doenças em peixes de ambiente natural ou de confinamento, causando prejuízos aos produtores. Podem afetar qualquer órgão do corpo do peixe, causando lesões. A presença de cistos de *Myxobolus* sp. no intestino de *R. quelen* pode dificultar a absorção de nutrientes, causando desnutrição. Em grandes quantidades, os cistos podem causar deformação da parede intestinal, prejudicando a excreção dos peixes, que junto com a desnutrição, pode acarretar a morte (Lom e Diková, 2006).

Já os cistos de *Myxobolus* sp. em *H. ancistroides* foram encontrados nas brânquias deste hospedeiro. Este parasito já foi identificado por Franceschini (2016) nesta mesma espécie de loricarídeo, provenientes do rio Sapucaí-Mirim, SP, sendo estes os únicos registros de cistos de *Myxobolus* sp. em peixes do gênero *Hypostomus*, e o presente estudo, o primeiro registro em *R. quelen*.

PLATYHELMINTHES Minot, 1876

Monogenea Van Beneden, 1858

Polyonchoinea Bychowsky, 1937

Dactylogyridea Bychowsky, 1937

Dactylogyridae Bychowsky, 1933

Trinigyryus sp. (Figura 7)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*

Local de infestação: brânquias e superfície corporal

Prevalência: 80% (*H. regani*), 50% (*H. strigaticeps*), 61,3% (*H. hermanni*), 70,6% (*H. iheringii*), 52% (*H. ancistroides*) e 9,1% (*H. albopunctatus*)

Comentários: Atualmente, cinco espécies são atribuídas a este gênero: *T. acuminatus* Kritsky, Boeger e Thatcher, 1986; *T. hypostomatis* Hanek, Molnar e Fernando, 1974; *T. mourei* Boeger e Belmont-Jegu, 1994; *T. tentaculoides* Kritsky, Boeger e Thatcher, 1986; e *T. peregrinus* Nitta e Nagasawa, 2016 (Cohen et al., 2013; Nitta e Nagasawa, 2016). As espécies deste gênero são reportadas em peixes da família Loricariidae, e os espécimes encontrados no presente estudo se assemelham aos encontrados por Franceschini (2016), cujos hospedeiros pertenciam ao mesmo gênero (*Hypostomus*). Apesar da distribuição neotropical, *T. peregrinus* foi descrito em peixes loricarídeos introduzidos nas águas interiores do Japão (Nitta e Nagasawa, 2016). Negrelli et al. (2018) já registraram *Trinigyryus* sp. em *Astyanax altiparanae* (Garutti and Britski, 2000) coletados no rio Batalha. Este é o primeiro registro de *Trinigyryus* sp. em *H. hermanni*, *H. iheringii* e *H. albopunctatus*.

Unilatus unilatus Mizelle & Kritsky, 1967 (Figura 8)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*

Local de infestação: brânquias e superfície corporal

Prevalência: 38,3% (*H. regani*), 20% (*H. strigaticeps*), 35,5% (*H. hermanni*), 41,2% (*H. iheringii*) e 44% (*H. ancistroides*)

Comentários: *Unilatus unilatus* é uma espécie exclusiva de peixes loricarídeos. Sua distribuição é sul-americana, e foi descrito parasitando as brânquias de *Hypostomus* sp. da bacia amazônica por Mizelle e Kritsky (1967) e redescrito por Mizelle et al. (1968) e Suriano (1985). O gênero foi caracterizado por ter os dois pares de âncoras na posição dorsal, diferentemente dos demais dactilogirídeos. Molnar et al. (1974) relataram esta espécie em *Hypostomus robinii* Valenciennes, 1840, no rio Talparo em Trinidad e Tobago e Mendoza-Palmero et al., 2012 registraram em *Pterygoplichthys anisitsi* Eigenmann e Kennedy, 1903

coletados no Peru. Esta espécie já foi registrada em *H. regani*, *H. strigaticeps*, *H. iheringii* e *H. ancistroides* (Zica et al., 2012; Fransceschini, 2016; Acosta et al., 2017) coletados em reservatórios do Estado de São Paulo, porém o presente estudo traz o primeiro registro deste parasito para *H. hermanni* e para a bacia do Tietê-Batalha.

Unilatus anoculus (Price, 1968) (Figura 9)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. hermanni*, *H. ancistroides*

Local de infestação: brânquias e superfície corporal

Prevalência: 5% (*H. regani*), 3,2% (*H. hermanni*) e 4% (*H. ancistroides*)

Comentários: Este parasito foi descrito inicialmente como *Diaccessorius anoculus* em *Hypostomus bolivianus* (Pearson, 1924) coletados na região amazônica, Bolívia, e se caracterizava pela presença de duas peças acessórias e a ausência de olhos (Price, 1968). Posteriormente, estas características foram revisadas e este foi transferido para o gênero *Unilatus* por Suriano (1985). O presente estudo traz o primeiro registro desta espécie para o Sudeste do Brasil e para as espécies de hospedeiros analisadas.

Demidospermus spirophallus Fransceschini, Zago, Müller et al., 2017 (Figura 10)

Hospedeiros: *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae*

Local de infestação: brânquias e superfície corporal

Prevalência: 90% (*Loricaria prolixa*) e 100% (*L. piracicabae*)

Comentários: O gênero *Demidospermus* Suriano, 1983 inclui espécies exclusivas de peixes Siluriformes da região Neotropical (Mendoza-Palmero et al., 2012), com 31 espécies descritas até o presente. Apesar da grande abundância de espécimes coletados pertencentes a este gênero, apenas *D. spirophallus* foi identificada nos hospedeiros analisados. Esta espécie se diferencia das demais espécies do gênero por possuir o órgão copulatório masculino espiralado com 2½ anéis no sentido anti-horário, uma peça acessória tubular com uma extremidade bifurcada e uma vagina fracamente esclerotizada com abertura sinistral. *Demidospermus spirophallus* foi descrito como parasito de *L. prolixa* provenientes do rio Sapucaí-Mirim, SP (Fransceschini et al., 2017). Outra espécie deste gênero, *D.*

paravalenciennesi Gutiérrez & Suriano, 1992 já fora encontrada em peixes da ordem Characiformes no rio Batalha (Dias et al., 2017). O presente estudo registra pela primeira vez esta espécie na bacia do Tietê-Batalha e *L. piracicabae* como um novo registro de hospedeiro.

Aphanoblastella mastigatus (Suriano, 1986) (Figura 11)

Hospedeiro: *Rhamdia quelen*

Local de infestação: brânquias e superfície corporal

Prevalência: 50%

Comentários: O gênero *Aphanoblastella* é típico de peixes da família Heptapteridae (Cohen et al., 2013). Em revisão taxonômica de Dactylogyridae em peixes da ordem Siluriformes, Kritsky et al. (2000) transferiram *Urocleidoides mastigatus* para um novo gênero, tendo então a nova sinonímia, *Aphanoblastella mastigatus*. Estes parasitos foram descritos no mesmo hospedeiro do presente estudo, porém, coletados na Argentina, mas Ferrari-Hoeinghaus et al. (2006) e Azevedo et al. (2010) já encontraram esta espécie em exemplares de *R. quelen* brasileiros. Outras duas espécies de *Urocleidoides*, *U. travassosi* e *U. robustus*, também descritos para *Rhamdia* spp. são sinonimizados como *A. travassosi* (Price, 1938) e *A. robustus* (Mizelle e Kritsky, 1969). Já *A. juizforense* Carvalho, Tavares & Luque, 2009, foi descrita nas brânquias de *R. quelen* coletadas no rio Paraibuna, MG (Carvalho et al., 2009), e Venancio et al. (2010) identificaram *Aphanoblastella* sp. nesta mesma espécie, provenientes do rio Paraíba do Sul, RJ. *Aphanoblastella mastigatus* possui órgão copulatório masculino espiralado (em torno de 4- 5 anéis) não articulado com a peça acessória sinuosa; barras ventrais curtas com um processo medial e ganchos similares e não modificados. O presente estudo traz o primeiro registro desta espécie de parasito para a bacia do Tietê-Batalha

Tereancistrum sp. (Figura 12)

Hospedeiro: *Rhamdia quelen*

Local de infestação: brânquias

Prevalência: 10%

Comentários: O gênero *Tereancistrum* Kritsky, Thatcher e Kayton, 1980 inclui parasitos de peixes da ordem Characiformes da região Neotropical (Thatcher, 2006). Atualmente, nove

espécies estão incluídas neste gênero, e quase todas no Brasil: *T. kerri* Kritsky, Thatcher e Kayton, 1980; *T. ornatus* Kritsky, Thatcher e Kayton, 1980 (Colômbia); *T. parvus* Kritsky, Thatcher e Kayton, 1980; *T. toksonum* Lizama, Takemoto e Pavanelli, 2004; *T. curimba* Lizama, Takemoto e Pavanelli, 2004; *T. arcuatus* Cohen, Kohn e Boeger, 2012; *T. pirassununguensis* Cepeda, Ceccarelli e Luque, 2012; *T. paranaensis* Karling, Lopes, Takemoto e Pavanelli, 2014 e *T. flabellum* Zago, Yamada, Franceschini et al., 2017 (Cohen et al., 2013; Zago et al., 2017). *Tereancistrum ornatus* e *T. toksonum* já foram encontradas em Characiformes coletados no rio Batalha (Dias et al., 2017), porém o presente estudo traz a primeira citação deste gênero em peixes da ordem Siluriformes e possivelmente se trata de uma nova espécie.

Telethecium sp. (Figura 13)

Hospedeiro: *Hypostomus strigaticeps*, *Rhamdia quelen*

Local de infestação: superfície corporal

Prevalência: 3,3% (*H. strigaticeps*) e 20% (*R. quelen*)

Comentários: Caracterizadas pela ausência de âncoras e barras no haptor e somente 14 ganchos, as duas espécies descritas de *Telethecium* (*T. nasalis* Kritsky, Van Every e Boeger, 1996 e *T. paniculum* Kritsky, Van Every e Boeger, 1996) foram descritas como parasitos da cavidade nasal de peixes amazônicos como *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) e *Pellona flavipinnis* (Valenciennes, 1837) (Kritsky et al., 1996). Os espécimes encontrados no presente estudo se aproximam deste gênero pela localização no hospedeiro e pela descrição morfológica. Outra espécie muito semelhante, *Kritskyia moravecii* Kohn, 1990 foi descrita para *R. quelen*, porém se caracteriza por ser uma das raras espécies de Monogenea que parasitam órgãos internos, como ureteres e bexiga urinária (Boeger et al., 2001). É a primeira citação para os dois hospedeiros e também para a região do rio Batalha.

Gyrodactylidea Bychowsky, 1937

Gyrodactylidae Van Beneden e Hesse, 1863

Gyrodactylus sp. (Figura 14)

Hospedeiro: *Hoplosternum littorale*

Local de infestação: superfície corporal e brânquias

Prevalência: 49%

Comentários: Os registros de parasitos monogenéticos em *H. littorale* são escassos, sendo que o primeiro destes foi feito por Pavanelli et al. (2004), sem a identificação da espécie. Até o momento, apenas os gêneros *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 e *Philocorydoras* Suriano, 1986 foram registrados parasitando peixes da família Callichthyidae, a qual pertence o hospedeiro em questão (Cohen et al., 2013, Yamada et al., 2015). São quatro as espécies de *Gyrodactylus* que parasitam espécies de Callichthyidae na região Neotropical: *G. superbus* (Szidat, 1973), *G. anisopharynx* Popazoglo & Boeger, 2000, *G. samirae* Popazoglo & Boeger, 2000 e *G. corydori* Bueno-Silva & Boeger, 2009 (Cohen et al., 2013). A espécie de *Gyrodactylus* sp. encontrada no presente estudo é caracterizada pela ausência do escudo da barra superficial do haptor, estrutura presente na grande maioria das espécies de *Gyrodactylus*. A ausência deste escudo denota uma condição plesiomórfica para esta espécie (Boeger et al., 1994; Kritsky e Boeger, 2003). Tal característica, observada em diferentes gêneros, pode sugerir uma posição basal dos girodactilídeos vivíparos em relação às espécies ovíparas, já que nestas últimas o escudo da barra superficial está ausente (Harris, 1983; Kritsky e Boeger, 2003, Vianna, 2007). Espécies de *Gyrodactylus* das regiões Neártica e Paleártica, tais como *G. menschikowi* Gvosdev, 1950, *G. funduli* Hargis, 1955, *G. emembranatus* Malmberg, 1970 e *G. longidactylus* Geets, Malmberg e Ollevier, 1998 também não apresentam este escudo (Kritsky e Boeger, 2003). É a primeira ocorrência deste gênero em *H. littorale* e para a bacia do Tietê-Batalha

Phanerothecioides agostinhoi Kritsky, Vianna & Boeger, 2007 (Figura 15)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*

Local de infestação: superfície corporal

Prevalência: 60% (*H. regani*), 26,6% (*H. strigaticeps*), 48,4% (*H. hermanni*), 29,4% (*H. iheringii*), 32% (*H. ancistroides*) e 9,1% (*H. albopunctatus*)

Comentários: Única espécie do gênero, *P. agostinhoi* se difere dos demais gêneros de girodactilídeos ovíparos por possuir útero com apenas um ovo, âncoras pequenas e ausência

das barras superficial e profunda, além de ser o único que retém um testículo conspícuo no adulto. São parasitos da superfície corporal de peixes da ordem Siluriformes, com registros em *Hypostomus* sp. e *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) do rio Tocantins, TO, *H. affinis* (Steindachner, 1877) do rio Guandu, RJ, *H. regani*, *H. topavae* (Godoy, 1969) e *H. margaritifera* (Regan, 1908) do rio Sapucaí-Mirim, SP (Kritsky et al., 2007; Cohen et al., 2013; Franceschini, 2016). O presente estudo traz a primeira citação deste parasito para *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides* e *H. albopunctatus*, além de estar sendo registrado pela primeira vez para a bacia do Tietê-Batalha

Phanerothecium spinatoides Kritsky, Vianna & Boeger, 2007 (Figura 16)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*

Local de infestação: superfície corporal

Prevalência: 3,3% (*H. regani* e *H. strigaticeps*), 6,4% (*H. hermanni*) e 11,8% (*H. iheringii*)

Comentários: Este é segundo registro deste parasito em peixes do gênero *Hypostomus*, sendo que esta foi descrita primariamente em hospedeiros coletados no rio Tocantins, TO. É uma espécie ovípara, caracterizada por ter o órgão copulatório masculino armado com espinhos em múltiplas fileiras dirigidos distalmente e o lúmen deste órgão é bastante distendido (Kritsky et al., 2007). É o primeiro registro deste parasito para os peixes estudados e para a bacia do Tietê-Batalha.

Phanerothecium spinatus Boeger, Kritsky & Belmont-Jegu, 1994 (Figura 17)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*

Local de infestação: superfície corporal

Prevalência: 11,7% (*H. regani*), 3,3% (*H. strigaticeps*), 16,1% (*H. hermanni*), 11,8% (*H. iheringii*) e 8% (*H. ancistroides*)

Comentários: Esta espécie foi a primeira do gênero *Phanerothecium* Kritsky e Thatcher, 1977 a ser diferenciada das demais por conta da presença de espinhos no órgão copulatório masculino, e possuem a extremidade proximal do filamento dos ovos com dois lobos convexos arredondados. Foram descritas em *Hypostomus punctatus* Valenciennes, 1840 do

rio Guandu, RJ (Boeger et al., 1994; Kritsky et al., 2007). O presente estudo é o primeiro registro de ocorrência para todos os hospedeiros e para a bacia do Tietê-Batalha.

Phanerothecium spinulatum Kritsky, Vianna & Boeger, 2007 (Figura 18)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*

Local de infestação: superfície corporal

Prevalência: 10% (*H. regani* e *H. strigaticeps*), 6,4% (*H. hermanni*), 17,7% (*H. iheringii*)

Comentários: Esta espécie foi descrita em *H. regani* do rio da Almas, bacia do Paranapanema, SP. É muito semelhante às demais espécies de girodactilídeos ovíparas que apresentam o órgão copulatório masculino dotado de espinhos em múltiplas fileiras (*P. spinatus* e *P. spinatoides*), porém estes espinhos são muito mais numerosos, pequenos e se assemelham com penas nos espécimes corados, e o órgão copulatório é longo e tortuoso quando comparado às outras espécies. Além disso, o filamento do ovo é dotado de três pequenos lobos agudos na extremidade proximal (Kritsky et al., 2007). Além do registro de descrição da espécie, também foi encontrado em *Hypostomus topavae* (Godoy, 1969) no rio Sapucaí-Mirim, SP (Franseschini, 2016). É um novo registro de ocorrência para *H. strigaticeps*, *H. hermanni* e *H. iheringii* e para a bacia do Tietê-Batalha.

Phanerothecium caballeroi Kritsky & Thatcher, 1977 (Figura 19)

Hospedeiro: *Hypostomus regani*

Local de infestação: superfície corporal

Prevalência: 1,7%

Comentários: Esta espécie se diferencia das suas congêneres pela presença de um órgão copulatório masculino esclerotizado (Kritsky et al., 2007). Esta foi descrita em *Zungaro zungaro* (Humboldt, 1821) na Colômbia, e apesar de ser a única espécie do gênero *Phanerothecium* não descrita em um peixe da família Loricariidae, as características do espécime encontrado no presente estudo (principalmente em relação ao órgão copulatório) levaram a esta identificação. É o primeiro registro desta espécie no Brasil e no hospedeiro analisado.

Phanerothecium deiropedum Kritsky, Vianna & Boeger, 2007 (Figura 20)

Hospedeiro: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*

Local de infestação: superfície corporal

Prevalência: 8,3% (*H. regani*), 6,6% (*H. strigaticeps*), 3,2% (*H. hermanni*) e 11,8% (*H. iheringii*)

Comentários: Esta espécie se difere das demais do gênero *Phanerothecium* pelo tamanho curto do pedúnculo, e pela conformação das peças esclerotizadas do haptor, dispostas ao redor do lobo central formando um colarinho. As âncoras, barra e ganchos são robustos, e o órgão copulatório é eversível e sem espinhos. É o segundo registro desta espécie em literatura, sendo que esta foi descrita em *Hypostomus* sp. coletados na represa Capivari-Cachoeira, PR (Kritsky et al., 2007). É um novo registro de ocorrência para a bacia do Tietê-Batalha e para os hospedeiros analisados.

Phanerothecium harrisi Kritsky & Boeger, 1991 (Figura 21)

Hospedeiro: *Hypostomus strigaticeps*

Local de infestação: superfície corporal

Prevalência: 3,3%

Comentários: Esta espécie foi descrita em *Hypostomus plecostomus* (Linnaeus, 1758) coletados em Manaus, AM. Assim como *P. deiropedum*, esta espécie apresenta um órgão copulatório masculino sem espinhos, e diferentemente de *P. caballeroi*, este órgão não é esclerotizado. Com estas características, aliadas ao tamanho das âncoras e da barra (estreitas, em relação às demais espécies) (Kritsky e Boeger, 1991; Kritsky et al., 2007), foi possível identificar esta espécie no presente estudo. É o primeiro registro para a bacia do Tietê-Batalha e para *H. strigaticeps*.

Phanerothecium sp. (Figura 22)

Hospedeiro: *Hypostomus ancistroides*

Local de infestação: superfície corporal

Prevalência: 16%

Comentários: Algumas das principais características do gênero *Phanerothecium* é a vitelária em forma de "H", sem ramo dextro-anterior e útero com mais de dois ovos (Kritsky et al., 2007). Alguns exemplares encontrados somente em *H. ancistroides* apresentaram estas características, porém se diferenciaram das demais espécies já descritas por causa do formato dos ovos, que apresentam filamento longo e base arredondada e achatada proximalmente. Serão necessárias análises morfológicas aprofundadas para se afirmar corretamente se é possível considerá-lo como uma nova espécie.

Gyrodactylidae n. gen. 1 n. sp. (Figura 23)

Hospedeiro: *Hoplosternum littorale*

Local de infestação: superfície corporal e brânquias

Prevalência: 20,8%

Comentários: Com exceção dos registros de Pavanelli et al. (2004) e Yamada et al. (2015), o presente estudo traz novas ocorrências de monogenéticos em *H. littorale*, apesar dos levantamentos parasitológicos já feitos para esta espécie. Os espécimes aqui citados possuem características que os definem como pertencentes à família Gyrodactylidae, mas com alguns caracteres distintos dos demais gêneros vivíparos neotropicais pertencentes a esta família. Somente a barra superficial está presente, articulada com dobras existentes na âncora, sem escudo. As âncoras são robustas e possuem a ponta das lâminas curvas e direcionadas lateralmente, diferente de qualquer outra espécie ou gênero desta família. Esclerito acessório presente (acima da raiz superficial da âncora). Ganchos dispostos marginalmente às âncoras e barra. A descrição mais detalhada deste gênero está em fase de preparação.

Gyrodactylidae n. gen. 2 n. sp. (Figura 24)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*

Local de infestação: superfície corporal e brânquias

Prevalência: 11,7% (*H. regani*) e 3,3% (*H. strigaticeps*)

Comentários: A conformação do haptor é o diferencial deste gênero, dentre as espécies ovíparas de Gyrodactylidae. Ele é circular, com os ganchos (16) dispostos ao redor deste, e ao fundo estão presentes as barras acessórias ou almofadas (“pads”), estruturas parecidas com placas. Âncoras grandes, sem esclerito acessório. Barras superficial e profunda presentes. Escudo associado a barra superficial ausente, característica esta compartilhada por girodactídeos ovíparos (Kritsky e Boeger, 1991; Boeger et al., 1994). Órgão copulatório masculino consistindo de uma bolsa muscular alongada com vários espinhos; ovíparos (até 28 ovos). De acordo com Kritsky et al. (2012), o grau de endemismo exibido pelas espécies de girodactídeos neotropicais e o número pequeno de espécies registradas desta família nesta região quando comparado com a quantidade de registros em todo o mundo, sugerem que o conhecimento atual da diversidade de girodactídeos na região Neotropical ainda está muito aquém da realidade. A descrição mais detalhada deste gênero está em fase de preparação.

Trematoda Rudolphi, 1808

Digenea Carus, 1863

Diplostomida Olson, Cribb, Tkach, Bray & Littlewood, 2003

Diplostomidae Poirier, 1886

Austrodiplostomum compactum (Lutz, 1928) (metacercária) (Figura 25)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *Loricaria prolixa*, *Hoplosternum littorale*

Local de infecção: brânquias, olhos (humor vítreo), encéfalo

Prevalência: 33,3% (*H. regani*), 43,3% (*H. strigaticeps*), 84% (*H. hermanni*), 58,8% (*H. iheringii*), 28% (*H. ancistroides*), 18,2% (*H. albopunctatus*), 17,5% (*L. prolixa*) e 11,3% (*H. littorale*)

Comentários: Na América do Sul, os casos de infecções oculares por metacercárias de diplostomídeos são causadas principalmente por espécies do gênero *Austrodiplostomum* Szidat e Nani, 1951. O primeiro registro no Brasil de *A. compactum* foi feito por Kohn et al. (1995) e desde então, tem sido registrado uma grande variedade de peixes parasitados por estes digenéticos e diversos sítios de infecção, como brânquias, olhos, bexiga natatória,

encéfalo e musculatura (Ramos et al., 2013). De acordo com Vital et al. (2016), pelo menos 38 espécies de peixes brasileiros pertencentes às ordens Characiformes, Perciformes, Siluriformes e Gymnotiformes são registradas como segundo hospedeiros intermediários deste digenético. Com exceção de *H. albopunctatus*, que se trata de uma nova ocorrência para este parasito, todas as demais espécies do presente estudo já foram registradas na literatura como hospedeiras de *A. compactum* (Yamada et al., 2008; Zica et al., 2009; Azevedo et al., 2010; Zica et al. 2011; Ramos et al., 2013; Franceschini, 2016). No rio Batalha, os trabalhos realizados por Pedro et al. (2016a) e Pelegrini et al. (2018) registram a presença de *A. compactum* nos hospedeiros analisados provenientes deste rio.

Austrodiplostomum mordax Szidat & Nani, 1951 (metacercária) (Figura 26)

Hospedeiro: *Hypostomus regani*, *Hoplosternum littorale*

Local de infecção: olhos (humor vítreo)

Prevalência: 1,7% (*H. regani*) e 1,9% (*H. littorale*)

Comentários: O gênero *Austrodiplostomum* Szidat & Nani, 1951 contém espécies cujos adultos são parasitos de aves aquáticas. Até o presente, três espécies foram descritas: *A. compactum*, *A. mordax* e *A. ostrowskiae* Dronen, 2009. Embora o gênero contenha apenas algumas espécies, os problemas taxonômicos entre estas são constantes. A espécie tipo, *A. mordax* foi descrita como parasito de biguás argentinos, *Phalacrocorax brasilianus* (Gmelin, 1789) (Szidat e Nani, 1951). Dubois (1970b) sinonimizou *A. mordax* com *A. compactum*, as quais foram reconhecidas com duas espécies válidas mais tarde por Ostrowski de Núñez (1982) principalmente com base em diferenças morfológicas dos estágios larvais e no local de infecção das metacercárias. Da mesma forma, ambos epítetos específicos (“*compactum*” e “*mordax*”) continuam a serem utilizados na literatura para designar duas diferentes espécies, particularmente na América do Sul (Garcia-Varela et al., 2016), e estas classificações morfológicas também foram utilizadas no presente estudo. Este é o primeiro registro deste parasito nestes hospedeiros.

Tylodelphys sp. (metacercária) (Figura 27)

Hospedeiro: *Hypostomus hermanni*

Local de infecção: olhos (humor vítreo)

Prevalência: 3,2%

Comentários: As metacercárias das espécies do gênero *Tylodelphys* Diesing, 1850, assim como muitos diplostomídeos, parasitam preferencialmente os olhos dos hospedeiros. No entanto, também podem infectar o encéfalo (ou cavidade craniana), o saco pericárdico ou a cavidade visceral dos seus segundos hospedeiros intermediários, que serão peixes ou raramente anfíbios (Blasco-Costa et al., 2017). Com cerca de dez espécies descritas na América do Sul (Szidat 1969; Dubois, 1970a, b; Quaggiotto & Valverde, 1992, Lunaschi & Drago, 2004; Drago & Lunaschi 2008), as limitações para a obtenção dos indivíduos adultos a partir dos hospedeiros finais (aves) e a dificuldade de completar os ciclos de vida em laboratório tem dificultado o progresso taxonômico neste grupo. Este é o primeiro registro deste parasito em *H. hermanni*.

Diplostomidae gen. sp. (metacercária) (Figura 28)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae*, *Rhamdia quelen*, *Hoplosternum littorale*

Local de infecção: olhos (cristalino)

Prevalência: 95% (*H. regani*), 93,3% (*H. strigaticeps*), 96,7% (*H. hermanni*), 100% (*H. iheringii*), 80% (*H. ancistroides*), 81,8% (*H. albopunctatus*), 33,3% (*H. paulinus*), 85% (*L. prolixa*), 50% (*L. piracicabae*), 20% (*R. quelen*) e 86,8% (*H. littorale*)

Comentários: As metacercárias aqui citadas como um possível novo gênero/espécie da família Diplostomidae tiveram sua descrição detalhada em conjunto com análises moleculares (ver capítulo 3). Praticamente todas as espécies de hospedeiros estavam com as lentes do cristalino parasitadas por estes indivíduos, que apresentam como características a presença de pseudo-ventosas laterais à ventosa oral, um órgão tribocítico e um acetábulo anterior a este, sem a separação do corpo em dois segmentos distintos. Apesar do presente estudo descrever morfologicamente apenas um dos estágios larvais (metacercária), suas características a diferencia dos demais gêneros já descritos. As metacercárias do gênero *Diplostomum* spp., em alguns casos, foram as que mais se aproximaram (Niewiadomska, 2002) mas não totalmente conclusivas, o que demonstra a necessidade de se atrelar diferentes métodos

diagnósticos para se definir as espécies. A baixa especificidade se torna mais marcante nas espécies que tem como sitio de infecção os olhos dos hospedeiros, devido a uma menor atividade imune na região da lente do cristalino, que acaba protegendo as metacercárias, permitindo que as espécies residentes acessem uma variedade maior de hospedeiros do que aquelas que habitam outros tecidos (Locke et al., 2010).

Clinostomidae Lühe, 1901

Clinostomum detruncatum Braum, 1899 (metacercária) (Figura 29)

Hospedeiro: *Loricaria prolixa*

Local de infecção: brânquias

Prevalência: 22,5%

Comentários: As metacercárias de *Clinostomum* spp. podem ser encontradas encistadas nos músculos, nas brânquias, na derme ou na cavidade corporal dos peixes parasitados (Olsen, 1974). São potencialmente zoonóticos, quando há o consumo de pescado parasitado cru ou malcozido, e podem causar no ser humano reações inflamatórias locais na região orofaríngea (Hara et al., 2014). Os registros do parasitismo de *C. detruncatum* em peixes no Brasil são escassos incluindo *Hemiancistrus punctulatus* Cardoso & Malabarba, 1999, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824), *Trachelyopterus striatulus* (Steindachner, 1877) e *Synbranchus marmoratus* Bloch, 1795 (Fortes et al., 2000a; Belló et al., 2000; Fortes et al., 2000b; Mesquita et al., 2011; Acosta et al., 2016). É o primeiro registro deste parasito neste hospedeiro e no rio Batalha.

Aporocotylidae Odhner, 1912

Aporocotylidae gen. sp. (Figura 30)

Hospedeiro: *Hoplosternum littorale*

Local de infecção: intestino, coração e cavidade visceral

Prevalência: 30,2%

Comentários: As espécies desta família são caracterizadas pela presença de espinhos tegumentares e estruturas orais variadas, que permitem o movimento e o estabelecimento do parasito em uma variedade de microhábitats dentro do hospedeiro. As ventosas podem estar ausentes ou pouco desenvolvidas (Kirk e Lewis 1993; Smith, 2002). Parasitam o sistema circulatório, coração e intestino de peixes marinhos e de água doce. Existe uma escassez de informações sobre a diversidade taxonômica, os hospedeiros e as distribuições geográficas dos aporocotilídeos nos rios sul-americanos, com seis espécies registradas, a maioria para peixes Siluriformes (Orelis-Ribeiro e Bullard, 2015). Os exemplares encontrados no presente estudo provavelmente se tratam de uma nova espécie. Assim, este trabalho traz um novo registro de ocorrência parasitária desta família para o Brasil, para a região da bacia do Tietê-Batalha, e também o primeiro aporocotilídeo em *H. littorale*.

Plagiorchiida La Rue, 1957

Bucephalidae Poche, 1907

Bucephalidae gen. sp. (Figura 31)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *Rhamdia quelen*

Local de infecção: superfície

Prevalência: 1,7% (*H. regani*), 9,7% (*H. hermanni*), 17,7% (*H. iheringii*), 20% (*H. ancistroides*), 33,3% (*H. paulinus*), 2,5% (*L. prolixa*), 10% (*R. quelen*)

Comentários: Os bucefalídeos são digenéticos de ampla distribuição, que utilizam os peixes de ambientes marinhos, salobros e de água doce como hospedeiros intermediários ou definitivos. São caracterizados pela ausência de ventosas, e utilizam um órgão localizado anteriormente denominado “rhynchus” para fixação, sendo também um importante caracter taxonômico. Com mais de 25 gêneros descritos, é uma das maiores famílias de digenéticos (Overstreet e Curran, 2002). Os exemplares encontrados no presente estudo eram adultos (possivelmente) e foram identificados dentro desta família devido a presença do rhynchus anterior e da abertura da boca localizada médio-ventralmente, seguida de faringe muscular e

um ceco simples. Estes parasitos iniciam o seu ciclo em um molusco, onde a cercária liberada por um bivalve irá penetrar no peixe, e subsequente formação da metacercária em seus tecidos. Porém, os bucefalídeos adultos são geralmente parasitos encontrados no intestino, e no presente estudo, foram encontrados somente na superfície dos hospedeiros (não encistados). Neste mesmo rio, Pedro et al. (2016b) registraram outro bucefalídeo, *Rhipidocotyle santanaensis* Lunaschi, 2004, que parasitavam o fígado, coração, gônadas, intestino, cecos pilóricos, estômago, bexiga natatória e cavidade de *Acestrorhynchus lacustris* (Lütken, 1875). O espectro de infecção destes parasitos dentro dos hospedeiros está além do que é registrado em literatura, e este morfotipo está sendo registrado pela primeira vez nos hospedeiros analisados e também na bacia do Tietê-Batalha.

Macroderoididae McMullen, 1937

Magnivitellinum corvitellinum Lacerda, Takemoto & Pavanelli, 2009 (Figura 32)

Hospedeiro: *Hoplosternum littorale*

Local de infecção: intestino

Prevalência: 15,1%

Comentários: Este digenético foi descrito por Lacerda et al. (2009) em intestinos de *H. littorale* provenientes do alto rio Paraná. Esta pode ser distinguida da outra espécie deste gênero, *M. simplex* Kloss, 1966 pela presença de espinhos tegumentares distribuídos ao longo do corpo, acetábulo notadamente maior que a ventosa oral, esôfago ausente e vitelária que se estende da margem posterior do acetábulo até quase a extremidade posterior do corpo. É o primeiro registro deste parasito no rio Batalha.

Cryptogonimidae Ward, 1917

Iheringtrema iheringi Travassos, 1947 (Figura 33)

Hospedeiro: *Pseudopimelodus mangurus*

Local de infecção: intestino

Prevalência: 100%

Comentários: Esta espécie de digenético é caracterizada pela presença de 9 testículos no terço posterior do corpo (Miller e Cribb, 2002). Foi descrita originalmente em peixes pimelodídeos brasileiros, e já foi registrada em *Zungaro zungaro* (Humboldt, 1821) coletados no rio Mogi-Guaçu, e também em exemplares de *P. mangurus* coletados no rio Paraná (Fernandes e Kohn, 2001; Kohn et al, 2011). Este é o primeiro registro deste parasito no rio Batalha.

Cestoda Van Beneden, 1849

Onchoproteocephalidea Caira, Jensen, Waeschenbach, Olson & Littlewood, 2014

Proteocephalidae La Rue, 1914

Proteocephalidae gen. sp.

Hospedeiro: *Rhamdia quelen*

Local de infecção: intestino

Prevalência: 30%

Comentários: Os cestoides proteocefalídeos são geralmente parasitos de peixes, e ocasionalmente em anfíbios e répteis. A maioria habita as regiões tropicais, e apresentam um escólex com ventosas simples, normalmente quatro, sem botrídeos em volta e as proglotes gravídicas não se destacam do estróbilo (Rego, 1995; Thatcher, 2006). Duas espécies de proteocefalídeos são descritas para *R. quelen*: *Proteocephalus rhamdiae* Holcman-Spector e Mañé-Garzón, 1988 e *P. bagri* Holcman-Spector e Mañé-Garzón, 1988 (Pertierra, 2002), mas devido ao estado de conservação do material encontrado no presente estudo não foi possível realizar a identificação específica ou obtenção de imagens. Este é o primeiro registro de proteocefalídeos no rio Batalha.

NEMATODA Potts, 1932

Chromadoreia Inglis, 1983

Rhabditida Chitwood, 1933

Anisakidae Railliet & Henry, 1912

Contracaecum sp. (Larvas L3) (Figura 34)

Hospedeiros: *Loricaria prolixa*, *Rhamdia quelen*, *Hoplosternum littorale*

Local de infecção: intestino

Prevalência: 25% (*L. prolixa*), 30% (*R. quelen*) e 11,3% (*H. littorale*)

Comentários: No Brasil, pelo menos 52 espécies de peixes de água doce atuam como hospedeiros intermediários destes nematoides, sendo que já foram inclusive reportadas para *L. prolixa* e *R. quelen* (Luque et al., 2011; Franceschini, 2016), mas é o primeiro registro em *H. littorale*. As espécies da família Anisakidae são conhecidas em todo o mundo por sua baixa especificidade ao hospedeiro intermediário, infectando diversos peixes de ambientes marinhos e dulcícolas, e também pelo seu comprovado potencial zoonótico de algumas de suas larvas (Mattiucci & Nascetti, 2008). Apesar de não haver na literatura relatos sobre a infecção em seres humanos por *Contracaecum* sp., infecções experimentais em mamíferos têm sido realizadas, com efeitos deletérios aos organismos parasitados (Vidal-Martinez et al. 1994; Barros et al., 2004).

Raphidascarididae Hartwich, 1954

Hysterothylacium rhamdiae Brizzola e Tanzola, 1995 (Figura 35)

Hospedeiros: *Rhamdia quelen*

Local de infecção: Intestino

Prevalência: 20%

Comentários: Este nematóide foi descrito em *R. sapo* (atualmente sinonímia de *R. quelen*) coletados na Argentina. O gênero *Hysterothylacium* Ward e Magath, 1917, inclui mais de 70 espécies de parasitos de peixes marinhos, salobra e de água doce em todo o mundo, os quais podem atuar como hospedeiros intermediários ou definitivos destes parasitos (Li et al., 2013). Destas, somente três são descritas para peixes de água doce da América do Sul, e nenhuma foi

descrita diretamente em peixes coletados no Brasil. Assim como as espécies da família Anisakiidae, *Hysterothylacium* spp. também possuem potencial zoonótico (Felizardo et al., 2009). Segundo Valero et al. (2003) o parasitismo por *Hysterothylacium* sp. em humanos tem sido associado com reações alérgicas e no Japão há o relato de infecção em humanos causada por *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1802) (Yagi et al., 1996). Este é o primeiro registro desta espécie no Brasil.

Cucullanidae Cobbold, 1864

Cucullanus pinnai pinnai Travassos, Artigas e Pereira, 1928 (Figura 36)

Hospedeiros: *Loricaria prolixa*, *Rhamdia quelen*

Local de infecção: intestino

Prevalência: 2,5% (*L. prolixa*) e 10% (*R. quelen*)

Comentários: De acordo com Luque et al. (2011), doze espécies válidas pertencentes ao gênero *Cucullanus* Müller, 1777 foram relatadas em peixes de água doce do Brasil. *Cucullanus pinnai pinnai* é a espécie deste gênero que apresenta a maior variedade de espécies hospedeiras no Brasil e com a maior distribuição geográfica. Cerca de pelo menos 17 espécies hospedeiras são parasitadas por este nematóide, distribuídos nas regiões centro-oeste, sudeste e sul do Brasil. Em outros países neotropicais, *C. pinnai pinnai* foi registrado em peixes da Argentina por Hamann (1985) e do Paraguai por Petter (1995). Este parasito já foi registrado para *R. quelen* e *Loricaria* sp., sendo o primeiro registro para *L. prolixa* e para a bacia do Tietê-Batalha.

Pharyngodonidae Travassos, 1919

Brasilnema pimelodellae Moravec, Kohn & Fernandes, 1992 (Figura 37)

Hospedeiros: *Rhamdia quelen*

Local de infecção: intestino

Prevalência: 10%

Comentários: Este parasito se caracteriza pela presença de estriação transversal da cutícula, a cauda de ambos os sexos se estreita abruptamente com formato de um espinho longo; e a abertura da boca é hexagonal, sem lábios, com 6 lamelas baixas e triangulares levantadas acima da superfície apical e cavidade bucal circundante em padrão hexagonal (Moravec et al., 1992). Foi descrito inicialmente parasitando o intestino de outro peixe da ordem Siluriformes, *Pimelodella lateristriga* (Lichtenstein, 1823) coletados no rio Paraná. Este é o primeiro registro de *B. pimelodellae* em *R. quelen* e também no rio Batalha.

Ichthyouris sp. (Figura 38)

Hospedeiros: *Hypostomus iheringii*

Local de infecção: superfície

Prevalência: 5,9%

Comentários: Há pelo menos cinco espécies nomeadas do gênero *Ichthyouris* Inglis, 1962 no Brasil (Luque et al., 2011). Os exemplares encontrados no presente estudo eram fêmeas, o que dificultou a delimitação exata da espécie, já que as estruturas localizadas na porção terminal dos machos de *Ichthyouris* sp. são essenciais para a identificação específica (Moravec, 1998). A localização anômala do parasito, já que o esperado seria o trato digestório, provavelmente se deve à migração após a morte do hospedeiro, a partir do sistema digestório. É o primeiro registro para este hospedeiro e para a bacia do Tietê-Batalha.

Ascarididae Baird, 1853

Porrocaecum sp. (larvas L3) (Figura 39)

Hospedeiros: *Hoplosternum littorale*

Local de infecção: intestino

Prevalência: 18,9%

Comentários: De acordo com Luque et al. (2011), somente quatro espécies de peixes de água doce brasileiros tem registros de infecção por larvas de *Porrocaecum* sp. Este gênero inclui parasitos intestinais de aves e outros vertebrados terrestres, e apenas larvas de algumas espécies podem ocorrer em peixes. Várias formas frequentemente mencionadas neste gênero foram descritas como espécie somente com base em larvas. Assim, o status sistemático de tais espécies não é claro e sua alocação para *Porrocaecum* é muitas vezes duvidosa, além da possibilidade de serem confundidos com outros ascaridídeos (Moravec, 1998). As estruturas presentes na porção cefálica (como a cavidade bucal com três lábios), a presença de ventrículo e do ceco intestinal anterior possibilitou a identificação destas larvas encontradas no presente estudo. É o primeiro registro para *H. littorale* e para o rio Batalha.

Gnathostomatidae Railliet, 1895

Spiroxys sp. (larvas L3) (Figura 40)

Hospedeiros: *Hypostomus ancistroides*, *Hoplosternum littorale*,

Local de infecção: intestino

Prevalência: 4% (*H. ancistroides*) e 28,3% (*H. littorale*)

Comentários: Os indivíduos adultos de *Spiroxys* spp. são parasitos principalmente de tartarugas de água doce (Baker, 1987). De acordo com Hedrick (1935), os copépodos atuarão como hospedeiros intermediários, nos quais se desenvolvem as larvas infecciosas do terceiro estágio. Anfíbios, moluscos, libélulas e os peixes de água doce serão potenciais hospedeiros paratênicos para estes parasitos (Santos et al., 2009; Mascarenhas e Müller, 2015). Como as características morfológicas da espécie só se tornam evidentes em espécimes adultos, a identificação das larvas no presente estudo só foi possível até o gênero. Até o presente, sete espécies de peixes brasileiros são reportadas como hospedeiros de *Spiroxys* spp., sendo um deles no rio Batalha, em *A. lacustris* (Luque et al., 2011; Pedro et al., 2016a). Este é o primeiro registro para os dois hospedeiros infectados.

Rhabdochonidae Travassos, Artigas e Pereira, 1928

Rhabdochona kidderi Pearse, 1936 (Figura 41)

Hospedeiros: *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae*, *Rhamdia quelen*

Local de infecção: Intestino

Prevalência: 80% (*L. prolixa*), 100% (*L. piracicabae*) e 10% (*R. quelen*)

Comentários: Muitas espécies de peixes pertencentes a diferentes ordens e famílias são reportadas como hospedeiras de *R. kidderi*, suscitando dúvidas se todos esses nematóides pertencem ou não a uma única espécie (Moravec et al., 2012). Embora tenha sido descrito como um parasito intestinal de *R. quelen* (Moravec et al., 1995), apenas um peixe desta espécie analisado no presente estudo apresentou parasitismo por *R. kidderi*. Os exemplares encontrados eram adultos, e foram identificados machos e fêmeas com ovos. Este é o primeiro registro nos hospedeiros analisados do gênero *Loricaria* e também no rio Batalha.

Rhabdochona sp. (Figura 42)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. iheringii*, *Loricaria prolixa*

Local de infecção: superfície (*H. regani* e *H. iheringii*) e intestino (*L. prolixa*)

Prevalência: 1,7% (*H. regani*), 5,9% (*H. iheringii*) e 50% (*L. prolixa*)

Comentários: O gênero *Rhabdochona* Railliet, 1916 inclui várias espécies que parasitam peixes de água doce em todas as regiões zoogeográficas (Moravec, 2010). A maioria desses parasitos exibe um grau bastante estreito de especificidade ao hospedeiro (geralmente ao nível de família do hospedeiro), enquanto que outros foram relatados por um grande número de hospedeiros, muitas vezes pertencentes a famílias filogeneticamente distantes (Moravec et al., 2012). Os hospedeiros de *Rhabdochona* spp. podem ser divididos em dois grupos: (1) hospedeiros primários e obrigatórios definitivos, em que se desenvolve uma grande parte da população de uma determinada espécie e que são bastante necessários para garantir a reprodução do parasito naquela localidade; (2) hospedeiros facultativos subsidiários, atípicos, frequentemente pertencem a grupos de peixes filogeneticamente distantes, nos quais os nematóides adultos ou suas larvas podem sobreviver por um certo período (Moravec, 2010). A ausência de ovos e de outros caracteres morfológicos impossibilitou a identificação destes indivíduos, embora muito semelhantes à outra espécie identificada no presente estudo (*R.*

kedderi). Provavelmente se tratam de larvas L4 em fase final de desenvolvimento. A localização anômala do parasito (superfície) provavelmente se deve à migração *post-mortem* do hospedeiro, considerando que o local de fixação destes é o sistema digestório. Franceschini (2016) encontrou *Rhabdochona* sp. em *L. prolixa* no rio Sapucaí-Mirim, SP. Porém, para os outros hospedeiros analisados neste estudo se trata de um primeiro registro, assim como para o rio Batalha.

Camallanidae Raillet e Henry, 1915

Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus Travassos, Artigas e Pereira, 1928 (Figura 43)

Hospedeiros: *Loricaria prolixa*

Local de infecção: intestino

Prevalência: 10%

Comentários: A maioria das espécies de *Procamallanus* Baylis, 1923 são parasitos de peixes marinhos e de água doce e caracterizam-se pela presença de uma cápsula bucal de parede grossa, na qual a superfície interna é proporcionada por um número variável de espessamentos cuticulares espirais (cristas) em machos e fêmeas (Moravec, 1998). Quando adultos, parasitam principalmente o trato digestório dos peixes, porém, as larvas podem ser encontradas encistadas em outros órgãos ou estruturas de seu hospedeiro. Estão distribuídos em toda a América do Sul, com cerca de 22 espécies nomeadas no Brasil (Luque et al., 2011) e a presença de mais de uma espécie no mesmo hospedeiro é usual (Pinto e Fernandes, 1972; Pinto et al., 1976; Cohen et al., 2011). A presença de espículos curtos, iguais, com as cristas espiraladas ocupando 2/3 da cápsula bucal e 10 pares de papilas caudais foram as características marcantes para a identificação da espécie. Este nematóide apresenta baixa especificidade sendo relatado em diversos hospedeiros, inclusive em *A. lacustris* e *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) do rio Batalha (Luque et al., 2011; Leite, 2016; Pedro et al., 2016a), porém é o primeiro registro em *L. prolixa*.

Procamallanus (Spirocamallanus) rebecae (Andrade-Salas, Pineda-López e García-Magaña, 1994) (Figura 44)

Hospedeiros: *Loricaria prolixa* (adulto), *Rhamdia quelen* (L3)

Local de infecção: intestino

Prevalência: 10% (*L. prolixa*) e 20% (*R. quelen*)

Comentários: Este nematóide foi descrito em peixes da família Cichlidae, e tanto os estágios larvais quanto os adultos foram encontrados em peixes mexicanos (Andrade-Salas et al., 1994). Esta espécie se caracteriza por possuir 14 bandas espirais na cápsula bucal, espículos desiguais, vulva situada na parte central do corpo e a ponta da cauda apresenta três espinhos cuticulares pequenos e finos sendo que este último aparece a partir das larvas de terceiro estágio (Moravec et al., 1995). É o primeiro registro nestes hospedeiros e também na bacia do Tietê-Batalha.

Enoplea Inglis, 1982

Trichinellida Hall, 1916

Capillariidae Railliet, 1915

Pseudocapillaria sp.1 (Figura 45)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *Hoplosternum littorale*

Local de infecção: intestino, superfície, brânquias

Prevalência: 1,7% (*H. regani*), 3,3% (*H. strigaticeps*), 4% (*H. hermanni*), 11,8% (*H. iheringii*), 8% (*H. ancistroides*), 9,1% (*H. albopunctatus*) e 7,6% (*H. littorale*)

Comentários: A taxonomia dos capilariídeos é bastante difícil, com caracteres dúbios em muitas espécies (Rodrigues, 1992). Os caracteres que definem o gênero *Pseudocapillaria* Freitas, 1959 consistem em um esticossoma formado com uma única fileira de esticocistos, extremidade posterior do macho arredondado, com dois grandes lobos subventrais esféricos situados atrás da abertura do cloacal, superfície do espículo sem sulcos transversais ásperos e bainha espiral sem espinhos. São parasitos do trato digestório ou órgãos anexos de répteis, anfíbios e principalmente peixes marinhos e de água doce (Moravec, 1998). No presente estudo, estes parasitos foram encontrados em outros locais fora do trato digestório, sendo

provavelmente por migração após a morte do hospedeiro. É um novo registro de ocorrência para todos os peixes infectados e também para o rio Batalha.

Pseudocapillaria sp. 2 (Figura 46)

Hospedeiros: *Hoplosternum littorale*

Local de infecção: intestino

Prevalência: 15,1%

Comentários: Esta espécie é bastante semelhante a outra encontrada no presente estudo (*Pseudocapillaria* sp.1). Porém as diferenças no formato dos esticossomas (praticamente não se vê o núcleo) e na disposição e tamanho dos ovos dentro das fêmeas, nos permitiu separar estes capilarídeos em duas espécies diferentes. Praticamente não há registros do gênero *Pseudocapillaria* no Brasil (Luque et al., 2011). É provável que se tratem de novas espécies, sendo novo registro para este hospedeiro e para a região do rio Batalha.

Dioctophymatida Baylis e Daubney, 1926

Dioctophymatidae Railliet, 1915

Dioctophyma renale (Goeze, 1782) (larva) (Figura 47)

Hospedeiros: *Hoplosternum littorale*

Local de infecção: intestino

Prevalência: 5,7%

Comentários: Este parasito possui ampla distribuição geográfica, sendo encontrados em ambientes marinhos ou de água doce, em praticamente todos os continentes (Moravec, 1998). Os adultos de *D. renale* parasitam rins e cavidade abdominal de muitos carnívoros, terrestres ou aquáticos (como cães, lobos, ursos, mustelídeos etc.). Apresenta potencial zoonótico, com registros de infecção humana por este parasito através do contato com animais parasitados no Irã, Austrália, Tailândia e EUA (Beayer e Theis, 1979; Fernando, 1983; Beayer et al., 1984; Norouzi et al., 2017). A transmissão envolve a passagem de ovos através da urina de um

hospedeiro final infectado. Os ovos se desenvolvem no meio aquático, se tornando embrionados, e as larvas de primeiro estágio eclodem no oligoqueto aquático, *Lumbriculus variegatus* (Müller, 1774), que será o hospedeiro intermediário (Karmanova, 1962). Os oligoquetos que contêm larvas infecciosas de terceiro estágio de *D. renale* podem infectar o hospedeiro final diretamente ou podem infectar hospedeiros paratênicos, como peixe ou sapos, que podem infectar o hospedeiro final se ingerido (Mace e Anderson, 1975). Este é o primeiro registro deste parasito neste hospedeiro e também na bacia do Tietê-Batalha

ARTHROPODA

Hexanauplia Oakley, Wolfe, Lindgren & Zaharof, 2013

Copepoda Milne Edwards, 1840

Cyclopoida Burmeister, 1834

Lernaeidae Cobbold, 1879

Lernaea cyprinacea Linnaeus, 1758 (Figura 48)

Hospedeiros: *Hoplosternum littorale*

Local de infestação: superfície

Prevalência: 3,8%

Comentários: Estes ectoparasitos geralmente são encontrados nas brânquias e superfície de peixes de água doce e estão distribuídos naturalmente em todo o mundo (Thatcher et al., 1998). No Brasil, *L. cyprinacea* é a espécie mais comum de lernaeídeos, e se espalhou rapidamente por pisciculturas e ecossistemas naturais devido à sua falta de especificidade parasitária (Magalhães, 2006; Tavares-Dias et al., 2011). Ela foi introduzida no país junto com a carpa húngara, e as consequências para o hospedeiro estão relacionadas à ação espoliativa do parasito quando em grandes abundâncias. Pelo menos 19 espécies de peixes de água doce são relatadas como hospedeiras de *L. cyprinacea* (Luque et al., 2013), sendo o primeiro registro para este hospedeiro e para a bacia do Tietê-Batalha.

ANNELIDA

Clitellata

Hirudinea Linnaeus, 1758

Rhynchobdellida (Blanchard, 1894)

Glossiphoniidae Vaillant, 1890

Oligobdella sp. (Figura 49)

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae*, *Rhamdia quelen*, *Hoplosternum littorale*, *Pseudopimelodus mangurus*

Local de infestação: superfície e brânquias

Prevalência: 100% (*H. regani*, *H. albopunctatus* e *L. piracicabae*), 96,6% (*H. strigaticeps*), 93,6% (*H. hermanni*), 94,1% (*H. iheringii*), 92% (*H. ancistroides*), 33,3% (*H. paulinus*), 95% (*L. prolixa*), 30% (*R. quelen*) e 5,7% (*H. littorale*)

Comentários: Este ectoparasito foi encontrado em exemplares de todas as espécies analisadas. A taxonomia de sanguessugas neotropicais é bastante complexa, pois poucos são os estudos específicos para as espécies que ocorrem nos ambientes aquáticos, e a identificação sempre levanta dúvidas quanto a sua veracidade. Os exemplares do presente estudo foram identificados em parceria com especialistas no grupo, cuja identificação ainda está em andamento, juntamente com a descrição morfológica. A ocorrência deste parasito com alta prevalência entre os hospedeiros analisados está ligada ao hábito bentônico que apresentam. Os hirudíneos da família Glossiphoniidae depositam seus ovos no substrato ou os enterra no fundo dos corpos d'água, facilitando a infestação. O parasitismo por hirudíneos pode causar danos espoliativos maiores do que uma simples hemorragia local. Em grandes abundâncias, podem causar anemia severa ao hospedeiro. Além disso, podem ser porta de entrada de infecções secundárias por bactérias e fungos (Thatcher, 2006; Woo, 2006), sendo também os principais vetores para outro parasito, os tripanossomatídeos sanguíneos, os quais também foram encontrados no presente estudo. Todos os hospedeiros são primeiros registros para este parasito, o qual também é reportado pela primeira vez no rio Batalha.



Figura 3. Formas tripomastigotas de *Trypanosoma* sp. encontrada no sangue de peixes da família Loricariidae (Siluriformes) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil (os exemplares das imagens foram encontrados em *Hypostomus regani*). Observação de esfregaço sanguíneo em microscopia óptica.

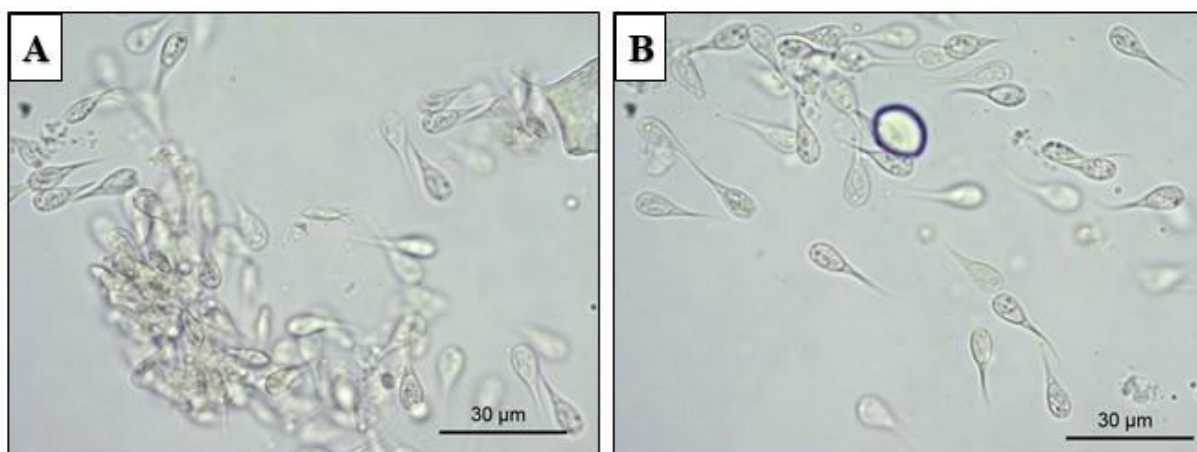


Figura 4. A) e B) Esporos de *Henneguya guanduensis* (Myxozoa, Myxobolidae) encontrados encistados nas brânquias de *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil (imagens em Microscopia de Contraste de Interferência Diferencial).

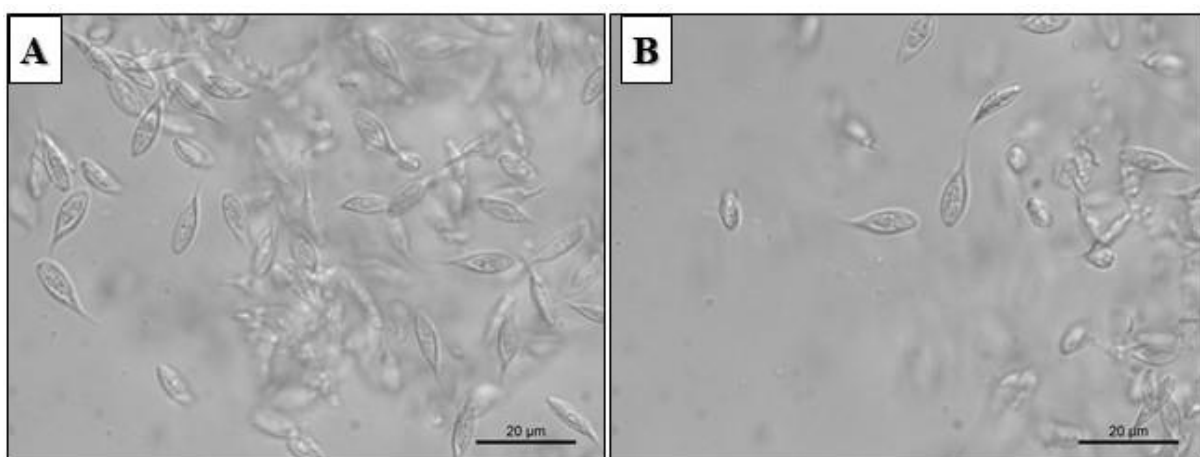


Figura 5. A) e B) Esporos de *Henneguya* sp. (Myxozoa, Myxobolidae) encontrados encistados nas brânquias de *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) coletadas no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil (imagens em Microscopia de Contraste de Interferência Diferencial).

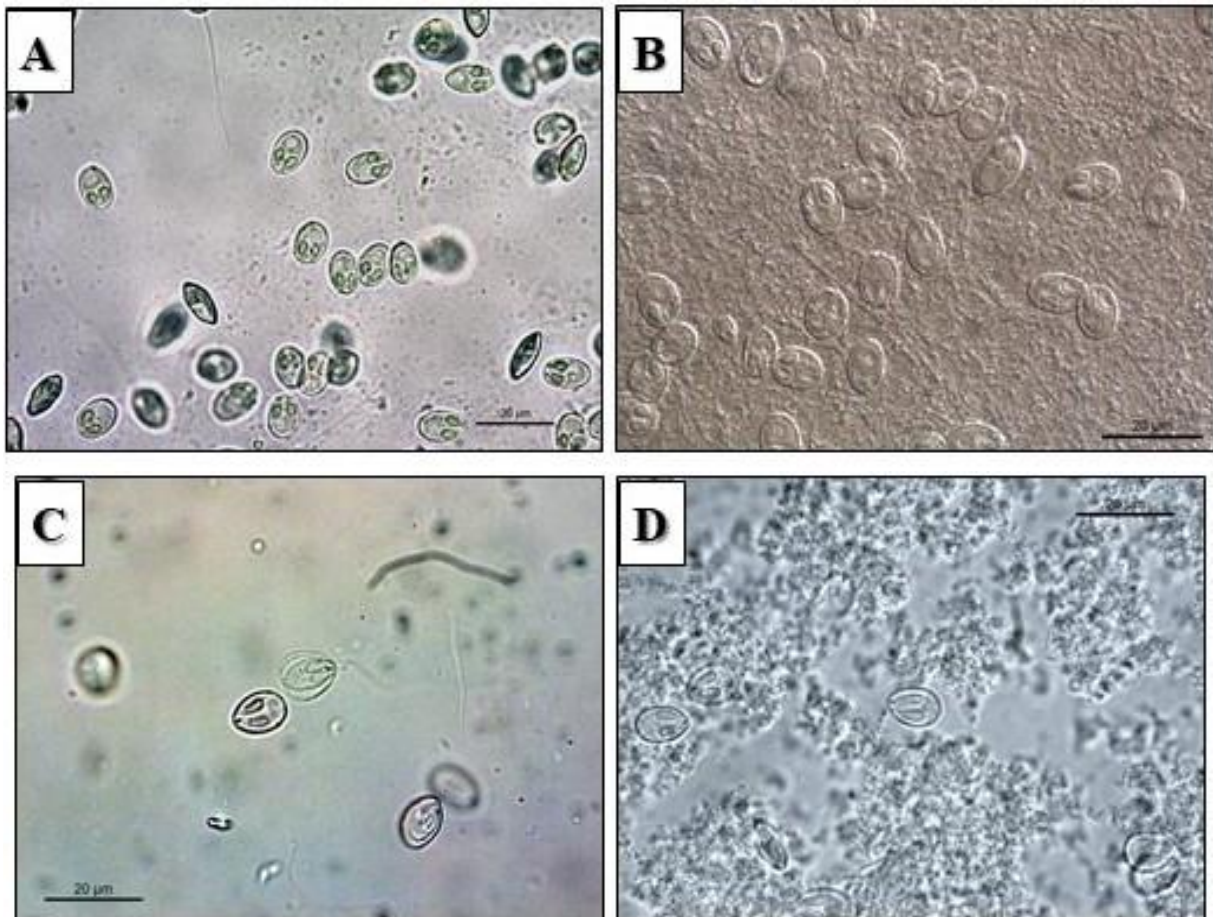


Figura 6. Esporos de *Myxobolus* sp. (Myxozoa, Myxobolidae) encontrados encistados em peixes Siluriformes coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) e B) *Myxobolus* sp. nas brânquias de *Hypostomus ancistroides* (Loricariidae); C) e D) *Myxobolus* sp. no intestino de *Rhamdia quelen* (Heptapteridae) (Imagens em Microscopia de Contraste de Interferência Diferencial).

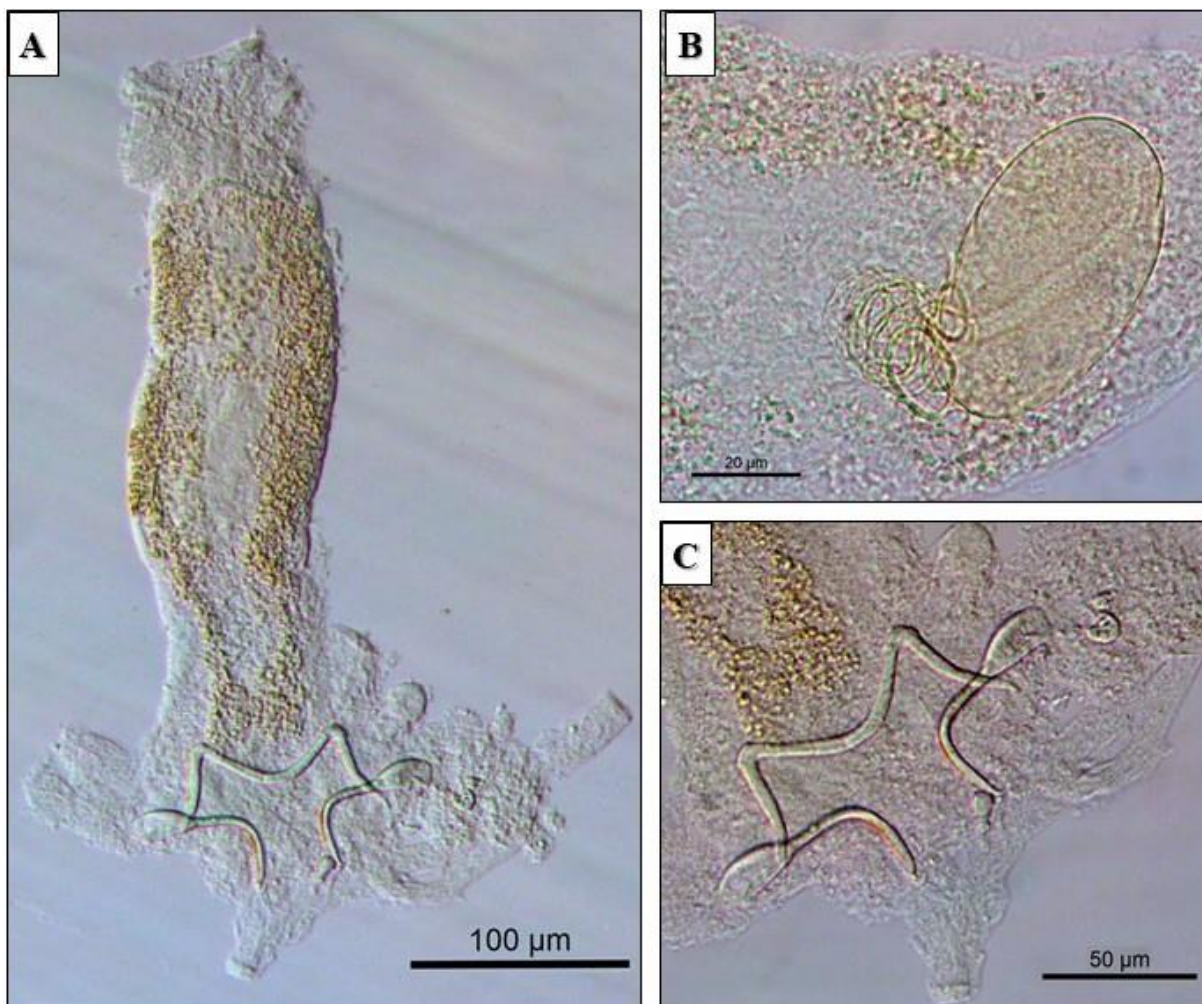


Figura 7. *Trinigyryrus* sp. (Monogenea, Dactylogyridae), parasito encontrado na superfície corporal e brânquias de *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides* e *H. albopunctatus* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Ovo com o órgão copulatório masculino ao fundo; C) Haptor (A e C = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. regani*; B = imagem obtida de exemplar coletado em *H. strigaticeps*). Montagem em meio de Gray & Wess, imagens em Microscopia de Contraste de Interferência Diferencial.

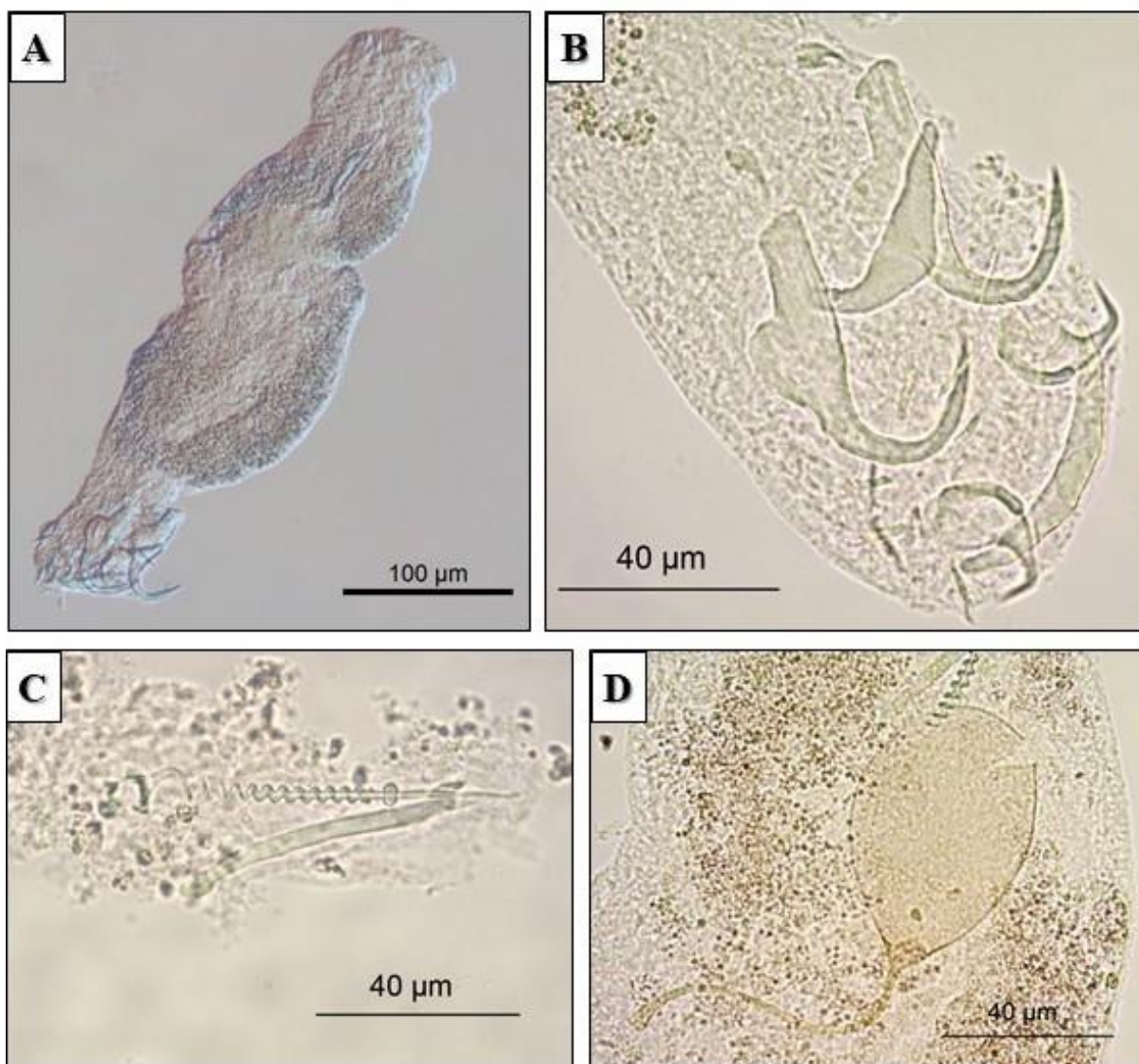


Figura 8. *Unilatus unilatus* (Monogenea, Dactylogyridae), parasito encontrado na superfície do corpo e brânquias de *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides* e *H. albopunctatus* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Haptor; C) Órgão copulatório masculino; D) Ovo (A e B = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. hermanni*; C e D = imagens obtidas de exemplares coletados em *H. regani*). Montagem em meio de Gray & Wess; imagens em Microscopia de Contraste de Interferência Diferencial (A) e em Microscopia Óptica (B e C).

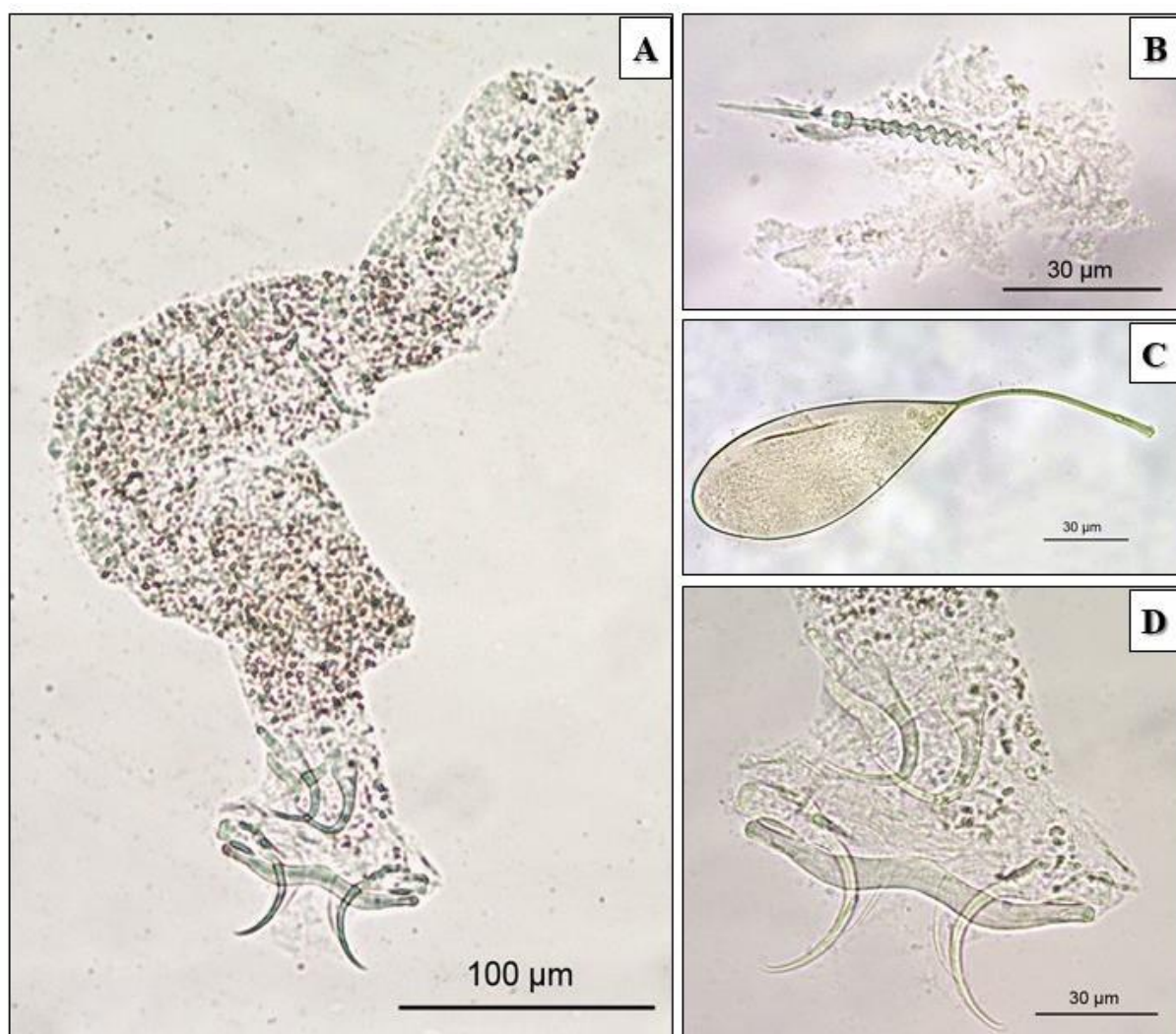


Figura 9. *Unilatus anoculus* (Monogenea, Dactylogyridae), parasito encontrado na superfície corporal e brânquias de *Hypostomus regani*, *H. hermanni* e *H. ancistroides* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Órgão copulatório masculino; C) Ovo; D) Haptor (A e D = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. regani*; B e C = imagens obtidas de exemplares coletados em *H. ancistroides*). Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica.

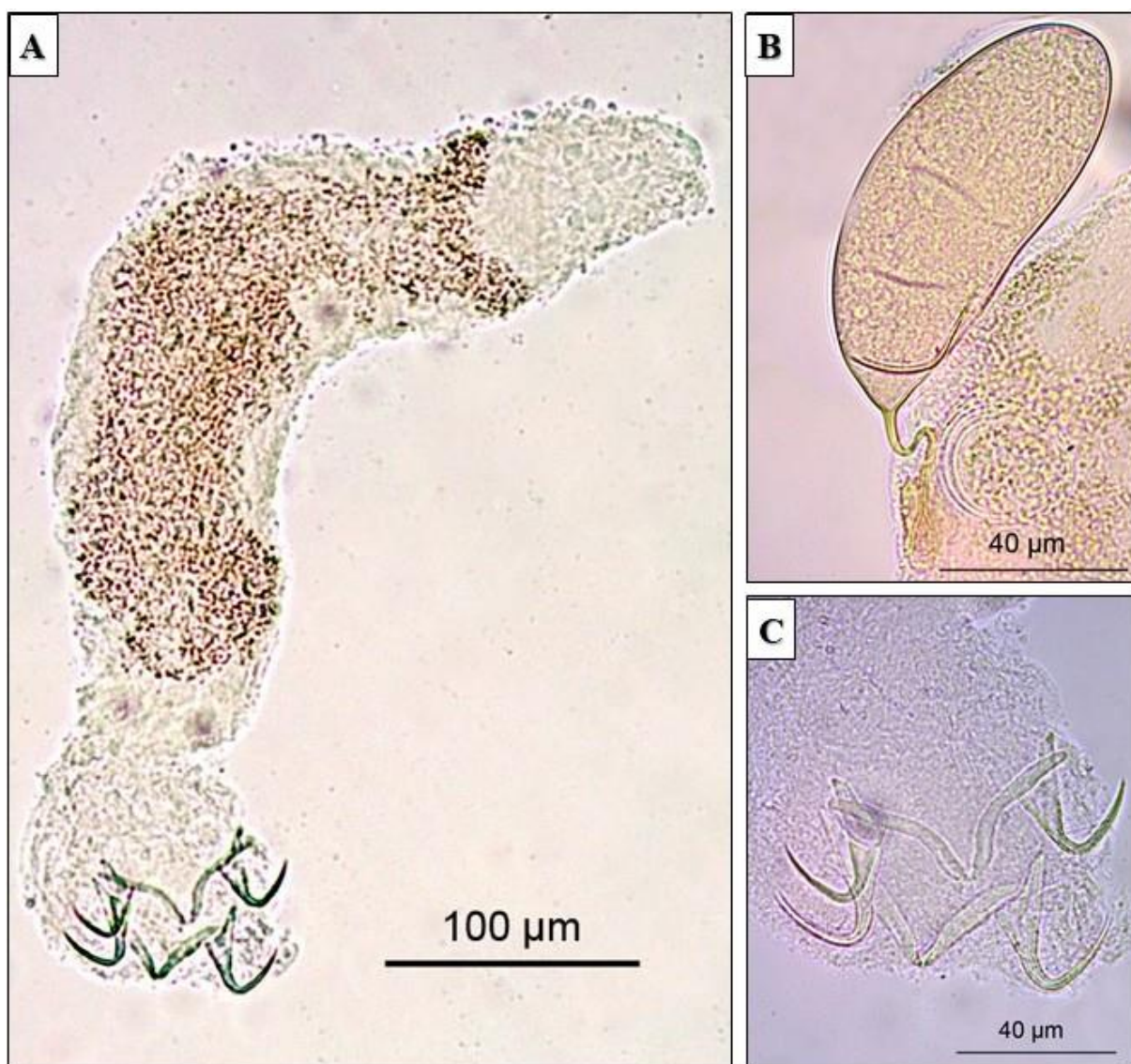


Figura 10. *Demidospermus spirophallus* (Monogenea, Dactylogyridae), parasito encontrado na superfície do corpo e brânquias de *Loricaria prolixa* e *L. piracicabae* (Siluriformes, Loricariidae) coletadas no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Ovo e órgão copulatório masculino; C) Haptor (A, B e C = Imagens obtidas de exemplares coletados em *L. prolixa*). Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica.

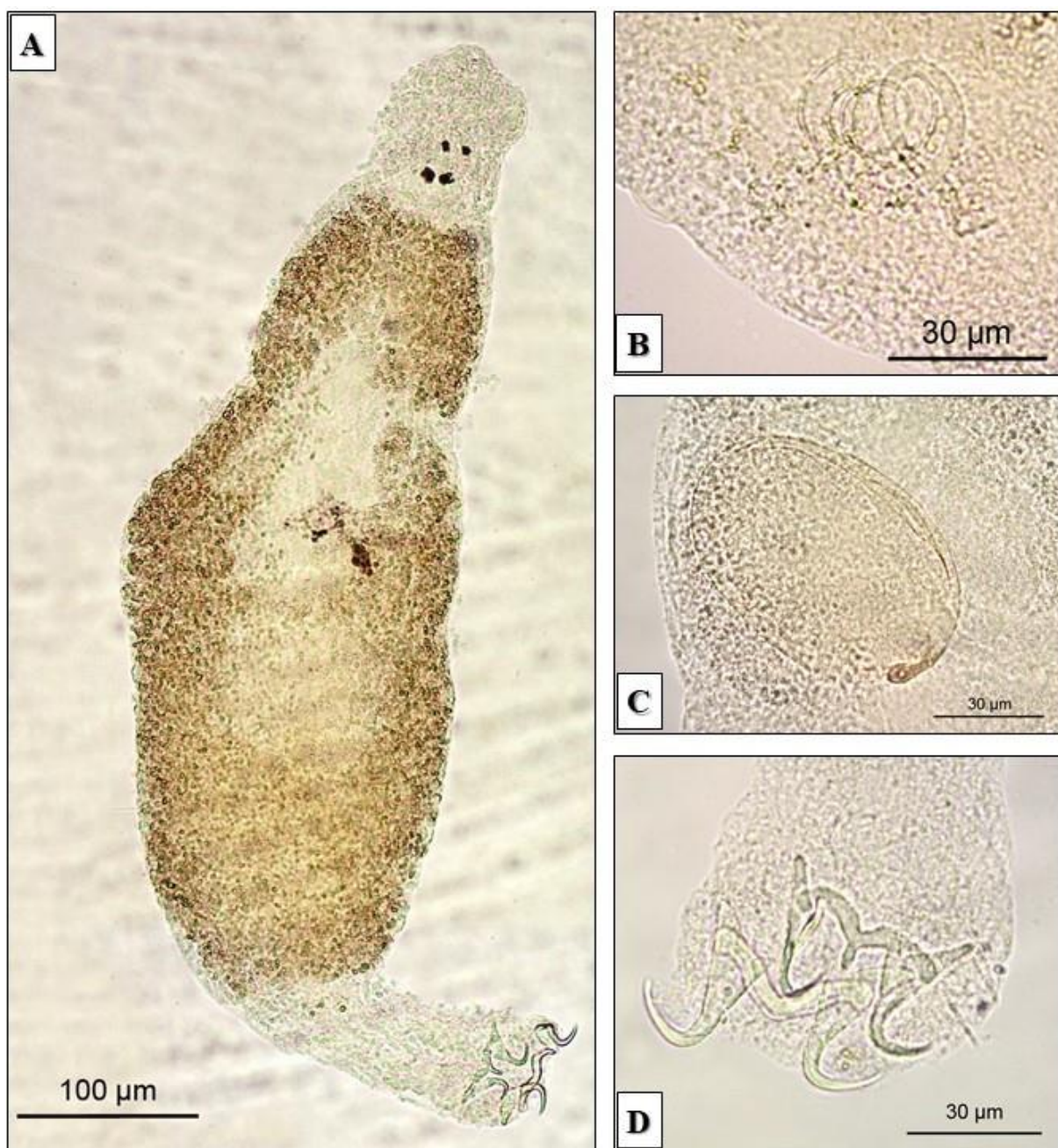


Figura 11. *Aphanoblastella mastigatus* (Monogenea, Dactylogyridae), parasito encontrado na superfície corporal e brânquias de *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) coletadas no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral; B) Órgão copulatório masculino; C) Ovo; D) Haptor. Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica.

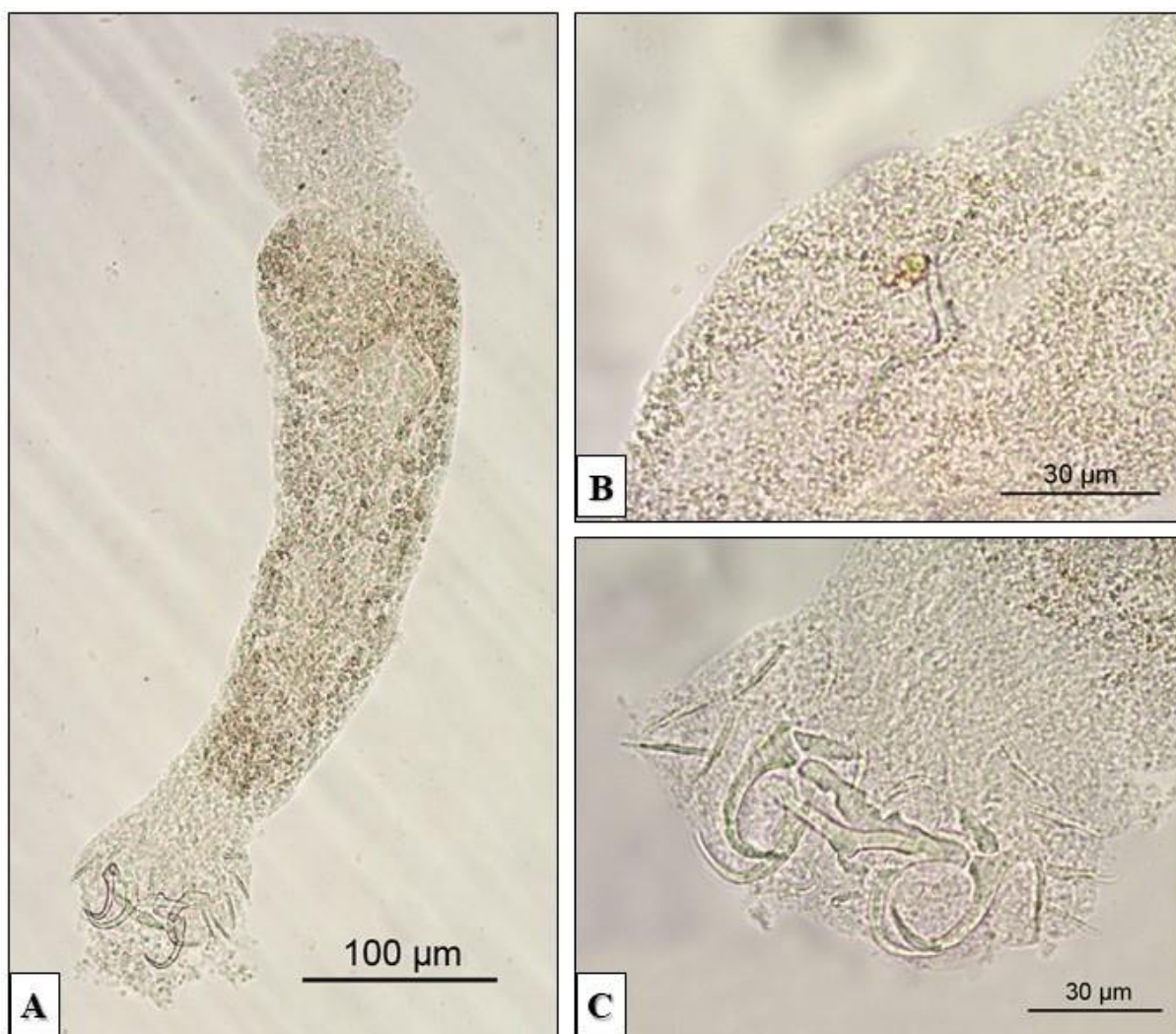


Figura 12. *Tereancistrum* sp. (Monogenea, Dactylogyridae), parasito encontrado nas brânquias de *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) coletadas no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral; B) Órgão copulatório masculino; C) Haptor. Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica.

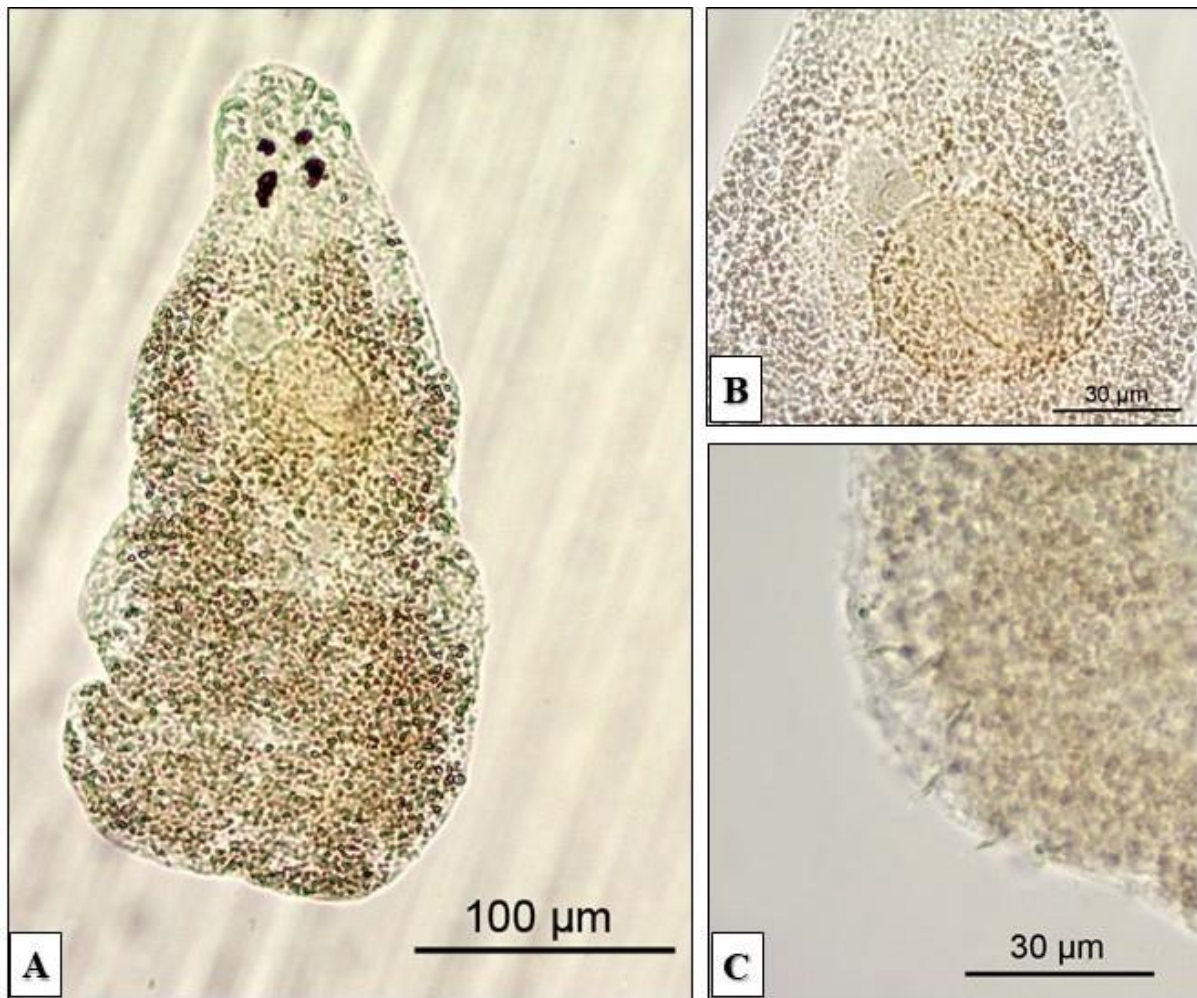


Figura 13. *Telethecium* sp. (Monogenea, Dactylogyridae), parasito encontrado na superfície corporal de *Hypostomus strigaticeps* (Siluriformes, Loricariidae) e *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Órgão copulatório masculino e ovo; C) Ganchos do haptor (A, B e C = Imagens obtidas de exemplares coletados em *R. quelen*). Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica.

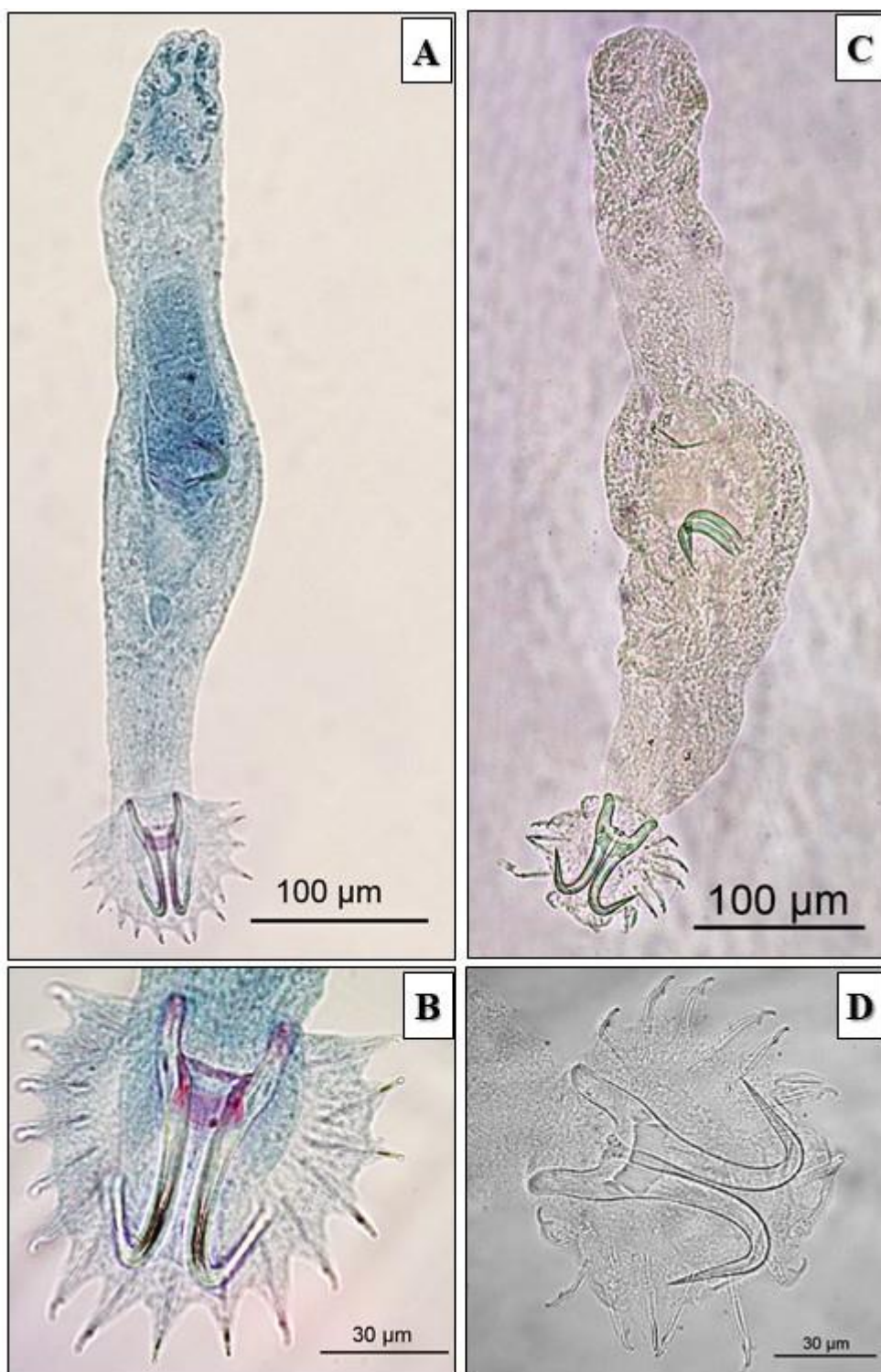


Figura 14. *Gyrodactylus* sp. (Monogenea, Gyrodactylidae), parasito encontrado na superfície corporal e brânquias de *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral; B) Haptor; C) Visão geral com destaque para a segunda geração em seu interior; D) Haptor (A e B: coloração de tricrômico de Gomori e imagens em Microscopia Óptica; C e D: clarificação em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia de Contraste de Interferência Diferencial).

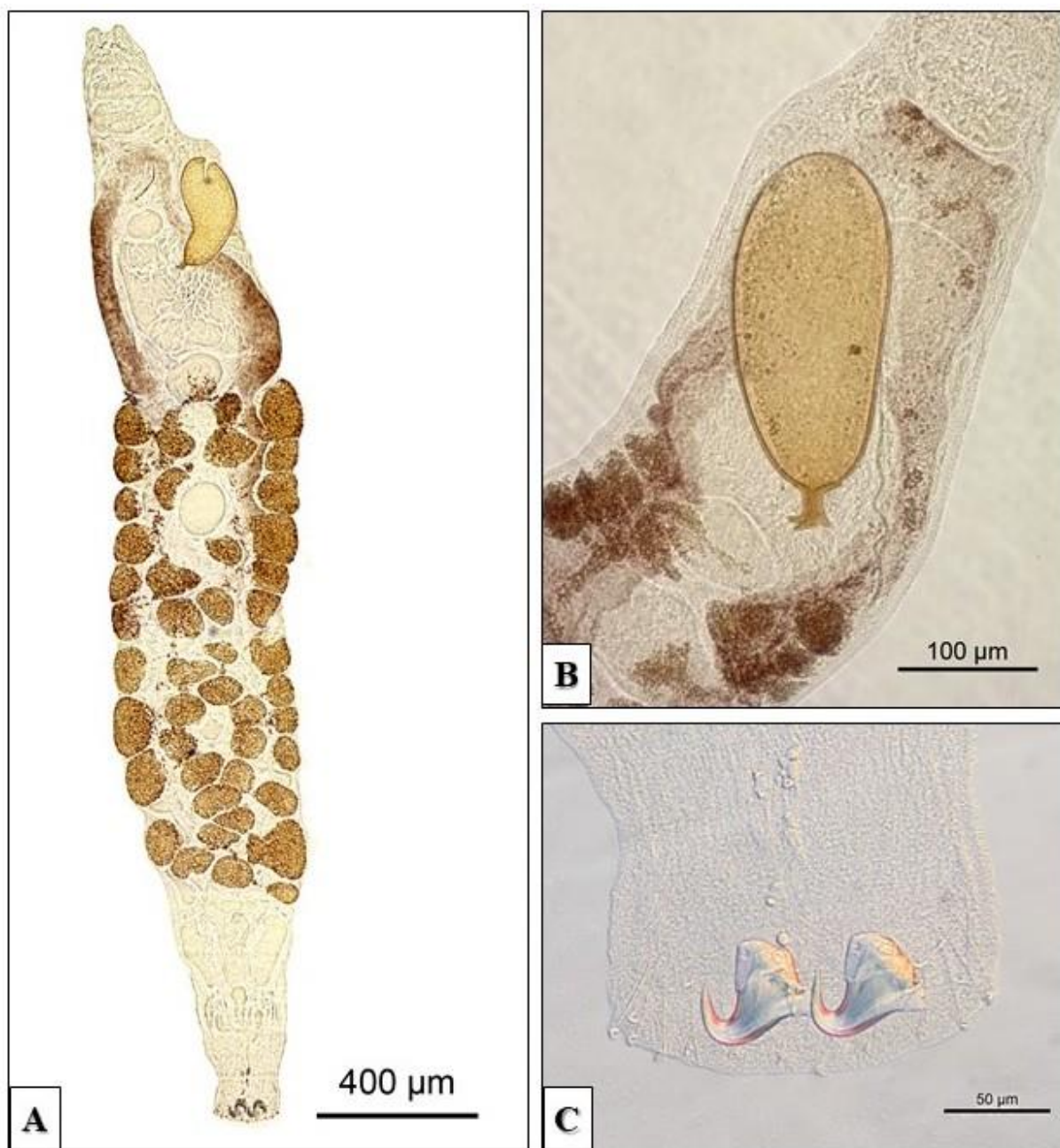


Figura 15. *Phanerothecioides agostinhoi* (Monogenea, Gyrodactylidae), parasito encontrado na superfície corporal de *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides* e *H. albopunctatus* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Ovo; C) Ganchos e âncoras do haptor (A e C = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. regani*; B = Imagem obtida de exemplar coletado em *H. iheringii*). Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica (A e B) e de Contraste de Interferência Diferencial (C).

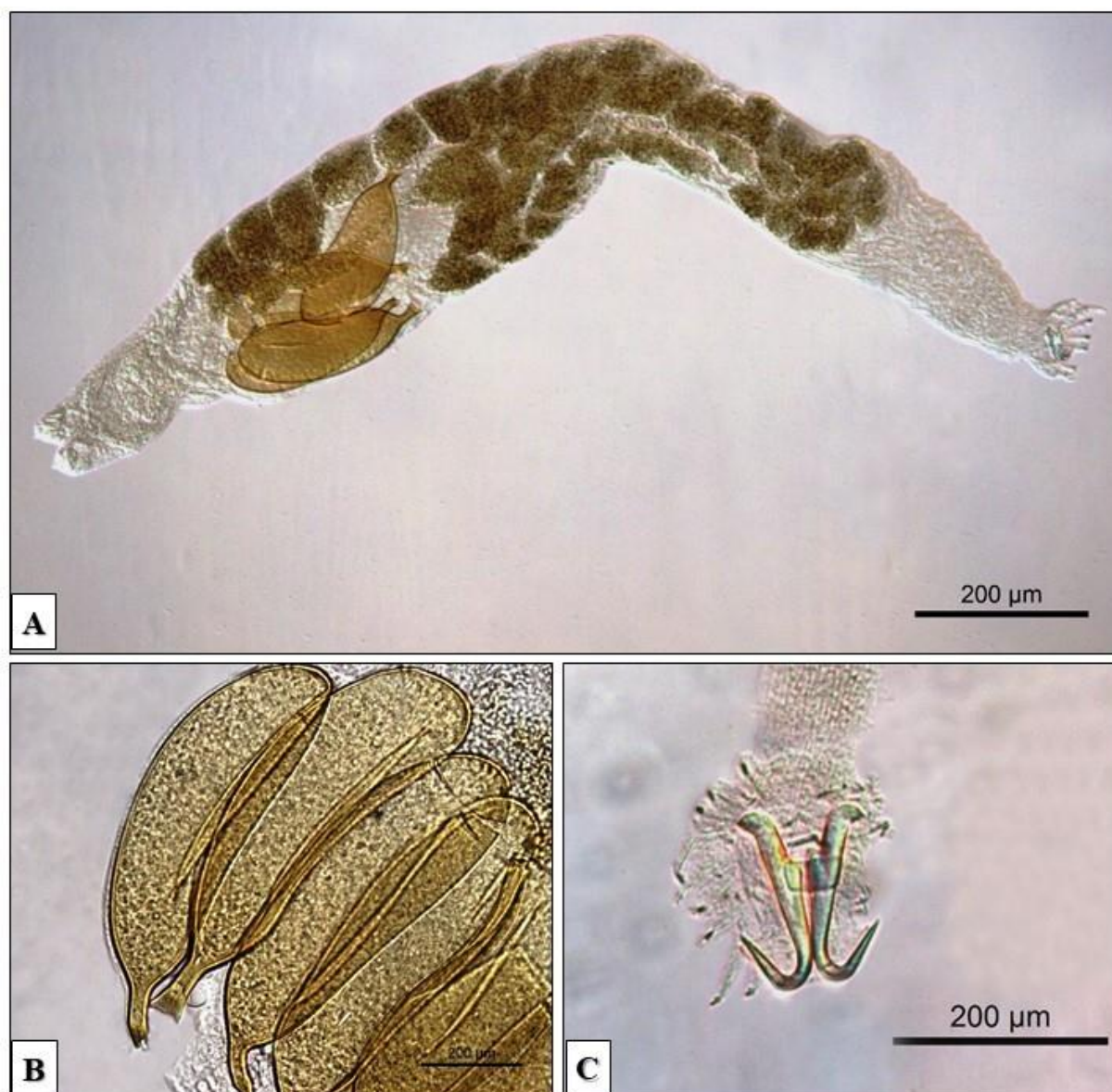


Figura 16. *Phanerothecium spinatoides* (Monogenea, Gyrodactylidae), parasito encontrado na superfície corporal de *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni* e *H. iheringii* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Ovos; C) Haptor (A e B = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. strigaticeps*; C = Imagem obtida de exemplar coletado em *H. hermanni*). Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica.

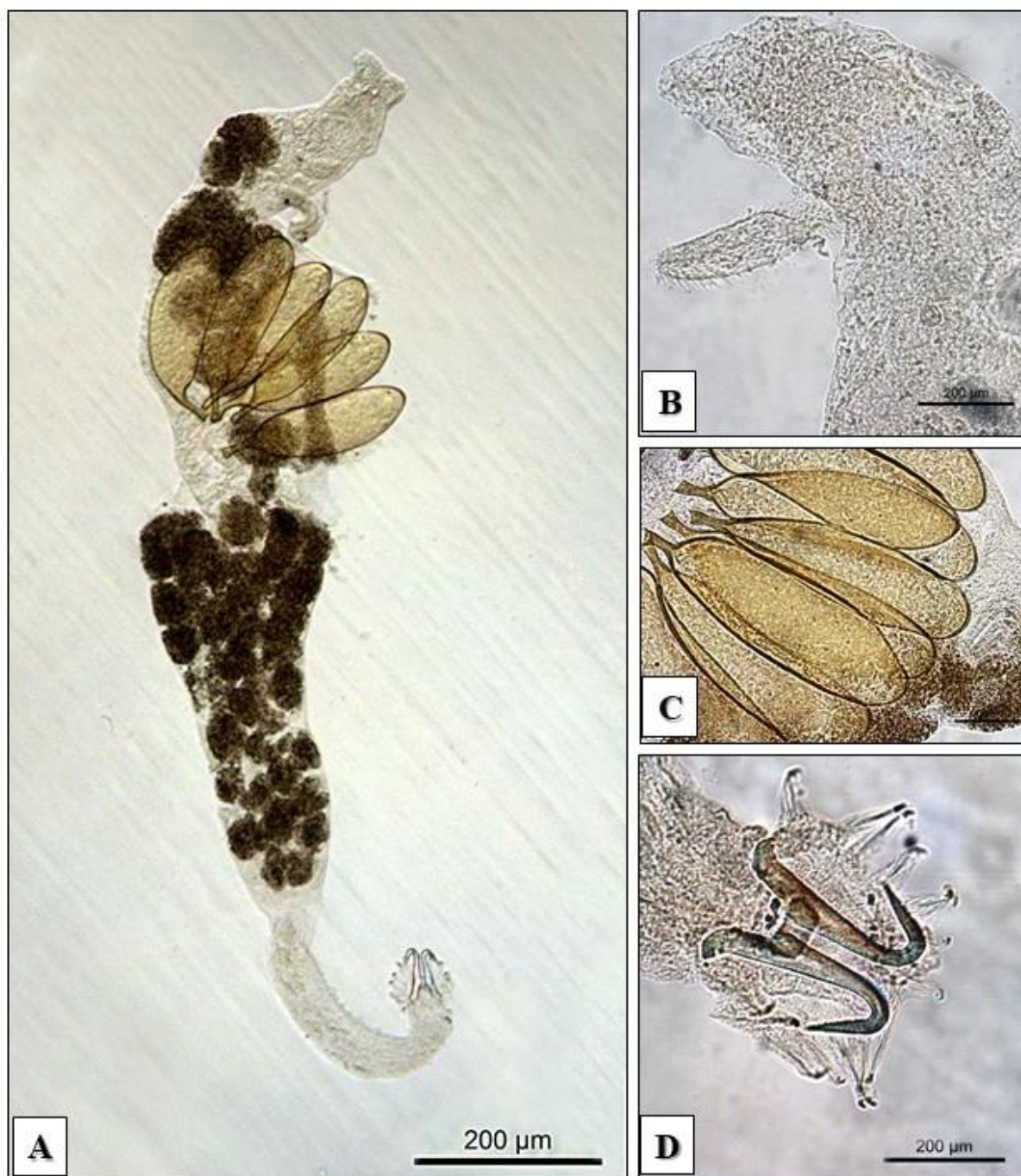


Figura 17. *Phanerothecium spinatus* (Monogenea, Gyrodactylidae), parasito encontrado na superfície corporal de *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii* e *H. ancistroides* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Órgão copulatório masculino; C) Ovos; D) Haptor (A e C = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. regani*; B e D = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. hermanni*). Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica.

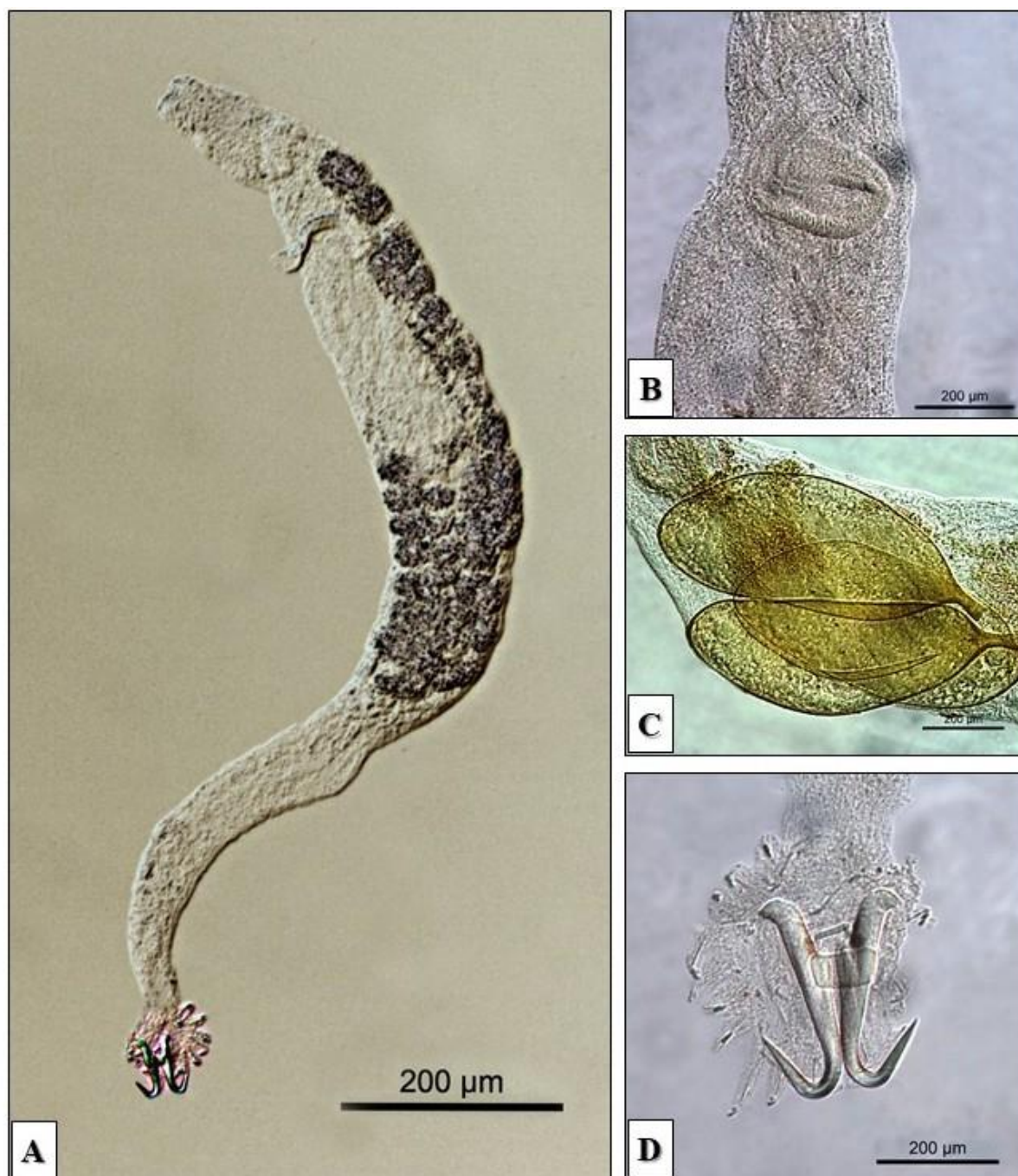


Figura 18. *Phanerothecium spinulatum* (Monogenea, Gyrodactylidae), parasito encontrado na superfície corporal de *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni* e *H. iheringii* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Órgão copulatório masculino; C) Ovos; D) Haptor (A, B e D = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. regani*; C = Imagem obtida de exemplar coletado em *H. iheringii*). Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica.

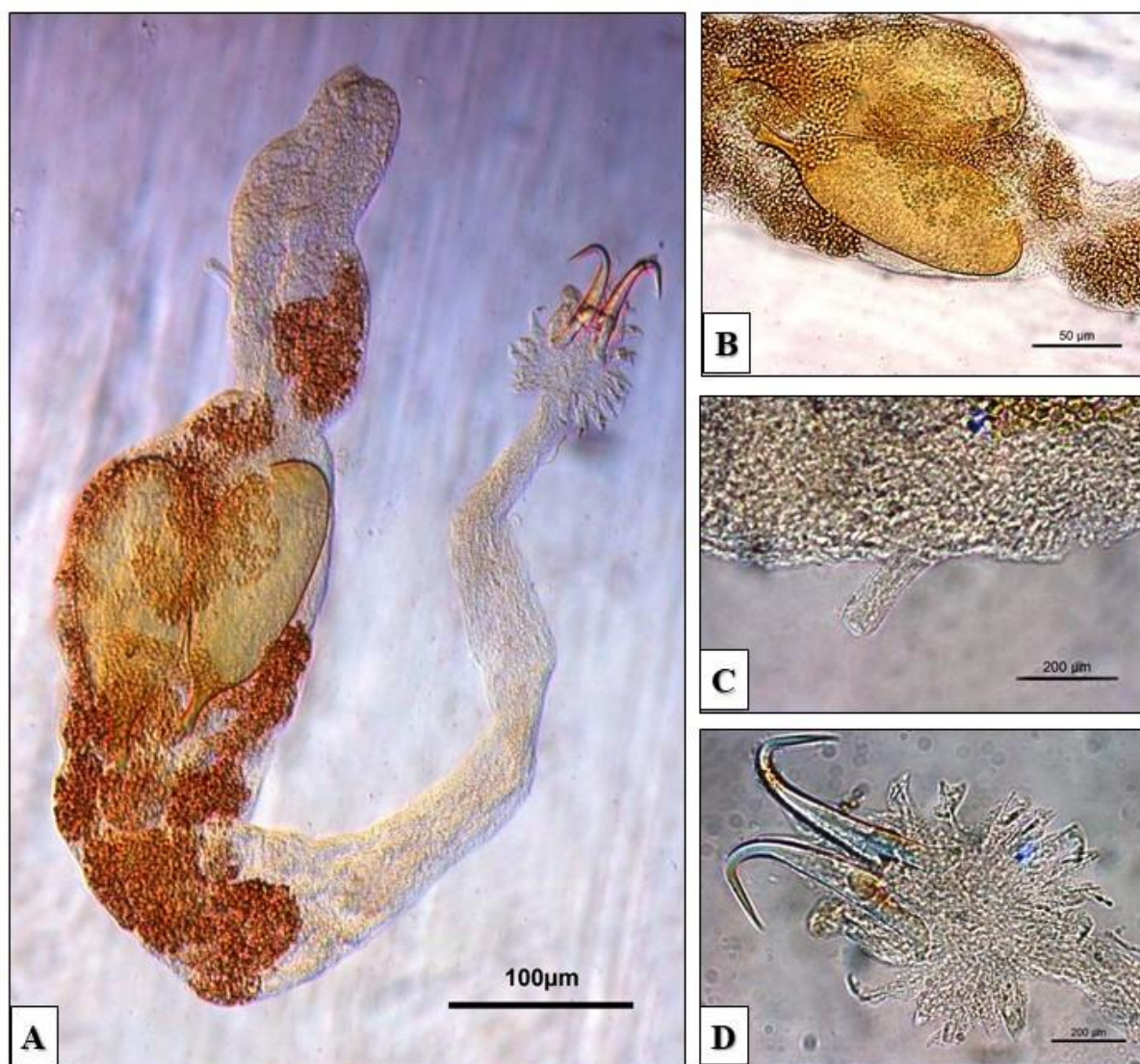


Figura 19. *Phanerothecium caballeroi* (Monogenea, Gyrodactylidae), parasito encontrado na superfície corporal de *Hypostomus regani* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral; B) Ovos; C) Órgão copulatório masculino; D) Haptor. Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica.

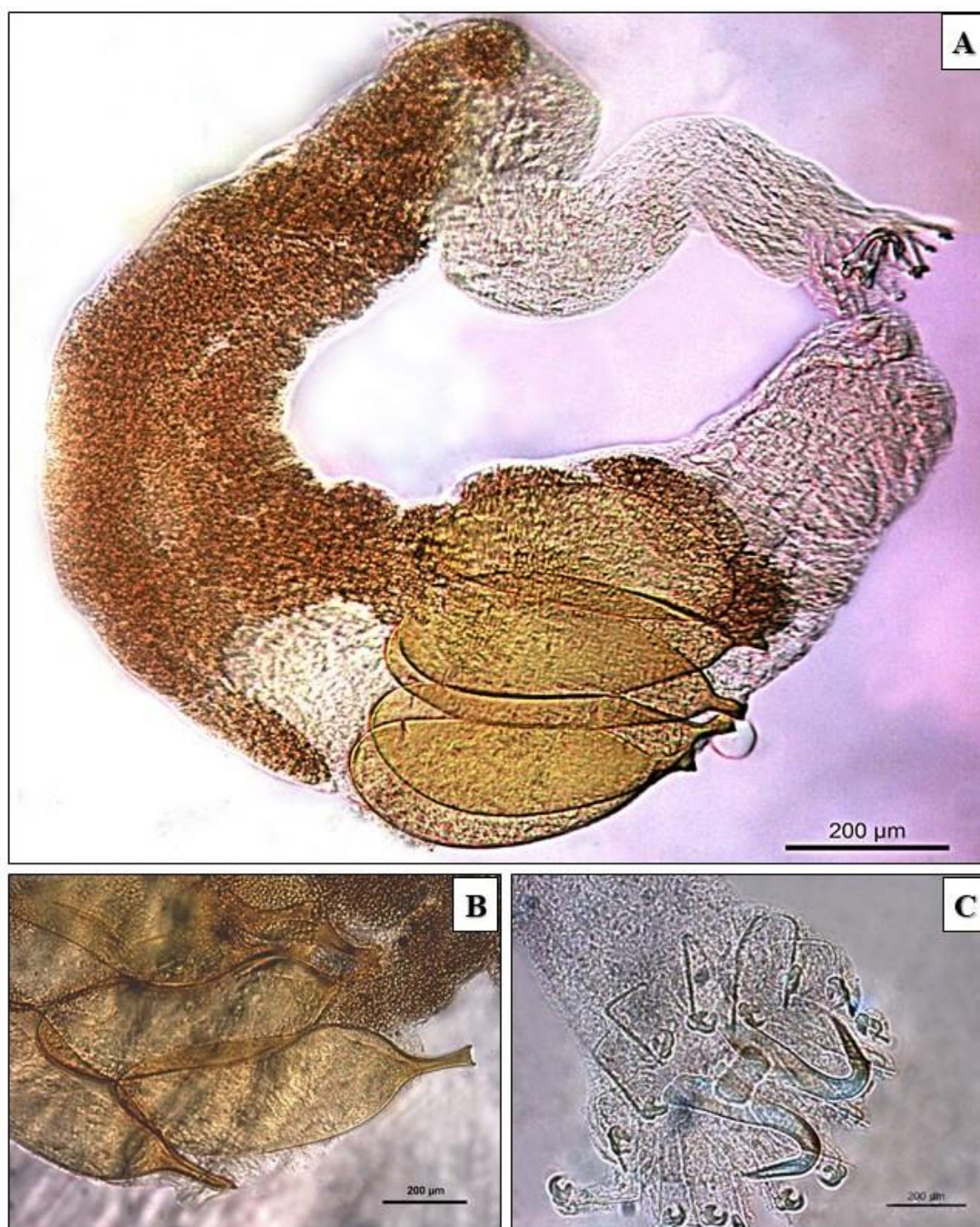


Figura 20. *Phanerothecium deiropedeum* (Monogenea, Gyrodactylidae), parasito encontrado na superfície corporal de *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni* e *H. iheringii* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Ovos; C) Haptor (A e B = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. regani*; C = Imagem obtida de exemplar coletado em *H. hermanni*). Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica (A) e de Contraste de Interferência Diferencial (B e C).

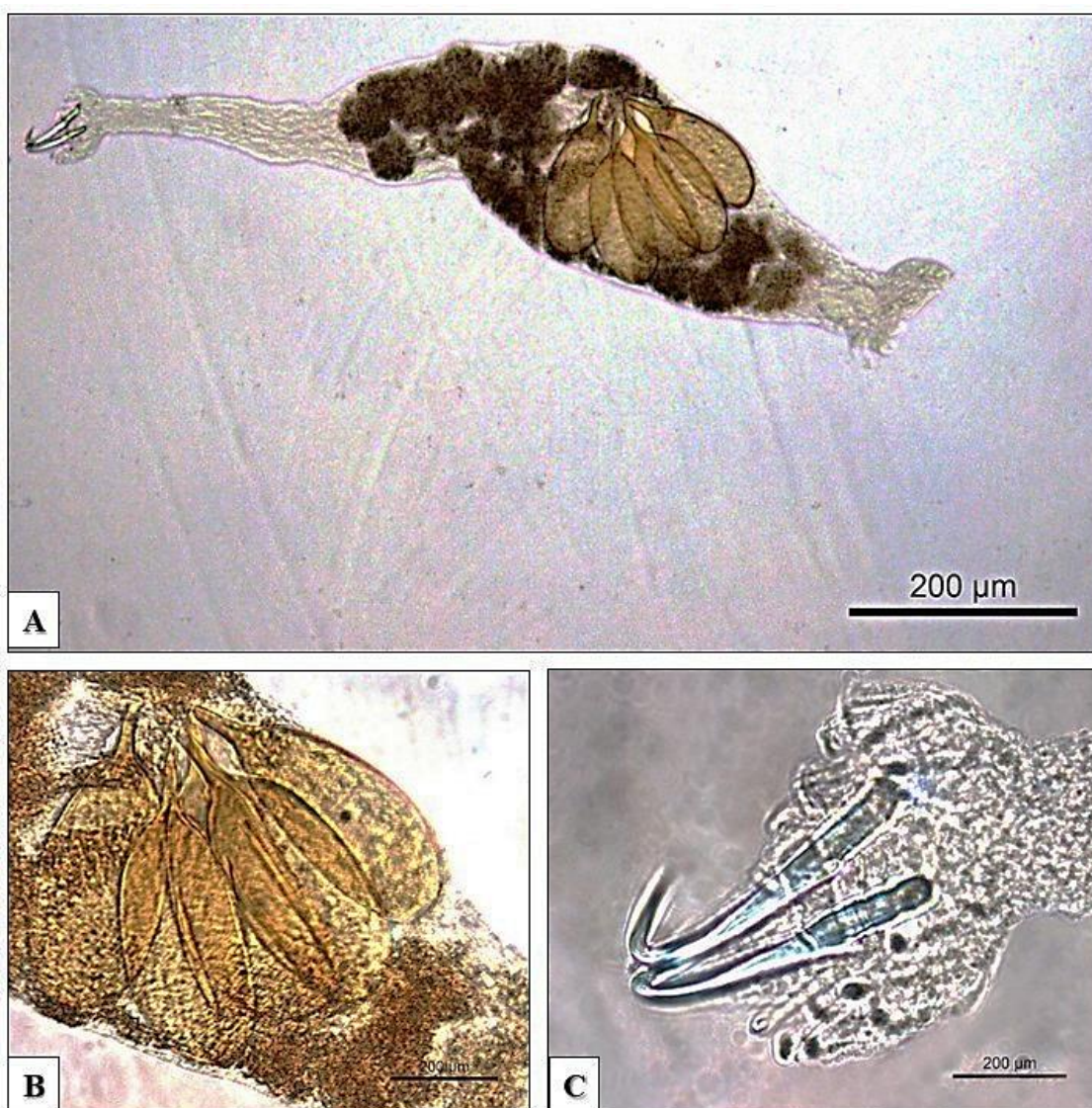


Figura 21. *Phanerothecium harrisi* (Monogenea, Gyrodactylidae), parasito encontrado na superfície corporal de *Hypostomus strigaticeps* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Ovos; C) Haptor. Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica.

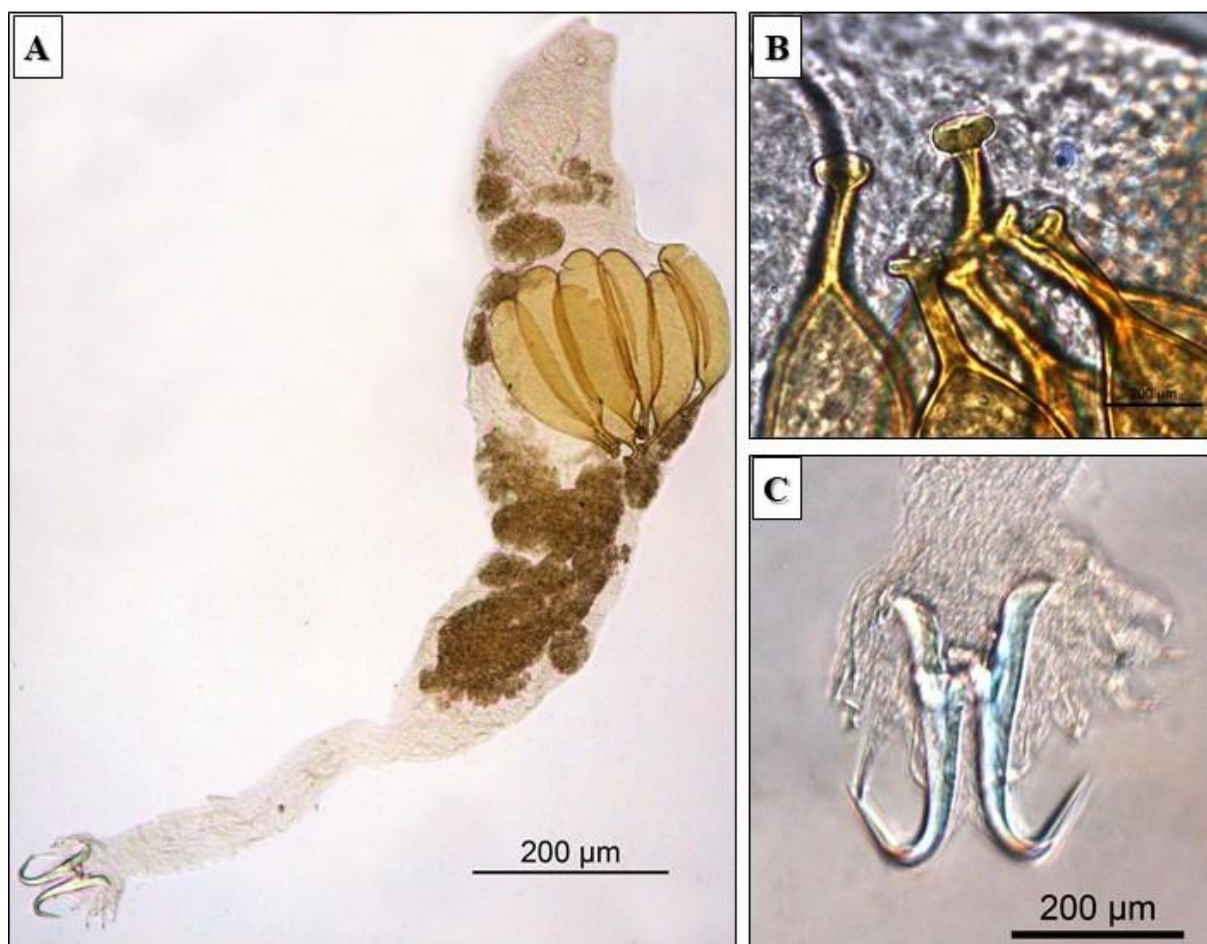


Figura 22. *Phanerothecium* sp. (Monogenea, Gyrodactylidae), parasito encontrado na superfície de *Hypostomus ancistroides* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral; B) Detalhe do pedúnculo dos ovos; C) Haptor. Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica.

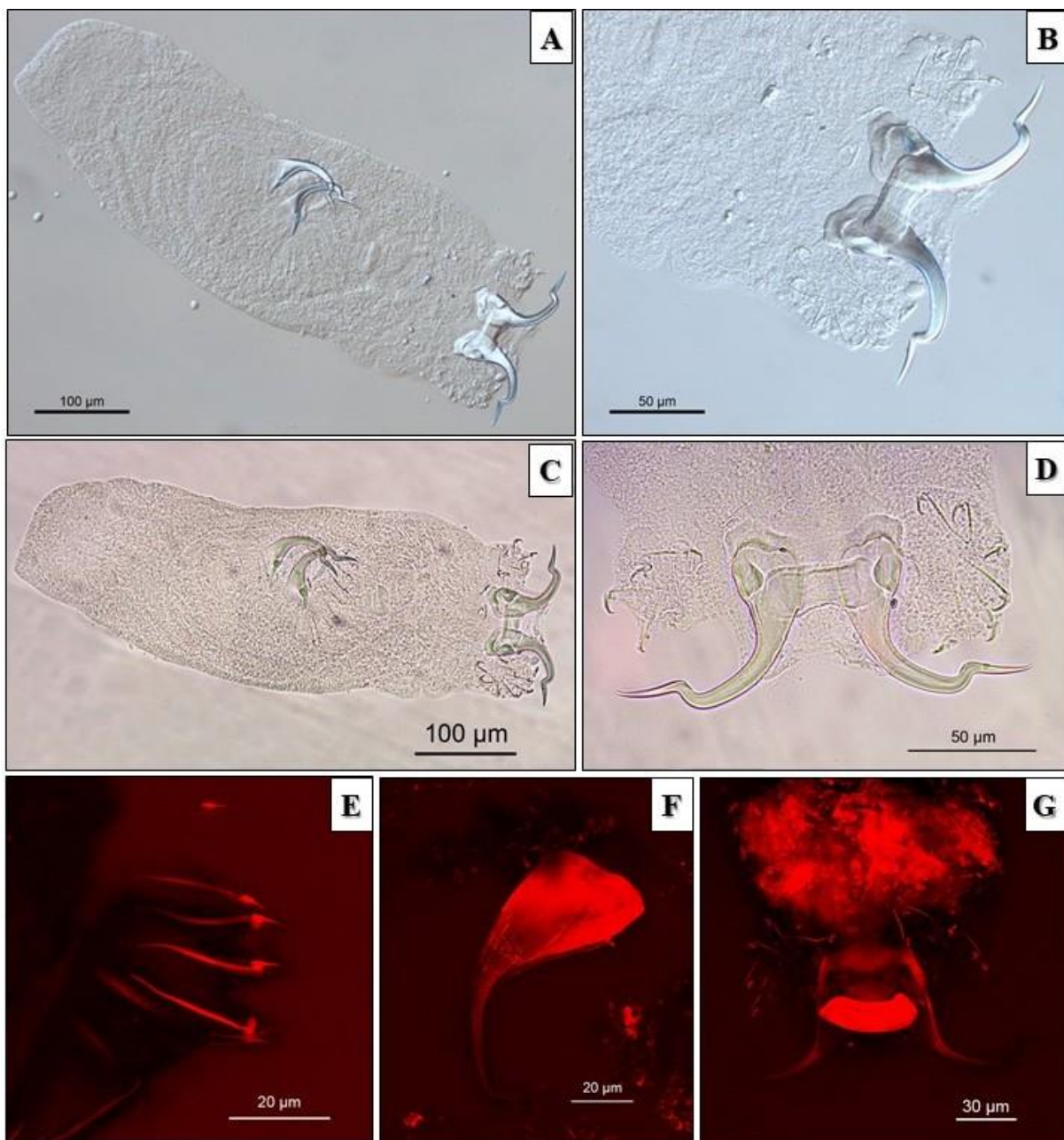


Figura 23. Gyrodactylidae n. gen. 1 n. sp. (Monogenea, Gyrodactylidae), parasito encontrado na superfície corporal e brânquias de *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral com a segunda geração no interior e B) Haptor (Imagens em Microscopia de Contraste de Interferência Diferencial); C) Visão geral com a segunda geração no interior e D) Haptor (Imagens em Microscopia Óptica); E) Ganchos, F) Âncora e G) Haptor completo (Imagens em Microscopia Confocal de Varredura a Laser) (A, B, C e D = clarificação em meio de Gray & Wess).

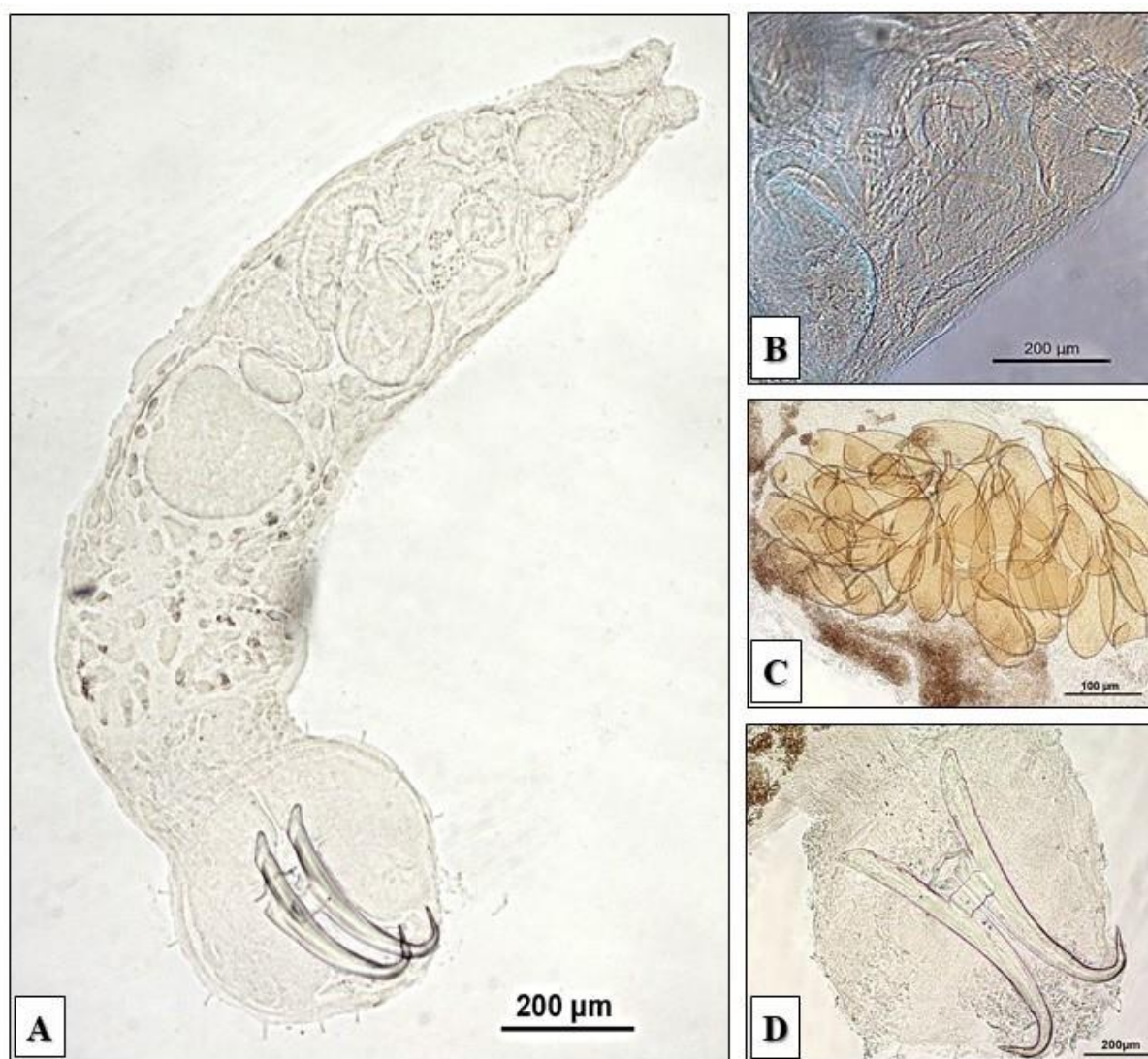


Figura 24. Gyrodactylidae n. gen. 2 n. sp. (Monogenea, Gyrodactylidae), parasito encontrado na superfície e brânquias de *Hypostomus regani* e *H. strigaticeps* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Órgão copulatório masculino; C) Ovos; D) Haptor (A – D = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. regani*). Montagem em meio de Gray & Wess e imagens em Microscopia Óptica (A, C e D) e de Contraste de Interferência Diferencial (B).

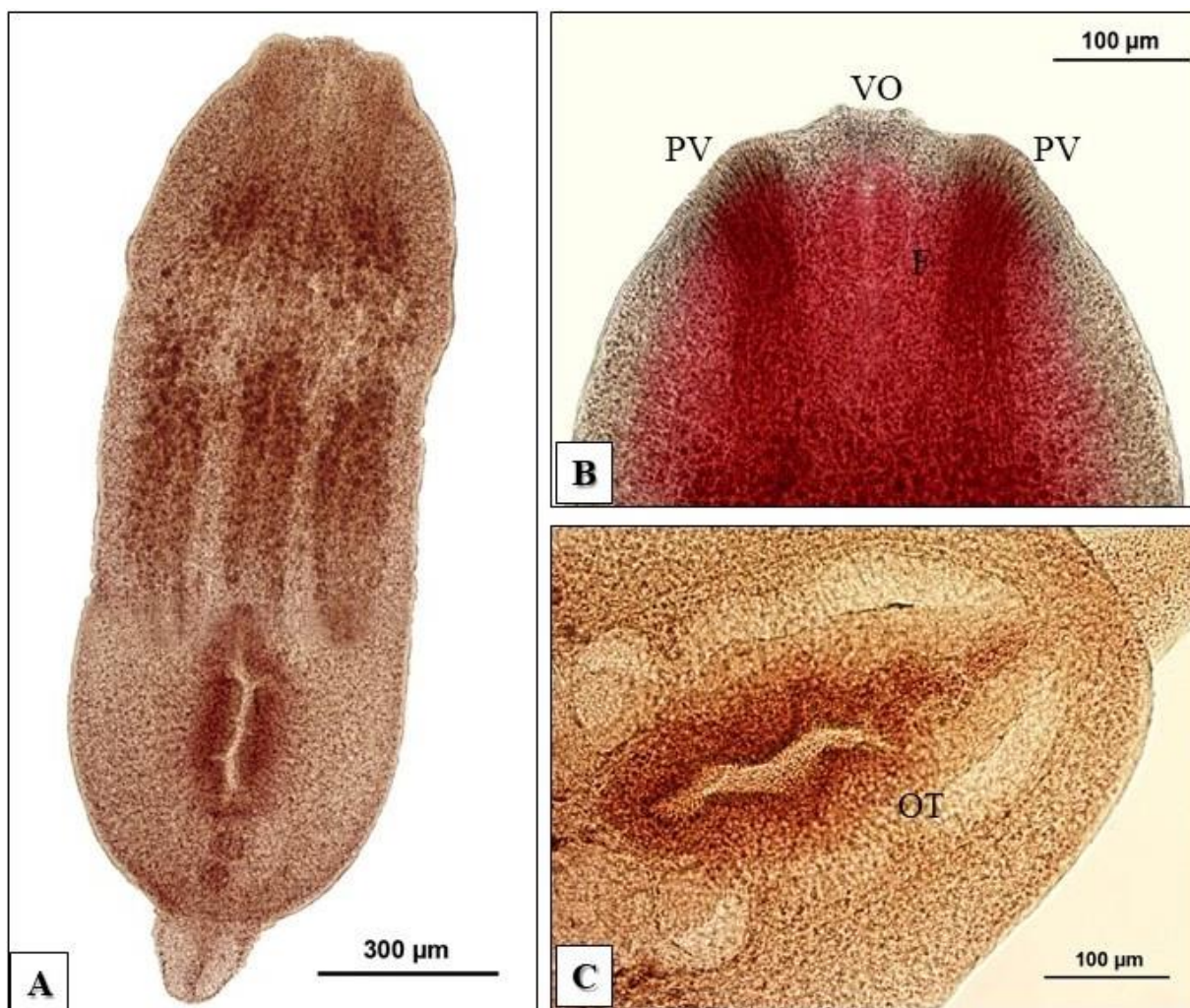


Figura 25. Metacercária de *Austrodiplostomum compactum* (Digenea, Diplostomidae), parasito encontrado no humor vítreo e encéfalo *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *Loricaria prolixa* (Siluriformes, Loricariidae) e *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral; B) Região anterior com destaque para a ventosa oral (VO), pseudoventosas (PV) e faringe (F); C) Região médio-posterior com destaque para o órgão tribocítico (OT) (A, B e C = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. hermanni*). Coloração de Carmalúmem de Mayer e imagens em Microscopia Óptica.

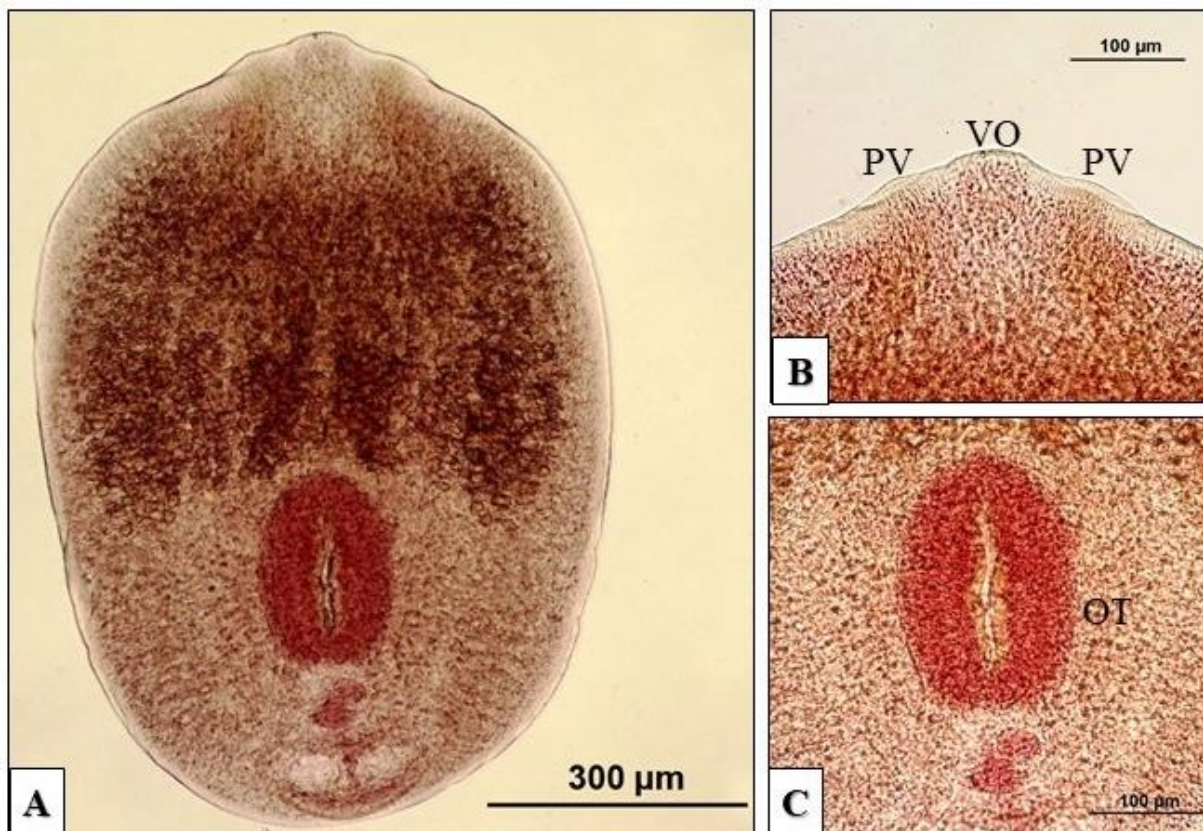


Figura 26. Metacercária de *Austrodiplostomum mordax* (Digenea, Diplostomidae), parasito encontrado no humor vítreo de *Hypostomus regani* (Siluriformes, Loricariidae) e de *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral; B) Região anterior com destaque para a ventosa oral (VO) e pseudoventosas (PV); C) Região médio-posterior com destaque para o órgão tribocítico (OT) (A, B e C = Imagens obtidas de exemplares coletados em *H. regani*). Coloração de Carmalúmem de Mayer e imagens em Microscopia Óptica.

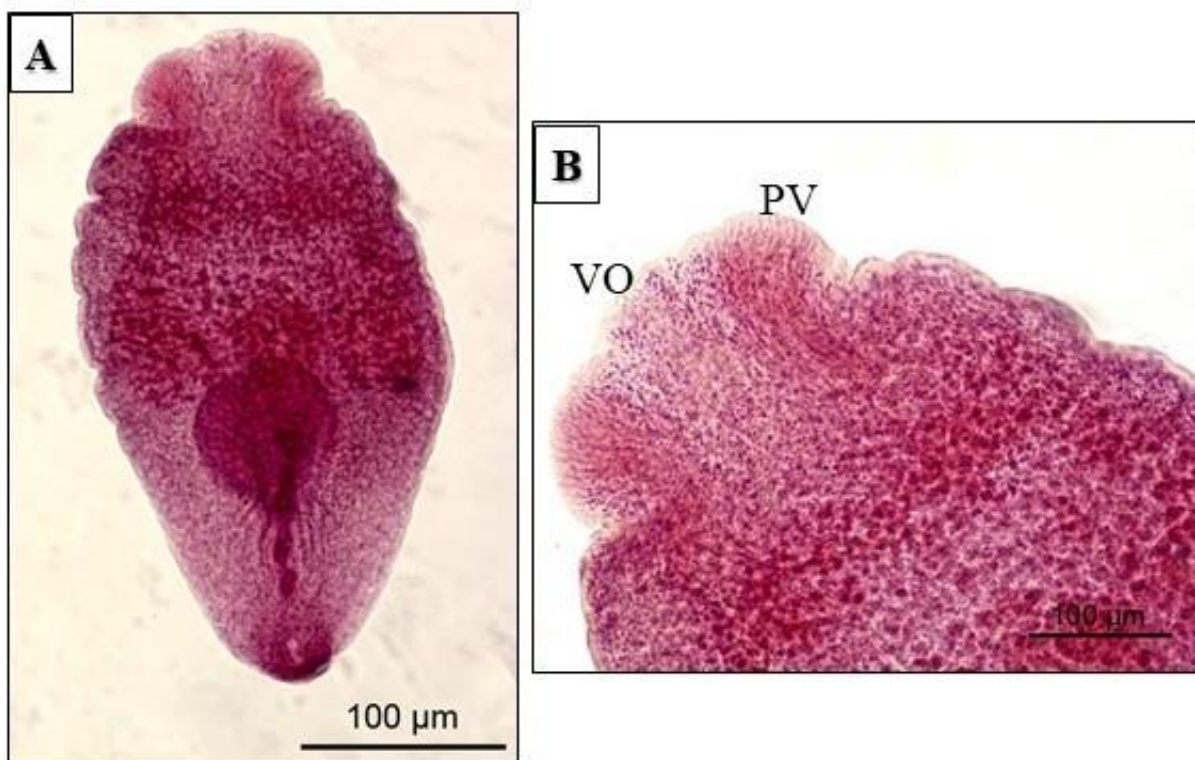


Figura 27. Metacercária de *Tylodelphys* sp. (Digenea, Diplostomidae), parasito encontrado no humor vítreo de *Hypostomus hermanni* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral; B) Região anterior com destaque para a ventosa oral (VO) e pseudoventosas (PV). Coloração de Carmalúmem de Mayer e imagens em Microscopia Óptica.

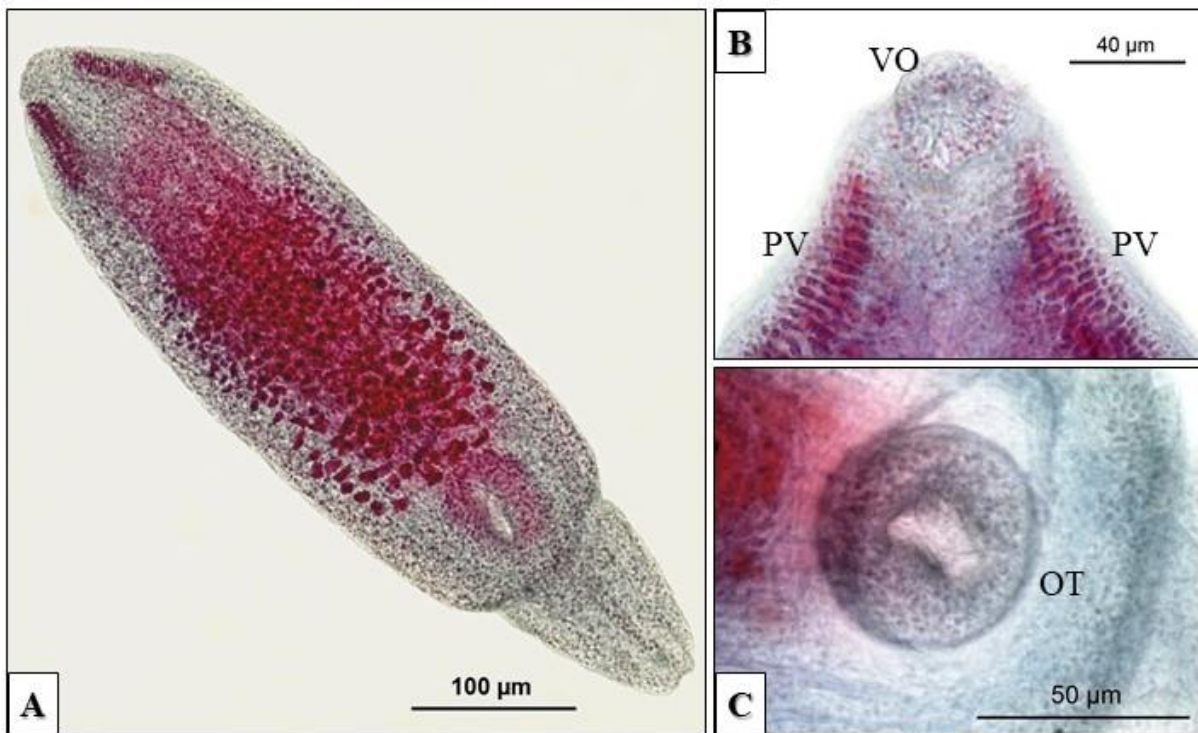


Figura 28. Metacercária de Diplostomidae gen. sp. (Digenea, Diplostomidae), parasito encontrado no cristalino de *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae* (Siluriformes, Loricariidae), *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) e *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Região anterior com destaque para a ventosa oral (VO) e pseudoventosas (PV); C) Região médio-posterior com destaque para o órgão tribocítico (OT) (A = Imagem obtida de exemplar coletado em *H. hermanni*, B = Imagem obtida de exemplar coletado em *H. regani*, C = Imagem obtida de exemplar coletado em *L. prolixa*). Coloração de Tricrômico de Gomori e imagens em Microscopia Óptica.

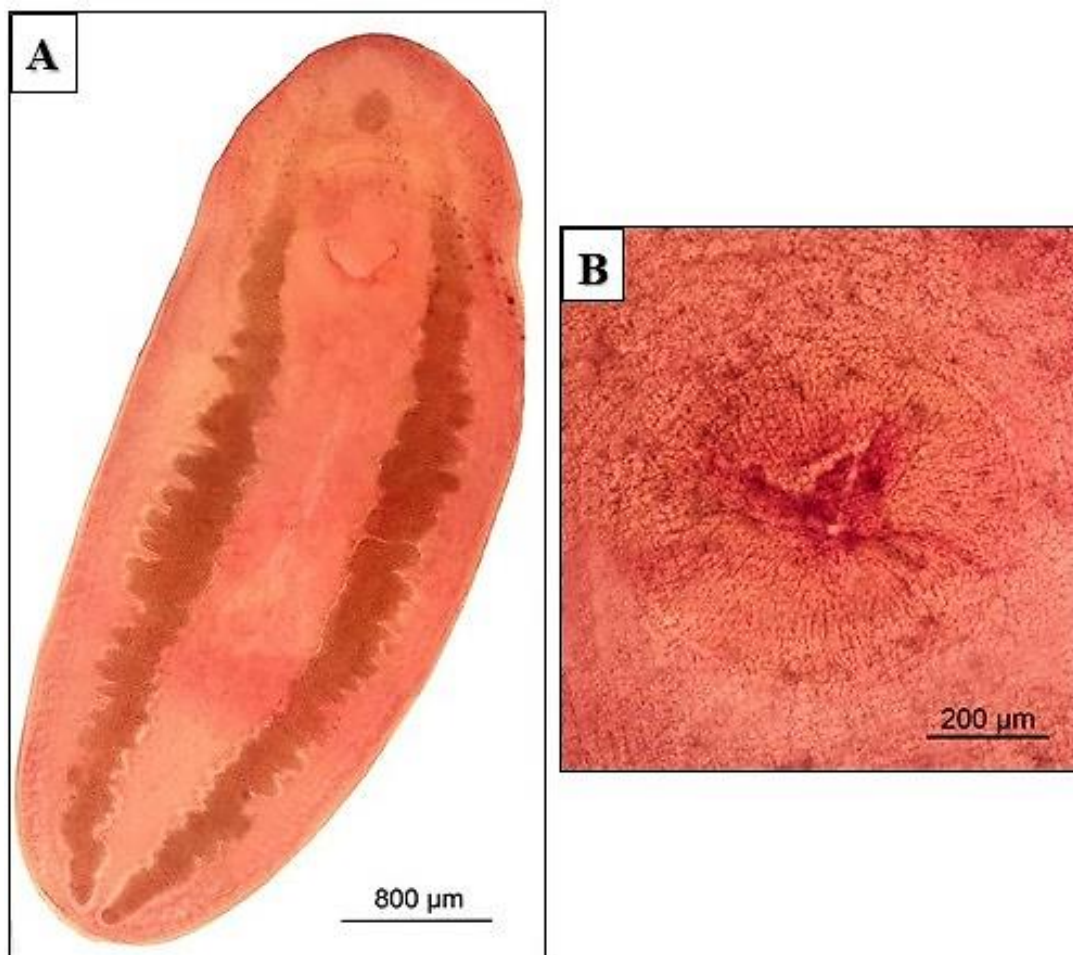


Figura 29. Metacercária de *Clinostomum detruncatum* (Digenea, Clinostomidae), parasito encontrado encistado nas brânquias de *Loricaria prolixa* (Siluriformes, Loricariidae) coletadas no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Região anterior com destaque para o acetábulo e sua abertura triangular. Coloração de Carmalúmem de Mayer e imagens em Microscopia Óptica.

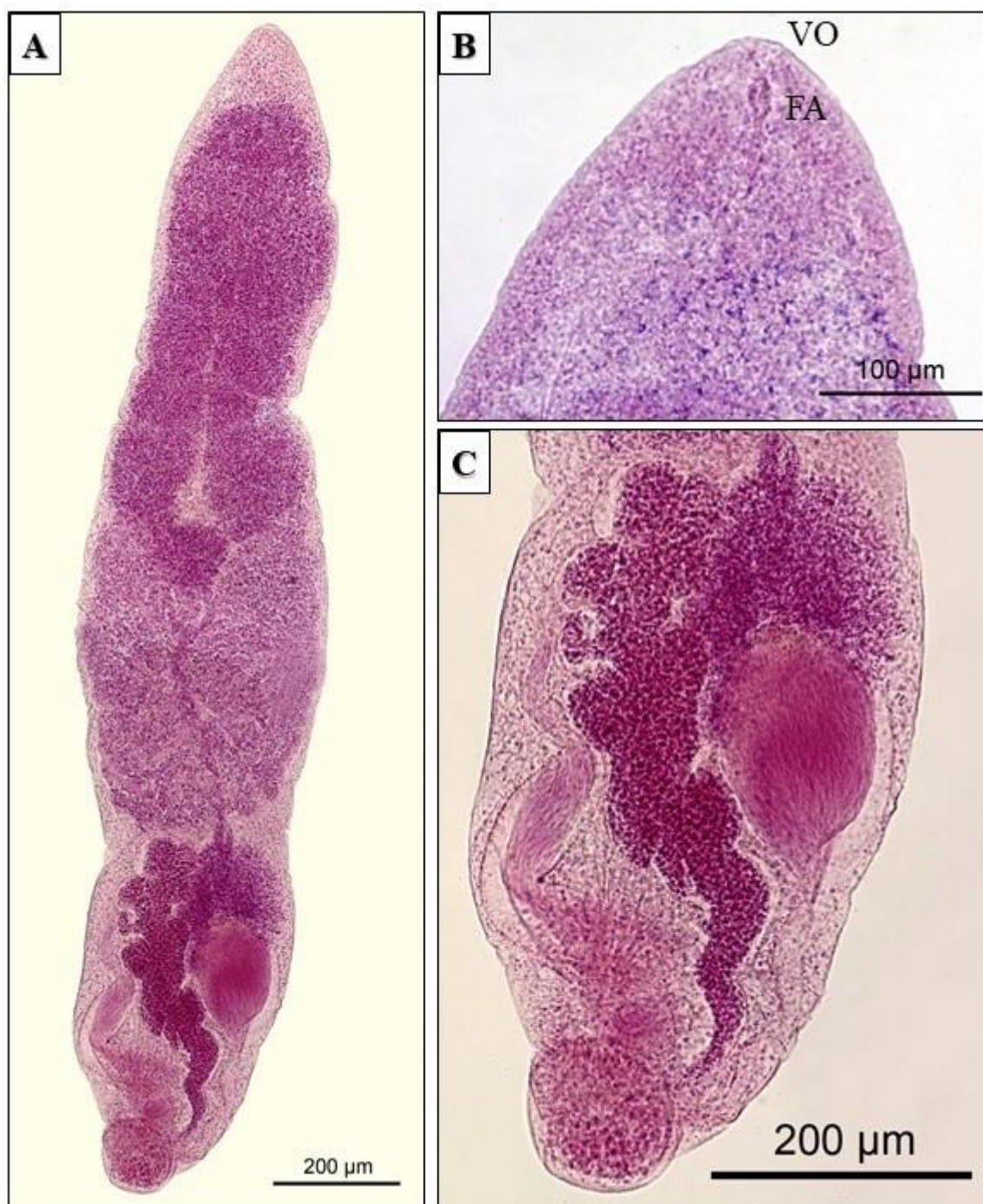


Figura 30. Aporocotylidae gen. sp. (Digenea, Diplostomidae) parasito encontrado no coração, cavidade visceral e intestino de *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Região anterior com destaque para a ventosa oral diminuta (VO) e faringe (FA); C) Região posterior com os órgãos reprodutivos. Coloração de Carmalúmem de Mayer e imagens em Microscopia Óptica.

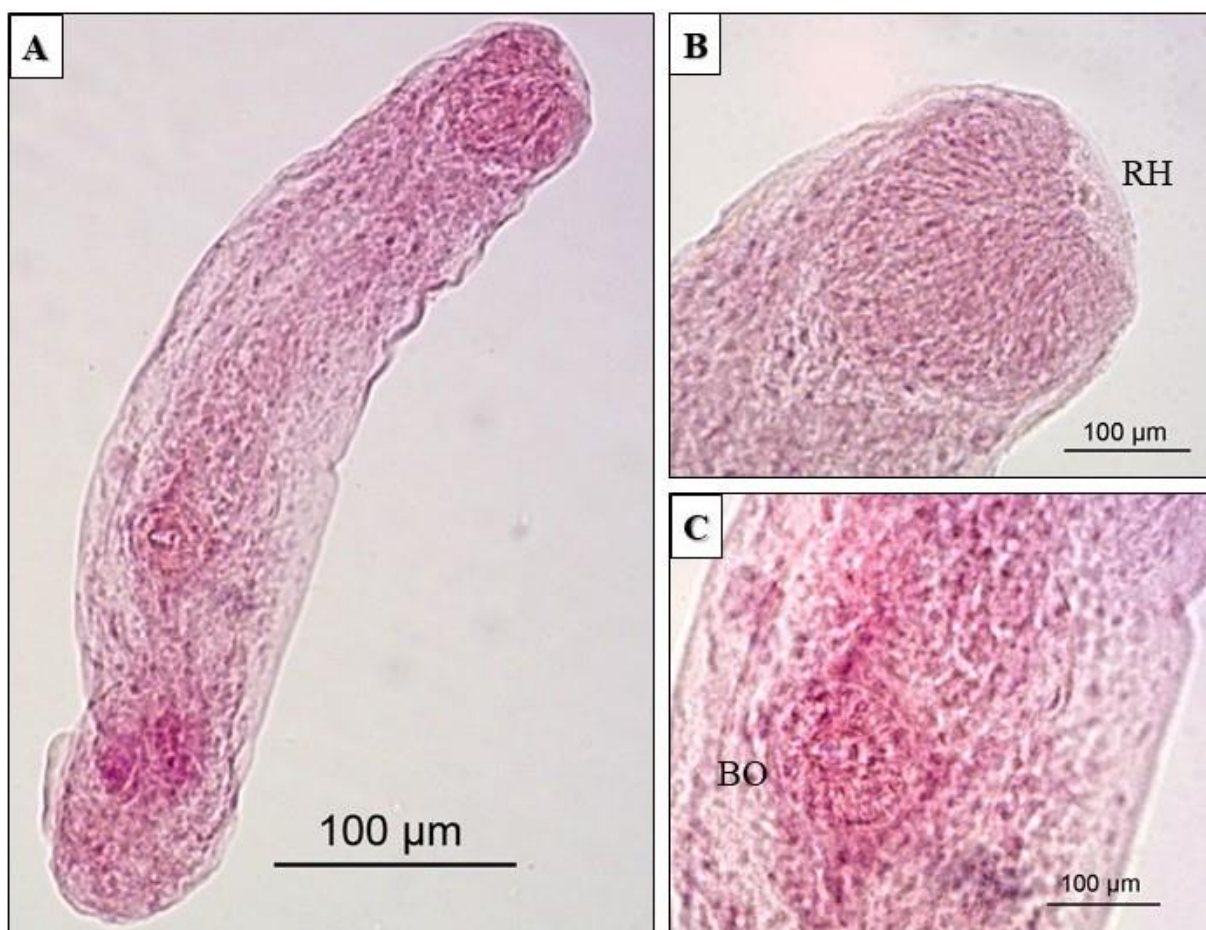


Figura 31. Bucephalidae gen. sp. (Digenea, Plagiorchiida) parasito encontrado livre na superfície corporal de *Hypostomus regani*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa* (Siluriformes, Loricariidae) e *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral; B) Região anterior com o rhynchus (RH); C) Região médio-ventral, com a abertura da boca (BO) em destaque (coloração de Carmalúmem de Mayer e imagens em Microscopia Óptica).

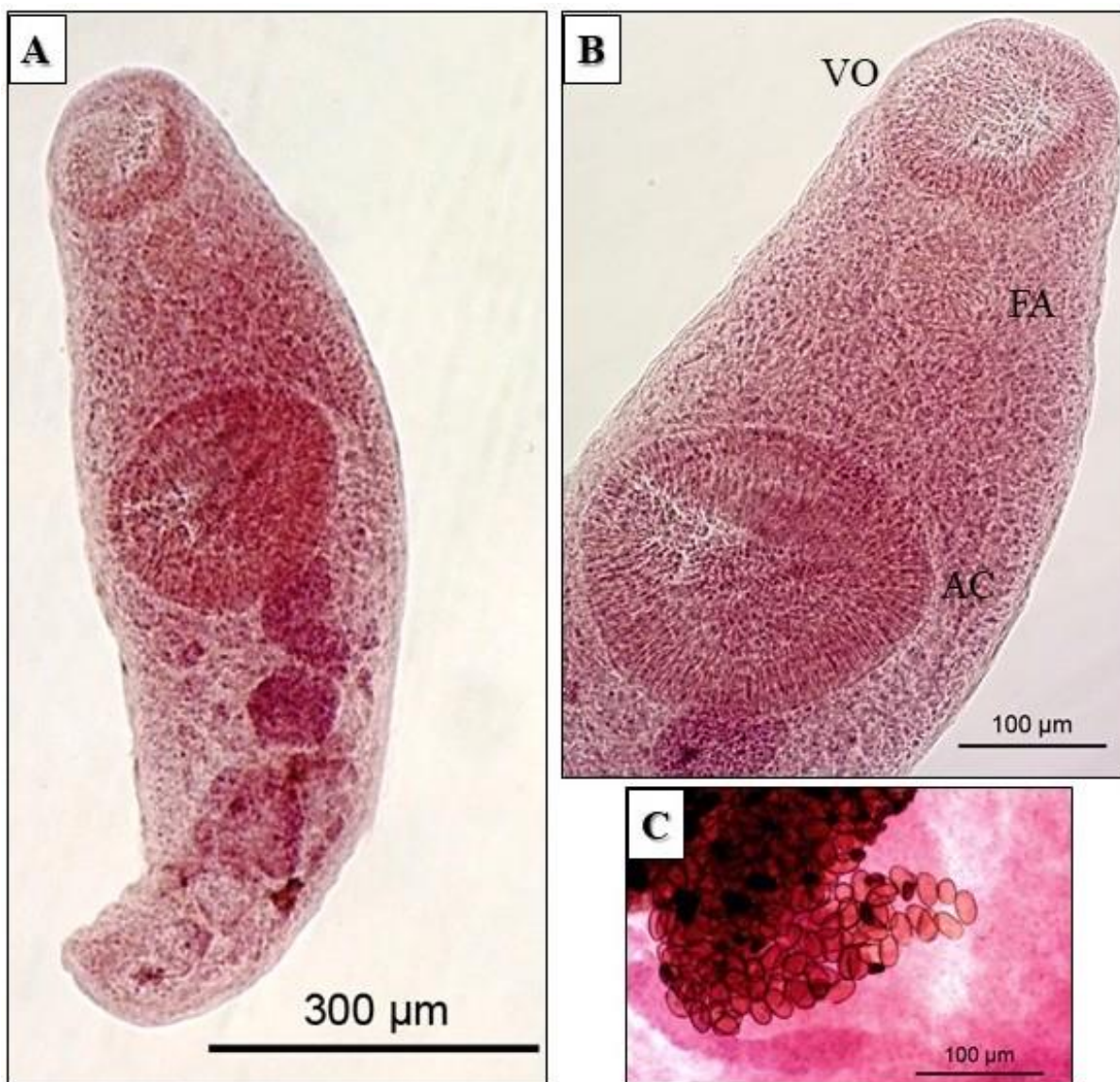


Figura 32. *Magnivitellinum corvitellinum* (Digenea, Macroderoididae) parasito encontrado no intestino de *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Região anterior com destaque para a ventosa oral (VO), faringe (FA) e acetábulo (AC); C) Ovos. Coloração de Carmalúmem de Mayer e imagens em Microscopia Óptica.

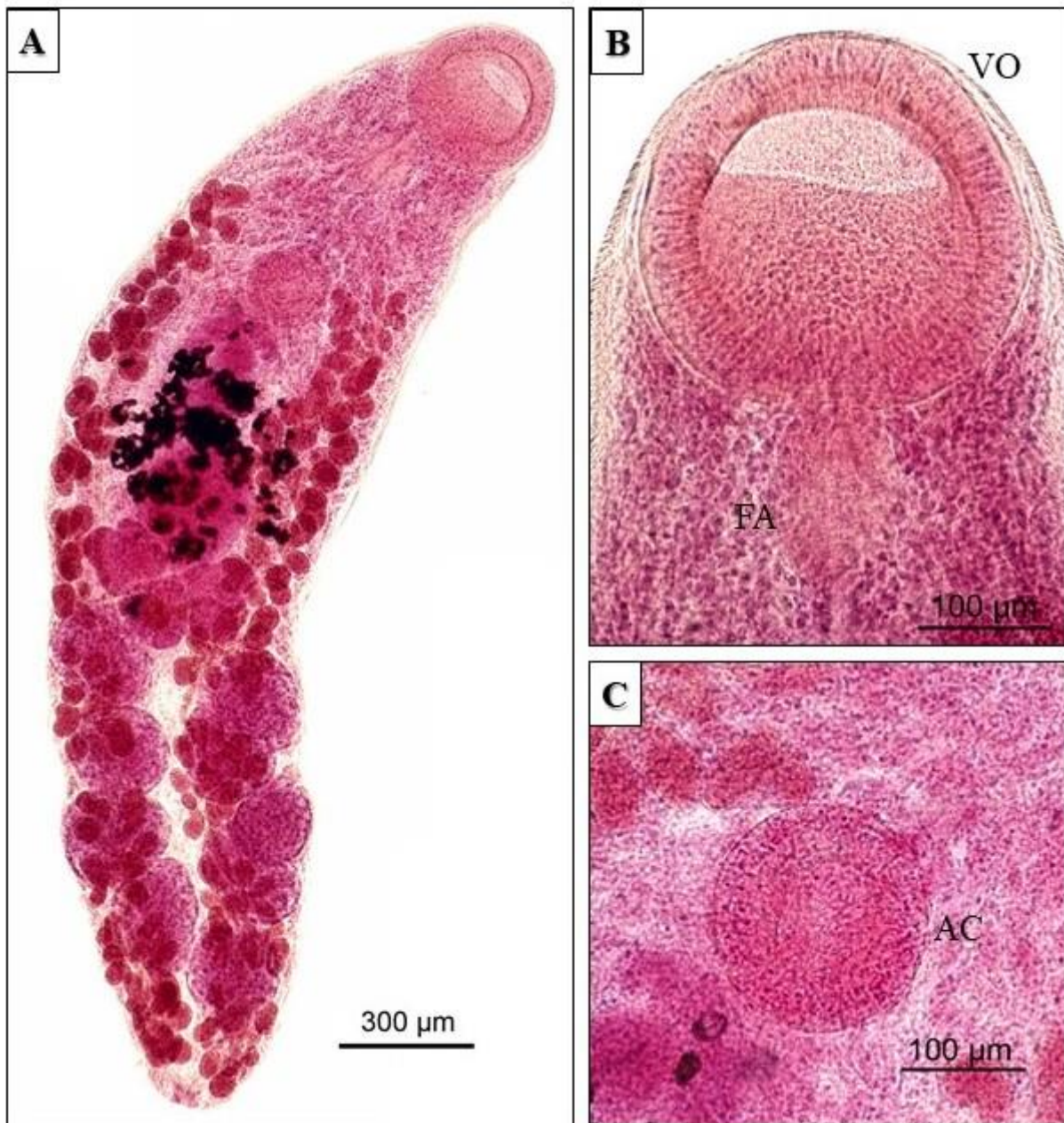


Figura 33. *Iheringtrema iheringi* (Digenea, Cryptogonimidae) parasito encontrado no intestino de *Pseudopimelodus mangurus* (Siluriformes, Pseudopimelodidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral do parasito; B) Região anterior com destaque para a ventosa oral (VO) e faringe (FA); C) Acetábulo (AC). Coloração de Carmalúmem de Mayer e imagens em Microscopia Óptica.

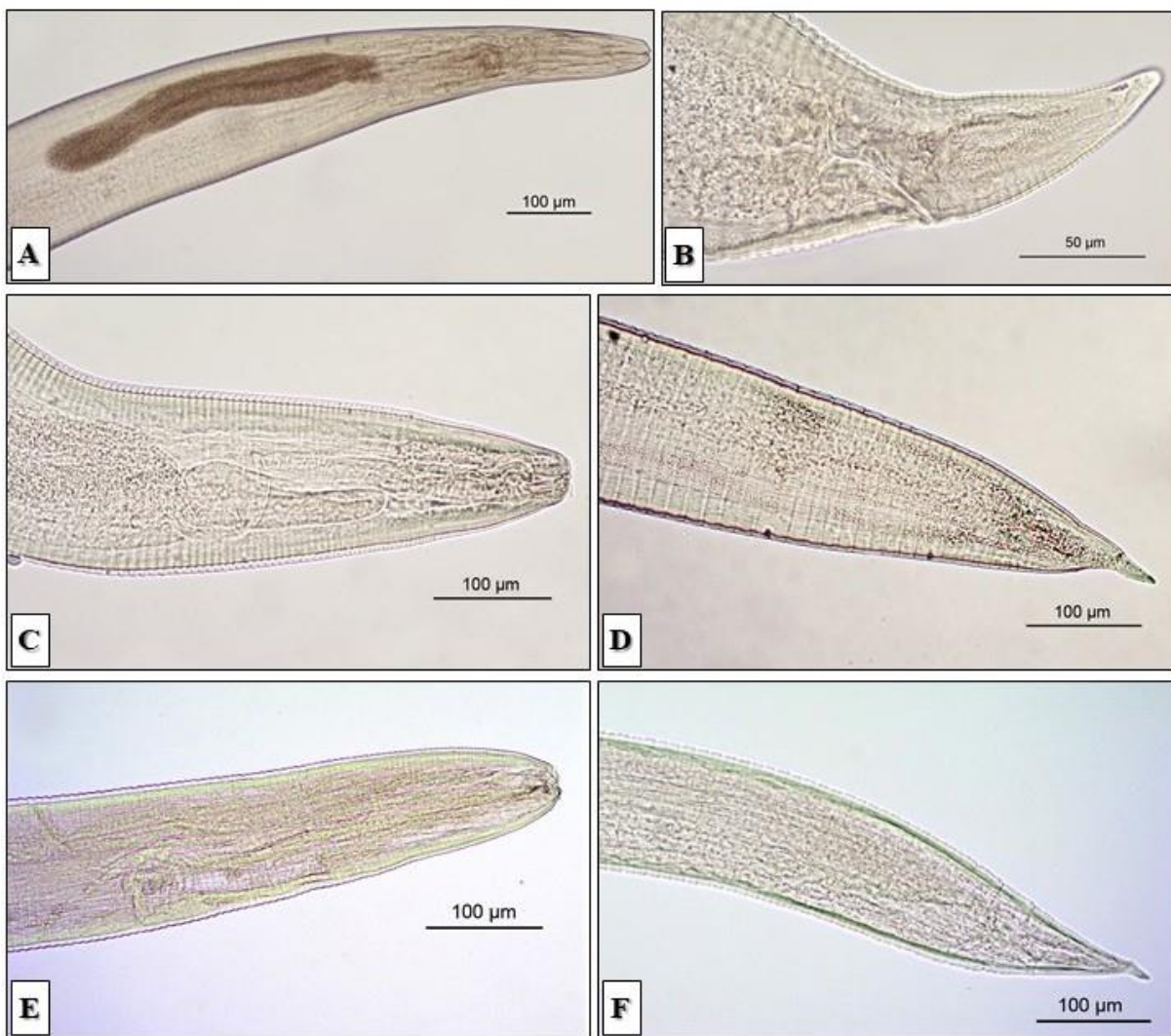


Figura 34. Larvas (L3) de *Contracaecum* sp. (Nematoda, Anisakidae), parasito encontrado no intestino de peixes Siluriformes coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) região anterior e B) região posterior de *Contracaecum* sp. coletado em *Rhamdia quelen* (Heptapteridae); C) região anterior e D) região posterior de *Contracaecum* sp. coletado em *Hoplosternum littorale* (Callichthyidae); E) região anterior e F) região posterior de *Contracaecum* sp. coletado em *Loricaria prolixa* (Loricariidae). Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

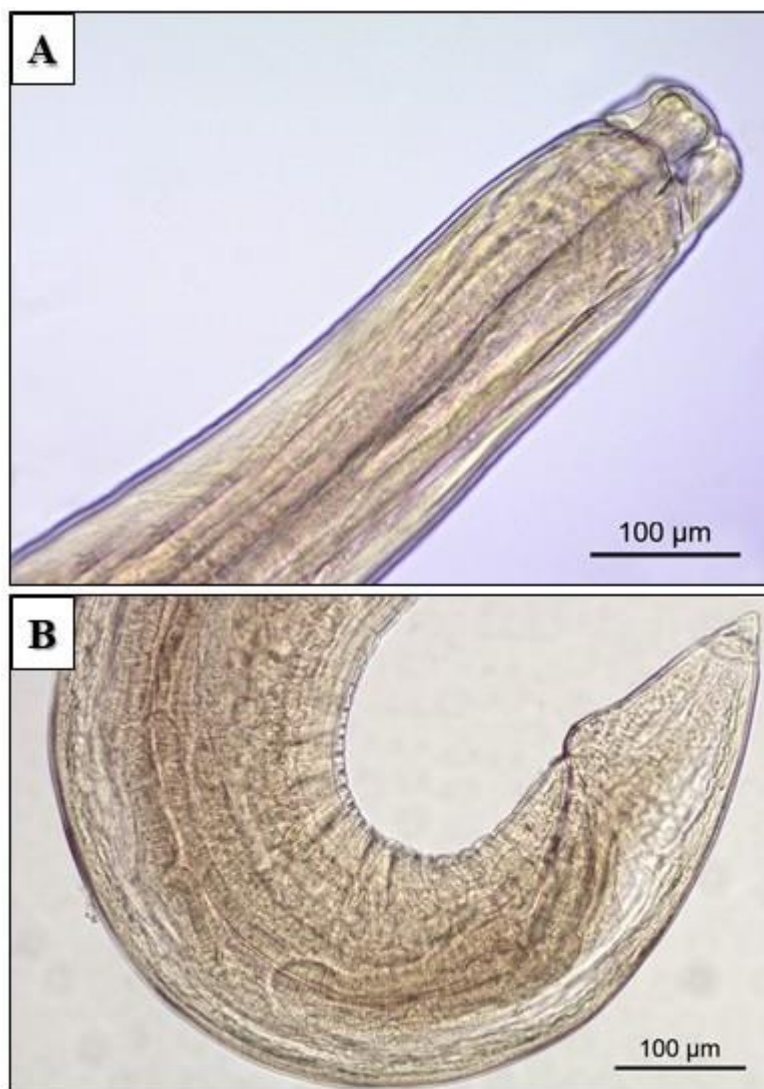


Figura 35. *Hysterothylacium rhamdiae* (Nematoda, Anisakidae), parasito encontrado no intestino de *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) coletadas no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Região anterior; B) Região posterior. Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

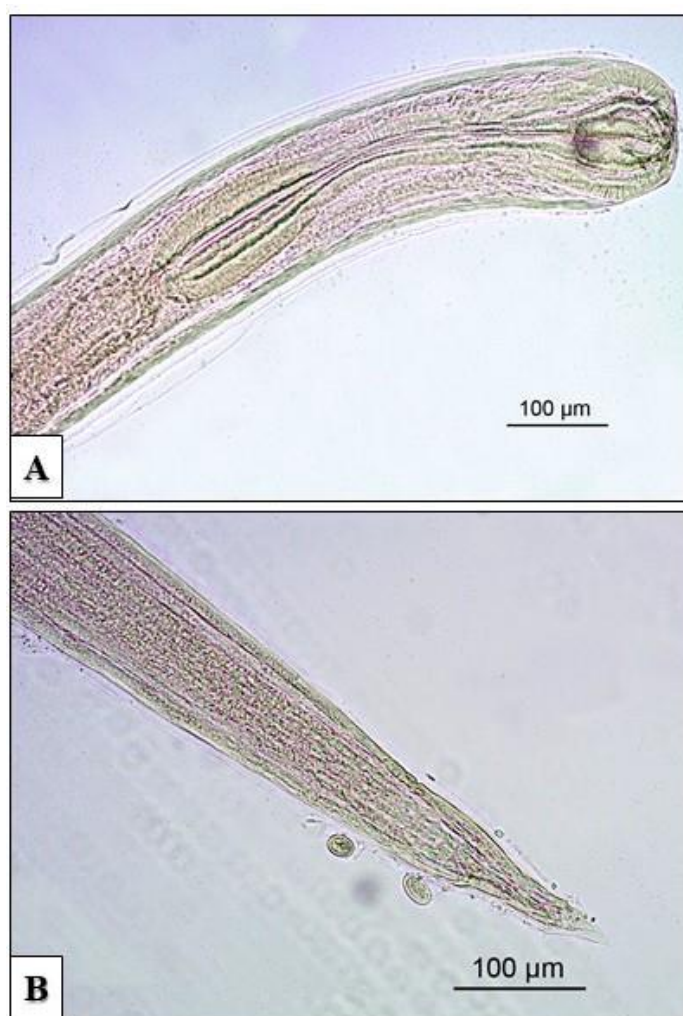


Figura 36. *Cucullanus pinnai pinnai* (Nematoda, Cucullanidae), parasito encontrado no intestino de *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) e *Loricaria prolixa* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) região anterior; B) região posterior (A e B = imagens obtidas de exemplares coletados em *L. prolixa*). Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.



Figura 37. *Brasilnema pimelodellae* (Nematoda, Pharyngodonidae), parasito encontrado no intestino de *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) coletadas no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral; B) Região anterior; C) Ovo. Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

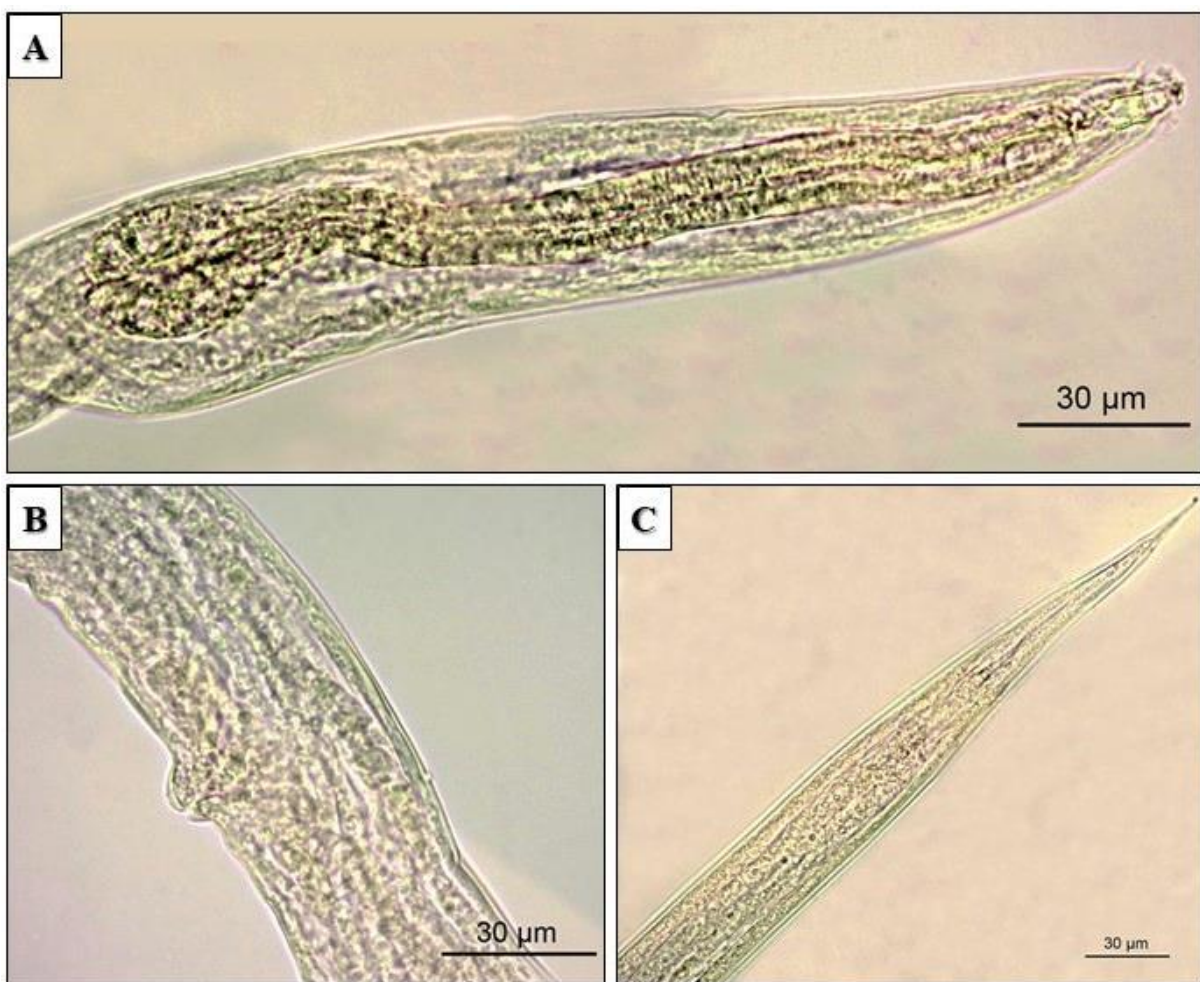


Figura 38. *Ichthyouris* sp. (Nematoda, Pharyngodonidae), parasito encontrado na superfície de *Hypostomus iheringii* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Região anterior; B) Abertura da vulva; C) Região posterior. Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

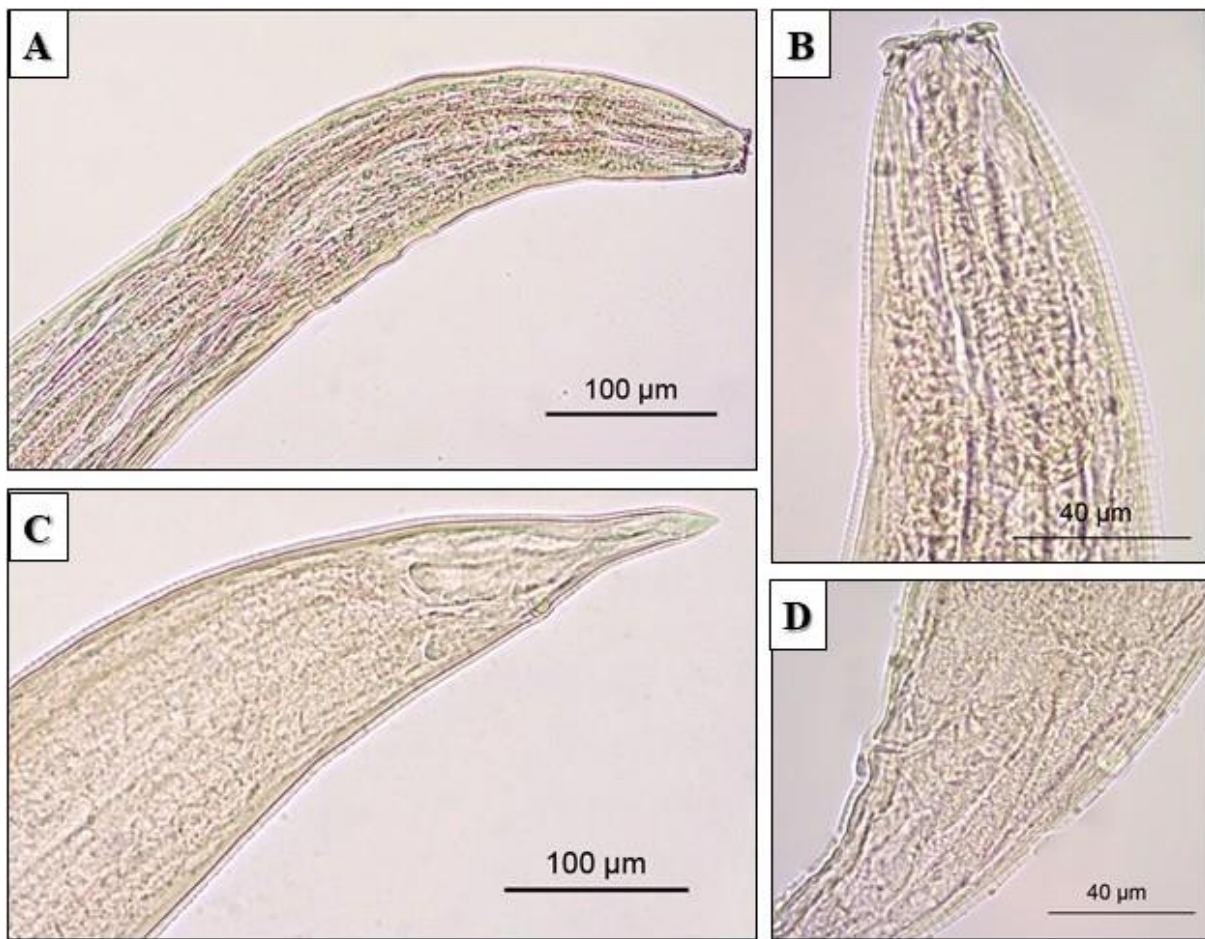


Figura 39. Larvas (L3) de *Porrocaecum* sp. (Nematoda, Ascarididae) parasito encontrado no intestino de *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Região anterior; B) Região anterior com destaque para as estruturas bucais; C) Região posterior; D) Abertura do ânus. Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

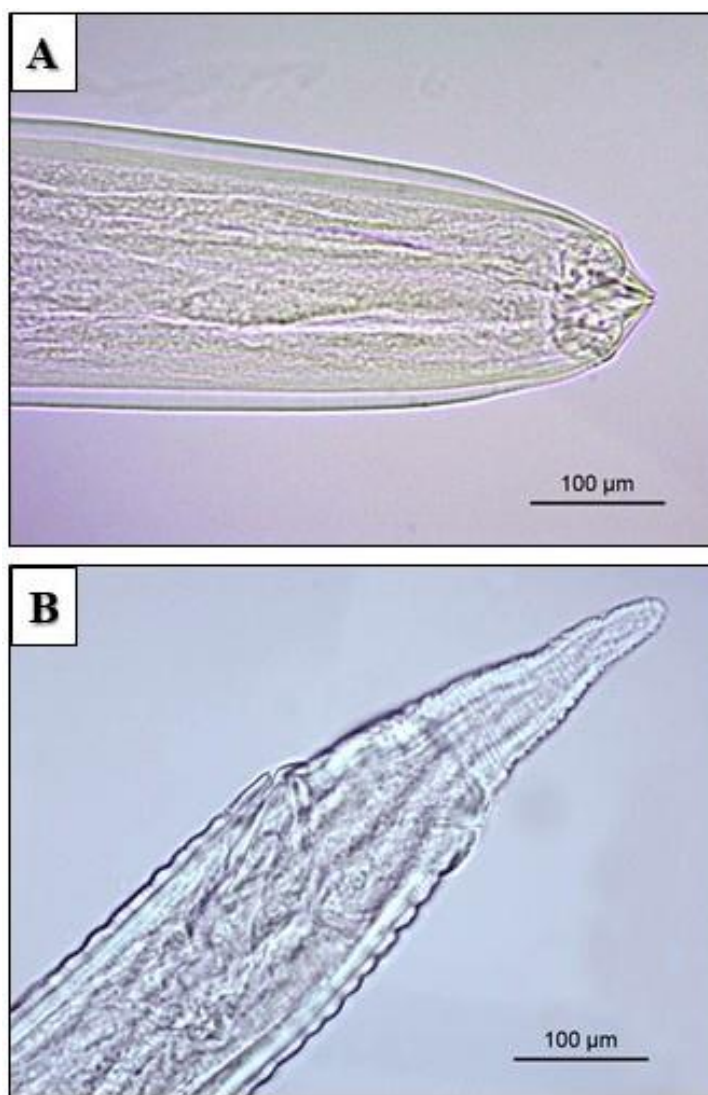


Figura 40. Larva de *Spiroxys* sp. (Nematoda, Gnathostomatidae), parasito encontrado no intestino de *Hypostomus ancistroides* (Siluriformes, Loricariidae) e *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Região anterior; B) Região posterior (A e B = imagens obtidas de exemplares coletados em *H. littorale*). Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

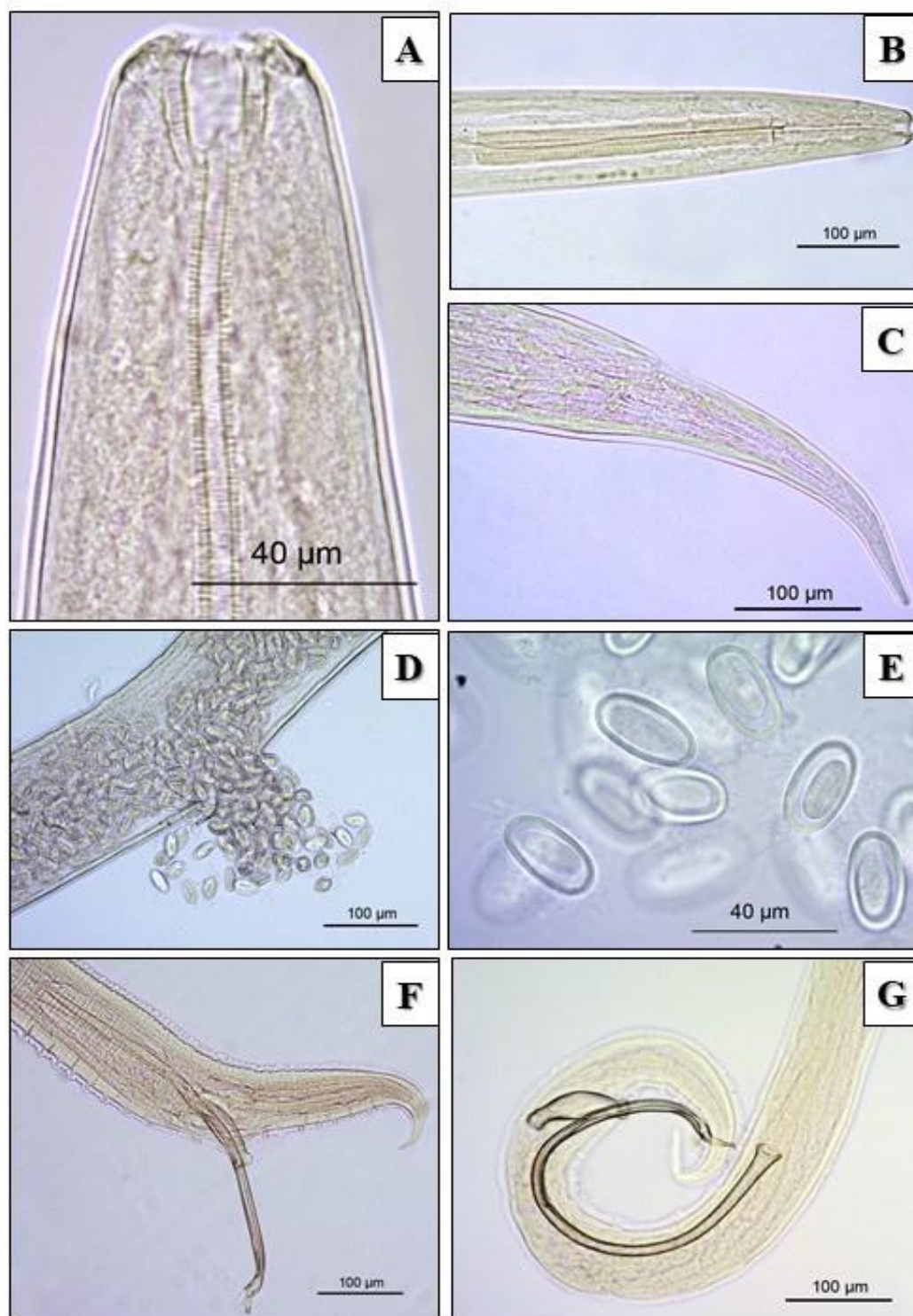


Figura 41. *Rhabdochona kidderi* (Nematoda, Rhabdochonidae), parasito encontrado no intestino de *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae* (Siluriformes, Loricariidae) e *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) e B) Região anterior; C) Região posterior; D) Liberação dos ovos; E) Ovos; F) Espículo do macho evertido; G) Espículo retido (A – G = imagens obtidas de exemplares coletados em *L. prolixa*). Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

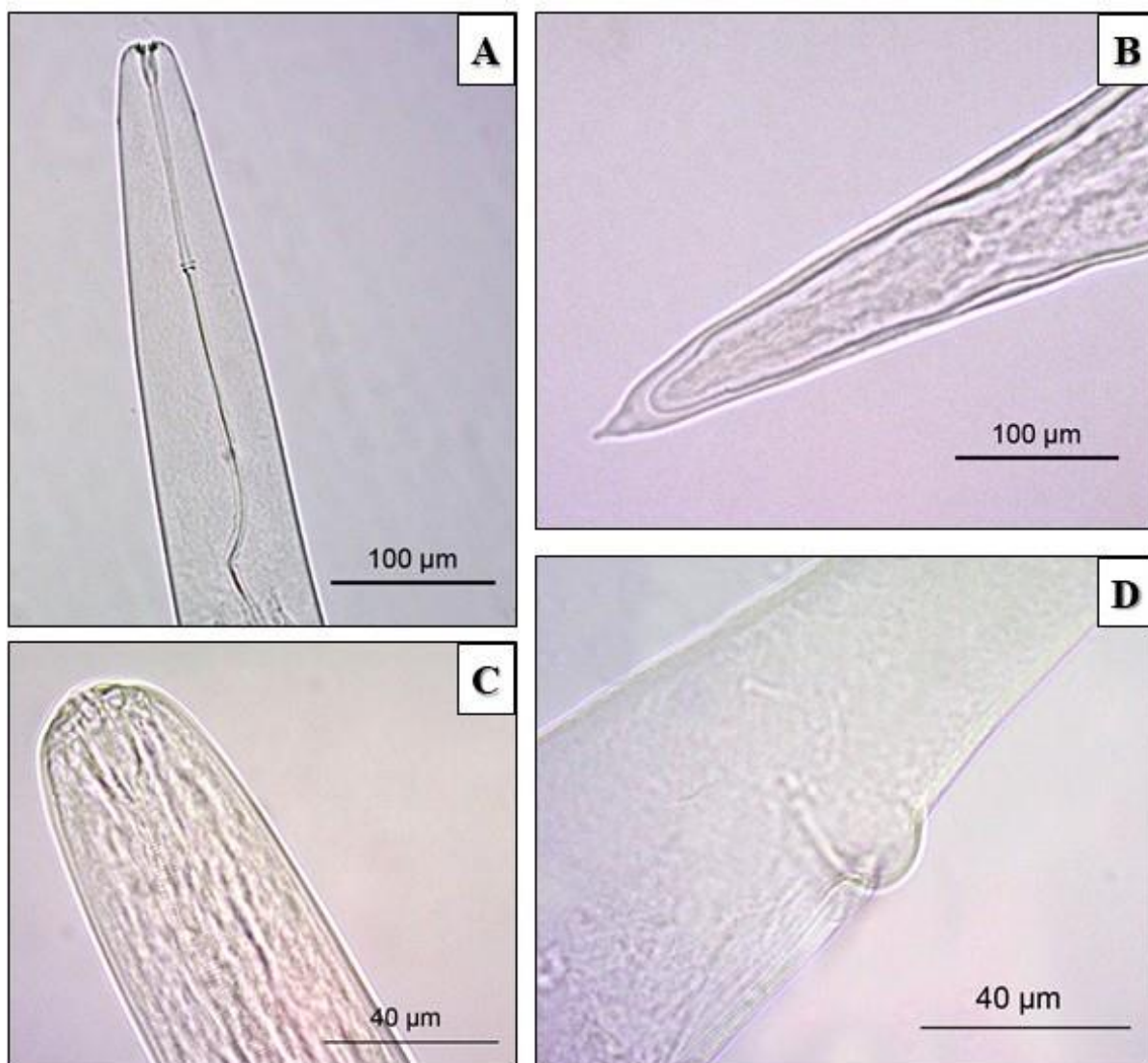


Figura 42. *Rhabdochona* sp. (Nematoda, Rhabdochonidae), parasito encontrado na superfície corporal (devido à migração após a morte do hospedeiro) e intestino de *Hypostomus regani*, *H. iheringii* e *Loricaria prolixa* (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Região anterior; B) Região posterior; C) Região anterior com destaque para a cápsula bucal; D) abertura da vulva (A, B e D = imagens obtidas de exemplares coletados em *L. prolixa*, C = imagem obtida de exemplar coletado em *H. iheringii*). Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

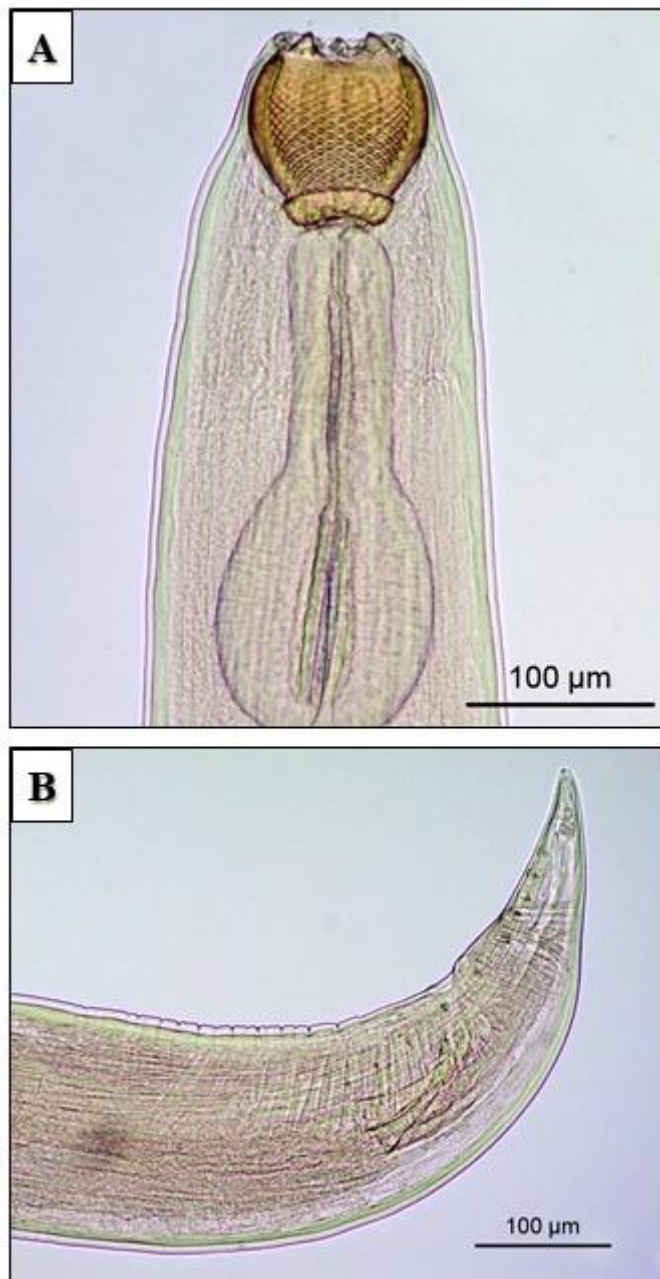


Figura 43. *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* (Nematoda, Camallanidae), parasito encontrado no intestino de *Loricaria prolixa* (Siluriformes, Loricariidae) coletadas no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Região anterior; B) Região posterior com espículos. Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

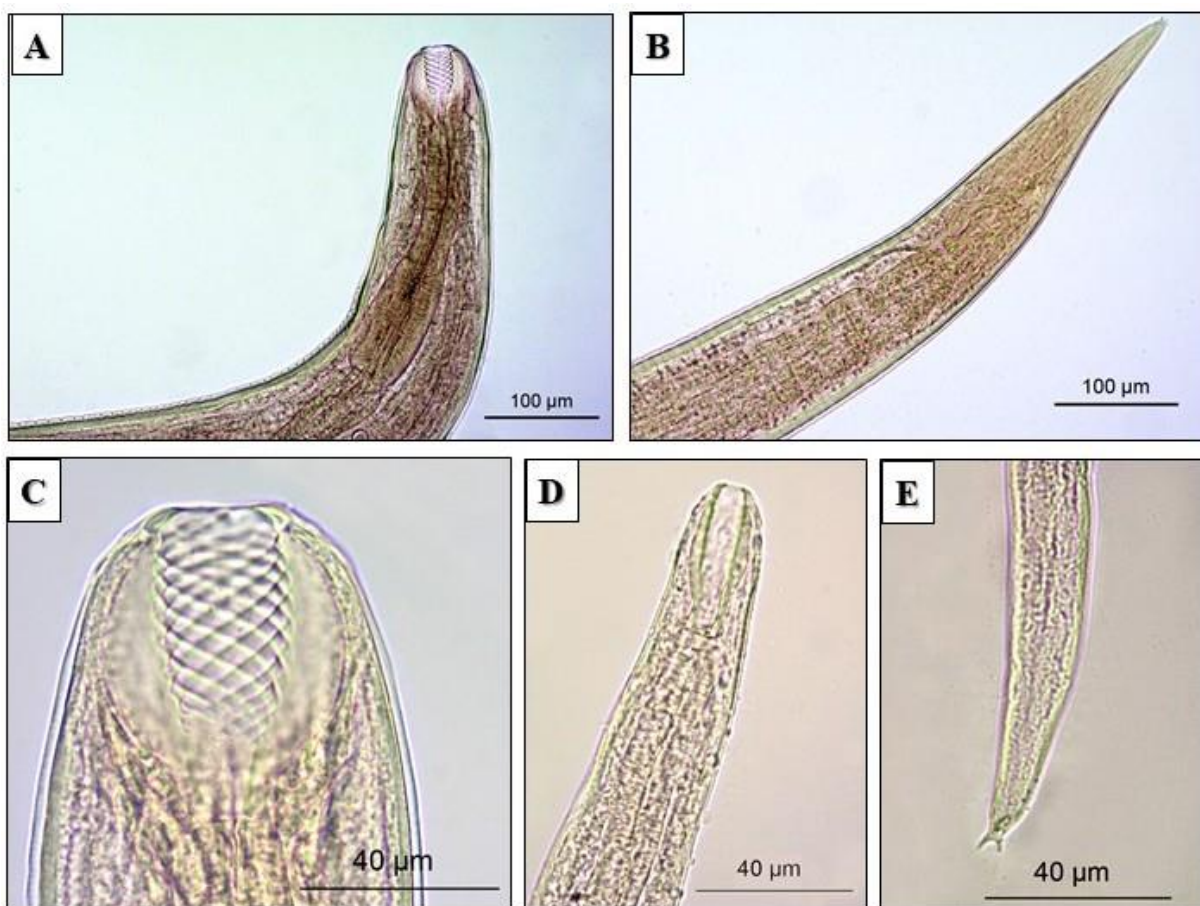


Figura 44. *Procamlanus* (*Spirocamallanus*) *rebecae* (Nematoda, Camallanidae), parasito encontrado no intestino de *Loricaria prolixa* (Siluriformes, Loricariidae) e *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae) coletadas no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Região anterior; B) Região posterior; C) Cápsula bucal; D) Região anterior da larva; E) Região posterior da larva (A, B e C = imagens obtidas de exemplares coletados em *L. prolixa*, D e E = imagens obtidas de exemplares coletados em *R. quelen*). Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

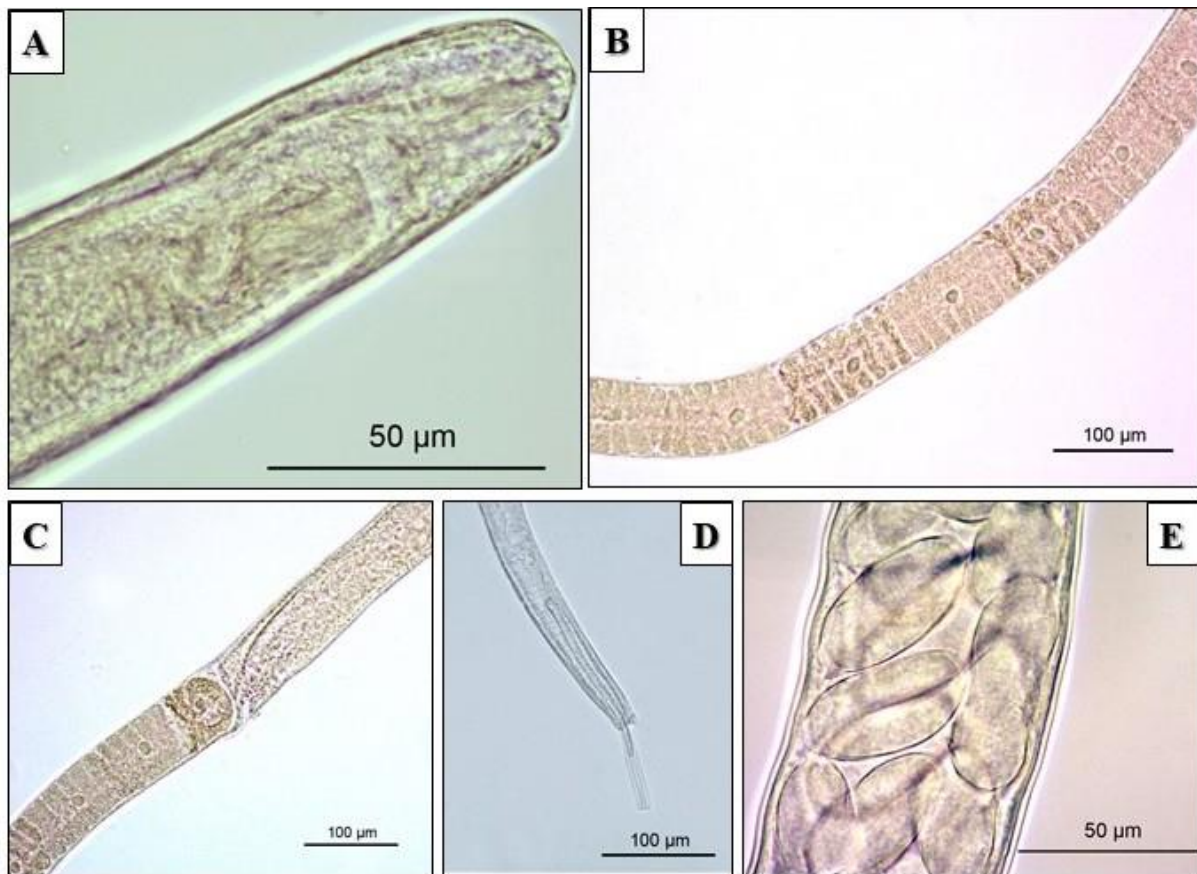


Figura 45. *Pseudocapillaria* sp.1 (Nematoda, Capillariidae), parasito encontrado no intestino, superfície e brânquias de *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus* (Siluriformes, Loricariidae) e *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Região anterior; B) Esticossomas; C) Esticossomas e abertura da vulva; D) Região posterior do macho; E) Ovos (A = imagem obtida de exemplar coletado em *H. hermanni*, B e C = imagens obtidas de exemplares coletados em *H. albopunctatus*, D e E = imagens obtidas de exemplares coletados em *H. littorale*). Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

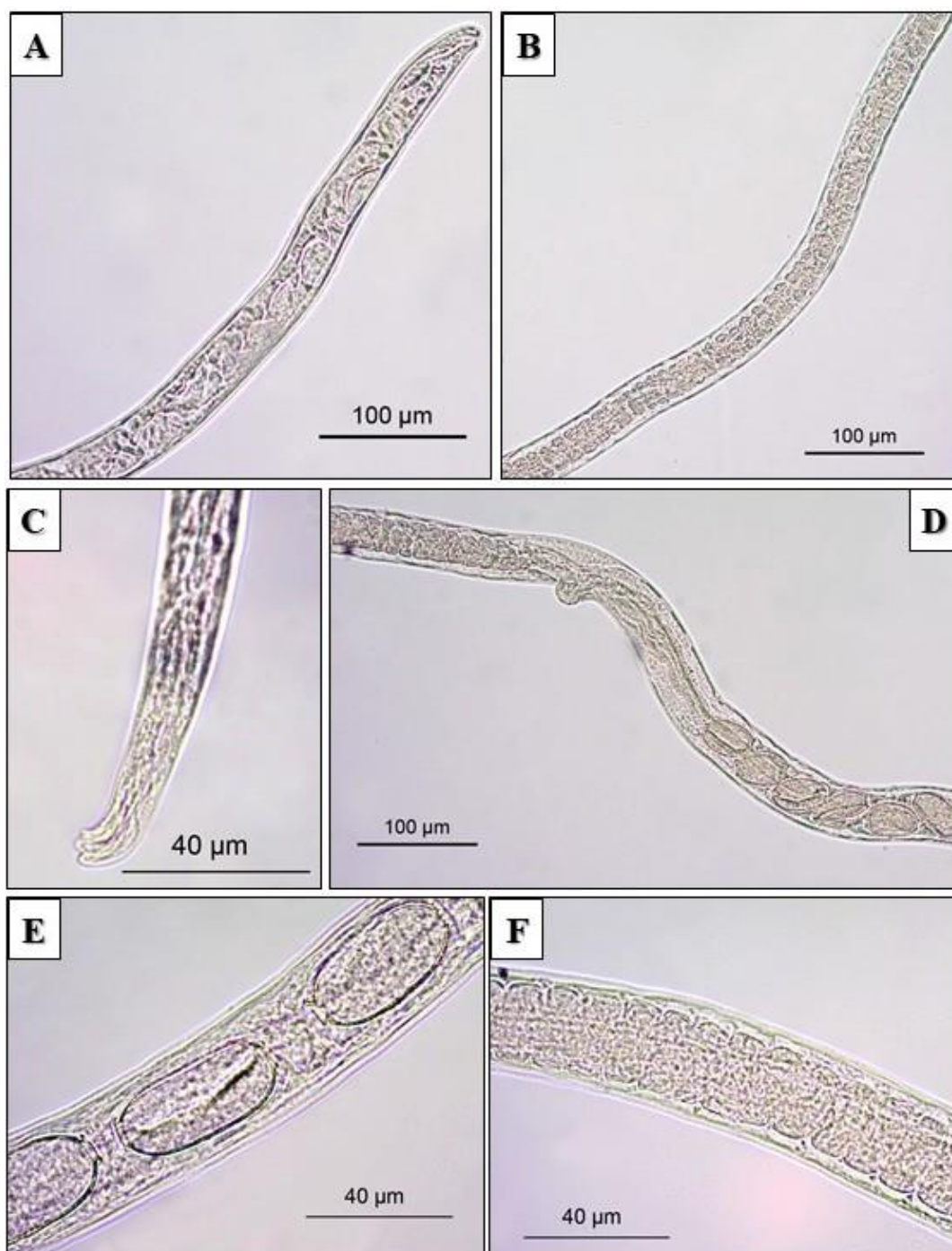


Figura 46. *Pseudocapillaria* sp.2 (Nematoda, Capillariidae), parasito encontrado no intestino de *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Região anterior; B) e F) Esticossomas; C) Região posterior do macho; D) Esticossomas, abertura da vulva e ovos; E) Ovos. Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

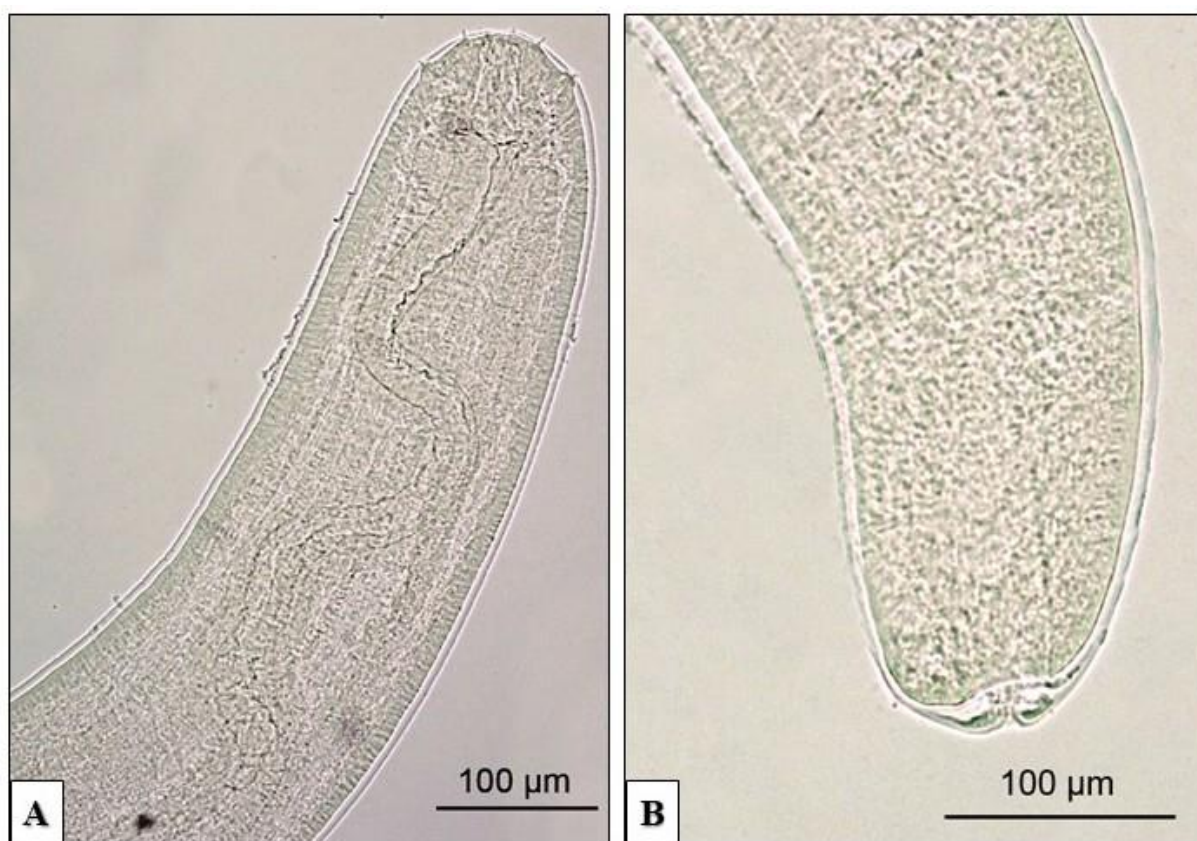


Figura 47. Larva de *Diectophyma renale* (Nematoda, Diectophymatidae), parasito encontrado no intestino *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletadas no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Região anterior; B) Região posterior. Clarificação em lactofenol e imagens em Microscopia Óptica.

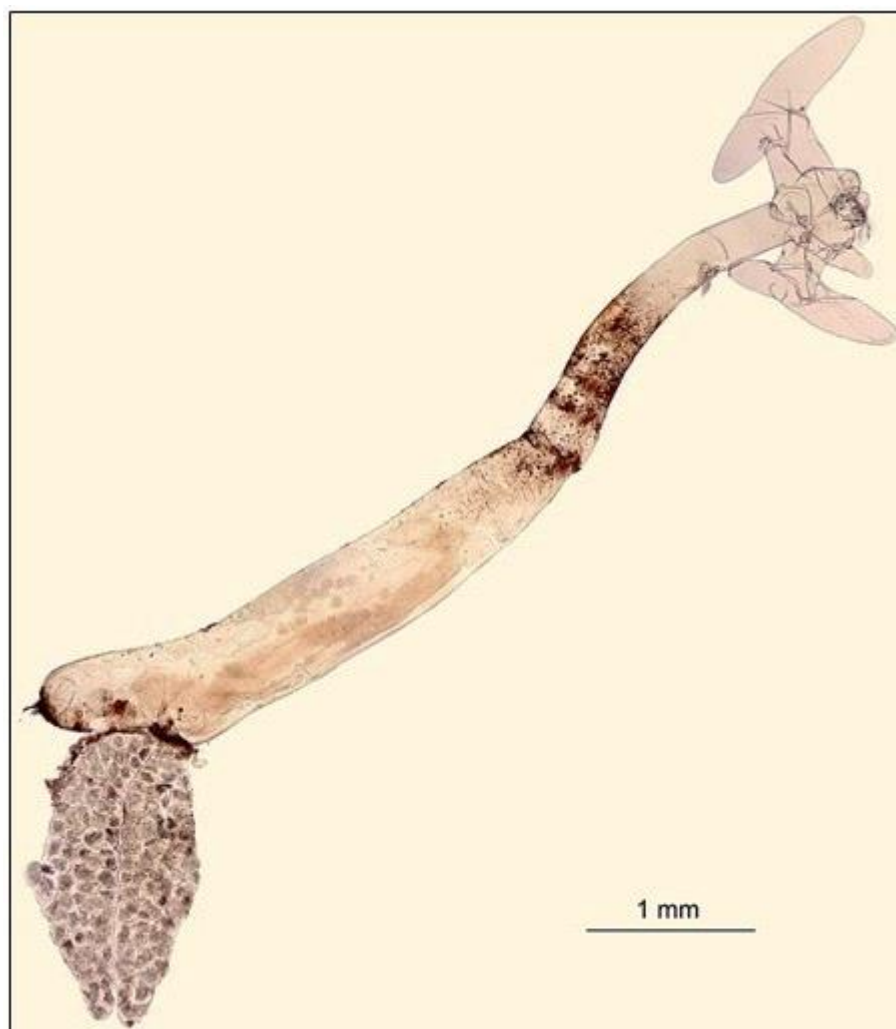


Figura 48. *Lernaea cyprinacea* (Copepoda, Lernaeidae), parasito encontrado na superfície de *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. Montagem em ácido láctico e imagem em Microscopia Óptica.

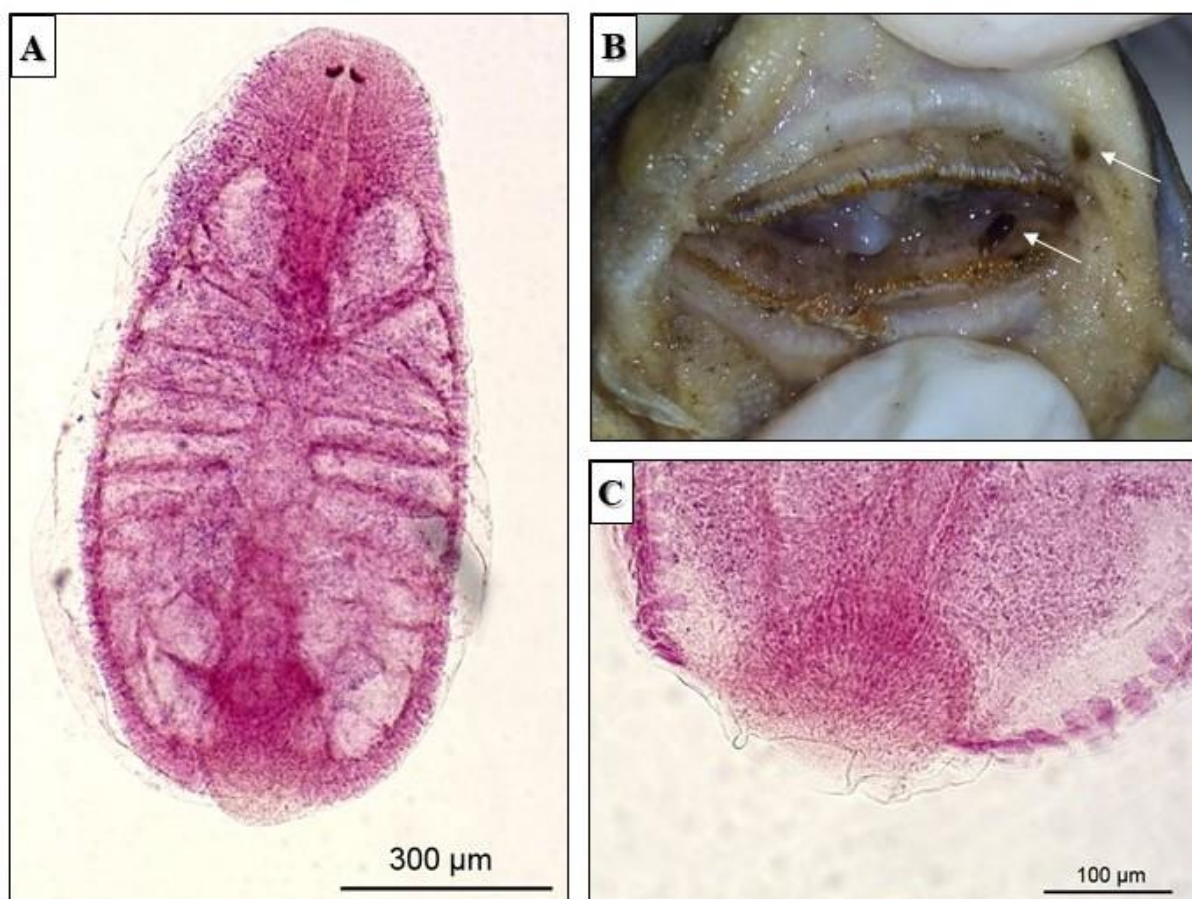


Figura 49. *Oligobdella* sp. (Hirudinea, Glossiphoniidae), parasito encontrado na superfície e brânquias de *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae* (Siluriformes, Loricariidae), *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae), *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) e *Pseudopimelodus mangurus* (Siluriformes, Pseudopimelodidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral; B) *Hypostomus regani* com *Oligobdella* sp. na cavidade bucal; C) Região posterior com a ventosa (A = imagem obtida de exemplar coletado em *H. hermanni*, C = imagem obtida de exemplar coletado em *H. strigaticeps*). Coloração de Carmalúmeme de Mayer e imagens em Microscopia Óptica.

Quadro 1. Lista de espécies de peixes da ordem Siluriformes coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, São Paulo, Brasil, e seus respectivos parasitos encontrados no presente estudo.

HOSPEDEIROS	PARASITOS		
Família Loricariidae			
Hypostomus regani	KINETOPLASTEA	Trypanosomatidae	Trypanosoma sp.
	MONOGENEA	Dactylogyridae	Trinigyryus sp.
			Unilatus unilatus
			Unilatus anoculus
		Gyrodactylidae	Phanerothecioides agostinhoi
			Gyrodactylidae gen. sp.
			Gyrodactylidae n. gen 2 n. sp.
			Phanerothecium spinatoides
			Phanerothecium spinulatum
			Phanerothecium spinatus
			Phanerothecium caballeroi
		Phanerothecium deiropedeum	
	DIGENEA	Diplostomidae	Austrodiplostomum compactum
			Austrodiplostomum mordax
			Diplostomidae n. gen. 1 n. sp.
		Bucephalidae	Bucephalidae gen. sp.
	NEMATODA	Rhabdochonidae	Rhabdochona sp.

		Capillariidae	<i>Pseudocapillaria</i> sp.1
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.
<i>Hypostomus strigaticeps</i>	KINETOPLASTEA	Trypanosomatidae	<i>Trypanosoma</i> sp.
	MONOGENEA	Dactylogyridae	<i>Trinigyryus</i> sp.
			<i>Unilatus unilatus</i>
			<i>Telethecium</i> sp.
		Gyrodactylidae	<i>Phanerothecioides agostinhoi</i>
			Gyrodactylidae gen.sp.
			Gyrodactylidae gen. n. 2 sp. n.
			<i>Phanerothecium spinatoides</i>
			<i>Phanerothecium spinulatum</i>
			<i>Phanerothecium spinatus</i>
			<i>Phanerothecium deiropedeum</i>
			<i>Phanerothecium harrisi</i>
	DIGENEA	Diplostomidae	<i>Austrodiplostomum compactum</i>
			Diplostomidae gen. sp.
	NEMATODA	Capillariidae	<i>Pseudocapillaria</i> sp.1
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.
<i>Hypostomus hermanni</i>	KINETOPLASTEA	Trypanosomatidae	<i>Trypanosoma</i> sp.
	MONOGENEA	Dactylogyridae	<i>Trinigyryus</i> sp.
			<i>Unilatus unilatus</i>
			<i>Unilatus anoculus</i>
		Gyrodactylidae	<i>Phanerothecioides</i>

			<i>agostinhoi</i>
			Gyrodactylidae gen.sp.
			<i>Phanerothecium spinatoides</i>
			<i>Phanerothecium spinulatum</i>
			<i>Phanerothecium spinatus</i>
			<i>Phanerothecium deiropedeum</i>
	DIGENEA	Diplostomidae	<i>Austrodiplostomum compactum</i>
			<i>Tylodelphys</i> sp.
			Diplostomidae gen. sp.
		Bucephalidae	Bucephalidae gen. sp.
	NEMATODA	Capillariidae	<i>Pseudocapillaria</i> sp.1
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.
<i>Hypostomus iheringii</i>	KINETOPLASTEA	Trypanosomatidae	<i>Trypanosoma</i> sp.
	MONOGENEA	Dactylogyridae	<i>Trinigyryus</i> sp.
			<i>Unilatus unilatus</i>
		Gyrodactylidae	<i>Phanerothecioides agostinhoi</i>
			Gyrodactylidae gen.sp.
			<i>Phanerothecium spinatoides</i>
			<i>Phanerothecium spinulatum</i>
			<i>Phanerothecium spinatus</i>
			<i>Phanerothecium deiropedeum</i>
	DIGENEA	Diplostomidae	<i>Austrodiplostomum</i>

			<i>compactum</i>
			Diplostomidae gen. sp.
		Bucephalidae	Bucephalidae gen. sp.
	NEMATODA	Capillariidae	<i>Pseudocapillaria</i> sp.1
		Rhabdochonidae	<i>Rhabdochona</i> sp.
		Pharyngodonidae	<i>Ichthyouris</i> sp.
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.
<i>Hypostomus ancistroides</i>	KINETOPLASTEA	Trypanosomatidae	<i>Trypanosoma</i> sp.
	MYXOZOA	Myxobolidae	<i>Myxobolus</i> sp.
	MONOGENEA	Dactylogyridae	<i>Trinigyryus</i> sp.
			<i>Unilatus unilatus</i>
			<i>Unilatus anoculus</i>
		Gyrodactylidae	<i>Phanerothecioides agostinhoi</i>
			Gyrodactylidae gen. sp.
			<i>Phanerothecium spinatus</i>
			<i>Phanerothecium</i> sp.
	DIGENEA	Diplostomidae	<i>Austrodiplostomum compactum</i>
			Diplostomidae gen. sp.
		Bucephalidae	Bucephalidae gen. sp.
	NEMATODA	Capillariidae	<i>Pseudocapillaria</i> sp.1
		Gnathostomatidae	<i>Spiroxys</i> sp.
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.
<i>Hypostomus albopunctatus</i>	MONOGENEA	Dactylogyridae	<i>Trinigyryus</i> sp.
		Gyrodactylidae	<i>Phanerothecioides agostinhoi</i>
	DIGENEA	Diplostomidae	<i>Austrodiplostomum</i>

			<i>compactum</i>
			Diplostomidae gen. sp.
	NEMATODA	Capillariidae	<i>Pseudocapillaria</i> sp.1
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.
<i>Hypostomus paulinus</i>	DIGENEA	Diplostomidae	Diplostomidae gen. sp.
		Bucephalidae	Bucephalidae gen. sp.
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.
<i>Loricaria prolixa</i>	KINETOPLASTEA	Trypanosomatidae	<i>Trypanosoma</i> sp.
	MONOGENEA	Dactylogyridae	<i>Demidospermus spirophallus</i>
	DIGENEA	Diplostomidae	<i>Austrodiplostomum compactum</i>
			Diplostomidae gen. sp.
		Clinostomidae	<i>Clinostomum detruncatum</i>
		Bucephalidae	Bucephalidae gen. sp.
	NEMATODA	Rhabdochonidae	<i>Rhabdochona kidderi</i>
			<i>Rhabdochona</i> sp.
		Anisakidae	<i>Contracaecum</i> sp.
		Camallanidae	<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>
			<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rebecae</i>
		Cucullanidae	<i>Cucullanus pinnai pinnai</i>
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.

<i>Loricaria piracicabae</i>	MONOGENEA	Dactylogyridae	<i>Demidospermus spirophallus</i>
	DIGENEA	Diplostomidae	Diplostomidae gen. sp.
	NEMATODA	Rhabdochonidae	<i>Rhabdochona kidderi</i>
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.
Família Heptapteridae			
<i>Rhamdia quelen</i>	MYXOZOA	Myxobolidae	<i>Myxobolus</i> sp.
			<i>Henneguya</i> sp.
	MONOGENEA	Dactylogyridae	<i>Aphanoblastella mastigatus</i>
			<i>Tereancistrum</i> sp.
			<i>Telethecium</i> sp.
	DIGENEA	Diplostomidae	Diplostomidae gen. sp.
		Bucephalidae	Bucephalidae gen. sp.
	CESTODA	Proteocephalidae	Proteocephalidae gen. sp.
	NEMATODA	Anisakidae	<i>Contracaecum</i> sp.
		Raphidascarididae	<i>Hysterothylacium rhamdiae</i>
		Cucullanidae	<i>Cucullanus pinnai pinnai</i>
		Camallanidae	<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rebecae</i>
		Pharyngodonidae	<i>Brasilnema pimelodellae</i>
		Rhabdochonidae	<i>Rhabdochona kidderi</i> .
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.
Família Callichthyidae			
<i>Hoplosternum littorale</i>	MYXOZOA	Myxobolidae	<i>Henneguya guanduensis</i>
	MONOGENEA	Gyrodactylidae	Gyrodactylidae n. gen. 1 n. sp.

			<i>Gyrodactylus</i> sp.
	DIGENEA	Diplostomidae	<i>Austrodiplostomum compactum</i>
			<i>Austrodiplostomum mordax</i>
			Diplostomidae gen. sp.
			Diplostomidae gen. sp.1
			Diplostomidae gen. sp.2
		Macroderoididae	<i>Magnivitellinum corvitellinum</i>
		Aporocotylidae	Aporocotylidae gen. sp.
	NEMATODA	Anisakidae	<i>Contracaecum</i> sp.
		Ascarididae	<i>Porrocaecum</i> sp.
		Diectophymatidae	<i>Diectophyma renale</i>
		Gnathostomatidae	<i>Spiroxys</i> sp.
		Capillariidae	<i>Pseudocapillaria</i> sp.1
			<i>Pseudocapillaria</i> sp.2
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.
	COPEPODA	Lernaeidae	<i>Lernaea cyprinacea</i>
Família Pseudopimelodidae			
<i>Pseudopimelodus mangurus</i>	DIGENEA	Cryptogonimidae	<i>Iheringtrema iheringi</i>
	HIRUDINEA	Glossiphoniidae	<i>Oligobdella</i> sp.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo vem preencher uma das lacunas existentes acerca da biodiversidade dos organismos de água doce do interior do Estado de São Paulo. Sabe-se que estes ambientes possuem uma ictiofauna considerável, assim como todos os tributários que drenam a bacia do Alto Paraná. A alta biodiversidade ictiológica destes sistemas aquáticos, juntamente com a sensibilidade dos mesmos frente aos impactos antrópicos, torna seu estudo e preservação uma prioridade.

Estudo taxonômicos e ecológicos que envolvem a parasitofauna de peixes contribui para a obtenção de informações inerentes tanto ao hospedeiro quanto ao ambiente em que estes (peixe e parasito) estão inseridos. A presença ou ausência de certas espécies de parasitos ou alterações dos níveis de parasitismo previamente conhecidos podem estar relacionados com a dinâmica das bacias hidrológicas, mas também evidenciar modificações em sua integridade ambiental devido às ações exógenas.

Foram 50 *taxa* de parasitos identificados, e quase todos registrados em pranchas de imagens. A maioria dos parasitos encontrados é registrada pela primeira vez, tanto para a bacia do rio Batalha, quanto para o Estado de São Paulo e para o Brasil, além de trazerem novos registros de hospedeiros. Muitos são também gêneros e espécies novas (em fase de descrição), salientando a importância deste tipo de trabalho para a robustez de inventários faunísticos e estratégias de conservação locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLAH, V. D. et al. Two new species of *Henneguya* Thélohan, 1892 (Myxozoa, Myxobolidae), parasitic on the gills of *Hoplosternum littorale* (Callichthyidae) and *Cyphocharax gilbert* (Curimatidae) from the Guandu River, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Parasitologia Latinoamericana*, v. 62, p. 35 – 41. 2007.
- ACOSTA, A. A. et al. Morphological and molecular characterization of *Clinostomum detruncatum* (Trematoda: Clinostomidae) metacercariae infecting *Synbranchus marmoratus*. *Journal of Parasitology*, v.102, n. 1, p. 151–156, 2016.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Maringá: Eduem, 2007.

- ALBERT, J. S.; REIS, R. E. Introduction of Neotropical Freshwater. In: ALBERT, J. S., REIS, R. E. *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes*. 1. ed. California: University of California Press, 2011.
- ALEXANDER, R. M. Structure and functions in the catfishes. *Journal of Zoology*, v. 148, p. 88-152, 1965.
- AMATO, J. F. R; BOEGER, W. A.; AMATO, S. B. *Protocolos para laboratório, coleta e processamento de parasitos do pescado*. Rio de Janeiro: Imprensa Universitária, 1991.
- ANDRADE-SALAS, O.; PINEDA-LÓPEZ, R. F.; GARCIA-MAGANA, L. *Spirocamallanus rebecae* sp. n. (Nematoda: Camallanidae) from freshwater fishes in south-eastern Mexico. *Folia Parasitologica*, v. 41, p. 259-270, 1994.
- AZEVEDO, R. K.; ABDALLAH, V. D.; LUQUE, J. L. Acanthocephala, Annelida, Arthropoda, Myxozoa, Nematoda and Platyhelminthes parasites of fishes from the Guandu river, Rio de Janeiro, Brazil. *Check list*, v.6, p. 659-667, 2010.
- BAKER, M. R. Synopsis of the nematoda parasitic in amphibians and reptiles. *Occasional papers in biology*, v. 11, p.1–325, 1987.
- BARROS, L. A. et al. Efeitos de infecções experimentais em coelhos com larvas de *Eustrongylides ignotus* Jäegerkiold, 1909 e *Contracaecum multipapillatum* (Drasche, 1882) Baylis, 1920. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 56, p. 325-332, 2004.
- BEAVER, P. C.; KHAMBOONRUANG. C. Dioctophyma-like larval nematode in a subcutaneous nodule from man in Northern Thailand. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 33, p. 1032-1034, 1984.
- BEAVER. P.C.; THEIS, J. H. Diocytophymatid larval nematode in a subcutaneous nodule from man in California. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 28, p. 206-212, 1979.
- BELLÓ, A. R. R. et al. Lipid peroxidation induced by *Clinostomum detrunctum* in muscle of the freshwater fish *Rhamdia quelen*. *Disease of Aquatic Organisms*, v. 42, p. 233–236, 2000.
- BLASCO-COSTA, I.; POULIN, R.; PRESSWELL, B. Morphological description and molecular analyses of *Tylodelphys* sp. (Trematoda: Diplostomidae) newly recorded from the freshwater fish *Gobiomorphus cotidianus* (common bully) in New Zealand. *Journal of Helminthology*, v. 91, n. 03, p. 332–345, 2016.
- BOEGER, W. A.; KRITSKY, D. C.; BELMONT-JEGU, E. Neotropical Monogenoidea. 20. Two new species of oviparous Gyrodactylidea (Polyonchoinea) from loricariid catfishes

- (Siluriformes) in Brazil and the phylogenetic status of Ooegyrodactylidae. *Journal of Helminthology*, v. 61, p. 34-44, 1994.
- BOEGER, W. A.; TANAKA, L. K.; PAVANELLI, G. C. Neotropical Monogenoidea. 39. A new species of *Kritskyia* (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae) from the ureters and urinary bladder of *Serrasalmus marginatus* and *S. spilopleura* (Characiformes, Serrasalminidae) from Southern Brazil with an emended generic diagnosis. *Zoosystema*, v. 23, p. 5-10, 2001.
- BROOKS, D. R.; HOBERG, E. P. Triage for the biosphere: the need and rationale for taxonomic inventories and phylogenetic studies of parasites. *Comparative Parasitology*, v. 67, n. 1, p. 1-25, 2000.
- CARVALHO, A. R.; TAVARES, L. E. R.; LUQUE, J. L. A new species of *Aphanoblastella* (Monogenea: Dactylogyridae) parasitic on *Rhamdia quelen* (Siluriformes: Heptapteridae) from Southeastern Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, v. 31, n. 3, p. 323-325, 2009.
- COHEN, S. C.; JUSTO, M. C.; KOHN, A. *South American Monogenoidea parasites of fishes, amphibians and reptiles*. Rio de Janeiro: Oficina de livros, 2013.
- COSTA, J. R. V. et al. Tripanossomos de peixes brasileiros. XXIII. *Trypanosoma lamanoi* sp. n. encontrado no cascudo *Hypostomus ancistroides* Hering 1911 (Pisces, Loricariidae), capturado no açude Fartura, município de São Sebastião da Gramma, Estado de São Paulo, Brasil. *Anais IX Jornada Paulista de Parasitologia*, v. 1, p. 18-20, 1992.
- COVAIN, R.; FISCH-MULLER, S. The genera of the Neotropical armored catfish subfamily Loricariinae (Siluriformes: Loricariidae): a practical key and synopsis. *Zootaxa*, v. 1462, p. 1-40, 2007.
- DIAS, K. G. A. et al. Diversity of monogeneans parasites from Characiformes fishes in the Batalha River and Peixe's River, State of São Paulo, Brazil. *Neotropical Helminthology*, v. 11, n. 2, p. 317 – 330, 2017.
- DRAGO, F. B.; LUNASCHI, L. I. Description of a new species of *Tylodelphys* (Digenea, Diplostomidae) in the wood stork, *Mycteria americana* (Aves, Ciconiidae) from Argentina. *Acta Parasitologica*, v. 53, p. 263-267, 2008.
- DUBOIS, G. Les fondements de la taxonomie des *Strigeata* La Rue (Trematoda: Strigeida). *Revue Suisse de Zoologie*, v. 77, p. 663-685, 1970a.
- DUBOIS, G. Synopsis des Strigeidae et des Diplostomatidae (Trematoda). *Mémoires de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, v. 10, p. 259-727, 1970b.

- DUBOIS, G. Synopsis des Strigeidae et des Diplostomidae (Trematoda). *Mémoires de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, v. 10, p. 1-258, 1968.
- EIRAS, J. C. et al. Checklist of Protozoan parasites of fishes from Brazil. *Zootaxa*, v. 3221, p. 1-25, 2012.
- EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. *Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil*. Maringá: Clichetec, 2010.
- EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. Maringá: Eduem, 2006.
- ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. Catalog of fishes. Species by Family/Subfamily. Disponível em: <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>>. Acesso em: 10/11/2017.
- FELIZARDO, N. N. et al. Larval anisakid nematodes of the flounder *Paralichthys isosceles* Jordan, 1890 (Pisces: Teleostei) from Brazil. *Neotropical Helminthology*, v. 3, p. 57-64, 2009.
- FERNANDO, S. S. The giant kidney worm (*Dioctophyma renale*) infection in man in Australia. *The American Journal of Surgical Pathology*, v. 7, p. 281-284, 1983.
- FERRARI-HOEINGHAUS, A. P. et al. Host-parasite relationships of monogeneans in gills of *Astyanax altiparanae* and *Rhamdia quelen* of the São Francisco Verdadeiro River, Brazil. *Parasite*, v. 13, n. 4, p. 315–320, 2006.
- FERRARIS Jr., C. J. Subfamily Loricariinae (Armored catfishes). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR., C. J. *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Porto Alegre: Edipucrs, 2003.
- FERRARIS, C. J. Checklist of catfishes, recent and fossil (Osteichthyes: Siluriformes), and catalogue of siluriform primary types. *Zootaxa*, v. 1418, p. 1-628, 2007.
- FINK, S. V.; FINK, W. L. Interrelationships of the ostariophysan fishes (Teleostei). *Zoological Journal of the Linnean Society of London*, v. 72, p. 297-353, 1981.
- FONSECA, F.; VAZ, Z. Novos trypanosomas de peixes brasileiros. *Anais da Faculdade de Medicina de São Paulo*, v. 6, p. 69–94, 1928a.
- FORTES, E.; MATTOS, M. J. T.; RITTER, R. Ocorrência de metacercária de *Clinostomum detrunctum* Braun, 1899 na musculatura e no tegumento de peixes Cascudo *Hemiancistrus punctulatus* do Rio Forqueta, Lajeado, RS, Brasil. *A Hora Veterinária*, v. 19, p. 61–62, 2000a.

- FORTES, E. et al. *Clinostomum detruncatum* Braun 1899, in jundiá fishes (*Rhamdia quelen*) from the Forqueta River, Lajeado, RS, Brazil. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, v. 22, p. 42–43, 2000b.
- FRANCESCHINI, L. *Biodiversidade de parasitas de peixes da família Loricariidae (Teleostei: Siluriformes) procedentes do rio Sapucaí-Mirim, Brasil*. 2016. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, São Paulo.
- FRANCESCHINI, L. et al. Morphology and molecular characterization of *Demidospermus spirophallus* n. sp., *D. prolixus* n. sp. (Monogenea: Dactylogyridae) and a redescription of *D. anus* in siluriform catfish from Brazil. *Journal of Helminthology*, p. 1-16, 2017.
- GARCÍA-VARELA, M. et al. Molecular and morphological characterization of *Austrodiplostomum ostrowskiae* Dronen, 2009 (Digenea: Diplostomatidae), a parasite of cormorants in the Americas. *Journal of Helminthology*, v. 90, n. 02, p. 174–185, 2015.
- GIBSON, D. I.; JONES, A.; BRAY, R. A. *Keys to the Trematoda*. London: CABI Publishing, 2002a. v.1.
- GIBSON, D. I.; JONES, A.; BRAY, R. A. *Keys to the Trematoda*. London: CABI Publishing, 2002b. v.3.
- GRANDE, T.; YOUNG, B. The ontogeny and homology of the weberian apparatus in the zebrafish *Danio rerio* (Ostariophysi: Cypriniformes). *Zoological Journal of the Linnean Society*, v. 140, p. 241-254, 2004.
- GUPTA, N.; GUPTA, D. K. Erythropenia in piscine trypanosomiasis. *Trends in Parasitology Research*, v.1, n.1, p. 1-6, 2012.
- HAMANN, M. I. Presencia de *Cucullanus pinnai* Travassos, Artigas y Pereira (1928) en peces del río Paraná Medio, Provincia de Corrientes, Republica Argentina (Nematoda, Cucullanidae). *Historia Natural*, v. 5, n.17, p. 147-148, 1985.
- HARA, H. et al. Human laryngitis caused by *Clinostomum complanatum*. *Nagoya Journal of Medical Science*, v. 76, p. 181–185, 2014.
- HARRIS, P. D. The morphology and life-cycle of the oviparous *Oögyrodactylus farlowellae* gen. et sp. nov. (Monogenea, Gyrodactylidae). *Parasitology*, v. 87, p. 405-20, 1983.

- HAYES, P. M. et al. Morphological and molecular characterization of a marine fish trypanosome from South Africa, including its development in a leech vector. *Parasite & Vectors*, v. 7, n. 1, p. 50, 2014.
- HEDRICK, L. R. Taxonomy of the nematode genus *Spiroxys* (Family Spiruridae). *Journal of Parasitology*, v. 21, p. 397-409, 1935.
- KARMANOVA, E. M. Development of the nematode *Diectophyme renale* (Goeze, 1782) in its intermediate and definitive hosts. *Trudy Gel'mintol. Lab. Akad. Nauk SSSR*, v. 12, p. 27-36, 1962.
- KIRK, R. S.; LEWIS, J. W. The life-cycle and morphology of *Sanguinicola inermis* Plehn, 1905 (Digenea: Sanguinicolidae). *Systematic Parasitology*, v. 25, p. 125–133, 1993.
- KOHN, A.; FERNANDES, B. M. M.; BAPTISTA-FARIAS, M. F. D. Metacercariae of *Diplostomum* (*Austrodiplostomum*) *compactum* (Tematoda, Diplostomatidae) in the eyes of *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Sciaenidae) from the Reservoir of the Hidroelectric Power Station of Itaipu, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 90, p. 341-344, 1995.
- KOHN, A.; FERNANDES, B. M. M.; COHEN, S. C. *South American Trematodes Parasites of Fishes*. Rio de Janeiro: Imprinta Express Ltda, 2007.
- KRITSKY, D. C.; BOEGER, W. A. Neotropical Monogenea. 16. New species of oviparous Gyrodactylidea with proposal of *Nothogyrodactylus* gen. n. (Oogyrodactylidae). *Journal of the Helminthological Society of Washington*, v. 58, p. 7–15, 1991.
- KRITSKY, D. C.; BOEGER, W. A. Phylogeny of the Gyrodactylidae and the phylogenetic status of *Gyrodactylus* Nordmann, 1832 (Platyhelminthes: Monogenoidea). In: COMBES, C.; JOURDANE, J. *Taxonomie, ecologie et evolution es metazoaires parasites*. Livre hommage a Louis Euzet. Tome II. Perpignan, 2003.
- KRITSKY, D. C. et al. Neotropical Monogenoidea. 57. Revision and phylogenetic position of *Scleroductus* Jara & Cone, 1989 (Gyrodactylidae), with descriptions of new species from the Guatemalan chulin *Rhamdia guatemalensis* (Günther) (Siluriformes: Heptapteridae) in Mexico and the barred sorubim *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus) (Siluriformes: Pimelodidae) in Brazil. *Systematic Parasitology*, v. 84, n. 1, p. 1–15, 2012.
- KRITSKY, D. C.; MENDOZA-FRANCO, E. F.; SCHOLZ, T. Neotropical Monogenoidea. 36. Dactylogyrids from the gills of *Rhamdia guatemalensis* (Siluriformes: Pimelodidae)

- from cenotes of the Yucatan Peninsula, Mexico with proposal of *Ameloblastella* gen. n. and *Aphanoblastella* gen. n. (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae). *Comparative Parasitology*, v. 67, p. 76–84, 2000.
- KRITSKY, D. C.; VAN EVERY, L. R.; BOEGER, W. A. Neotropical Monogenoidea. 27. Two new species of *Telethecium* gen. n. from the nasal cavities of Central Amazonian fishes and a redescription of *Kritskyia moravecii* Kohn, 1990 (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae). *Journal of the Helminthological Society of Washington*, v. 63, p. 35–41, 1996.
- KRITSKY, D. C.; VIANNA, R. T.; BOEGER, W. A. Neotropical Monogenoidea. 50. Oviparous gyrodactylids from loricariid and pimelodid catfishes in Brazil, with proposal of *Phanerothecioides* n. g., *Onychogyrodactylus* n. g. and *Aglaigyrodactylus* n. g. (Polyonchoinea: Gyrodactylidae). *Systematic Parasitology*, v. 66, p. 1–34, 2007.
- LACERDA, A. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. A new trematode species parasitizing the catfish *Hoplosternum littorale* (Osteichthyes, Callichthyidae) from Paraná River, Brazil, with an emendation of the diagnosis of *Magnivitellinum* (Trematoda, Macroderoididae). *Acta Parasitologica*, v. 54, n. 1, p. 37–40, 2009.
- LEITE, L. A. R. et al. *Contracaecum* sp. parasitizing *Acestrorhynchus lacustris* as a bioindicator for metal pollution in the Batalha River, southeast Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 575, p. 836–840, 2017.
- LEITE, L. A. R. *Metazoários parasitos de Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) provenientes do rio Batalha, Estado de São Paulo: ecologia e uso como indicadores de poluição aquática. 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Sagrado Coração, Bauru, São Paulo.
- LI, L.; ZHANG, L. P.; LIU, Y. Y. *Hysterothylacium simile* n. sp. and *H. aduncum* (Rudolphi, 1802) (Nematoda: Raphidascarididae) from marine fishes in the Bohai and Yellow Sea, China, with comments on the record of *H. paralichthydis* (Yamaguti, 1941) from Chinese waters. *Systematic Parasitology*, v. 84, p. 57–69, 2013.
- LOCKE, S. A. et al. Diversity and specificity in *Diplostomum* spp. metacercariae in freshwater fishes revealed by cytochrome c oxidase I and internal transcribed spacer sequences. *International Journal for Parasitology*, v. 40, n. 3, p. 333–343, 2010.
- LOM, J.; DYKOVÁ, I. *Protozoan Parasites of Fishes*. New York: Elsevier, 1992.

- LOM, J.; DYKOVA, I. Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life-cycle terminology and pathogenic species. *Folia Parasitologica*, v. 53, n. 1, p.1–36, 2006.
- LUNASCHI, L. I.; DRAGO, F. B. Descripción de uma especie nueva de *Tylodelphys* (Digenea: Diplostomidae) parásita de *Podiceps major* (Aves: Podicipedidae) de Argentina. *Anales del Instituto de Biología serie Zoología*, v. 75, p. 245–252, 2004.
- LUQUE, J. L. et al. Checklist of Nematoda associated with the fishes of Brazil. *Zootaxa*, v. 3082, p. 1-88, 2011.
- LUQUE, J. L.; AMATO, J. F. R.; TAKEMOTO, R. M. Comparative analysis of the communities of metazoan parasites of *Orthopristis ruber* and *Haemulon steindachneri* (Osteichthyes: Haemulidae) from the southeastern Brazilian littoral: I. structure and influence of the size and sex of hosts. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 56, p. 279-292, 1996.
- LUQUE, J. L. et al. Checklist of Crustacea parasitizing fishes from Brazil. *Check List*, v. 9, n. 6, p. 1449-1470, 2013.
- MACE, T. F.; ANDERSON, R. C. Development of the giant kidney worm, *Diectophyma renale* (Goeze, 1782) (Nematoda: Diectophymatoidea). *Canadian Journal of Zoology*, v. 53, n. 11, p. 1552-1568, 1975.
- MAGALHÃES, A. L. B. First record of lernaeciosis in a native fish species from a natural environment in Minas Gerais state, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 1, p. 8-10, 2006.
- MASCARENHAS, C. S.; MÜLLER, G. *Spiroxys contortus* (Gnathostomatidae) and *Falcaustra affinis* (Kathlaniidae) from *Trachemys dorbigni* (Emydidae) in Southern Brazil. *Comparative Parasitology*, v. 82, n. 1, p. 129–136, 2015.
- MATOS, E.; TAJDARI, J.; AZEVEDO, C. Ultrastructural studies of *Henneguya rhamdia* n. sp. (Myxozoa) a parasite from the Amazon teleost fish *Rhamdia quelen* (Pimelodidae). *Journal of Eukaryotic Microbiology*, v. 52, n. 6, p.532–537, 2005.
- MATTIUCCI, S.; NASCETTI, G. Advances and trends in the molecular systematics of anisakid nematodes, with implications for their evolutionary ecology and host-parasite co-evolutionary processes. *Advances in Parasitology*, v. 66, p. 47–148, 2008.
- MENDOZA-PALMERO, C. A.; BLASCO-COSTA, I.; SCHOLZ, T. Molecular phylogeny of neotropical monogeneans (Platyhelminthes: Monogenea) from catfishes (Siluriformes). *Parasites & Vectors*, v. 8, n. 164, p. 1-11, 2015.

- MENDOZA-PALMERO, C. A. et al. New species and geographical records of Dactylogyrids (Monogenea) of catfish (Siluriformes) from the Peruvian Amazonia. *Journal of Parasitology*, v. 98, p. 484–497, 2012.
- MESQUITA, R. L. B. et al. Ectoparasites as numerical dominant species in parasite community of *Trachelyopterus striatulus* (Siluriformes: Auchenipteridae) from Guandu River, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 71, p. 623–627, 2011.
- MILLER, T. L.; CRIBB, T. H. Family Cryptogonimidae Ward, 1917. In: GIBSON, D. I.; JONES, A.; BRAY, R. A. *Keys to the Trematoda*. London: CABI Publishing, 2002. v.3.
- MIZELLE, J. D.; KRITSKY, D. C. *Unilatus* gen. n. a unique neotropical Genus of Monogenea. *Journal of Parasitology*, v. 53, n. 5, p. 1113 – 1114, 1967.
- MIZELLE, J. D.; KRITSKY, D. C.; CRANE, J. W. Studies on Monogenetic Trematodes. XXXVIII. Ancyrocephalinae from South America with the proposal of *Jainus* gen. n. *The American Midland Naturalist*, v. 80, n. 1, p. 186 – 198, 1968.
- MOLNAR, K.; HANEK, G.; FERNANDO, C. H. Ancyrocephalids (Monogenea) from freshwater fishes of Trinidad. *Journal of Parasitology*, v. 60, n. 6, p. 914 – 920, 1974.
- MORAVEC, F. Some aspects of the taxonomy, biology, possible evolution and biogeography of nematodes of the spirurine genus *Rhabdochona* Railliet, 1916 (Rhabdochoniidae, Thelazioidea). *Acta Parasitologica*, v. 55, p. 144–160, 2010.
- MORAVEC, F. *Nematodes of Freshwater Fishes of the Neotropical Region*. České Budejovice: Academy of Sciences of the Czech Republic, 1998.
- MORAVEC, F.; KOHN, A.; FERNANDES, B. M. M. Three new species of oxyuroid nematodes, including two new genera, from freshwater catfishes in Brazil. *Systematic Parasitology*, v. 21, n. 3, p. 189–201, 1992.
- MORAVEC, F. et al. Studies on the development of *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *rebecae* (Nematoda: Camallanidae), a parasite of cichlid fishes in Mexico. *Folia Parasitologica*, v. 31, p. 159-188, 1995.
- MORAVEC, F. et al. Host–parasite relationships of *Rhabdochona kidderi* Pearse, 1936 (Nematoda: Rhabdochoniidae) in fishes of the Lacantún River in the Lacandon rain forest of Chiapas State, southern Mexico, with a key to Mexican species of *Rhabdochona* Railliet, 1916. *Systematic Parasitology*, v. 82, n. 1, p. 1–12, 2012.
- NEGRELLI, D. C.; ABDALLAH, V. D.; AZEVEDO, R. K. Metazoan parasites of the lambari *Astyanax altiparanae* collected in the Batalha River, state of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* (Epub Nov 13, 2017), v. 78, n. 3, 2018.

- NELSON, J. S.; GRANDE, T. C.; WILSON, M. V. H. *Fishes of the world*. 5. ed. New York: John Wiley & Sons, 2016.
- NIEWIADOMSKA, A. Superfamília Diplostomoidea Poirrier, 1886. In: GIBSON, D. I.; JONES, A.; BRAY, R. A. *Keys to the Trematoda*. London: CABI Publishing, 2002. v.1.
- NITTA, M.; NAGASAWA, K. Four alien monogeneans, including *Trinigyrus peregrinus* n. sp., parasitic on the invasive armored catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* (Siluriformes: Loricariidae) from Okinawa-jima Island, Okinawa Prefecture, Japan. *Species Diversity*, v. 21, n. 2, p. 95–104, 2016.
- NOROUZI, R.; MANOCHEHRI, A.; HANIFI, M. A Case Report of Human Infection with *Diocotophyma Renale* from Iran. *Urology Journal*, v. 14, n. 2, p. 3043-3045, 2017.
- OLSEN, W. O. *Animal parasites: Their life cycles and ecology*. Baltimore: University Park Press, 1974.
- ORELIS-RIBEIRO, R.; BULLARD, S. A. Blood flukes (Digenea: Aporocotylidae) infecting body cavity of South American catfishes (Siluriformes: Pimelodidae): two new species from rivers in Bolivia, Guyana and Peru with a re-assessment of *Plehnella* Szidat, 1951. *Folia Parasitologica*, v. 62, p. 1-17, 2015.
- OSTROWSKI DE NÚÑEZ, M. Die Entwicklungszyklen von *Diplostomum* (*Austrodiplostomum*) *compactum* (Lutz, 1928) Dubois 1970 und *D. (A.) mordax* (Szidat y Nani, 1951) n. comb. in Südamerika. *Zoologischer Anzeiger*, v. 208, p. 393-404, 1982.
- OVERSTREET, R. M.; CURRAN S. S. Superfamily Bucephaloidea Poche 1907. In: GIBSON, D. I.; JONES, A.; BRAY, R. A. *Keys to the Trematoda*. London: CABI Publishing, 2002. v.1.
- PAVANELLI, G. C. et al. Helminth fauna of fishes: diversity and ecological aspects. In: THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. *The Upper Paraná river and its Floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden: Backhuys Publishers. 2004.
- PEDRO, N. H. O. et al. Biodiversity of metazoan parasites in *Acestrorhynchus lacustris* (Lütken, 1875) (Characiformes: Acestrorhynchidae) from the Batalha River, São Paulo State, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 11, n. 4, p. 336-344, 2016a.
- PEDRO, N. H. O. et al. First record of *Rhipidocotyle santanaensis* (Digenea) parasitizing *Acestrorhynchus lacustris* from Batalha River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 76, n. 4, p. 878- 883, 2016b.
- PETTER, A. J. *Dichelyne moravecii* n. sp., parasite de *Pseudoplastystoma fasciatum* et notes sur les Cucullanidae du Paraguay. *Revue Suisse de Zoologie*, v. 102, p. 769-778, 1995.

- PINTO, R. M. et al. Novas Considerações Morfológicas e Sistemáticas sobre os *Procamallanus* Brasileiros (Nematoda, Camallanoidea). *Instituto Oswaldo Cruz*, v. 74, n. 1, p. 77-84, 1976.
- PINTO, R. M.; FERNANDES, B. M. M. Sobre *Procamallanus probus* sp. n. (Nematoda, Camallanoidea). *Atas da Sociedade de Biologia do Rio de Janeiro*, v. 15, p. 133-136, 1972.
- POULIN, R.; MORAND, S. *Parasite Biodiversity*. Washington: Smithsonian Books, 2004.
- PRICE, C. H. E. *Diaccessorius*, a new genus of Monogenea from the gills of an Amazon river teleost. *Acta Biologica Venezuelica*, v. 6, p. 84-89, 1968.
- QUAGGIOTTO, E. A.; VALVERDE, F. New metacercariae of the genus *Tylodelphys* (Trematoda, Diplostomatidae) in lake populations of *Galaxias maculatus* (Teleostei, Galaxiidae). *Boletín Chileno de Parasitología*, v. 47, p. 19-24, 1992.
- RAMOS, I. P. et al. New host records and a checklist of fishes infected with *Austrodiplostomum compactum* (Digenea: Diplostomidae) in Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. v. 22, n. 4, p. 511-518, 2013.
- REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, Jr. C. *Check list of the freshwater fishes of south and Central America*. Porto Alegre: Edipucrs, 2003.
- RIBEIRO, R. D. et al. Tripanossomos de peixes brasileiros. XIV. *Trypanosoma pradoi* n. sp. em *Hypostomus ancistroides* Ihering 1991 (Pisces, Loricariidae), capturado no córrego Laureano, município de Ribeirão Preto, SP, Brasil. *Revista da Escola de Farmácia e Odontologia de Alfenas*, v. 15, p. 37-45, 1993.
- ROCHA, R. M.; BOEGER, W. A. *Estado da Arte e Perspectivas para a Zoologia no Brasil*. Curitiba: Editora UFPR, 2009.
- RODRIGUES, H. de O. *Pseudocapillaria (Ichthyocapillaria) maricaensis* n. sp. (Nematoda, Capillariidae) and remarks on the helminthological fauna of *Liolaemus lutzae* Mertens, 1938 (Lacertilia, Iguanidae). *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 87, n. 2, p. 297-300, 1992.
- SANTOS, M. D. et al. First report of larval *Spiroxys* sp. (Nematoda, Gnathostomatidae) in three species of carnivorous fish from Três Marias Reservoir, São Francisco River, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 4, n. 3, p. 306-311, 2009.
- SILVA, F. L. et al. Macroinvertebrados aquáticos do reservatório do rio Batalha para a captação das águas e abastecimento do município de Bauru, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, v. 4, p. 66-74, 2009.

- SMITH, J. W. Superfamily Schistosomatoidea Stiles & Hassall, 1898. In: GIBSON, D.I.; JONES, A.; BRAY, R.A. *Keys to the Trematoda*. London: CABI Publishing, 2002. v.1.
- SURIANO, D. M. El genero *Unilatus* Mizelle y Kritsky, 1967 (Monogenea: Ancyrocephalidae) parasito de Siluriformes (Pisces: Loricariidae) del Rio Negro, Manaus, Brasil. *Neotropica*, v. 31, p. 163–175, 1985.
- SZIDAT, L. Structure development and behaviour of new strigeatoid metacercariae from subtropical fishes of South America. *Journal of the Fisheries Research Board of Canadá*, v. 26, p. 753–786, 1969.
- SZIDAT, L.; NANI, A. Diplostomiasis cereбрalis del Pejerrey. Una grave epizootia que afecta a la economia nacional producida por larvas de trematodes que destruyen el cerebro de los pejerreyes. *Revista del Instituto Nacional de Investigacion de las Ciencias Naturales y Museo Argentino de Ciencias Naturales*, v. 1, p. 323–384, 1951.
- TAVARES-DIAS, M. et al. *Perulernaea gamitanae* (Copepoda: Lernaeidae) parasitizing tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Characidae) and the hybrids tambacu and tambatinga, cultured in northern Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, n. 4, p. 988–995, 2011.
- THATCHER, V. E. *Amazon Fish Parasites*. Sofia: Pensoft Publishers, 2006.
- THATCHER, V. E. Copepods and fishes in the Brazilian Amazon. *The Journal of Marine Systems*, v. 15, p. 97–112, 1998.
- TORRES, A.; MATOS, E.; AZEVEDO, C. Fine structure of *Henneguya amazonica* (Myxozoa) in ovarian follicle of *Hoplosternum littorale* (Teleostei) from the Amazon river. *Diseases of Aquatic Organisms*, v. 19, p. 169–172, 1994.
- VALERO, A. et al. Determination of IgE in the serum of patients with allergic reactions to four species of fish-parasite anisakids. *The Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, v. 13, p. 94–98, 2003.
- VENANCIO, A.C.P. et al. Metazoan parasites of Mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* and of Jundiá *Rhamdia quelen* (Osteichthyes: Siluriformes) of Paraíba do Sul River, Volta Redonda, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 19, n. 3, p. 157–163, 2010.
- VIANNA, R. T. *Filogenia e biogeografia histórica dos Gyrodactylidae (Monogeneoidea): morfologia, moléculas e evidência total*. 2007. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

- VIDAL-MARTÍNEZ, V. M; OSORIO-SARABIA, D.; OVERSTREET, R. M. Experimental infection of *Contracaecum tipapillatum* (Nematoda: Anisakinae) from Mexico in the domestic cat. *Journal of Parasitology*, v. 80, p. 156-166, 1994.
- VITAL, J.F. et al. Metacercárias de *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) em peixes de lagos de várzea da Amazônia Brasileira. *Folia Amazônica*, v. 25, n. 2, p. 153-158, 2016.
- WOO, P. T. K. *Fish diseases and disorders. Vol. 1: protozoan and metazoan infections*. Oxfordshire: CABI, 2006.
- YAGI, K. et al. Female worm *Hysterothylacium aduncum* excreted from human: a case report. *Kisechugaku Zasshi*, v. 45 p. 12-23, 1996.
- YAMADA, F. H. et al. *Philocorydoras longus* sp. n. (Monogenea, Dactylogyridae) from the gills of *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) in Southeastern Brazil and the reassignment of two species from the genus *Urocleidoides* to *Philocorydoras*. *Helminthologia*, v. 52, n. 4, p. 331-335, 2015.
- YAMADA, F.H. et al. Novas ocorrências de metacercária de *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Platyhelminthes: Digenea) parasito de olhos de peixes da bacia do rio Paraná. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 17, n. 3, p. 163-166, 2008.
- ZAGO, A. C. et al. A new species of *Tereancistrum* (Monogenea, Dactylogyridae) from the gills of three *Leporinus* species (Characiformes, Anostomidae) and a revised description of *Tereancistrum parvus*. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, v. 89, n. 2, p. 1121–1131, 2017.
- ZICA, E. O. P. et al. *Unilatus unilatus* Mizelle and Kritsky, 1967 (Monogenea, Ancyrocephalinae) in *Hypostomus* spp. (Siluriformes, Loricariidae) from the Chavantes Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Helminthologia*, v. 49, p. 87–91, 2012.
- ZICA, E. O. P. et al. First case of an infection of the metacercariae of *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Digenea, Diplostomidae) in *Hypostomus regani* (Ihering, 1905) (Siluriformes: Loricariidae). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v.4, p. 35-38, 2009.
- ZICA, E. O. P. et al. The occurrence of *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Digenea: Diplostomidae) metacercariae in the eyes of loricariid fish (Siluriformes: Osteichthyes: Loricariidae) from Brazil. *Journal of Helminthology*, v.85, p. 73-79, 2011.

CAPÍTULO 2.

A fauna parasitária de *Hypostomus* spp. (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, São Paulo, Brasil: uma abordagem ecológica

RESUMO

As bacias hidrográficas pertencentes ao Estado de São Paulo são ricas mantenedoras de biodiversidade de organismos aquáticos, e algumas áreas carecem de estudos específicos que envolvem as relações interespecíficas entre os organismos ali residentes. No caso do rio Batalha, a estrutura das comunidades parasitárias presentes em peixes da ordem Siluriformes e as características das interações envolvidas na relação parasito/hospedeiro são praticamente desconhecidas. Este trabalho teve por objetivo analisar a distribuição das infrapopulações parasitárias em quatro espécies de “cascudos”, *Hypostomus* spp., provenientes do rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, SP, bem como uma avaliação da dinâmica das comunidades parasitárias e suas relações ecológicas nos hospedeiros. Foram analisadas as seguintes espécies: *Hypostomus regani* (n=60); *H. strigaticeps* (n=30); *H. hermanni* (n=31) e *H. ancistroides* (n=25). Todos os peixes estavam parasitados, com parasitos em estágio larval ou adulto. Foram identificados 24 taxa de parasitos dentre mixozoários, monogenéticos, digenéticos, nematoides e hirudíneas presentes nas brânquias, superfície corporal, olhos, encéfalo e intestino. Os monogenéticos (Dactylogyridae e Gyrodactylidae) apresentaram maior riqueza de espécies (14), enquanto que as metacercárias de Diplostomidae gen. sp. e *Oligobdella* sp. foram comuns a todos os hospedeiros e apresentaram alta prevalência (>80%), sendo consideradas centrais em todos os peixes e ambas dominaram as infracomunidades. Observou-se prevalência maior de ectoparasitos nos *Hypostomus* spp. analisados. A maioria dos parasitos apresentou um padrão agregado de distribuição. Em relação à diversidade parasitária, *H. regani* apresentou maiores valores médios dos índices de diversidade, enquanto que *H. hermanni* apresentou maior valor para a riqueza específica de Margalef, e o valor de equitabilidade foi praticamente igual nas 4 espécies analisadas. Houve correlação positiva entre Diplostomidae gen. sp., *Austrodiplostomum compactum*, *Phanerotecioides agostinhoi* e *Oligobdella* sp. com o peso e/ou comprimento padrão dos hospedeiros. Já as correlações negativas ocorreram entre monogenéticos (*Trinigyryrus* sp., *Phanerothecium* sp. e Gyrodactylidae gen. sp.) com os dados biométricos dos hospedeiros. A maioria dos parasitos encontrados se trata de primeiro registro para a região, novos registros de hospedeiros e também alguns gêneros e espécies novas que estão em processo de descrição taxonômica.

Palavras-chave: Ecologia parasitária, ictiofauna, cascudo, ictioparasitologia, biologia de água doce

ABSTRACT

The hydrographic basins belonging to the State of São Paulo show high biodiversity of aquatic organisms, and some areas lack specific studies that involve the interspecific relations between the resident organisms. Regarding the Batalha River, the structure of the parasitic communities present in Siluriformes fish and the interactions characteristics involved in the parasite-host relationship are practically unknown. The present study had as objective to analyze the distribution of parasitic infrapopulations in four *Hypostomus* spp. from the Batalha River, Tietê-Batalha river basin, State of São Paulo, Brazil, as well as an evaluation of parasitic communities dynamics and their ecological relations in hosts. The following species were analyzed: *Hypostomus regani* (n=60); *H. strigaticeps* (n=30); *H. hermanni* (n=31) and *H. ancistroides* (n=25). All the fishes were parasitized, with larval or adult parasites. Twenty-four parasite taxa were identified among mixozoans, monogenetics, digenetics, nematodes and hirudines present in the gills, body surface, eyes, brain and intestine. The monogenetic species (Dactylogyridae and Gyrodactylidae) presented higher richness, with 14 species, while the Diplostomidae gen. sp. metacercariae and *Oligobdella* sp. were common to all hosts and showed high prevalence (> 80%), being considered central in all fish and both dominated the infracommunities. A higher prevalence of ectoparasites was observed in *Hypostomus* spp. analyzed in relation to endoparasites. Most of the parasites presented an aggregate distribution pattern. In relation to the parasitic diversity, *H. regani* presented higher mean values of diversity indexes, whereas *H. hermanni* presented higher value for the specific richness of Margalef, and the equitability value was practically the same in four species analyzed. There was a positive correlation between Diplostomidae gen. sp., *Austrodiplostomum compactum*, *Phanerotecioides agostinhoi* and *Oligobdella* sp. with the standard host length and/or weight, already negative correlations occurred between monogeneans (*Trinigyryus* sp., *Phanerothecium* sp. and Gyrodactylidae gen. sp.) and host variables. Most of the parasites found in this study are the first record for the region and new records of hosts, and also some new genera and species that are in the taxonomic description process.

Keywords: Parasites ecology, ichthyofauna, cascudo, catfish, ictioparasitology, freshwater biology

INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido por ter um *hotspot* de espécies, o que refletirá na alta diversidade da fauna ictiológica, incluindo algumas regiões com maior número de espécies conhecidas de peixes no planeta e com alto grau de endemismo. Ainda assim, estimativas sugerem que o número de espécies de vida livre (não somente de peixes) que foram descritos continua muito baixo comparado ao potencial da região (de todos os organismos vivos de vida livre, cerca de 17% seria realmente conhecido) (Brooks, 2000). Isto, aliado às constantes ameaças resultantes da degradação dos ecossistemas, faz com que boa parte da biodiversidade de organismos parasitos torne-se totalmente desconhecida.

Os estudos que envolvem a relação parasito-hospedeiro estão fortemente associados com a compreensão de que os hospedeiros e seus parasitos interagem ao longo de um tempo evolutivo bastante longo e de um tempo ecológico relativamente curto. Isso ressalta a importância dos fenômenos espaciais que contribuem para os padrões, processos e dinâmicas temporais das interações hospedeiro-parasito que são observadas (Morand e Krasnov, 2010). Um conhecimento adequado da biodiversidade de parasitos, como por exemplo, se determinada população está ou não declinando no ambiente, é crucial para atividades de gestão e conservação ambiental (Poulin, 2004).

Os ambientes de água doce, quando comparados com habitats terrestres ou marinhos, apresentam riqueza de espécies superior, proporcionalmente ao tamanho da área que ocupam (Poulin, 2016). A natureza fragmentada dos habitats de água doce, que resulta em uma maior heterogeneidade do habitat e isolamento geográfico, é uma razão plausível para a diversificação desproporcionalmente elevada da fauna de água doce (Grosberg et al., 2012). Se isso ocorre para os organismos de vida livre, o mesmo deverá ser para seus parasitos, já que suas habilidades de dispersão são muito limitadas (Wiens, 2015).

Grande parte da diversidade de peixes de água doce do Estado de São Paulo se encontra na bacia do alto rio Paraná. Embora muitos dos ambientes desta bacia sejam alvo de constantes estudos relacionados com a biodiversidade, muitas áreas ainda estão com déficit de conhecimento (Oyakawa e Menezes, 2010). A bacia do Tietê-Batalha, pertencente à região do Alto Paraná, possui grande importância no centro-oeste paulista, com suas drenagens responsáveis pelo abastecimento de algumas cidades, além das atividades pesqueiras (Silva et al., 2009). Os estudos recentes no rio Batalha que envolvem tanto a ictiofauna quanto a

parasitofauna associada a esta confirmaram a importância deste tipo de inventário faunístico (Santos e Heubel, 2008; Pedro et al., 2016a, b; Leite, 2016; Leite et al., 2017; Negrelli et al., 2018; Pelegrini et al., 2018).

No Estado de São Paulo, mais da metade das espécies de peixes de água doce pertencem à ordem Siluriformes (Castro e Menezes, 2001). Estes possuem hábitos predominantemente crepusculares e noturnos, habitando geralmente locais com águas turvas como o fundo dos rios e permanecem entre rochas e a vegetação (Ferraris Jr., 2007). As espécies do gênero *Hypostomus* Lacépède, 1803 estão distribuídas por toda a América do Sul. Apresentam porte pequeno a médio, hábito bentônico, adaptações para sobreviver a hipóxia, e são protegidas externamente por placas dérmicas que conferem rigidez à superfície (Ferraris Jr., 2007; Covain e Fish-Müller, 2007; Soares et al., 2008).

Em geral, a estrutura das comunidades parasitárias de peixe Siluriformes, bem como as características das interações envolvidas na relação parasito/hospedeiro no rio Batalha são desconhecidas. Assim, neste estudo será apresentada uma análise da distribuição das infrapopulações parasitárias em quatro espécies de peixes loricarídeos provenientes do rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, SP, bem como uma avaliação da dinâmica das comunidades parasitárias e suas relações ecológicas nos hospedeiros.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas em dois trechos do rio Batalha durante os anos de 2014 a 2016 nos municípios de Piratininga (22°24'46"S 49°05'05"O) e Reginópolis (21°53'17"S 49°13'31"O), Estado de São Paulo, Brasil. Para a realização das análises ecológicas, foram escolhidas as seguintes espécies: *Hypostomus regani* (Ihering, 1905); *H. strigaticeps* (Regan, 1908); *H. hermanni* (Ihering, 1905) e *H. ancistroides* (Ihering, 1911) (Loricariidae) (Tabela 1).

Para a amostragem dos peixes foram utilizadas redes de espera de monofilamento em nylon com diferentes malhagens (com tamanhos de 20 a 100 mm entrenós). Estas eram colocadas nas encostas ou próximas ao fundo durante a noite e retiradas antes do amanhecer (10 horas de exposição). As coletas foram realizadas de acordo com as orientações da licença

de pesca científica sob autorização do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO - autorização nº 40998-2). Os peixes foram retirados das redes, anestesiados com solução a base de eugenol (óleo de cravo) e submetidos a eutanásia através do método físico de secção medular sendo imediatamente individualizados em sacos plásticos e congelados para análise em laboratório.

Tabela 1. Dados biométricos de *Hypostomus* spp. (Loricariidae, Siluriformes) coletados no rio Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. Os valores expressam a média seguidas de $\pm$ erro padrão (N = número de hospedeiros analisados; M/F = número de indivíduos machos e fêmeas analisados; CP = comprimento padrão (cm); MC = massa corporal (g); EP = erro padrão).

	No. Tombo	N	M/F	CP $\pm$ EP (cm)	MC $\pm$ EP (g)
<i>Hypostomus regani</i>	IBB 22920	60	31/29	17,72 $\pm$ 0,37	160,45 $\pm$ 10,03
<i>Hypostomus strigaticeps</i>	--	30	21/9	16,53 $\pm$ 0,58	135,23 $\pm$ 9,86
<i>Hypostomus hermanni</i>	NUP 17245	31	16/15	15,64 $\pm$ 0,42	120,27 $\pm$ 10,67
<i>Hypostomus ancistroides</i>	IBB 22922	25	16/9	13,98 $\pm$ 0,55	76,50 $\pm$ 9,78

Os hospedeiros foram necropsiados e todos os órgãos foram retirados, separados, abertos, peneirados (em peneiras de malha de 53 e 75 μ m) e observados em estereomicroscópio. Para a preparação, montagem e fixação dos metazoários parasitos coletados, foram seguidos os métodos descritos por Eiras et al. (2006). A curva do coletor ou de acumulação de espécies foi elaborada para verificar se o número de hospedeiros coletados contemplou a obtenção da maior riqueza de espécies de parasitos. Utilizou-se o estimador de riqueza Jackknife de 1ª ordem para se verificar se a riqueza de parasitos esperada foi suficiente para o número de hospedeiros analisados no estudo (Poulin, 1998; Magurran, 2013).

A abordagem ecológica das comunidades parasitárias dos peixes Siluriformes analisados foi baseada nos conceitos de infracomunidade e comunidade componente (Esch et al., 1990). De acordo com Bush et al. (1997), foram calculados os descritores quantitativos das infrapopulações parasitárias (prevalência, intensidade média, abundância média). Os

parasitos foram classificados como autogênicos ou alogênicos de acordo com suas estratégias de colonização. Os parasitos autogênicos completam seu ciclo em peixes e mamíferos aquáticos e, portanto, têm uma capacidade limitada de colonizar novas localidades. Os parasitos alogênicos utilizam peixes como hospedeiros intermediários e se tornam adultos em aves ou mamíferos terrestres; eles têm, desta forma, uma maior chance de serem dispersos em novas áreas (Esch et al., 1988). De acordo com seu grau de importância dentro das infracomunidades, os parasitos foram classificados como espécies centrais (presentes em mais de dois terços dos hospedeiros); espécies secundárias (em um a dois terços do hospedeiro) e espécies satélites (em menos de um terço do hospedeiro), conforme suas prevalências (Hanski, 1982).

Para avaliação da estrutura das comunidades componentes foram considerados: o número total de indivíduos parasitos encontrados (abundância total), o número total de espécies de parasitos (riqueza), as medidas de diversidade obtidas pelo Índice de Diversidade de Shannon (H') (utilizando logaritmo neperiano $\ln$), Índice de Equitabilidade de Pielou (J') e pelo Índice de riqueza específica de Margalef (D) (Zar, 1999; Magurran, 2013). Já as infracomunidades (comunidades parasitárias em cada um dos hospedeiros analisados) foram descritas de acordo com o valor médio das espécies de parasitos e com o valor médio dos indivíduos encontrados. Para obtenção destes resultados, utilizou-se o programa Primer 6 (versão 6.1.6, PRIMER-E Ltd, 2006).

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar se a distribuição dos dados obtidos poderia ser aproximada pela distribuição normal. Em seguida, foi realizado o teste One-way ANOVA para verificar se existiam diferenças significativas entre os valores dos Índices de Diversidade, Equitabilidade e Riqueza entre as espécies de hospedeiros analisadas. Para tais testes, utilizou-se o programa BioEstat 5 (versão 5.3, Ayres et al., 2007).

A frequência de dominância (número de vezes em que determinada espécie de parasito foi dominante na comunidade) e dominância relativa média (relação entre número de indivíduos de uma mesma espécie pelo número total de espécimes de todas as espécies da infracomunidade) foram calculadas para cada espécie de parasito (Rohde et al., 1995). Para avaliar o padrão de distribuição das espécies de parasitos nos hospedeiros amostrados foi utilizado o Índice de Dispersão (ID) para cada infrapopulação sendo calculado também o teste estatístico d para avaliar a sua significância (Rabinovich, 1980). No caso dos padrões agregados, foi calculado o Índice de Green (IG) para se verificar o quanto estão agrupados os

organismos daquela infrapopulação (Ludwig e Reynolds, 1988). Para isto, foi utilizado o programa PASSaGE 2 (versão 2.0.11.6, Rosenberg e Anderson, 2011).

O coeficiente de Spearman (r_s) foi utilizado para verificar a possível correlação entre a abundância parasitária (por espécie de parasito e por agrupamento mais abrangente, como Classe ou Filo) com dados biométricos do hospedeiro como a massa corporal e o comprimento padrão. Foi aplicado o teste U de Mann-Whitney para determinar o efeito do sexo dos peixes em relação à abundância parasitária de cada espécie de parasito nos hospedeiros (Zar, 1999). Para ambos os testes, utilizou-se o programa BioEstat 5 (versão 5.3, Ayres et al., 2007).

A fim de eliminar possíveis infestações/infecções acidentais, os testes acima mencionados foram aplicados somente às espécies de parasitos com prevalência superior a 10% (Bush et al., 1990). Os resultados foram considerados significativos quando $p < 0,05$. Espécimes-testemunho dos hospedeiros analisados foram depositados na Coleção Ictiológica do Nupélia (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura) (NUP), da Universidade Estadual de Maringá, PR, e na Coleção de Peixes do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes do Instituto de Biociências de Botucatu (IBB), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Botucatu, SP. Em relação aos parasitos, *vouchers* dos exemplares identificados foram depositados na Coleção Helmintológica do Instituto de Biociências de Botucatu (CHIBB), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Botucatu, SP.

RESULTADOS

A prevalência de metazoários parasitos nos 146 hospedeiros estudados foi de 100%, ou seja, todos os peixes estavam parasitados por pelo menos uma espécie, dentre ectoparasitos e endoparasitos. Foram coletados 9.103 espécimes e identificados 24 *taxa* de parasitos nas quatro espécies de hospedeiros analisadas, em estágios larvais e adultos (Tabela 2).

As curvas de acumulação de espécies observadas e do estimador de riqueza Jackknife de 1ª ordem para as espécies de *Hypostomus* spp. analisadas apresentaram padrão semelhante. Embora não tenham se estabilizado, as curvas de *H. hermanni* foram as que se apresentaram mais aproximadas e com maior tendência à estabilização (Figura 1).

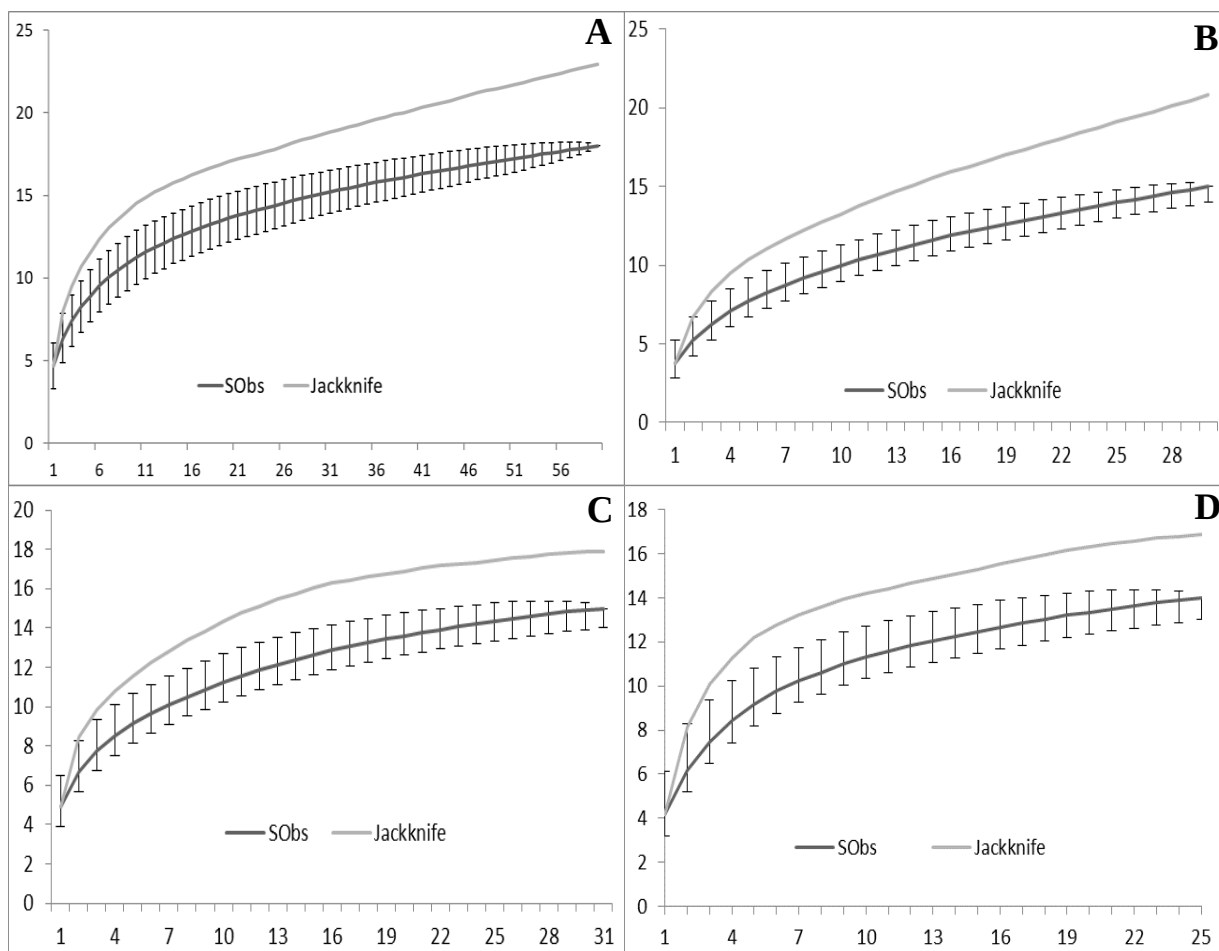


Figura 1. Curvas de acumulação da riqueza de espécies observada (SObs) e do estimador de riqueza Jackknife 1ª ordem (Jackknife) dos metazoários parasitos de loricarídeos coletados no rio Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) *Hypostomus regani*; B) *Hypostomus strigaticeps*; C) *Hypostomus hermanni*; D) *Hypostomus ancistroides*.

Em geral, as faunas parasitárias das espécies de *Hypostomus* spp. analisadas foram relativamente semelhantes entre si quanto à composição. A grande maioria se trata de espécies consideradas ectoparasitos, principalmente de espécies de Monogenea. Diferentes espécies de monogenéticos da família Gyrodactylidae foram identificadas na superfície de todos os hospedeiros, com prevalências e intensidades variadas, de acordo com a espécie. Monogenéticos da família Dactylogyridae foram encontrados principalmente nas brânquias. *Oligobdella* sp. e Diplostomidae gen. sp., parasitos da superfície e do cristalino, respectivamente, apresentaram altas prevalências (>80%) em todas as espécies de hospedeiros analisadas, sendo consideradas espécies centrais em todos os peixes (Tabela 2).

Oligobdella sp. foi a espécie de parasito dominante na maioria das espécies de *Hypostomus* analisadas, com exceção apenas para *H. hermanni*, cuja dominância parasitária foi atribuída para as metacercárias de Diplostomidae gen. sp., parasitos de olhos (Tabela 3).

Quase todos os parasitos das quatro espécies de hospedeiros analisadas apresentaram um padrão agregado de distribuição, com exceção apenas para *Phanerothecium* sp. encontrado apenas em *H. ancistroides*, que apresentou distribuição aleatória ou ao acaso ($ID = 1$; $d \leq 1,96$) (Tabela 4).

Tabela 2. Descritores quantitativos populacionais (prevalência, abundância média e intensidade média), grau de importância dentro da comunidade, locais de fixação e estratégia de colonização dos parasitos de *Hypostomus* spp. (Siluriformes, Loricariidae) capturados no rio Batalha, Estado de São Paulo (P = Prevalência; AM = Abundância Média; IM = Intensidade Média; D = Desvio Padrão; AV = Amplitude de Variação; ST = Status Comunitário; SI = Sítio de Infecção / Infestação; EC = Estratégia de Colonização).

	P%	AM ± D	IM ± D	AV	ST	SI	EC
<i>Hypostomus regani</i>							
Monogenea							
<i>Trinigyryrus</i> sp.	80,0	23,7 ± 27,6	29,7 ± 27,8	1-112	Central	Superfície, brânquias	Autogênica
<i>Unilatus unilatus</i> Mizelle & Kritsky, 1967	38,3	1,8 ± 2,9	4,7 ± 2,9	1-12	Secundária	Superfície, brânquias	Autogênica
<i>Unilatus anoculus</i> (Price, 1968)	5,0	0,3 ± 1,3	5,3 ± 2,5	3-8	Satélite	Brânquias	Autogênica
<i>Phanerothecioides agostinhoi</i> Kritsky, Vianna & Boeger, 2007	60,0	3,9 ± 6,7	6,4 ± 7,6	1-30	Secundária	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium spinatoides</i> Kritsky, Vianna & Boeger, 2007	3,3	0,1 ± 0,6	3,5 ± 0,7	3-4	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium spinulatum</i> Kritsky, Vianna & Boeger, 2007	10,0	0,3 ± 0,9	2,5 ± 1,4	1-4	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium spinatus</i> Boeger, Kritsky & Belmont-Jegu, 1994	11,7	0,4 ± 1,1	3,0 ± 1,4	1-5	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium caballeroi</i> Kritsky & Thatcher, 1977	1,7	0,02 ± 0,1	1,0	1	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium deiropedeum</i> Kritsky, Vianna & Boeger, 2007	8,3	0,2 ± 0,7	1,8 ± 1,8	1-5	Satélite	Superfície	Autogênica
Gyrodactylidae n.gen. 2 n.sp.	11,7	0,4 ± 1,2	3,3 ± 1,5	1-5	Satélite	Superfície	Autogênica
Gyrodactylidae gen. sp.	16,7	0,6 ± 2,1	3,6 ± 4,2	1-15	Satélite	Superfície	Autogênica
Digenea							
<i>Austrodiplostomum compactum</i> (Lutz, 1928)	33,3	0,6 ± 1,2	1,7 ± 1,5	1-6	Secundária	Olhos	Alogênica
<i>Austrodiplostomum mordax</i> Szidat & Nani, 1951	1,7	0,02 ± 0,1	1,0	1	Satélite	Olhos	Alogênica
Diplostomidae gen. sp.	95,0	17,6 ± 14,1	18,5 ± 13,8	2-71	Central	Olhos	Alogênica
Bucephalidae gen. sp.	1,7	0,02 ± 0,1	1,0	1	Satélite	Superfície	Autogênica
Nematoda							

<i>Rhabdochona</i> sp.	1,7	0,1 ± 0,5	4,0	4	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Pseudocapillaria</i> sp.1	1,7	0,02 ± 0,1	1,0	1	Satélite	Intestino	Autogênica
Hirudinea							
<i>Oligobdella</i> sp.	100	32,7 ± 29,5	32,7 ± 29,5	1-132	Central	Superfície, brânquias	Autogênica
<i>Hypostomus strigaticeps</i>							
Monogenea							
<i>Trinigyryus</i> sp.	50	6,4 ± 9,0	12,9 ± 9	1-26	Secundária	Superfície, brânquias	Autogênica
<i>Unilatus unilatus</i>	20	0,3 ± 0,7	1,6 ± 0,8	1-3	Satélite	Superfície, brânquias	Autogênica
<i>Telethecium</i> sp.	3,3	0,03 ± 0,2	1	1	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecioides agostinhoi</i>	27	1,5 ± 6,5	5,7 ± 12,2	1-36	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium spinatus</i>	3,3	0,03 ± 0,2	1	1	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium spinulatum</i>	10	0,6 ± 1,2	6 ± 2,6	4-9	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium spinatoides</i>	3,3	0,2 ± 1,1	6	6	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium harrisi</i> Kritsky & Boeger, 1991	3,3	0,1 ± 0,4	2	2	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium deiropedeum</i>	6,6	0,2 ± 0,7	2,5 ± 2,1	1-4	Satélite	Superfície	Autogênica
Gyrodactylidae n.gen.2 n.sp.	3,3	0,03 ± 0,2	1	1	Satélite	Superfície	Autogênica
Gyrodactylidae gen. sp.	13	0,4 ± 1,1	2,7 ± 1,7	1-5	Satélite	Superfície	Autogênica
Digenea							
Diplostomidae gen. sp.	93	14,8 ± 13,1	15,8 ± 12,9	2-45	Central	Olhos	Alogênica
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	43	2,1 ± 5,4	4,8 ± 7,5	1-28	Secundária	Olhos, encéfalo	Alogênica
Nematoda							
<i>Pseudocapillaria</i> sp.1	3,3	0,03 ± 0,2	1	1	Satélite	Brânquias	Autogênica
Hirudinea							
<i>Oligobdella</i> sp.	97	23,3 ± 23,2	24,1 ± 23,1	2-124	Central	Superfície, brânquias	Autogênica
<i>Hypostomus hermanni</i>							
Monogenea							
<i>Trinigyryus</i> sp.	61,3	10,9 ± 19,1	16,8 ± 21,5	2-92	Secundária	Superfície, brânquias	Autogênica
<i>Unilatus unilatus</i>	35,5	1,9 ± 5,0	4,9 ± 7,1	1-26	Secundária	Brânquias	Autogênica
<i>Unilatus anoculus</i>	3,2	0,1 ± 0,4	2	2	Satélite	Brânquias	Autogênica
<i>Phanerothecioides agostinhoi</i>	48,4	1,8 ± 5,9	3,7 ± 7,9	1-33	Secundária	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium spinatus</i>	16,1	1,0 ± 3,0	5 ± 4,7	2-12	Secundária	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium spinulatum</i>	6,4	0,3 ± 1,4	5 ± 2,8	3-7	Satélite	Superfície	Autogênica

<i>Phanerothecium spinatoides</i>	6,4	0,1 ± 0,6	2 ± 1,4	1-3	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium deiropedeum</i>	3,2	0,1 ± 0,4	2	2	Satélite	Superfície	Autogênica
Gyrodactylidae gen. sp.	25,8	0,4 ± 0,9	1,6 ± 1,1	1-4	Satélite	Superfície	Autogênica

Digenea

<i>Austrodiplostomum compactum</i>	74,2	2,7 ± 2,7	3,6 ± 2,5	1-10	Central	Olhos, encéfalo	Alogênica
Diplostomidae gen. sp.	96,7	21,0 ± 12,1	22 ± 11,4	5-48	Central	Olhos	Alogênica
<i>Tylodelphys</i> sp.	3,2	0,03 ± 0,2	1	1	Satélite	Olhos	Alogênica
Bucephalidae gen. sp.	9,7	0,2 ± 0,6	1,6 ± 1,1	1-3	Satélite	Superfície	Autogênica

Nematoda

<i>Pseudocapillaria</i> sp.1	9,7	0,1 ± 0,4	1,3 ± 0,6	1-2	Satélite	Intestino	Autogênica
------------------------------	-----	-----------	-----------	-----	----------	-----------	------------

Hirudinea

<i>Oligobdella</i> sp.	93,6	18,7 ± 17,6	20,6 ± 17,4	1-74	Central	Superfície, brânquias	Autogênica
------------------------	------	-------------	-------------	------	---------	--------------------------	------------

Hypostomus ancistroides

Myxozoa

<i>Myxobolus</i> sp.	4	-	-	-	Satélite	Brânquias	Autogênica
----------------------	---	---	---	---	----------	-----------	------------

Monogenea

<i>Trinigyrus</i> sp.	52	9,2 ± 16,9	17,7 ± 20,2	1-70	Secundária	Superfície, brânquias	Autogênica
<i>Unilatus unilatus</i>	44	1,2 ± 2	2,7 ± 2,3	1-7	Secundária	Superfície, brânquias	Autogênica
<i>Unilatus anoculus</i>	4	0,4 ± 1,8	9 ± 0	9	Satélite	Superfície, brânquias	Autogênica
<i>Phanerothecioides agostinhoi</i>	32	1,5 ± 4,7	4,8 ± 7,6	1-23	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium spinatus</i>	8	0,4 ± 1,8	5 ± 5,7	1-9	Satélite	Superfície	Autogênica
<i>Phanerothecium</i> sp.	16	0,2 ± 0,4	1	1	Satélite	Superfície	Autogênica
Gyrodactylidae gen. sp.	24	1,5 ± 3	6,3 ± 2,8	1-9	Satélite	Superfície	Autogênica

Digenea

<i>Austrodiplostomum compactum</i>	28	0,7 ± 1,2	2,4 ± 1,1	1-4	Satélite	Olhos, encéfalo	Alogênica
Diplostomidae gen. sp.	80	6,4 ± 8	8,1 ± 8,2	2-31	Central	Olhos	Alogênica
Bucephalidae gen. sp.	20	0,3 ± 0,6	1,4 ± 0,5	1-2	Satélite	Superfície	Autogênica

Nematoda

<i>Pseudocapillaria</i> sp.1	8	0,2 ± 0,8	2,5 ± 2,1	1-4	Satélite	Intestino	Autogênica
<i>Spiroxys</i> sp.	4	0,04 ± 0,2	1	1	Satélite	Intestino	Alogênica

Hirudinea

<i>Oligobdella</i> sp.	92	10,6 ± 12,9	11,5 ± 13,1	1-61	Central	Superfície, brânquias	Autogênica
------------------------	----	-------------	-------------	------	---------	--------------------------	------------

Tabela 3. Frequência de dominância (FD%) expressa em porcentagem e dominância relativa (DR) dos metazoários parasitos das infracomunidades de *Hypostomus* spp. (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil (somente espécies com prevalência >10%).

Espécie	<i>H. regani</i>		<i>H. strigaticeps</i>		<i>H. hermanni</i>		<i>H. ancistroides</i>	
	FD %	DR	FD %	DR	FD %	DR	FD%	DR
<i>Trinigyrrus</i> sp.	31,7	0,30	3,3	0,13	12,9	0,18	32	0,28
<i>Unilatus unilatus</i>	0	0,02	0	0,01	0	0,03	0	0,04
<i>Phanerothecioides agostinhoi</i>	3,3	0,05	6,6	0,03	0	0,03	4	0,05
<i>Phanerothecium spinulatum</i>	0	0,003	0	0,01	0	0,01	-	-
<i>Phanerothecium spinatus</i>	0	0,004	0	0	0	0,01	0	0,01
<i>Phanerothecium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0	0,004
Gyrodactylidae n. gen. 2 n. sp.	0	0,005	0	0	-	-	-	-
Gyrodactylidae gen. sp.	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0,05
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	0	0,01	0	0,04	0	0,05	0	0,02
Diplostomidae gen. sp.	15,0	0,21	20	0,30	48,4	0,36	16	0,20
Bucephalidae gen. sp.	0	0	-	-	0	0,002	0	0,01
<i>Oligobdella</i> sp.	50,0	0,4	63,3	0,47	29	0,32	40	0,32

Tabela 4. Índice de Dispersão (ID), teste estatístico *d* e Índice de Green (IG) dos metazoários parasitos de *Hypostomus* spp. (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil (somente espécies com prevalência >10%).

	<i>H. regani</i>			<i>H. strigaticeps</i>			<i>H. hermanni</i>			<i>H. ancistroides</i>		
	ID	<i>d</i>	IG	ID	<i>d</i>	IG	ID	<i>d</i>	IG	ID	<i>d</i>	IG
<i>Trinigyryrus</i> sp.	32,05	50,65	0,53	12,71	19,60	0,40	33,64	37,24	1,09	31,01	31,73	1,25
<i>Unilatus unilatus</i>	4,65	12,06	0,06	1,72	2,43	0,02	12,87	20,10	0,40	3,47	6,05	0,10
<i>Phanerothecioides agostinhoi</i>	11,6	22,75	0,18	27,92	32,69	0,93	18,40	25,54	0,58	14,53	19,55	0,56
<i>Phanerothecium spinulatum</i>	2,93	7,55	0,03	6,39	11,70	0,19	-	-	-	-	-	-
<i>Phanerothecium spinatus</i>	3,28	8,48	0,04	-	-	-	7,91	14,10	0,23	-	-	-
<i>Phanerothecium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,07	0
Gyrodactylidae n. gen. 2 n. sp.	3,55	9,65	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gyrodactylidae gen. sp.	7,47	18,33	0,11	3,29	6,26	0,08	1,87	2,91	0,03	6,09	10,24	0,21
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	2,43	5,86	0,02	13,84	20,78	0,44	2,74	5,14	0,58	2,29	3,63	0,05
Diplostomidae gen. sp.	11,24	25,87	0,17	11,57	18,35	0,36	6,60	12,21	0,19	9,87	14,91	0,37
Bucephalidae gen. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,19	0,01
<i>Oligobdella</i> sp.	29,83	45,89	0,49	23,00	28,97	0,76	16,74	24,01	0,52	15,85	20,73	0,62

Em relação à diversidade parasitária nas comunidades componentes dos hospedeiros analisados, estatisticamente não houve diferenças entre os pares. A *one-way* ANOVA aplicada mostrou se tais valores realmente eram superiores ou inferiores. A diferença significativa ocorreu entre o Índice de Margalef (d) de *H. strigaticeps*, cujo valor é realmente menor quando comparado à *H. regani* e *H. hermanni*; e com o Índice de Diversidade de Shannon (H'), entre *H. regani* e *H. strigaticeps*. Estatisticamente, os valores do Índice de Equitabilidade de Pielou (J') foram idênticos para as quatro espécies de *Hypostomus* sp. estudadas (Tabela 5).

Houve correlação positiva significativa entre a abundância parasitária de Diplostomidae gen. sp. e o peso de *H. regani*, entre *A. compactum*, *Oligobdella* sp. e peso e comprimento padrão de *H. hermanni* e de *P. agostinhoi* com o comprimento deste hospedeiro. Já em *H. ancistroides* a correlação positiva ocorreu entre *A. compactum* e peso deste hospedeiro, e também com Diplostomidae gen. sp. e a abundância total de todos os exemplares de Digenea com o comprimento e peso dos *H. ancistroides*. Em *H. hermanni*, a correlação negativa ocorreu entre a abundância de *Trinigyryus* sp. e o peso e comprimento total dos peixes. *Hypostomus ancistroides* foi o hospedeiro com mais correlações negativas significativas envolvendo a abundância de *Trinigyryus*, *Phanerothecium* sp. e Gyrodactylidae gen. sp. (Tabela 6). De acordo com o teste *U* de Mann-Whitney não ocorreu influência do sexo dos hospedeiros das quatro espécies analisadas na abundância parasitária (Tabela 7).

Tabela 5. Índices de diversidade das comunidades de metazoários parasitos de *Hypostomus* spp. (Siluriformes, Loricariidae) capturados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil (ST = riqueza total de parasitos para cada espécie de hospedeiro; S = riqueza média de espécies por hospedeiro seguida da amplitude entre parênteses, d = Riqueza específica de Margalef, J' = Equitabilidade de Pielou, H' = Diversidade de Shannon. Todas as médias seguidas de $\pm$ desvio padrão).

	ST	S	d	J'	H'
<i>Hypostomus regani</i>	18	4,8 $\pm$ 1,5 (2 - 9)	0,91 $\pm$ 0,32	0,71 $\pm$ 0,15	1,08 $\pm$ 0,30
<i>Hypostomus strigaticeps</i>	15	3,8 $\pm$ 1,5 (1 - 6)	0,75 $\pm$ 0,35	0,71 $\pm$ 0,19	0,91 $\pm$ 0,36
<i>Hypostomus hermanni</i>	15	4,9 $\pm$ 1,6 (1 - 7)	0,98 $\pm$ 0,35	0,67 $\pm$ 0,16	1,06 $\pm$ 0,30
<i>Hypostomus ancistroides</i>	14	4,1 $\pm$ 1,9 (1 - 7)	0,94 $\pm$ 0,49	0,71 $\pm$ 0,22	0,94 $\pm$ 0,43

Tabela 6. Valores dos Coeficientes de correlação de Spearman (r_s) para avaliar a relação entre a abundância de parasitos (Ab) com o comprimento padrão (Cp) ou peso (Pe) de *Hypostomus* spp. (Siluriformes, Loricariidae) coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil (* Valores com níveis significativos de $p < 0,05$; somente espécies com prevalência $>10\%$).

Espécie	<i>H. regani</i>				<i>H. strigaticeps</i>				<i>H. hermanni</i>				<i>H. ancistroides</i>			
	Ab x Cp		Ab x Pe		Ab x Cp		Ab x Pe		Ab x Cp		Ab x Pe		Ab x Cp		Ab x Pe	
	r_s	(p)	r_s	(p)	r_s	(p)	r_s	(p)	r_s	(p)	r_s	(p)	r_s	(p)	r_s	(p)
<i>Trinigyrrus</i> sp.	-0,03	0,84	0,09	0,53	-0,07	0,72	0,04	0,98	-0,37*	0,04	-0,48*	0,01	-0,35	0,09	-0,47*	0,02
<i>Unilatus unilatus</i>	0,08	0,55	0,10	0,46	0,03	0,87	0,06	0,76	-0,16	0,38	-0,23	0,22	0,20	0,34	0,05	0,83
<i>Phanerothecioides agostinhoi</i>	0,01	0,93	-0,02	0,88	-0,25	0,18	-0,26	0,17	0,41*	0,02	0,29	0,11	0,12	0,56	0,20	0,34
<i>Phanerothecium spinulatum</i>	-0,11	0,43	-0,13	0,33	-0,04	0,83	-0,04	0,83	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phanerothecium spinatus</i>	0,03	0,83	0,02	0,86	-	-	-	-	-0,35	0,06	-0,31	0,09	-	-	-	-
<i>Phanerothecium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,47*	0,02	-0,48*	0,02
Gyrodactylidae n. gen. 2 n. sp.	-0,10	0,47	-0,05	0,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gyrodactylidae gen. sp.	-0,15	0,28	-0,07	0,58	0,06	0,75	0,10	0,60	-0,04	0,85	-0,11	0,57	-0,45*	0,02	-0,46*	0,02
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	0,07	0,61	0,02	0,89	-0,11	0,56	-0,06	0,77	0,51*	0,03	0,50*	0,04	0,38	0,06	0,48*	0,02
Diplostomidae gen. sp.	0,22	0,11	0,28*	0,04	-0,08	0,68	-0,08	0,69	0,12	0,52	0,04	0,98	0,78*	<0,0001	0,82*	<0,0001
Bucephalidae gen. sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,01	0,98	-0,12	0,57
<i>Oligobdella</i> sp.	0,18	0,18	0,12	0,36	0,32	0,09	0,33	0,07	0,44*	0,01	0,49*	0,01	-0,03	0,90	0,18	0,39
Monogenea (total)	-0,07	0,61	0,04	0,77	-0,22	0,24	-0,15	0,44	-0,32	0,08	-0,49*	0,01	-0,23	0,26	-0,28	0,18
Digenea (total)	0,16	0,21	0,25	0,06	-0,03	0,88	-0,06	0,76	0,22	0,24	0,10	0,60	0,82*	<0,0001	0,82*	<0,0001
Nematoda (total)	0,25	0,05	-0,08	0,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,06	0,77	-0,08	0,71

Tabela 7. Teste *U* de Mann-Whitney aplicado para se verificar a influência do sexo dos hospedeiros *Hypostomus* spp. (Siluriformes, Loricariidae) na abundância parasitária nas amostras coletadas no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil (*Valores com níveis significativos de $p < 0,05$; somente espécies com prevalência $>10\%$).

	<i>H. regani</i>		<i>H. strigaticeps</i>		<i>H. hermanni</i>		<i>H. ancistroides</i>	
	Z(U)	p	Z(U)	p	Z(U)	p	Z(U)	p
<i>Trinigyrrus</i> sp.	0,22	0,41	14,70	0,07	0,36	0,36	0,53	0,29
<i>Unilatus unilatus</i>	0,12	0,45	0,61	0,27	0,30	0,38	0,22	0,41
<i>Phanerothecioides agostinhoi</i>	0,55	0,29	0,38	0,35	0,14	0,45	15,69	0,06
<i>Phanerothecium spinulatum</i>	0,85	0,19	0,11	0,45	-	-	-	-
<i>Phanerothecium spinatus</i>	0,87	0,19	-	-	105,50	0,28	-	-
<i>Phanerothecium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0,39	0,34
Gyrodactylidae n. gen. 2 n. sp.	0,62	0,21	-	-	-	-	-	-
Gyrodactylidae gen. sp.	0,04	0,48	0,63	0,26	115,50	0,43	15,28	0,06
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	0,68	0,24	0,06	0,47	80,00	0,06	11,60	0,12
Diplostomidae gen. sp.	0,27	0,39	0,27	0,39	95,50	0,18	0,08	0,46
Bucephalidae gen. sp.	-	-	-	-	-	-	0,48	0,31
<i>Oligobdella</i> sp.	20,43	0,22	0,72	0,23	114,00	0,41	11,32	0,12

DISCUSSÃO

Os ectoparasitos foram predominantes em todas as espécies de hospedeiros analisadas, sendo que a maioria eram espécies de Monogenea pertencentes à família Gyrodactylidae, localizadas na superfície corporal dos *Hypostomus* spp. A elevada riqueza desta família nos hospedeiros analisados se contrapõe aos valores baixos dos seus descritores quantitativos (principalmente abundância). Segundo Boeger et al. (2003), a família Gyrodactylidae teve origem na América do Sul, quando seu ancestral ovíparo, de origem marinha dispersou para um novo hospedeiro de água doce. Conforme esta hipótese, a nova espécie hospedeira provavelmente pertencia a Loricariidae. Tanto que Kritsky et al. (2007) afirmam que girodactilídeos ovíparos ocorrem somente em peixes das famílias Loricariidae e Pimelodidae (Siluriformes) sulamericanos. Já os girodactilídeos vivíparos, embora representem o grupo mais especioso dentro da família, não ocorreram no presente estudo.

Já os monogenéticos pertencentes à família Dactylogyridae encontrados (com exceção de *Telethecium* sp.) são espécies típicas de peixes loricariídeos (Suriano, 1985; Cohen et al., 2013). Koskivaara e Valtonen (1992) afirmam que a intensidade da infestação é maior em casos de infestações multiespecíficas do que com espécies isoladas, já que a existência de recursos abundantes e espaço disponível nas brânquias permitiria a co-ocorrência de várias espécies de monogenéticos sem ocorrer competição. Porém, observou-se que em todas as espécies de *Hypostomus* sp. analisadas, houve maior prevalência e intensidade média de *Trinigyrrus* sp. sobre *Unilatus* spp., indicando a existência de interações negativas, seja pela sobreposição de nichos, ou por alguma barreira imunológica inerente ao hospedeiro (Rohde, 1991; Koskivaara et al., 1992). Embora os monogenéticos branquiais não provoquem diretamente a morte dos hospedeiros, eles podem afetar o padrão de atribuição de energia de muitas maneiras, através da alteração da reprodução, frequência respiratória e comportamento, permitindo assim a formação de lesões e, consequentemente, tornando-os mais vulneráveis, aumentando os riscos de predação (Domitrovic, 1998).

A maioria dos monogenéticos são espécie-específicos, parasitando um hospedeiro ou hospedeiros próximos filogeneticamente. Suas formas larvárias são ciliadas e geralmente sua dispersão fica limitada ao próprio hospedeiro ou aos hospedeiros próximos (Thatcher, 2006; Guo e Woo, 2009). Além disso, fatores como a profundidade do corpo d'água, velocidade da corrente e comportamento das espécies de peixes também limita a exploração das espécies de monogenéticos por novos hospedeiros (Camargo et al., 2015). Embora o presente estudo

tenha realizado coletas em trechos lóticos e lênticos, a grande maioria dos hospedeiros foram coletados no ambiente lótico, considerando a preferência por este tipo de ambiente por *Hypostomus* sp. Este trecho apresentou correntes e profundidades médias, o que facilitaria o encontro das larvas oncomiracídeos com seus hospedeiros. Outro fator importante é a morfologia dos ovos dos monogenéticos da família Gyrodactylidae, que possuem uma gotícula de cimento na extremidade do filamento do ovo, permitindo que este seja fixado em um substrato rígido (Kritsky et al., 2007). Os loricarídeos, como *Hypostomus* spp. do presente estudo, possuem o hábito de se fixar através de sua boca em forma de ventosa nos fundos dos rios, encostas ou pedras (Covain e Fish-Müller, 2007), o que promoveria este encontro entre hospedeiro e parasitos, o que explicaria a alta riqueza deste grupo no presente estudo.

Da mesma forma, *Oligobdella* sp., um hirudíneo encontrado na superfície e brânquias, apresentou alta prevalência e abundância média em todas as espécies de hospedeiros analisadas. A ação nos hospedeiros consiste em danos espoliativos superficiais que são janelas para infecções oportunistas causadas por fungos e bactérias, além de serem vetores de parasitos sanguíneos (Woo, 2006) (ver capítulo 1). A alta prevalência deste parasito pode ser um indicativo da qualidade ambiental. As interferências antrópicas negativas nos entornos do rio Batalha, como agricultura, pecuária e atividades industriais agem direta ou indiretamente causando alterações, com o aumento da quantidade de matéria orgânica e poluentes que são constantemente lixiviados para suas águas (Santos e Heubel, 2008; Santos et al., 2009). De acordo com Cleto-Filho e Walker (2001), com estudos sobre macroinvertebrados em riachos amazônicos de área urbana, foi verificado que os hirudíneos compõem um grupo predominante em tal levantamento por suportarem determinadas condições relacionadas à má qualidade da água.

Já em relação aos endoparasitos, observou-se que as metacercárias da família Diplostomidae foram bastante prevalentes no presente estudo. Por dependerem de três hospedeiros em seus ciclos (primeiro hospedeiro intermediário: molusco, segundo hospedeiro intermediário: peixe, e hospedeiro definitivo: peixe e/ou ave piscívora), são bons indicadores de biodiversidade local (Désilets et al., 2013), apesar de nem sempre o ciclo se completar com sucesso. A maioria tem como sítios principais de infecção os olhos e encéfalo dos segundos hospedeiros intermediários. Possuem baixa especificidade parasitária, e infectam diferentes estruturas oculares, causando diminuição da capacidade visual, catarata, cegueira, e tornando o peixe susceptível aos predadores, finalizando o ciclo de transmissão para os hospedeiros definitivos (Grobbelaar et al., 2015). No caso do presente estudo, foi possível observar a

separação nítida do local de infecção de uma das espécies encontradas: Diplostomidae gen. sp. estava presente apenas no cristalino, enquanto que *Tylodelphys* sp., *A. compactum* e *A. mordax* foram identificadas somente no humor aquoso ou vítreo. Talvez por haver esta sobreposição de nicho das últimas três espécies, é que suas prevalências e intensidades encontravam-se tão baixas quando comparadas à Diplostomidae gen. sp. A descrição desta última metacercária se encontra detalhada no capítulo 3.

A baixa prevalência e riqueza de nematoides nas espécies de *Hypostomus* analisados é um padrão que já fora observado anteriormente por outros autores (Luque et al., 2011; Kohn et al., 2011; Franceschini, 2016). Tal fato provavelmente esteja ligado ao hábito detritívoro destes hospedeiros e consequente conformação de seu sistema digestório (Villares-Junior et al., 2016), considerando que a aquisição destes parasitos esteja ligada à rede trófica. Embora se postule que os ecossistemas em latitudes tropicais abriguem um número maior de espécies de potenciais hospedeiros e, consequentemente, de parasitos, nem sempre essa é a regra. Choudhury e Dick (2000) em estudos com comunidades de endoparasitos de peixes de água doce relataram menor riqueza em espécies hospedeiras que vivem em áreas tropicais do que em espécies de maiores latitudes. Fatores como as diferenças geográficas na dieta das espécies hospedeiras relacionadas, a variabilidade espacial na sazonalidade da reprodução do hospedeiro, a história biogeográfica e a diversidade de espécies hospedeiras reais ou potenciais devem ser considerados como pontos que afetam diretamente a riqueza da fauna endoparasitária (Poulin, 2016).

Para as quatro comunidades parasitárias estudadas não houve estabilização das curvas de acumulação de espécies, tanto para o estimador de riqueza (Jackknife) quanto para a riqueza de espécies observada. Além disto, as curvas apresentaram diferentes padrões, causados provavelmente pelas diferenças no esforço amostral de cada espécie hospedeira. Porém, o número total de parasitos identificados em cada uma destas comunidades não apresentou grandes variações, com 14 espécies identificadas em *H. ancistroides* e 18 espécies em *H. regani*. Outro fato a ser considerado foi a diferença entre as curvas de *H. strigaticeps* e *H. hermanni*, onde ambos apresentaram mesma riqueza de espécies de parasitos (15) e praticamente mesmo número de hospedeiros analisados (30 e 31, respectivamente). Porém, em *H. hermanni* é possível observar uma curva mais próxima da estabilização, enquanto que em *H. regani*, ainda seriam necessários muitos exemplares para se atingir uma suficiência amostral mais representativa.

Considerando o grau de importância das espécies dentro das comunidades, no presente estudo houve o predomínio de espécies consideradas satélites (prevalência < 33,3%). Segundo Hanski (1982), o conceito de importância das espécies preconiza que, dentro de cada comunidade as espécies com maior frequência também seriam as mais abundantes e distribuídas na maior parte dos habitats, definindo espécies centrais como aquelas de maior abundância e frequência, e as espécies satélites, o oposto destas. Ainda, segundo Caswell (1978), uma comunidade seria formada por poucas espécies em equilíbrio e que dominavam outras muitas espécies que atuavam para a queda deste equilíbrio. Assim, as espécies ditas centrais seriam aquelas em equilíbrio cujos padrões populacionais seriam previsíveis, enquanto que as satélites se apresentariam de forma inconstante. E este panorama (centrais < satélites) foi observado no presente trabalho, considerando que a distribuição das populações parasitárias dependerá também de fatores naturais, que nem sempre serão iguais ou constantes ao longo de um intervalo de tempo, caracterizando a inconstância desta distribuição.

Diplostomidae gen. sp. e *Oligobdella* sp. foram os *taxa* dominantes entre as espécies de hospedeiros analisadas. Embora sejam de filos diferentes, ocupem localizações distintas nos hospedeiros e consequentemente, adquiridos por vias distintas, dominaram espécies congênicas que compartilham nichos e hábitos alimentares. De acordo com Poulin et al. (2008), a dominância numérica pode ser influenciada pelas diferenças interespecíficas entre as taxas de infecção, o que torna difícil explicar ou determinar quaisquer padrões.

Com relação ao espectro de potenciais hospedeiros, foi observado que *Hypostomus* spp. compartilharam da maioria das espécies de parasitos encontradas. E alguns destes parasitos já foram registrados em outros hospedeiros de outros gêneros (Luque et al., 2011; Cohen et al., 2013; Franceschini, 2016). Os parasitos são designados como especialistas ou generalistas em relação ao número de hospedeiros que utilizam. O problema, no entanto, relaciona-se com a natureza das definições semânticas, já que tais termos ainda são usados de diversas maneiras. Thompson (1982) argumenta que um parasito que infecta 10 espécies de hospedeiros pertencentes ao mesmo gênero pode ser considerado mais específico do que um parasito que infecta somente dois hospedeiros, mas que sejam distantes filogeneticamente (por exemplo, de ordens diferentes). No caso do presente estudo, alguns monogenéticos da família Gyrodactylidae, como *Phanerothecium* sp., podem ser considerados mais especialistas do que algumas metacercárias, como *A. compactum*, já que o primeiro ocorre apenas em peixes do gênero *Hypostomus*, enquanto que *A. compactum* ocorre em peixes Characiformes, Perciformes, Siluriformes e Gymnotiformes (Kritsky et al., 2007; Vital et al., 2016).

Com exceção do padrão de distribuição uniforme ocorrente em *Phanerothecium* sp. no hospedeiro *H. ancistroides*, o padrão agregado foi o observado nas demais espécies, estando de acordo com o que é mais frequente nas infestações/infecções parasitárias em peixes de ambientes naturais (Von Zuben, 1997; Leung, 1998). O padrão agregado possibilita o maior encontro entre os espécimes de parasitos, facilitando sua reprodução. Porém, se os parasitos forem heteroxenos, a agregação pode ser explicada através da susceptibilidade e tolerância dos organismos hospedeiros às infecções, e também pelas diferentes formas de contato dos hospedeiros com os parasitos (Anderson e Gordon, 1982), como por exemplo, o processo que determina como se dará a entrada do parasito no hospedeiro. Espécies de parasitos que entram passivamente (geralmente através de ingestão com os alimentos), tendem a exibir maiores níveis de agregação e carga parasitária média (Amarante et al., 2015).

Em geral, o status autogênico-alogênico dos parasitos parece ser um fator importante que pode afetar os padrões biogeográficos em pequena escala, incluindo a relação área-espécie e a dissimilaridade da comunidade (Esch et al., 1988). Parasitos alogênicos possuem capacidade de colonização mais ampla quando comparados às espécies autogênicas, já que conseguem contornar as barreiras terrestres e assim, podem se dispersar mais rapidamente em novos habitats. Segundo Brown e Kodric-Brown (1977), a maior dispersão teria outras implicações, à medida em que essa troca de espécies também poderia levar à uma estabilidade da comunidade a longo prazo (na forma de efeito-resgate), enquanto que as espécies autogênicas seriam mais suscetíveis a extinção local (Fellis e Esch, 2005). No presente estudo, a grande maioria das espécies foram consideradas como autogênicas, nas quatro comunidades avaliadas, indicando que tais comunidades parasitárias não estariam próximas de um padrão de estabilidade.

A fauna parasitária que explora uma determinada espécie hospedeira pode diversificar-se ao longo do tempo evolutivo através de três processos básicos: especiação intra-hospedeiro, onde uma espécie parasita é submetida a especiação simpátrica, possivelmente por divergência nas preferências de tecido ou local de infecção do tecido; evolução independente de populações de parasitos isolados, levando a múltiplas espécies-filha em toda a faixa geográfica do hospedeiro; e mudança de hospedeiro, ou seja, colonização por novas espécies de parasitos de outras espécies hospedeiras simpátricas (Paterson e Gray, 1997; Vickery e Poulin, 1998). Esses processos devem deixar consequências ligeiramente diferentes nas faunas de parasitos pré-existentes. Se os dois primeiros processos forem predominantes, as novas faunas parasitárias destes hospedeiros deverão incluir múltiplas espécies congênicas.

Talvez este processo explique tantas espécies do gênero *Phanerothecium* spp. presentes em *Hypostomus* spp.

No presente estudo, embora o número de espécimes analisados de cada hospedeiro tenha sido diferente, não houve variação significativa com relação à maioria dos índices (diversidade, riqueza e equitabilidade) entre as espécies de hospedeiro. Estudos que analisam as variáveis de diversidade em relação à fauna parasitária de *Hypostomus* sp. ou de peixes loricariídeos em outras regiões são praticamente inexistentes, o que impede a comparação ou verificação de algum tipo de padrão observado entre estes hospedeiros em diferentes localidades. Para o rio Batalha, as análises feitas com hospedeiros provenientes desta localidade envolvem peixes da ordem Characiformes. Com exceção de um estudo realizado com *Loricaria prolixa* (Isbrücker & Nijssen, 1978), um loricarídeo detritívoro com tendência à carnivoría e abundante na bacia do Tietê-Batalha, apresentou tais índices com valores médios também semelhantes aos obtidos no presente estudo ($H' = 0,94$; $J' = 0,60$ e $d = 0,83$ (Pelegrini et al., 2018). Muitos são os fatores que influenciam a riqueza de espécies de parasitos e sua variação entre as espécies hospedeiras, Kamiya et al. (2013) em sua análise identificou três propriedades básicas do hospedeiro (tamanho do corpo do hospedeiro, tamanho do intervalo geográfico onde o hospedeiro está inserido e densidade populacional do hospedeiro) como correlatos fundamentais e universais da riqueza parasitária, seja qual for o tipo de organismos em consideração. Em um contexto geográfico, o preditor mais forte da riqueza de espécies de parasitos por área é a riqueza de espécies hospedeiras: quanto mais espécies hospedeiras em uma área, mais espécies de parasitos. Outros padrões biogeográficos bem documentados, como a relação área-espécie ou o gradiente latitudinal na diversidade, devem ocorrer como fenômenos quase inevitáveis. Assim, nas condições mais realistas, padrões geográficos na riqueza de espécies de parasitos devem refletir aqueles para riqueza de espécies hospedeiras (Poulin, 2014). Embora haja dados empíricos de alterações antrópicas no rio Batalha que poderiam influenciar a fauna de hospedeiros e seus parasitos, no presente estudo não foram feitas análises de qualidade da água ou de sedimentos para se estabelecer um parâmetro real do quão estas atividades poderiam estar influenciando a diversidade da fauna local.

Houve correlações positivas significativas no presente estudo entre o peso/comprimento padrão dos hospedeiros e a abundância parasitária de metacercárias da família Diplostomidae (*A. compactum* e Diplostomidae gen. sp.), e também com os ectoparasitos de superfície *Oligobdella* sp e *P. agostinhoi*. Este processo é comumente

observado em ectoparasitos cuja transmissão é direta ou quando ocorre penetração ativa de endoparasitos (como é o caso das metacercárias de Diplostomidae). Hospedeiros com dimensões maiores possuirão superfícies de contato maiores, e, portanto, com capacidade de suportar maior abundância parasitária (Saad-Fares e Combes, 1992). Além disso, hospedeiros maiores geralmente são também mais velhos, ou seja, estiveram expostos aos potenciais parasitos há mais tempo que os peixes jovens (Poulin e Morand, 2000; Bush et al., 2001), e sofreram um efeito cumulativo ao longo deste tempo (Rhode, 1993). No caso das metacercárias de Diplostomidae, embora sejam endoparasitos, a infecção não está ligada à rede trófica, pois a infecção das mesmas nos hospedeiros se dá por penetração ativa das cercárias liberadas pelos moluscos na água (Chibwana et al., 2015). Estes resultados demonstraram também uma baixa resposta imunológica do hospedeiro ao longo do tempo contra estas quatro espécies de parasitos, indicando um certo grau de adaptação entre estes.

Já as correlações negativas significativas foram observadas somente com o peso/comprimento padrão dos hospedeiros e espécies de Monogenea. Considerando a baixa taxa de migração destes parasitos, é possível que tais padrões ocorram por conta de mudanças nos processos de defesa imunológica à medida que o peixe envelhece (Scott, 1982). O hospedeiro pode eliminar a população de parasitos através de processos como expulsão, encapsulamento e consequente deterioração do parasito (Kuris et al., 1980). Além do mais, algumas respostas imunes do hospedeiro resultam em imunidade adquirida. Nestes casos, a reinfecção (ou imigração) poderia ser prevenida permanentemente nos hospedeiros, à medida que este cresce, sendo eficaz não apenas contra o parasito específico que induziu a resposta imune, mas também com espécies relacionadas (Cohen, 1973).

Não houve a influência do sexo dos hospedeiros analisados sobre a abundância das espécies de parasitos. O sexo do hospedeiro poderá ter influência sobre os níveis de parasitismo do peixe quando ocorrer diferenças nas dietas por questões comportamentais ou por necessidades fisiológicas entre os mesmos (para produção de hormônios e muco) (Esch et al., 1988). É possível que tal ausência tenha sido ocasionada pelas similaridades de comportamentos entre machos e fêmeas (Oliveira e Bennemann, 2005). Provavelmente ambos os sexos ocupem os mesmos espaços físicos e apresentam as mesmas preferências alimentares, estando expostos aos parasitos durante o mesmo espaço de tempo.

Por fim, com os dados obtidos no presente estudo foi possível concluir a importância do rio Batalha como mantenedouro de biodiversidade local com a relevante contribuição para o conhecimento da biodiversidade das águas interiores do Estado de São Paulo, expandindo as

interações ecológicas entre as relações parasito-hospedeiro de peixes Siluriformes, considerando as lacunas existentes na literatura sobre esta temática com estes organismos em particular. Novos estudos e acompanhamentos podem se fazer necessários, considerando que as comunidades parasitárias são altamente dinâmicas e influenciadas pelas ações antrópicas externas. O presente estudo se trata do primeiro trabalho envolvendo aspectos ecológicos da diversidade parasitária de *Hypostomus* spp. da bacia do Tietê-Batalha. A maioria dos parasitos encontrados se trata de primeiro registro para a região, novos registros de hospedeiros e também alguns gêneros e espécies novas que estão em processo de descrição taxonômica (ver capítulos 1 e 3).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, C. F. et al. Factors associated with parasite aggregation levels in fishes from Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 24, n. 2, p. 174-182, 2015.
- AMATO, J. F. R.; BOEGER, W. A.; AMATO, S. B. *Protocolos para laboratório, coleta e processamento de parasitos do pescado*. Rio de Janeiro: Imprensa Universitária, 1991.
- AYRES, M. et al. *BioEstat 5 - versão 5.3*. Belém: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, 2007.
- ANDERSON, R. M.; GORDON, D. M. Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite-induced host mortalities. *Parasitology*, v. 85, p. 373-398, 1982.
- BOEGER, W. A.; KRITSKY, D. C.; PIE, M. R. Context of diversification of the viviparous Gyrodactylidae (Platyhelminthes, Monogeneoidea). *Zoologica Scripta*, v. 32, n. 5, p. 437–448, 2003.
- BROOKS, D. R. Parasite systematics in the 21st century: opportunities and obstacles. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 95, p. 99–107, 2000.
- BROWN, J. H.; KODRIC-BROWN, A. Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. *Ecology*, v. 58, n. 2, p. 445-449, 1977.
- BUSH, A. O. et al. *Parasitism: The diversity and ecology of animal parasites*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

- BUSH, A. O. et al. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al Revisited. American Society of parasitologists. *The Journal of Parasitology*, v. 83, n. 4, p. 574-583, 1997.
- BUSH, A. O.; AHO, J. M.; KENNEDY, C. R. Ecological versus phylogenetic determinants of helminth parasite community richness. *Evolutionary Ecology*, v. 4, n. 1, p. 1-20, 1990.
- CAMARGO, A. A. et al. Parasites of *Acestrorhynchus lacustris* (Lütken, 1875) (Characiformes: Acestrorhynchidae) collected from the Peixe River, southeast Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 37, n. 2, p. 231-237, 2015.
- CASTRO, R. M. C.; MENEZES, N. A. Estudo diagnóstico da diversidade de peixes do Estado de São Paulo. In: CASTRO, R. M. C. *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Síntese do conhecimento ao final do século XX*. São Paulo: WinnerGraph, 2001.
- CASWELL, H. Predator mediated coexistence; a nonequilibrium model. *The American Naturalist*, v. 120, p. 317-339, 1978.
- CHIBWANA, F. D. et al. Completion of the life cycle of *Tylodelphys mashonense* (Sudarikov, 1971) (Digenea: Diplostomidae) with DNA barcodes and rDNA sequences. *Parasitology Research*, v. 114, n. 10, p. 3675–3682, 2015.
- CHOUDHURY, A.; DICK, T. A. Richness and diversity of helminth communities in tropical freshwater fishes: empirical evidence. *Journal of Biogeography*, v. 27, n. 4, p. 935–956, 2000.
- CLETO-FILHO, S. E. N.; WALKER, I. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM – Amazônia Central. *Acta Amazonica*, v. 31, n. 1, p. 69-89, 2001.
- COHEN, J. E. Heterologous immunity in human malaria. *The Quarterly Review of Biology*, v. 48, p. 467-489, 1973.
- COHEN, S. C.; JUSTO, M. C.; KOHN, A. *South American Monogenoidea parasites of fishes, amphibians and reptiles*. Rio de Janeiro: Oficina de livros, 2013.
- COVAIN, R.; FISCH-MULLER, S. The genera of the Neotropical armored catfish subfamily Loricariinae (Siluriformes: Loricariidae): a practical key and synopsis. *Zootaxa*, v. 1462, p. 1-40, 2007.
- DÉSILETS, H. D. et al. Community structure of *Diplostomum* spp. (Digenea: Diplostomidae) in eyes of fish: Main determinants and potential interspecific interactions. *International Journal for Parasitology*, v. 43, n. 11, p. 929-939, 2013.

- DOMITROVIC, H. A. Histopatología branquial en *Aequidens portalegrensis* (Hensel, 1870): II. Lesiones parasitarias. *Revista Ictiología*, v. 6, p. 43-55, 1998.
- EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. Maringá: Eduem, 2006.
- ESCH, G. W. Patterns in helminthes communities in fresh water fish in Great Britain: Alternative strategies for colonization. *Parasitology*, v. 96, p. 1-14, 1988.
- ESCH, G.W. et al. Patterns and processes in helminth parasite communities: an overview. In: ESCH, G. W.; BUSH, A. O.; AHO, J. *Parasite communities: patterns and process*. New York: Chapman & Hall, 1990.
- FELLIS, K. J.; ESCH, G. W. Autogenic–allogenic status affects interpond community similarity and species area relationship of macroparasites in the bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus*, from a series of freshwater ponds in the piedmont area of North Carolina. *Journal of Parasitology*, v. 91, n. 4, p. 764-767, 2005.
- FERRARIS, C. J. Checklist of catfishes, recent and fossil (Osteichthyes: Siluriformes), and catalogue of siluriform primary types. *Zootaxa*, v. 1418, p. 1-628, 2007.
- FRANCESCHINI, L. *Biodiversidade de parasitas de peixes da família Loricariidae (Teleostei: Siluriformes) procedentes do rio Sapucaí-Mirim, Brasil*. 2016. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, São Paulo.
- GROBBELAAR, A. et al. Pathology of eyes and brain of fish infected with diplostomids, southern Africa. *African Zoology*, v. 50, n. 2, p. 181–186, 2015.
- GROSBERG, R. K.; VERMEIJ, G. J.; WAINWRIGHT, P. C. Biodiversity in water and on land. *Current Biology*, v. 22 n. 21, p. 900–903, 2012.
- GUO, F. C.; WOO, P. T. K. Selected parasitosis in cultured and wild fish. *Veterinary Parasitology*, v. 163, p. 207–216, 2009.
- HANSKI, I. Dynamics of regional distribution: the core and satellite species hypothesis. *Oikos*, v. 38, p. 210-221, 1982.
- KAMIYA, T. et al. What determines species richness of parasitic organisms? A meta-analysis across animal, plant and fungal hosts. *Biological Reviews*, v. 89, n. 1, p. 123–134, 2013.
- KOHN, A. et al. Helminths of freshwater fishes in the reservoir of the Hydroelectric Power Station of Itaipu, Paraná, Brazil. *Check List*, v. 7, p. 681-690, 2011.

- KOSKIVAARA, M.; VALTONEN, E. T. *Dactylogyrus* (Monogenea) communities On the gills of roach in three lakes in Central Finland. *Parasitology*, v. 104, p. 263-272, 1992.
- KOSKIVAARA, M.; VALTONEN, E. T.; VUORI, K. M. Microhabitat distribution and coexistence of *Dactylogyrus* species (Monogenea) on gills of roach. *Parasitology*, v. 104, p. 273-281, 1992.
- KRITSKY, D. C.; VIANNA, R. T.; BOEGER, W. A. Neotropical Monogenoidea. 50. Oviparous gyroductylids from loricariid and pimelodid catfishes in Brazil, with proposal of *Phanerothecioides* n. g., *Onychogyrodactylus* n. g. and *Aglaiogyrodactylus* n. g. (Polyonchoinea: Gyrodactylidea). *Systematic Parasitology*, v. 66, p. 1-34, 2007.
- KURIS, A. M.; BLAUSTEIN, A. R.; ALIO, J. J. Hosts as Islands. *American Naturalist*, v. 116, n. 4, p. 570-586, 1980.
- LEITE, L. A. R. et al. *Contracaecum* sp. parasitizing *Acestrorhynchus lacustris* as a bioindicator for metal pollution in the Batalha River, southeast Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 575, p. 836-840, 2017.
- LEITE, L. A. R. *Metazoários parasitos de Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) provenientes do rio Batalha, Estado de São Paulo: ecologia e uso como indicadores de poluição aquática. 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Sagrado Coração, Bauru, São Paulo.
- LEUNG, B. Aggregated parasite distributions on hosts in a homogeneous environment: examining the Poisson null model. *International Journal for Parasitology*, v. 28, p. 1709–1712, 1998.
- LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. New York: John Wiley & Sons, 1988.
- LUQUE, J. L. et al. Checklist of Nematoda associated with the fishes of Brazil. *Zootaxa*, v. 3082, p. 1-88, 2011.
- MAGURRAN, A. E. *Measuring Biological Diversity*. USA: Blackwell Publishing, 2013.
- MORAND, S.; KRASNOV, B. R. *The Biogeography of Host–Parasite Interactions*, New York: Oxford University Press, 2010.
- NEGRELLI, D. C.; ABDALLAH, V. D.; AZEVEDO, R. K. Metazoan parasites of the lambari *Astyanax altiparanae* collected in the Batalha River, state of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* (Epub Nov 13, 2017), v. 78, n. 3, 2018.

- OLIVEIRA, D. C.; BENNEMANN, S. T. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. *Biota Neotropica*, v. 5, p. 95-107, 2005.
- OYAKAWA, O. T.; MENEZES, N. A. Checklist dos peixes de água doce do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 11, p. 19-31, 2010.
- PATERSON, A. M.; GRAY, R. D. Host-parasite cospeciation, host switching, and missing the boat. In: CLAYTON, D. H.; MOORE, J. *Host-Parasite Evolution: General Principles and Avian Models*. Oxford: Oxford University Press, 1997.
- PEDRO, N. H. O. et al. Biodiversity of metazoan parasites in *Acestrorhynchus lacustris* (Lütken, 1875) (Characiformes: Acestrorhynchidae) from the Batalha River, São Paulo State, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 11, n. 4, p. 336-344, 2016a.
- PEDRO, N. H. O. et al. First record of *Rhipidocotyle santanaensis* (Digenea) parasitizing *Acestrorhynchus lacustris* from Batalha River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 76, n. 4, p. 878- 883, 2016b.
- PELEGRINI, L. S. et al. Biodiversity and ecology of the parasitic infracommunities of *Loricaria prolixa* (Siluriformes: Loricariidae) from the Tietê-Batalha Basin, SP, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, In press, 2018.
- POULIN, R. Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities. *The Journal of Parasitology*, v. 84, n. 3, p. 485-490, 1998.
- POULIN, R. Greater diversification of freshwater than marine parasites of fish. *International Journal for Parasitology*, v. 46, n. 4, p. 275–279, 2016.
- POULIN, R. Macroecological patterns of species richness in parasite assemblages. *Basic and Applied Ecology*, v. 5, n. 5, p. 423–434, 2004.
- POULIN, R. Parasite biodiversity revisited: frontiers and constraints. *International Journal for Parasitology*, v. 44, n. 9, p. 581–589, 2014.
- POULIN, R. et al. Species abundance distributions and numerical dominance in gastrointestinal helminth communities of fish hosts. *Journal of Helminthology*, v. 82, n. 3, p. 193-202, 2008.
- POULIN, R.; MORAND, S. The diversity of parasites. *The Quarterly Review of Biology*, v. 75, p. 277–293, 2000.

- PRIMER-E. *Plymouth routines in multivariate ecological research - Primer 6, versão 6.1.6*; UK: Plymouth, 2006.
- RABINOVICH, J. E. *Introducción a la ecología de poblaciones animales*. México: Continental, 1980.
- ROHDE, K. *Ecology of marine parasites: an introduction to marine parasitology*. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1993.
- ROHDE, K. Intraspecific and interspecific interactions in low density populations in resource-rich habitats. *Oikos*, v. 60, p. 91-104, 1991.
- ROHDE, K.; HAYWARD, C.; HEAP, M. Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. *International Journal for Parasitology*, v. 25, n. 8, p. 945-970, 1995.
- ROSENBERG, M. S.; ANDERSON, C. D. PASSaGE: Pattern Analysis, Spatial Statistics, and Geographic Exegesis. Version 2. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 2, n. 3, p. 229-232, 2011.
- SAAD-FARES, A.; COMBES, C. Abundance/host size relationship in a fish trematode community. *Journal of Helminthology*, v. 66, n. 03, p. 187-192, 1992.
- SANTOS, F. S.; HEUBEL, M. T. C. D. Composição da comunidade ictiológica e biometria taxológica na lagoa de captação de água do DAE no rio Batalha (Bauru-SP). *Salusvita*, v. 27, n. 1, p. 29-44, 2008.
- SANTOS, M. D. et al. First report of larval *Spiroxys* sp. (Nematoda, Gnathostomatidae) in three species of carnivorous fish from Três Marias Reservoir, São Francisco River, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 4, n. 3, p. 306-311, 2009.
- SCOTT, J. S. Digenean parasite communities in flatfishes of the Scotian Shelf and southern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Zoology*, v. 60, p. 2804-2811, 1982.
- SILVA, F.L. et al. Macroinvertebrados aquáticos do reservatório do rio Batalha para a captação das águas e abastecimento do município de Bauru, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, v. 4, p. 66-74, 2009.
- SOARES, M. G. M. et al. *Peixes de lagos do médio Rio Solimões*. 2. ed. rev. Manaus: Instituto Piatam, 2008.
- SURIANO, D. M. El genero *Unilatus* Mizelle y Kritsky, 1967. (Monogenea: Ancyrocephalidae) parasito de Siluriformes (Pisces: Loricariidae) del Rio Negro, Manaus, Brasil. *Neotropica*, v. 31, p. 163-175, 1985.
- THATCHER, V. E. *Amazon Fish Parasites*. 2.ed. Bulgaria: Pensoft Publishers, 2006.

- THOMPSON, J. N. The evolution of species interactions. *Science*, v. 284, p. 2116–2118, 1999.
- VICKERY, W. L.; POULIN, R. Parasite extinction and colonization and the evolution of parasite communities. *International Journal for Parasitology*, v. 28, p. 727–737, 1998.
- VILLARES-JUNIOR, G. A.; CARDONE, I. B.; GOITEIN, R. Comparative feeding ecology of four syntopic *Hypostomus* species in a Brazilian southeastern river. *Brazilian Journal of Biology*, v. 76, n. 3, p. 692–699, 2016.
- VITAL, J. F. et al. Metacercárias de *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) em peixes de lagos de várzea da Amazônia Brasileira. *Folia Amazônica*, v. 25, n. 2, p. 153-158, 2016.
- VON ZUBEN, C. J. Implicações da agregação espacial de parasitas para a dinâmica populacional na interação hospedeiro-parasita. *Revista de Saúde Pública*, v. 31, n. 5, p. 523-530, 1997.
- WIENS, J. J. Faster diversification on land than sea helps explain global biodiversity patterns among habitats and animal phyla. *Ecology Letters*, v. 18, n. 11, p. 1234– 1241, 2015.
- WOO, P. T. K. *Fish diseases and disorders. Vol. 1: protozoan and metazoan infections*. Oxfordshire: CABI, 2006.
- ZAR, J. H. *Biostatistical Analysis*. New Jersey: Prentice-Hall International Editions. 1999.

CAPÍTULO 3.

Ocorrência de metacercárias de Diplostomidae (Platyhelminthes, Digenea) em peixes Siluriformes do rio Batalha, São Paulo, Brasil: taxonomia integrativa entre análises morfológicas e moleculares

RESUMO

Os digenéticos da família Diplostomidae apresentam ciclos de vida complexos, utilizando três hospedeiros, onde os peixes serão os segundos hospedeiros intermediários. Em peixes de água doce, as larvas de diplostomídeos (ou metacercárias) podem ser encontradas encistadas em tecidos ou livres na pele, musculatura, gônadas, sistema nervoso central, e principalmente nos olhos. A identificação das espécies de diplostomídeos em todas as fases do ciclo de vida não é fácil, mas a maior dificuldade se encontra na identificação das metacercárias, pois a morfologia simples faz com que as identificações morfológicas nem sempre se tornem confiáveis para discriminar espécies. Assim, objetivou-se neste trabalho a identificação de metacercárias de trematódeos digenéticos da família Diplostomidae parasitos de onze espécies de peixes Siluriformes do rio Batalha, Estado de São Paulo, Brasil, baseada na caracterização genética das seqüências do gene Citocromo C Oxidase subunidade I (COI) e análise dos caracteres morfológicos destes organismos, com a sugestão de um novo gênero distinto das demais linhagens genéticas de Diplostomidae já descritas. Foram analisados 282 exemplares de peixes pertencentes às espécies: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae*, *Rhamdia quelen* e *Hoplosternum littorale*. Os hospedeiros foram necropsiados, e os parasitos encontrados foram enviados para microscopia eletrônica, para análise molecular e análises histológicas foram feitas nos olhos de alguns hospedeiros. As metacercárias foram encontradas em todas as espécies analisadas, com uma prevalência total de 86,9%. Foram contabilizados 3658 parasitos, os quais se encontravam exclusivamente nas lentes do cristalino. A análise filogenética mostrou que as espécies formaram clusters em dois clados principais. Um dos clados foi composto somente por espécies do gênero *Diplostomum* e o outro clado foi composto principalmente por espécies de *Tylodelphys*, porém com a presença de *D. ardeae* formando um subclado com o diplostomídeo analisado nesse trabalho. Dados da literatura afirmam que *D. ardeae* poderia ter sido classificado erroneamente quanto ao seu gênero, constituindo juntamente com a espécie encontrada no presente estudo um gênero distinto ainda não caracterizado. Existe um reconhecimento crescente de que a aplicação rigorosa das técnicas moleculares aliada à taxonomia é importante para muitos aspectos da parasitologia. Trabalhos como este reforçam pesquisas recentes que também utilizam as seqüências do gene COI como marcadores associados a caracterização morfológicas.

Palavras-chave: Trematódeos digenéticos, Citocromo C Oxidase subunidade I, identificação molecular, descrição morfológica

ABSTRACT

Diplostomidae digeneans present complex life cycles, using three hosts, where the fish will be the second intermediate hosts. In freshwater fishes, diplostomids larvae (or metacercariae) can be found encapsulated in tissues or free in the skin, musculature and central nervous system, and especially in the eyes. The diplostomids identification species in all phases of the life cycle is not easy, but the greatest difficulty is found in the identification of metacercariae, since simple morphology makes morphological identifications not always reliable for discriminating species. The objective of this work was made the identification of diplostomids metacercariae parasites of eleven Siluriformes fish species on the Batalha River, State of São Paulo, Brazil, based on the genetic characterization of the sequences of the Cytochrome C Oxidase subunit I gene (COI) and analysis of the morphological characters of these organisms, with the suggestion of a new genus distinct from the other genetic lines of Diplostomidae already described. A total of 282 specimens belonging to the species *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae*, *Rhamdia quelen* and *Hoplosternum littorale* were analyzed. The hosts were necropsied, and the parasites found were sent to electron microscopy, for molecular analysis and histological analyzes were done on the eyes of some hosts. The metacercariae were found in all species analyzed, with a total prevalence of 86.9% and 3658 parasites were counted, which were found exclusively on the lenses. Phylogenetic analysis showed that the species formed clusters in two main clades. One clade was composed only of species of the genus *Diplostomum* and the other clade was composed mainly of *Tylodelphys* species, but with the presence of *D. ardeae* forming a subclade with the diplostomid analyzed in this work. Data from the literature state that *D. ardeae* could have been classified erroneously as to its genus, constituting together with the species found in the present study a distinct genus not yet characterized. Difficulties in determining species belonging to the Diplostomidae family are not unique to this family. There is growing recognition that rigorous application of molecular techniques coupled with taxonomy is important for many aspects of parasitology. Studies like this reinforce recent research that also uses the COI gene sequences as markers associated with morphological characterization.

Keywords: trematodes, Cytochrome C Oxidase I subunit, molecular identification, morphological description

INTRODUÇÃO

A determinação correta das espécies, que compreende um dos objetivos centrais da taxonomia e sistemática, é de suma importância para compreensão de muitos processos evolutivos e mecanismos ecológicos dentro das comunidades (Sites e Marshall, 2003). A grande maioria dos organismos vivos foram descritos primariamente com base em seus caracteres morfológicos. Porém, além da alta demanda de material a ser descrito e da diminuição considerável de especialistas em taxonomia da maioria dos grupos considerados “Invertebrados”, muitos organismos são de difícil identificação, principalmente quando tais espécies apresentam diferentes fases de desenvolvimento ontogenético. Assim, a utilização de análises moleculares mostrou-se como uma ferramenta auxiliar para identificação e delimitação de espécies.

Os parasitos representam uma grande parte da diversidade de espécies conhecidas e são considerados como tendo um alto potencial para a especiação (McCoy, 2003) e, portanto, estão entre os melhores candidatos para a exploração de limites de espécies com a ajuda de métodos moleculares. A obtenção de sequências de genes de indivíduos adultos poderia proporcionar meios diretos e eficientes de identificação dos estágios larvais e, portanto, inferindo ciclos de vida completos (Olson e Tkach, 2005). Assim, as práticas taxonômicas modernas em helmintos combinam dados morfológicos e seqüências de DNA, permitindo o estabelecimento de uma ligação entre estágios larvais e adultos em diferentes espécies hospedeiras em um ecossistema (Nadler e Pérez-Ponce de León, 2011).

Composta por mais de 18 mil espécies nominais, a subclasse Digenea é o grupo mais especioso dentro do filo Platyhelminthes, e pode ser o maior grupo de metazoários endoparasitos de animais (Cribb et al., 2001). Embora exista uma extensa literatura sobre o grupo, a classificação e a filogenia dos trematódeos digenéticos permaneceram instáveis, e sua origem, evolução, e a diversidade de ciclos de vida tem sido objetos de estudos frequentes. Estudo de história natural de Digenea é algo particularmente complexo, considerando as diversas sequências de estágios ontogenéticos nos quais poderão ocorrer mudanças em sua morfologia, os diferentes tipos de hospedeiros e de nichos nos quais estes organismos podem ser encontrados. Além do mais, dados sobre a ontogenia da maioria dos grupos de digenéticos são fragmentados ou incompletos (Yamaguti, 1975). Assim, a adoção

de técnicas moleculares foi especialmente aceita por pesquisadores que trabalham em sua sistemática, evolução e ecologia.

Os digenéticos da família Diplostomidae Poirier, de 1886 compreendem um grupo grande e diversificado de platelmintos que apresentam ciclos de vida complexos, utilizando três hospedeiros. Inicialmente infectam moluscos (caramujos) que atuarão como os primeiros hospedeiros intermediários. Em seguida, peixes e ocasionalmente anfíbios e répteis serão os segundos hospedeiros intermediários, e aves piscívoras e mamíferos como hospedeiros finais de seu ciclo de vida (Dubois, 1961, 1970; Niewiadomska, 2002).

Morfológicamente, pode-se caracterizar os diplostomídeos com um corpo geralmente bissegmentado, com a presença de um órgão tribocítico ventral (erroneamente denominado como “órgão adesivo”) que possui uma glândula proteolítica responsável pela digestão extra-intestinal da mucosa do hospedeiro (Dubois, 1970). O segmento anterior apresenta ventosas e muitas vezes pseudo-ventosas, que assegura a fixação do parasito e a sua nutrição: graças à esta estrutura particular, em formato de colher ou calha, que facilita a entrega do tecido liquefeito em torno da boca até a faringe. O segmento posterior contém as gônadas e o aparelho copulatório. A vitelária ou folículos vitelogênicos podem estar distribuídas nos dois segmentos do corpo ou apenas no segmento posterior (Dubois, 1968).

Em peixes de água doce, as larvas de diplostomídeos (ou metacercárias) podem ser encontradas encistadas em tecidos ou livres na pele, olhos, musculatura e sistema nervoso central (Niewiadomska, 2002). De acordo com Locke et al. (2010), há uma tendência para infecção dos tecidos cerebral e ocular. Nos olhos, elas podem ser encontradas na retina, humores aquoso e vítreo e na lente do cristalino do peixe hospedeiro.

Estes parasitos são considerados agentes patogênicos importantes em diversas espécies de peixes, com relatos de prejuízos tanto em ambiente confinado quanto em estoques naturais. As migrações de um grande número de estágios infecciosos pós-cercária em direção aos locais de infecção causam hemorragia de capilares e vasos sanguíneos obstruídos, principalmente na cabeça e no cérebro e podem causar mortalidade principalmente em peixes jovens (Szidat e Nani, 1951; Shigin, 1986). Em altas densidades, as metacercárias podem causar hemorragia na musculatura, catarata ocular ou distorção craniana com ruptura do tecido cerebral que, em última análise, resulta em uma menor sobrevivência do hospedeiro (Chappell, 1995; Sandland e Goater, 2001), além de aumentar a susceptibilidade dos peixes infectados à predação (Chappell et al., 1994).

A identificação das espécies de diplostomídeos em todas as fases do ciclo de vida não é fácil, mas a maior dificuldade se encontra na identificação das metacercárias, pois a morfologia simples associada à variação ontogenética de acordo com a espécie, tamanho e idade do hospedeiro ou mesmo conforme a densidade de infecção faz com que as identificações morfológicas nem sempre se tornem confiáveis para discriminar espécies (Graczyk, 1991b; Niewiadomska e Niewiadomska-Bugaj, 1995). Claramente, as limitações de obtenção dos parasitos adultos a partir dos hospedeiros finais (aves) e a dificuldade de completar os ciclos de vida em laboratório dificultaram o progresso taxonômico neste grupo.

A utilização de uma única metodologia para se determinar uma espécie pode levar a equívocos em diversas escalas. As variações fenotípicas intraespecíficas e a existência de espécies crípticas ou complexo de espécies que são morfologicamente iguais, mas distintas em nível molecular faz com que a utilização da taxonomia integrativa para a descoberta e delineamento de espécies se torne uma necessidade (Dayrat, 2005). As metacercárias pertencentes à família Diplostomidae não identificadas em nível específico baseadas apenas na morfologia, são agrupadas em níveis taxonômicos mais gerais, e acabam por gerar um número relativamente pequeno de espécies nos estudos de registro de ocorrência, mas que parasitam uma grande variedade de peixes (Hoffman, 1999). Pouco se sabe sobre a verdadeira diversidade destas metacercárias e do grau de especificidade da relação parasito-hospedeiro (Poulin, 2007).

Estudos recentes sobre diplostomídeos ilustram a utilidade de tais abordagens. Os genes mitocondriais nicotinamida-adenina-dinucleotídeo desidrogenase subunidade 1 (NAD1) e o citocromo C oxidase subunidade 1 (COI), bem como os dois espaçadores transcritos internos do rRNA (ITS1 e ITS2) são os marcadores mais utilizados na identificação molecular, elucidação de ciclos de vida e prospecção de espécies crípticas dentro da subclasse Digenea (Nolan e Cribb, 2005; Olson e Tkach 2005; Vilas et al., 2005; Criscione et al., 2005). Isso possibilitou o aumento do número de espécies, além da determinação de espécies digenéticas crípticas morfolologicamente semelhantes (Pérez-Ponce de León e Nadler, 2010).

Trabalhos que envolvam a associação de análises morfológicas com ferramentas moleculares em metacercárias de diplostomídeos tem sido realizado pontualmente em determinadas regiões (Chibwana e Nkwengulila, 2010; Chibwana et al., 2013; Otachi et al.; 2014; Blasco-Costa et al., 2017), mas sem relatos no Brasil. O objetivo deste trabalho foi a caracterização morfológica e molecular de metacercárias de trematódeos digenéticos da

família Diplostomidae parasitos de onze espécies de peixes Siluriformes do rio Batalha, Estado de São Paulo, Brasil, baseada na análise genética das seqüências do gene Citocromo C Oxidase subunidade I (COI) e análise dos caracteres morfológicos destes organismos, com a sugestão de um possível novo gênero distinto das demais linhagens genéticas de Diplostomidae já descritas.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e análise dos hospedeiros

As coletas dos peixes Siluriformes foram realizadas de fevereiro de 2014 a dezembro de 2016 na bacia do Tietê-Batalha, em dois pontos distintos do rio Batalha que apresentam características limnológicas distintas. O primeiro ponto, composto por um ecossistema lântico altamente antropizado, fica localizado na lagoa de captação de água do Departamento de Água e Esgoto de Bauru (DAE), entre os municípios de Bauru e Piratininga, SP (22°24'46"S e 49°05'05"O). O segundo ponto, com características lólicas, se localiza na calha principal do rio Batalha, no município de Reginópolis, SP (21°53'17"S e 49°13'31"O). A distância entre os pontos é de aproximadamente 135 Km. Para este procedimento foram utilizadas redes de espera de monofilamento de nylon com diferentes tipos de malhas (variando de 2 a 10 cm entrenós alternados), sendo colocadas durante a noite e retiradas ao amanhecer, nas regiões próximas ao fundo ou encostas, locais preferenciais das espécies hospedeiras. Os peixes foram armazenados individualmente em sacos plásticos, congelados e levados para análise em laboratório.

Foram analisados 282 exemplares de peixes pertencentes a três famílias e 11 espécies, denominadas: *Hypostomus regani* (Iheringi, 1905) (n=60; IBB 22920), *H. strigaticeps* (Regan, 1908) (n=30), *H. hermanni* (Ihering, 1905) (n=31; NUP 17245), *H. iheringii* (Regan, 1908) (n=17; NUP 17008), *H. ancistroides* (Ihering, 1911) (n=25; IBB 22922), *H. albopunctatus* (Regan, 1908) (n=11; IBB 22916), *H. paulinus* (Regan, 1905) (n=3; NUP 17244), *Loricaria prolixa* Isbrücker & Nijssen, 1978 (n=40), *L. piracicabae* (Ihering, 1907) (n=2; NUP 17246), *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) (n=10) e *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) (n=53; IBB 22921).

Coleta dos parasitos e análise morfológica

Os peixes foram necropsiados e os olhos foram retirados, abertos, lavados, peneirados e examinados em estereomicroscópio. As metacercárias encontradas foram coletadas com auxílio de estiletos, contabilizadas e armazenadas em etanol 70° GL. Os exemplares destinados para as análises moleculares foram armazenados em etanol absoluto. Todas as metacercárias dos olhos não se encontravam dentro de cistos.

Para análise morfológica interna, os parasitos foram corados utilizando-se da técnica de desidratação alcoólica do método do Carmim Clorídrico Alcoólico (ou Carmalúmen de Mayer), e também da coloração de Tricrômico de Gomori, sem utilizar técnicas de compressão para com os mesmos. Os parasitos corados foram diafanizados em creosoto de faia ou Eugenol (óleo de cravo) e lâminas permanentes foram montadas em bálsamo do Canadá (Amato et al., 1991; Eiras et al., 2006).

As capturas de imagens foram realizadas com câmera Motican acoplada à ocular do microscópio óptico de luz comum e em seguida foram feitas as medidas das estruturas dos parasitos com o auxílio do software Motic Images Plus 5.0. As ilustrações foram feitas em câmara clara acoplada ao microscópio óptico. Todas as medidas são dadas em micrômetros (μm), sendo a média seguida pelo desvio padrão e amplitude de variação (mínimo-máximo). Foram selecionados os seguintes exemplares para a obtenção das medidas: cinco exemplares de *H. regani*, cinco de *H. strigaticeps*, cinco de *H. hermanni*, quatro de *H. iheringii*, quatro de *H. ancistroides*, quatro de *H. albopunctatus*, quatro de *L. prolixa*, quatro de *R. quelen* e quatro de *Hoplosternum littorale*.

Alguns espécimes foram também fixados diretamente em glutaraldeído a 2,5% em tampão fosfato 0,1M sendo transferidos para tetróxido de ósmio a 0,5% em água destilada para serem utilizados nas preparações para microscopia eletrônica de varredura (MEV), cujo procedimento se realizou no Centro de Microscopia do Instituto de Biociências da UNESP, Botucatu, SP.

Para se verificar a ocorrência de algum tipo de alteração tecidual, foram realizadas montagens histológicas contendo os olhos inteiros ou somente o cristalino de alguns hospedeiros (olhos de três exemplares de *H. regani* e três de *H. hermanni*). Os tecidos foram fixados em formol 10%, montados em blocos de parafina para o preparo dos cortes histológicos com 5 μm de espessura e corados com os métodos Tricrômico de Masson e com

a coloração de Hematoxilina-Eosina (H/E), e lâminas de microscopia óptica foram confeccionadas.

Holótipos, parátipos e *vouchers* dos parasitos serão enviados para depósito na Coleção Helmintológica do Instituto de Biociências de Botucatu (CHIBB), da Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Coleção Zoológica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em Manaus, AM. *Vouchers* dos hospedeiros analisados foram depositados na Coleção Ictiológica do Nupélia (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura) (NUP), da Universidade Estadual de Maringá, PR, e na Coleção de Peixes do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes do Instituto de Biociências de Botucatu (IBB), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Botucatu, SP.

Extração de DNA, amplificação e sequenciamento

As amostras de diplostomídeos coletados nos olhos das diferentes espécies de Siluriformes analisadas foram submetidas ao processo de extração de DNA. A extração foi feita de acordo com o protocolo DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen, Alemanha), para extração de DNA de tecidos de pequenos organismos. O gene COI foi amplificado utilizando um protocolo de PCR utilizando o par de primers MplatCOX1dF (5'-TGTAACGACGGCCAGTTTWCITTRGATCATAAG-3') e MplatCOX1dR (5'-CAGGAAACAGCTATGACTGAAAYAAAYAIIGGATCICCACC-3') (Moszczyńska et al., 2009). As amplificações foram realizadas em Bio-Rad Mycycler pessoal termociclador (Bio-Rad Laboratories Pty Ltd., Gladesville, Austrália), com desnaturação inicial a 94 °C durante 1 minuto, seguido de 5 ciclos em 94 °C durante 40 segundos, 45 °C para temperatura de anelamento durante 40 segundos e 72 °C durante 1 minuto. Depois foram realizados 35 ciclos em 94 °C durante 40 segundos, 51 °C para temperatura de anelamento durante 40 segundos, 72 °C durante 1 minuto e uma extensão final a 72 °C durante 5 minutos. As amplificações de PCR convencionais foram realizadas em 25 µl de reações contendo 5 µl do DNA extraído e 1 µl de cada primer de PCR, utilizando Ready-to-Go PCR beads (Pure Taq™ Ready-to-Go™ beads, GE Healthcare, Chicago, USA). A solução consistiu em estabilizadores, BSA, dATP, dCTP, dGTP, dTTP, ~ 2,5 unidades de polimerase de DNA puReTaq e tampão de reação. A bead foi reconstituída até um volume final de 25 µl e a concentração de cada dNTP foi de 200 µM em Tris-HCl 10 mM (pH 9,0 à temperatura ambiente), KCl 50 mM e MgCl₂ 1,5 mM. Após a verificação da presença dos amplicons de DNA esperados num gel de agarose a 1% em tampão TBE, os produtos de PCR foram purificados utilizando QIAquick PCR

Purification Kit (Qiagen®, CA, EUA). O sequenciamento automatizado foi realizado diretamente sobre os produtos de PCR purificados a partir de amostras utilizando o kit de Reação de Sequenciamento de Ciclo Terminador BigDye v.3.1 (Applied Biosystems, Foster City, CA, EUA) para sequenciação de ciclos. As amostras foram sequenciadas em um analisador genético Applied Biosystems ABI 3500 DNA. As sequências obtidas a partir de diplostomídeos parasitos de olhos foram montadas e alinhadas com espécies próximas depositadas no GenBank usando o software BioEdit v. 7.0.9 (Hall, 1999).

Análises filogenéticas

Para análise filogenética, as sequências correspondentes foram montadas no software Sequencher™ v. 5.2.4 (Gene Codes, Ann Arbor, MI). As sequências parciais obtidas do gene COI foram alinhadas com sequências relacionadas previamente a partir de diplostomídeos que apresentam pseudoventosas e que tem as suas sequências depositadas no Genbank, que consiste nos gêneros *Diplostomum* Nordmann, 1832, *Tylodelphys* Diesing, 1850, *Austrodiplostomum* Szidat & Nani, 1951 e *Hysteromorpha* Lutz, 1931.

As sequências de ácidos nucleicos foram alinhadas utilizando Geneious versão 7.1.3 (Kearse et al., 2012) com algoritmo ClustalW (Larkin et al., 2007) e configurações padrão. Todas as análises foram realizadas utilizando apenas posições que eram inequivocamente alinháveis em todos os táxons. As análises filogenéticas foram realizadas incluindo espécies dos gêneros supracitados com as sequências obtidas no presente estudo. *Apatemon* sp. ‘*jamiesoni*’ Szidat, 1928, *Apatemon* sp. 1, *Apatemon* sp. 3 e *Australapatemon niewiadomski* Blasco-Costa, Poulin & Presswell, 2015 foram usados como grupo externo (Tabela 1).

O programa JModelTest 2.1.1 (Posada, 2008) foi utilizado para selecionar o modelo evolutivo mais adequado ao conjunto de dados para a Inferência Bayesiana (IB) e Máxima Verossimilhança (ML). A Inferência Bayesiana foi feita utilizando MrBayes 3.1.2 (Ronquist e Huelsenbeck, 2003) e a Máxima Verossimilhança foi feita utilizando o PhyML (Guindon e Gascuel 2003) e foram feitas corridas usando o modelo de substituição de nucleotídeos HKY+I+G. Cadeias de Markov Chain Monte Carlo (MCMC) foram feitas para 10 milhões de árvores geradas. O *burn in* foi configurado para 25% e como método de confiabilidade foi utilizado probabilidade a posteriori. Os suportes para Máxima Verossimilhança foram determinados pelo *bootstrap*, 100 replicatas. Árvores filogenéticas foram visualizadas e

editadas em FigTree v1.4 (Rambaut, 2012). Um alinhamento contendo somente sequências de diplostomídeos que possuem pseudoventosas foi usado para produzir uma matriz de distância.

Tabela 1. Espécies de Diplostomidae e Strigeidae utilizadas na análise molecular filogenética (gene COI) com dados dos hospedeiros, localidades, número de acesso no GenBank e referência consultada.

Espécies de parasitos	Hospedeiros	Localidade	No. acesso GenBank	Referência
Strigeidae				
<i>Apatemon</i> sp.	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Nova Zelândia	KT334181	Blasco-Costa et al. 2017
<i>Apatemon</i> sp.1	<i>Etheostoma nigrum</i>	Canadá	HM064633	Locke et al. 2010
<i>Apatemon</i> sp.3	<i>Ambloplites rupestris</i>	Canadá	HM064645	Locke et al. 2010
<i>Australapatemon niewiadomski</i>	<i>Anas platyrhynchos</i>	Nova Zelândia	KT334180	Blasco-Costa et al. 2017
Diplostomidae				
<i>Austrodiplosmum ostrowskiae</i>		EUA	KR271028	Locke et al. 2015
<i>Austrodiplosmum ostrowskiae</i>		Peru (Amazonia)	KR271027	Locke et al. 2015
<i>Austrodiplostomum</i> sp. 1		EUA	KR271029	Locke et al. 2015
<i>Austrodiplostomum</i> sp. 2		EUA	KR271032	Locke et al. 2015
Diplostomidae gen. sp. (haplotipo 1 a 2)	<i>Hypostomus regani</i> , <i>H. strigaticeps</i> , <i>H. hermanni</i> , <i>H. iheringii</i> , <i>H. ancistroides</i> , <i>H. albopunctatus</i> , <i>H. paulinus</i> , <i>Loricaria prolixa</i> , <i>L. piracicabae</i> <i>Rhamdia quelen</i> <i>Hoplosternum littorale</i>	Brasil		PRESENTE ESTUDO
<i>Diplostomum ardeae</i>		Canadá	KR271033	
<i>Diplostomum baeri</i>	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Reino Unido e Escócia	KX037877	Rahn et al. 2016
<i>Diplostomum huronense</i>	<i>Notemigonus crysoleucas</i>	Canadá	HM064672	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum indistinctum</i>		Canadá	GQ292485	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum mergi</i> complex sp.2		China	KR271082	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum parviventosum</i>	<i>Radix auricularia</i>	Alemanha	KR149512	Selbach et al. 2015
<i>Diplostomum pseudospathaceum</i>		Alemanha	KR271095	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum spathaceum</i>		Iraque	KR271469	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp.		Alemanha	KR271471	Locke et al. 2015

<i>Diplostomum</i> sp.	<i>Synodontis nigrita</i>	Nigéria	KC685359	Chibwana et al. 2013
<i>Diplostomum</i> sp.		Canadá	KM538089	Van Steenkiste et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. 1	<i>Larus argentatus</i>	Canadá	HM064687	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum</i> sp. 1		Canadá	KR271265	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. 1	<i>Larus delawarensis</i>	Canadá	GQ292481	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum</i> sp. 2	<i>Pimephales notatus</i>	Canadá	GQ292486	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum</i> sp. 2	<i>Notropis hudsonius</i>	Canadá	HM064692	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum</i> sp. 2		Canadá	KR271272	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. LIN2	<i>Radix peregra</i>	Islândia	KJ726456	Blasco-Costa et al. 2014
<i>Diplostomum</i> sp.3	<i>Ambloplites rupestris</i>	Canadá	HM064697	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum</i> sp.3	<i>Micropterus salmoides</i>	Canadá	GQ292487	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum</i> sp.3		Canadá	KR271290	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. LIN 3	<i>Salvelinus alpinus</i>	Islândia	KJ726471	Blasco-Costa et al. 2014
<i>Diplostomum</i> sp. LIN 3	<i>Salvelinus alpinus</i>	Noruega	KY513190	Soldanova et al. 2017
<i>Diplostomum</i> sp. 4		Canadá	KR271391	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. 4	<i>Carpionodes cyprinus</i>	Canadá	HM064711	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum</i> sp. 4	<i>Larus delawarensis</i>	Canadá	GQ292493	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum</i> sp. LIN 4	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Islândia	KJ726480	Blasco-Costa et al. 2014
<i>Diplostomum</i> sp. Lineage 4	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Noruega	KY513195	Soldanova et al. 2017
<i>Diplostomum</i> sp. Lineage 5		Noruega	KR271080	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. Lineage 5	<i>Salmo trutta fario</i>	Islândia	KJ726493	Blasco-Costa et al. 2014
<i>Diplostomum</i> sp. Lineage 5	<i>Salvelinus alpinus</i>	Noruega	KY513201	Soldanova et al. 2017
<i>Diplostomum</i> sp. 6		Canadá	KR271394	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. 6	<i>Pimephales notatus</i>	Canadá	GQ292499	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum</i> sp.6		Islândia	KX140055	Rahn et al. 2016
<i>Diplostomum</i> sp. LIN6		Noruega	KM212054	(dados não publicados)
<i>Diplostomum</i> sp. LIN6	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Islândia	KJ726496	Blasco-Costa et al. 2014
<i>Diplostomum</i> sp. Lineage 6	<i>Radix balthica</i>	Noruega	KY513207	Soldanova et al. 2017
<i>Diplostomum</i> sp. 7		Canadá	KR271409	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. 7	<i>Pimephales notatus</i>	Canadá	GQ292500	Locke et al. 2010
<i>Diplostomum</i> sp.9		Canadá	KR271413	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. 10		Canadá	KR271097	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. 12		EUA	KR271102	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp.13		EUA	KR271104	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp.14		China	KR271121	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp 15.		China	KR271128	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. 16		Iraque	KR271129	Locke et al. 2015

<i>Diplostomum</i> sp.17		Canadá	KR271134	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp. 18		Canadá	KR271138	Locke et al. 2015
<i>Diplostomum</i> sp.19		Canadá	KR271145	Locke et al. 2015
<i>Hysteromorpha triloba</i>		Canadá	FJ477203	Moszczyńska et al. 2009
<i>Hysteromorpha triloba</i>	<i>Phalacrocorax auritus</i>	Canadá	HM064712	Locke et al. 2010
<i>Hysteromorpha triloba</i>		Canadá	JF769476	Locke et al. 2011
<i>Tylodelphys azteca</i>	<i>Gila conspersa</i>	México	KT175369	García-Varela et al. 2015
<i>Tylodelphys clavata</i>		Italia	KR271479	Locke et al. 2015
<i>Tylodelphys</i> cf. <i>clavata</i>		Alemanha	KR271472	Locke et al. 2015
<i>Tylodelphys excavata</i>	<i>Planorbarius corneus</i>	República Tcheca	KC685344	Chibwana et al. 2013
<i>Tylodelphys immer</i>		Canadá	KR271493	Locke et al. 2015
<i>Tylodelphys jenynsiae</i>		Argentina	KR271496	Locke et al. 2015
<i>Tylodelphys mashonensis</i>		Tanzânia	KR863382	Chibwana et al. 2013
<i>Tylodelphys scheuringi</i>	<i>Ambloplites rupestris</i>	Canadá	HM064915	Locke et al. 2010
<i>Tylodelphys</i> sp. (haplotipo 1 e 2)	<i>Hoplias malabaricus</i>	Brasil		Gião et al. (dados não publicados)
<i>Tylodelphys</i> sp.	<i>Gobiomorphus cotidianus</i>	Nova Zelândia	KU588149	Blasco-Costa et al. 2017
<i>Tylodelphys</i> sp.	<i>Salvelinus alpinus</i>	Noruega	KY513215	Soldanova et al. 2017
<i>Tylodelphys</i> sp. 1	<i>Clarias gariepinus</i>	Tanzânia	KC685355	Chibwana et al. 2013
<i>Tylodelphys</i> sp. 2		Tanzânia	KC685358	Chibwana et al. 2013
<i>Tylodelphys</i> sp. 2		Kenya	KF809494	Otachi et al. 2014
<i>Tylodelphys</i> sp.3		EUA	KR271515	Locke et al. 2015
<i>Tylodelphys</i> sp.4		México	KR271518	Locke et al. 2015
<i>Tylodelphys</i> sp.5		México	KR271521	Locke et al. 2015
<i>Tylodelphys</i> sp.6		EUA	KR271522	Locke et al. 2015

RESULTADOS

As metacercárias de Diplostomidae gen. sp. foram encontradas em todas as espécies analisadas, com uma prevalência total de 86,9%. Foram contabilizados 3658 parasitos, os quais se encontravam exclusivamente no cristalino, com uma média de $13 \pm 0,76$ metacercárias por peixe analisado e amplitude máxima de 71 parasitos em um hospedeiro. A maioria das espécies de hospedeiros apresentou uma alta prevalência para este parasito (Tabela 2).

Tabela 2. Descritores quantitativos populacionais das metacercárias de Diplostomidae gen. sp. coletadas em diferentes espécies de peixes Siluriformes da bacia do Tietê-Batalha, São Paulo (N = número de peixes analisados, P% = prevalência expressa em porcentagem, AM = abundância média, EP = erro padrão, AV = amplitude de variação, IM = intensidade média).

Espécie de hospedeiro	N	P%	AM $\pm$ EP	AV	IM $\pm$ EP
<i>Hypostomus regani</i>	60	95,0	$17,6 \pm 1,8$	2 a 71	$18,5 \pm 1,7$
<i>Hypostomus strigaticeps</i>	30	93,3	$14,8 \pm 2,4$	2 a 45	$15,8 \pm 2,4$
<i>Hypostomus hermanni</i>	31	96,7	$21,3 \pm 2,1$	5 a 48	$22 \pm 2,1$
<i>Hypostomus iheringii</i>	17	100	$27,1 \pm 2,8$	9 a 48	$27,1 \pm 2,8$
<i>Hypostomus ancistroides</i>	25	80,0	$6,4 \pm 1,6$	2 a 31	$8,1 \pm 1,8$
<i>Hypostomus albopunctatus</i>	11	81,8	$5,3 \pm 2,4$	1 a 28	$6,4 \pm 2,9$
<i>Hypostomus paulinus</i>	3	33,3	$3,3 \pm 3,3$	-	10,0
<i>Loricaria prolixa</i>	40	85,0	$7,5 \pm 1,4$	1 a 44	$8,8 \pm 1,5$
<i>Loricaria piracicabae</i>	2	50,0	$5,0 \pm 5,0$	-	10,0
<i>Rhamdia quelen</i>	10	20,0	$4,1 \pm 2,7$	19 a 22	$20,5 \pm 1,5$
<i>Hoplosternum littorale</i>	53	86,8	$7,5 \pm 1,2$	1 a 29	$8,6 \pm 1,3$

As características morfológicas das metacercárias encontradas no presente estudo diferem das demais espécies de Diplostomidae as quais possuem descrições de seus estágios larvais. Sendo assim, a seguir, trazemos a descrição morfológica detalhada desta espécie, seguida de sua caracterização molecular.

Análise morfológica

Filo Platyhelminthes Gegenbaur, 1859

Classe Trematoda Rudolphi, 1808

Subclasse Digenea Carus, 1863

Ordem Diplostomida Olson, Cribb, Tkach, Bray & Littlewood, 2003

Família Diplostomidae Poirier, 1886

Diplostomidae gen. sp.

Hospedeiros: *Hypostomus regani*, *H. strigaticeps*, *H. hermanni*, *H. iheringii*, *H. ancistroides*, *H. albopunctatus*, *H. paulinus*, *Loricaria prolixa*, *L. piracicabae* (Loricariidae, Siluriformes); *Rhamdia quelen* (Heptapteridae, Siluriformes); *Hoplosternum littorale* (Callichthyidae, Siluriformes).

Localidade: rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, SP, Brasil (21°53'17"S, 49°13'31"O)

Sítio de infecção: metacercárias no cristalino (olhos)

Descrição: baseada em 39 espécimes corados e medidos

Metacercárias não encistadas, em meio às camadas do cristalino. As metacercárias vivas são altamente móveis, esticando e contraindo seus corpos. Corpo foliáceo, alongado, elíptico mesmo quando comprimido ($654,4 \pm 88,6$ (543,7-1017,4) de comprimento, $176,8 \pm 29,4$ (86,5-224,7) de largura); segmentação indistinta dorsalmente; segmento anterior maior ($535,2 \pm 72,6$ (417,3-810,2) de comprimento, $177,0 \pm 29,3$ (92,7-230) de largura) em relação ao segmento posterior, o qual é curto, cônico e contínuo ao corpo ($120,4 \pm 23,8$ (87-203,1) de comprimento, $99,7 \pm 20,5$ (39,2-133,7) de largura), com uma dobra na face ventral que dá a falsa impressão de segmentação verdadeira.

Ventosa oral na posição subterminal anterior ($37,8 \pm 11$ (13,2-59,6) de comprimento, $36,1 \pm 7,7$ (11,7-48) de largura), duas pseudo-ventosas acessórias laterais ($68,8 \pm 10,1$ (55,3-104,6) de comprimento, $17,7 \pm 4,8$ (7,7-28,9) de largura), pré-faringe presente; faringe muscular oval ($26,8 \pm 4,8$ (17,7-35,3) de comprimento, $22,3 \pm 4,7$ (14-30,4) de largura); esôfago curto; cecos intestinais estendendo-se posteriormente para além da região dos primórdios genitais.

Ventosa ventral redonda a oval, na linha mediana do corpo, anterior ao órgão tribocítico ($42,8 \pm 10,6$ (20,7-76,3) de comprimento, $41,3 \pm 11,7$ (11,9-65,2) de largura). Órgão tribocítico ovalado, com fenda longitudinal, podendo ser protuberante em alguns exemplares ($65,3 \pm 10,7$ (44,1-86,7) de comprimento, $59,6 \pm 11,8$ (24,9-94,9) de largura). Primórdios genitais visíveis, posteriores ao órgão tribocítico, sob a forma de uma massa celular localizada na região entre o segmento anterior e posterior, logo abaixo da dobra que se forma entre estas duas porções. Primórdios dos folículos ou glândulas vitelogênicas espalhadas, ocupando região mediana que se inicia logo após a extremidade posterior da faringe e se estende até a extremidade posterior do acetábulo (Figura 1B, 3). Outras medidas e relações entre algumas estruturas estão apresentadas na tabela 3.

Comentários: Embora o presente trabalho traga a descrição morfológica de apenas um dos estágios larvais (metacercárias) deste digenético, foi possível observar algumas características diferenciais presente nesta espécie que não se encaixam nos demais grupos. Dos gêneros pertencentes à família Diplostomidae que ocorrem na região Neotropical, apenas *Austrodiplostomum* Szidat & Nani, 1951, *Tylodelphys* Diesing, 1850, Dubois, 1936, *Sphincterodiplostomum* Dubois, 1936, *Hysteromorpha* Lutz, 1931, *Dolichorchis* Dubois, 1961 e *Diplostomum* Nordmann, 1832 apresentam um par de pseudo-ventosas laterais à ventosa oral, assim como os digenéticos encontrados no presente estudo.

As metacercárias encontradas se diferem das espécies de *Hysteromorpha* pois estas possuem a capacidade de formar cistos na superfície dos hospedeiros intermediários, enquanto que Diplostomidae gen. sp. têm preferência pelos tecidos oculares. Além disso, as metacercárias de *Hysteromorpha* sp. não apresenta pré-faringe, a distribuição da vitelária ocorre ao longo dos segmentos, a extremidade anterior é trilobada e o corpo apresenta contorno subtriangular, mais largo anteriormente e atenuado posteriormente, enquanto que a

descrita neste estudo possui as extremidades anterior e posterior afiladas (Travassos, 1969; Niewiadomska, 2002).

Já *Austrodiplostomum* spp., tanto as metacercárias quanto os adultos possuem acetábulo atrofiado ou ausente, porção posterior pouco desenvolvida e pré-faringe também ausente. Em *Tylodelphys* spp. não ocorre segmentação do corpo em duas regiões nos indivíduos adultos e na maioria das metacercárias, as pseudoventosas são pouco salientes e a vitelária nas metacercárias se distribuem da faringe até o órgão tribocítico, diferentemente de Diplostomidae. gen. sp. As metacercárias pertencentes ao gênero *Sphincterodiplostomum* apresentam a extremidade anterior trilobada e são distintamente bi-segmentadas, características que as diferencia das metacercárias de diplostomídeos descritas no presente estudo. Além disso, não apresentam pré-faringe, e possuem um esfíncter globular mediano, característico do gênero (Travassos, 1969; Niewiadomska, 2002).

As metacercárias de *Dolichorchis* spp. não apresentam pré-faringe, e o corpo é distintamente bi-segmentado. A vitelária se distribui por todo o corpo, com reservatório vitelínico localizado entre os testículos. Já as metacercárias de *Diplostomum* spp. são nitidamente bi-segmentadas e embora semelhantes a Diplostomidae gen. sp., a relação entre o segmento anterior e o segmento posterior dos exemplares aqui descritos é maior do que o observado em *Diplostomum* spp. Além disso, a distribuição da vitelária em *Diplostomum* spp. se inicia medianamente e continua até o final da porção posterior (Travassos, 1969; Niewiadomska, 2002).

Tabela 3. Dados morfométricos (proporções e distâncias entre as estruturas e órgãos) das metacercárias de Diplostomidae gen. sp. parasitos de peixes Siluriformes da bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil (L = largura, C = comprimento, EP = erro padrão).

	Diplostomidae gen. sp. (n=39)	
	Média ± EP	Amplitude
Distância Acetábulo – extremidade anterior	417,3 ± 10,8	303,5 - 653,9
Distância Acetábulo – órgão tribocítico	139 ± 3,8	101,3 - 206,9
Segmento posterior (L)/ segmento anterior (L)	0,6 ± 0,02	0,4 - 0,7
Segmento posterior (C)/ segmento anterior (C)	0,2 ± 0,02	0,2 - 0,32
Corpo (L)/pseudoventosas (L)	10,5 ± 0,4	6,8 - 17,6
Corpo (C)/pseudoventosas (C)	9,6 ± 0,1	6,8 - 11,3
Pseudoventosas (L)/ ventosa oral (L)	0,5 ± 0,02	0,3 - 0,8
Pseudoventosas (C)/ ventosa oral (C)	2,0 ± 0,1	1,0 - 4,8
Pseudoventosas (L)/ faringe (L)	0,8 ± 0,03	0,4 - 1,4
Pseudoventosas (C)/ faringe (C)	2,5 ± 0,1	1,8 - 4,1
Corpo (L)/ órgão tribocítico (L)	3,0 ± 0,1	1,9 - 4,7
Corpo (C)/ órgão tribocítico (C)	10,1 ± 0,3	7,1 - 15,7
Segmento anterior (L)/ órgão tribocítico (L)	3,0 ± 0,1	1,9 - 4,7
Segmento anterior (C)/ órgão tribocítico (C)	8,3 ± 0,2	5,9 - 12,3
Ventosa oral (L)/ faringe (L)	1,8 ± 0,1	1,2 - 3,3
Ventosa oral (C)/ faringe (C)	1,6 ± 0,1	0,8 - 2,3

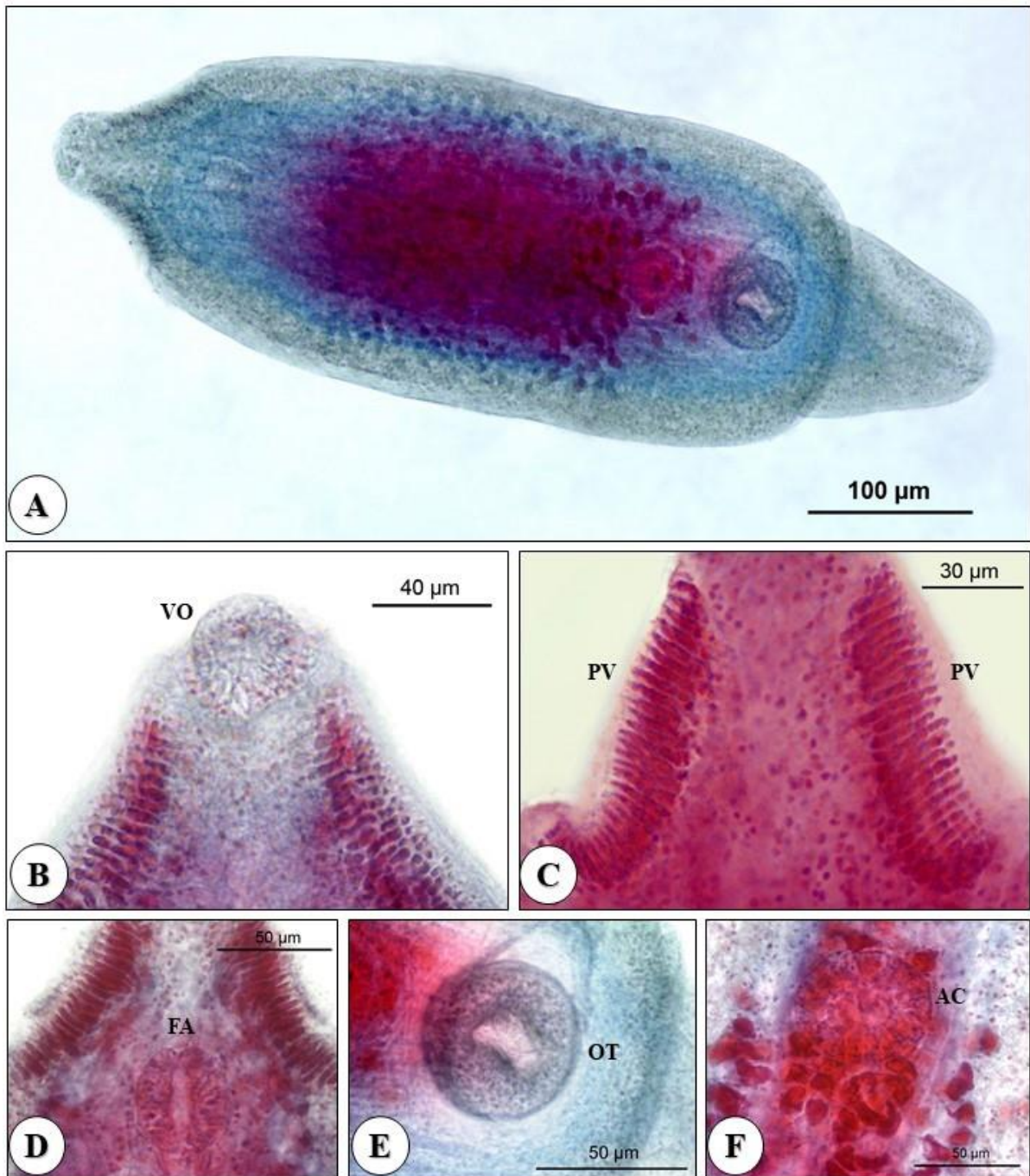


Figura 1. Imagens em microscopia óptica de luz comum das metacercárias de Diplostomidae gen. sp. (Platyhelminthes, Digenea), parasito encontrado no cristalino de peixes Siluriformes coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Visão geral de um espécime em posição ventral; B) Região anterior com destaque para a ventosa oral (VO); C) Pseudoventosas (PV) laterais na porção anterior; D) Faringe (FA) localizada medianamente às pseudoventosas; E) Região do órgão tribocítico (OT); F) Acetábulo (AC), localizado na porção mediana do corpo e anterior ao órgão tribocítico (A, B, D, E = coloração com Tricrômico de Gomori; C, F = coloração com Carmalúmem de Mayer).

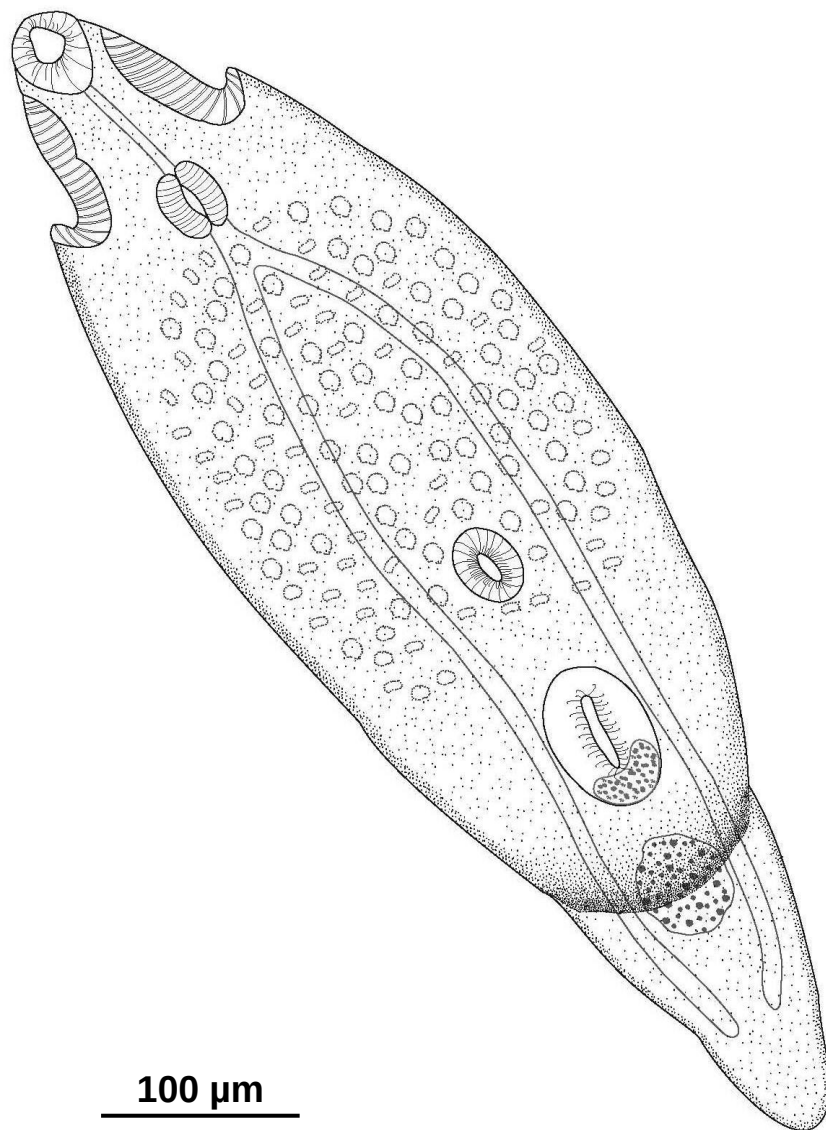


Figura 2. Vista geral esquematizada de Diplostomidae gen. sp. (Platyhelminthes, Digenea), metacercária encontrada nas lentes do cristalino de peixes Siluriformes coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil.

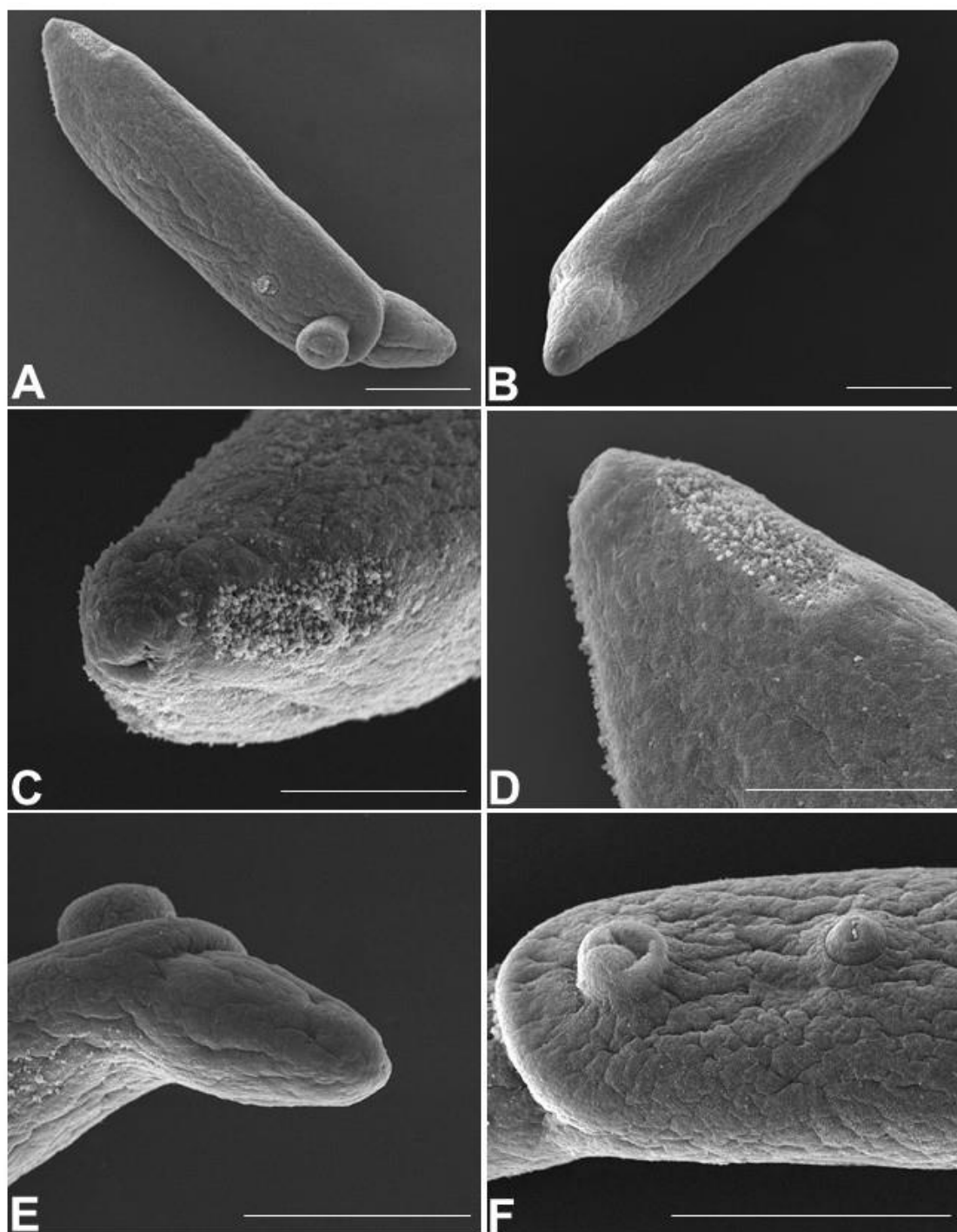


Figura 3. Imagens em microscopia eletrônica de varredura (MEV) das metacercárias de *Diplostomidae* gen. sp. (Platyhelminthes, Digenea), parasito das lentes do cristalino de peixes Siluriformes coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil. A) Vista ventral; B) Vista dorsal; C) Região anterior com destaque para a abertura da ventosa oral; D) Pseudo-ventosas laterais; E) Vista lateral da região posterior com o órgão tribocítico acima (face ventral), demonstrando que não há separação dos segmentos anterior e posterior; F) Órgão tribocítico e acetábulo (A, B, E, F = escala 100µm; C, D = escala 50µm).

Análise molecular e filogenética

Na análise molecular, o par de primers específico MplatCOX1dF-MplatCOX1dR amplificou com sucesso duas sequências, uma delas com um fragmento de 625-pb e a outra com um fragmento de 642-pb do gene COI da metacercária de Diplostomidae encontrada parasitando as lentes do cristalino dos Siluriformes. Quando alinhadas as sequências mostraram 98% de similaridade, com 5 nucleotídeos de diferença e 1,2% de distância intraespecífica (Figura 4, Tabela 4).

A busca no BLAST usando dados da sequência parcial de COI (625-pb e 642-pb) dos haplótipos de Diplostomidae gen. sp não combinou com nenhuma outra espécie da família Diplostomidae disponível no Genbank. Estas duas sequências obtidas foram alinhados com 17 sequências de diplostomídeos obtidos na base de dados do GenBank, juntamente com dois espécimes de *Tylodelphys* sp. de Gião et al. (dados não publicados). Os dados obtidos dos haplótipos, com base na matriz de distância K2P, apresentaram a menor distância interespecífica de nucleotídeos de 7,6% e 6,9% respectivamente com *D. ardeae* e maior distância interespecífica de 16% e 15,5%, respectivamente, com *Diplostomum indistinctum* (Guberlet, 1923). O alinhamento final para análise filogenética foi cortado para 357 pb.

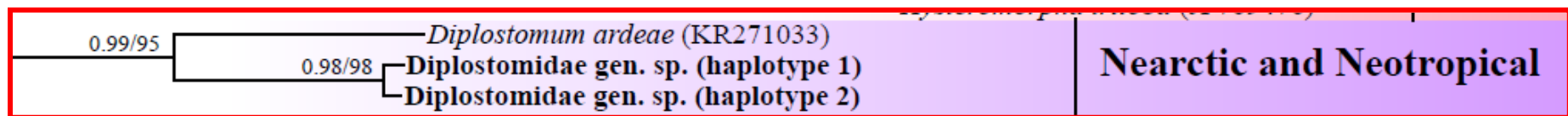
A árvore filogenética demonstrou que as metacercárias do diplostomídeo aqui caracterizadas são agrupadas como o grupo irmão de *Diplostomum ardeae* Dubois, 1969, um parasito de *Ardea herodias* Linnaeus, 1758 (Aves, Ardeidae) no Canadá, e ambas não são monofiléticas em relação ao gênero *Diplostomum* (Figura 4).

Análise histológica

O cristalino é composto por três camadas: uma bainha exterior acelular que recobre e protege todo o cristalino como uma cápsula, uma camada de células epiteliais cubóides subjacentes e uma camada fibrosa cortical. Não foi observado o rompimento do epitélio da cápsula. Porém em muitos pontos internamente a este, pode-se observar que as fibras das lentes foram alteradas, com alguns casos de interrupção das mesmas. Os parasitos foram encontrados na região cortical em associação com a liquefação das fibras corticais. Eles apareceram rodeados por uma cavidade ou "halo" na substância da lente contendo material devido a liquefação do tecido adjacente.

Assim, foi possível diagnosticar um quadro de catarata devido a lesão causada pela metacercária na região cortical, coroidal e subcapsular. Esta lesão provocará uma catarata subcapsular (devido a necrose e fibrose) e cortical (por conta da presença do parasito dentro das camadas do cristalino) (Figura 5).

[illegible]



B)

Figura 4. A) Filograma bayesiano reconstruído com base em sequências de citocromo c oxidase (COI) de Diplostomidea. Quadrados coloridos indicam diferentes gêneros, e a espécie caracterizada no presente estudo está em destaque pela coloração roxa. Os clados principais são designados como A-E. Os números além dos nomes são números de acesso do GenBank. Os valores de suporte nodal são dados acima dos ramos (as probabilidades posteriores <.90 e bootstrap <70% não são mostradas). *Apatemon* spp. e *Australapatemon niewiadomski* foram usados como grupo externo. A barra de escala indica o número de substituições por região. B) O quadro em vermelho destaca o ramo C, onde se encontra a espécie descrita no presente estudo, *Diplostomidae* gen. sp.

Tabela 4. Diferença entre sequências parciais do gene COI de espécies de gêneros que possuem pseudoventosa. (Colunas e linhas 3 e 4 identificam as espécies. Triângulo de baixo mostra a diferença em número de nucleotídeos entre as espécies, enquanto o triângulo de cima mostra a porcentagem de diferença entre os nucleotídeos das espécies.)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	<i>Tylodelphys</i> sp. (h 1)		0	13,7	13,2	13,2	14,6	15,4	14,1	11,8	14,9	11,2	15,1	13,5	16,0	14,9	15,7	15,4	16,8	13,5	11,8	16,8	9,2	9,4
2	<i>Tylodelphys</i> sp. (h 2)	0		13,7	13,2	13,2	14,6	15,4	14,1	11,8	14,9	11,2	15,1	13,5	16,0	14,9	15,7	15,4	16,8	13,5	11,8	16,8	9,2	9,4
3	Diplostomidae gen. sp. (h 1)	49	49		1,2	7,6	12,9	13,2	13,7	13,7	12,3	12,9	14,0	11,2	12,9	13,2	13,7	12,1	16,0	12,1	14,6	15,1	12,7	13,5
4	Diplostomidae gen. sp. (h 2)	48	48	4		6,9	12,7	13,1	13,8	13,5	12,6	12,8	13,7	11,0	13,1	12,7	13,1	11,8	15,5	11,6	14,5	14,6	12,6	12,9
5	<i>Diplostomum ardeae</i>	47	47	27	25		12,1	13,7	13,5	13,2	12,6	13,7	12,3	10,7	12,6	12,9	12,9	11,5	14,0	10,9	12,9	14,0	12,7	12,4
6	<i>Tylodelphys excavata</i>	52	52	46	46	43		10,9	12,9	12,9	12,9	13,5	12,1	13,2	12,3	11,8	15,1	13,2	15,1	14,0	12,1	16,0	13,5	12,7
7	<i>Tylodelphys clavata</i>	55	55	47	47	49	39		15,7	15,4	14,3	15,7	13,5	15,4	16,0	15,7	17,4	16,0	16,3	16,8	15,4	17,4	14,0	14,9
8	<i>Tylodelphys azteca</i>	50	50	49	50	48	46	56		13,5	12,3	14,6	15,4	14,3	12,9	14,9	16,3	14,0	14,4	15,4	15,7	13,1	13,0	13,0
9	<i>Tylodelphys immer</i>	42	42	49	49	47	46	55	48		11,8	11,9	12,9	13,5	15,7	12,1	16,4	14,0	17,1	14,3	13,2	15,4	11,6	13,3
10	<i>Tylodelphys scheuringi</i>	53	53	44	44	45	46	51	44	42		11,8	12,2	14,0	14,0	15,1	16,0	14,6	16,3	14,9	13,5	15,1	12,2	12,2
11	<i>Tylodelphys jenynsiae</i>	40	40	46	46	49	48	56	52	39	52		14,0	14,9	16,5	14,6	16,0	14,0	16,8	14,6	10,9	14,9	9,6	8,3
12	<i>Tylodelphys mashonensis</i>	54	54	50	49	44	43	48	55	46	47	50		15,1	16,0	15,1	15,7	16,3	15,1	14,6	14,6	17,1	13,5	13,0
13	<i>Tylodelphys</i> sp. 4	33	33	46	46	46	49	51	47	42	44	35	49		8,0	12,7	14,9	13,0	15,8	13,3	15,2	12,4	13,5	16,3
14	<i>Tylodelphys</i> sp. 6	34	34	49	47	45	46	54	47	48	44	30	47	29		12,5	13,0	14,9	16,6	14,4	15,2	14,1	10,5	14,7
15	<i>Diplostomum mergi</i>	44	44	41	40	37	47	53	55	51	46	48	51	46	45		11,3	10,2	12,2	10,8	14,7	7,5	14,9	13,8
16	<i>D. pseudospathaceum</i>	57	57	46	47	45	44	57	46	56	50	60	57	54	47	41		11,3	11,1	9,7	13,3	12,4	14,4	15,8
17	<i>Diplostomum huronense</i>	53	53	47	46	46	42	56	53	43	54	53	54	47	54	37	41		10,5	10,0	13,0	10,2	14,1	15,2
18	<i>Diplostomum indistinctum</i>	58	58	50	48	47	56	64	59	50	59	60	57	57	60	44	40	38		9,4	15,2	11,9	16,9	16,0
19	<i>Diplostomum spathaceum</i>	56	56	44	43	42	48	58	51	51	53	50	59	48	32	59	35	36	42		13,0	10,5	15,2	14,9
20	<i>Diplostomum baeri</i>	60	60	57	56	50	54	58	55	61	58	61	54	55	55	53	48	47	55	47		13,3	14,4	16,9
21	<i>Diplostomum parviventosum</i>	49	49	44	43	40	51	61	57	52	54	52	53	45	51	27	45	47	43	38	48		15,2	15,2
22	<i>Austrodiplostomum ostrowskiae</i>	43	43	53	53	47	42	46	57	48	49	41	53	49	38	54	52	51	61	55	52	55		15,5
23	<i>Hysteromorpha triloba</i>	62	62	56	56	52	60	61	63	59	57	55	63	59	53	50	57	55	58	54	61	55	56	

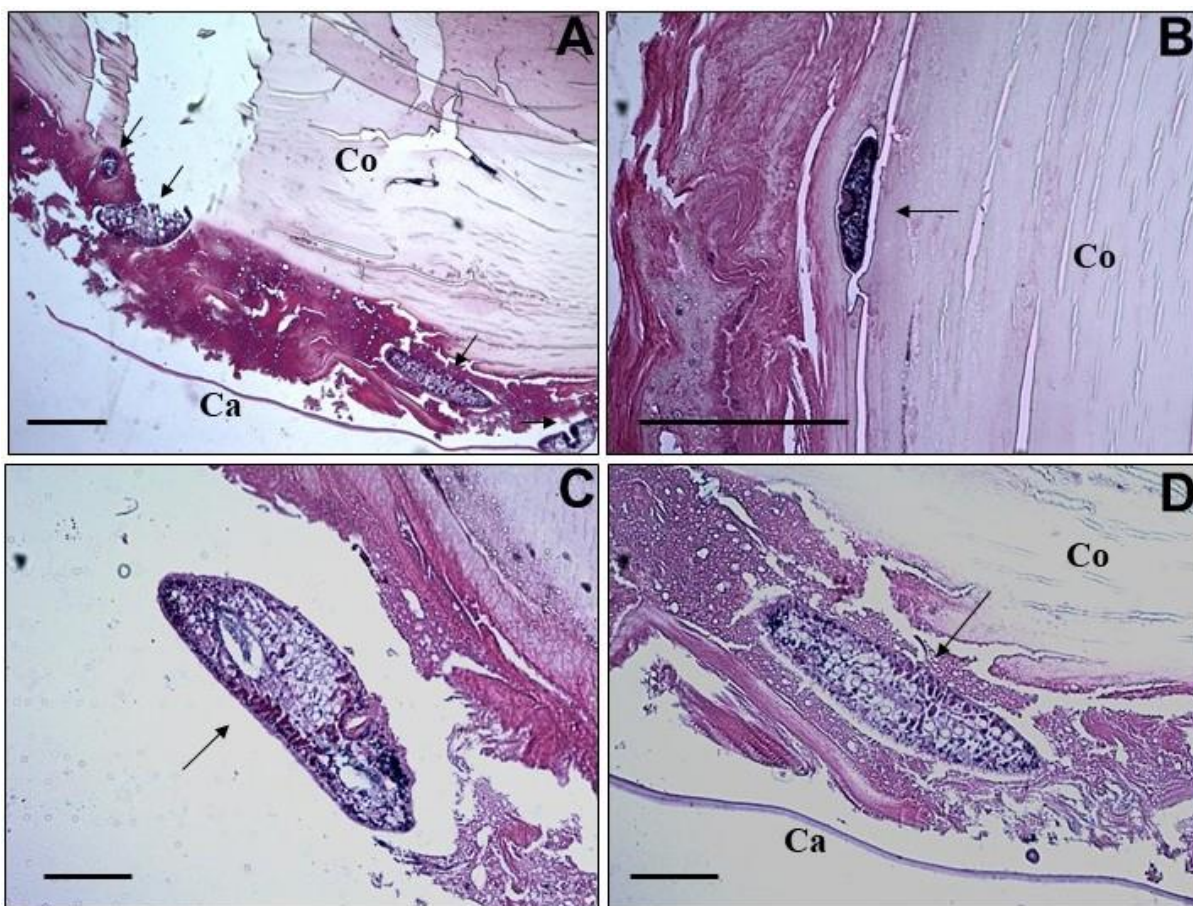


Figura 5. Cortes histológicos das lentes do cristalino de peixes Siluriformes coletados no rio Batalha, bacia do Tietê-Batalha, Estado de São Paulo, Brasil contendo as metacercárias de Diplostomidae gen. sp. (indicadas pelas setas). A) Quatro exemplares na camada mais próxima ao epitélio que recobre o cristalino; B) Metacercária na região cortical do cristalino com liquefação das fibras subjacentes, havendo a formação de um halo ao redor desta; C) Metacercária em corte lateral e longitudinal; D) Formação do halo ou cavidade em volta do parasito, na região mais distante do córtex (Ca = Cápsula; Co = Córtex do cristalino) (Montagem em H&E. A = escala 500µm; B, C, D = escala 300µm).

DISCUSSÃO

O presente estudo gerou duas novas seqüências do gene COI de diplostomídeos do Brasil. As análises filogenéticas produziram topologias idênticas para as análises Bayesianas e de máxima verossimilhança com cinco clados principais, nomeados de A a E (Figura 5). O clado A é composto por linhagens monofiléticas de espécies de *Diplostomum* distribuídas em todo o mundo, o clado B é composto por *Hysteromorpha triloba* da região Neártica, o clado C inclui as seqüências geradas recentemente de Diplostomidae gen. sp. e de *Diplostomum ardeae* da região Neártica. Já o clado D inclui seqüências de *Austrodiplostomum* spp. das regiões Neártica e Neotropical e *Tylodelphys* spp. das regiões Neotropical, Neártica e Paleártica, e o clado E é representado por *Tylodelphys* spp. das regiões Paleárticas, Etíopes e Orientais, com parafiletismo.

A relação observada no clado C demonstrou que eles constituem uma linhagem genética independente para a qual um novo gênero poderia ser sugerido, como citado por Locke et al (2015), que será comentado brevemente. As duas seqüências obtidas de Diplostomidae gen. sp. mostraram uma diferença percentual entre os nucleotídeos de 7,6% e 6,9%, e 27 e 25 nucleotídeos quando comparados com *D. ardeae*, respectivamente (ver Tabela 4). Além deste valor de divergência genética, seria necessário, para se comprovar que os isolados obtidos no presente estudo são realmente espécies diferentes de *D. ardeae*, que se comparasse as características morfológicas de formas adultas obtidas de aves na mesma região geográfica. A possibilidade alternativa é que eles representem a mesma espécie de *D. ardeae*, e esta exibe uma ampla distribuição geográfica que se estende do Canadá até o Brasil. Nenhuma outra espécie mostrou ser altamente distribuída no continente americano, com exceção de *Drepanocephalus spathans*, registrado desde os EUA até o sul do Brasil em cormorões (Hernández-Cruz et al., 2017).

Locke et al. (2015) já havia demonstrado através de análises filogenéticas que *D. ardeae* poderia ter sido classificado erroneamente quanto ao seu gênero. A análise de máxima verossimilhança indicou que *D. ardeae* pode pertencer a um gênero distinto de *Diplostomum*, *Tylodelphys* ou *Austrodiplostomum*, e que *Tylodelphys* poderia ser parafilético, pois *Austrodiplostomum* está aninhado dentro dele. Com base na análise filogenética atual, em conjunto com as análises morfológicas, podemos sugerir que *D. ardeae*, juntamente com o diplostomídeo caracterizado no presente trabalho, faz parte de um gênero distinto ainda não

descrito. Atualmente é notória a importância da análise de dados moleculares para confirmar as diferenciações morfológicas e discriminar metacercárias encontradas parasitando peixes. Em diplostomídeos, as espécies podem ser claramente distinguidas umas das outras por sequências do gene COI (Locke et al., 2010). Embora uma desvantagem do marcador COI seja a saturação de substituições de nucleotídeos, que podem limitar as inferências filogenéticas de nível superior (Blasco-Costa e Locke 2017).

Morfológicamente, os adultos de *D. ardeae* descritos por Dubois (1969) são muito parecidos com as metacercárias de Diplostomidae gen. sp. que caracterizamos neste trabalho. Embora a descrição seja do indivíduo adulto, algumas características de *D. ardeae* como corpo foliáceo, estreito e linguiforme, apontando abruptamente para a extremidade anterior, um grande par de pseudo-ventosas, pré-faringe longa e faringe oval, e a localização e formato do acetábulo e órgão tribocítico (Dubois, 1969), são semelhantes aos exemplares aqui descritos. Comparações mais específicas só poderiam ser realizadas se tivéssemos a descrição morfológica das metacercárias de *D. ardeae*, o que não é o caso.

Diplostomidae gen. sp. do presente estudo estão pendentes de uma descrição formal devido à falta de conhecimento do ciclo de vida completo, já que não se conhece morfológicamente o indivíduo adulto. Isso enfatiza a necessidade de mais pesquisas taxonômicas sobre esse grupo. Uma possibilidade seria a obtenção de larvas e adultos em laboratório; completando todas as etapas do ciclo de vida e permitindo que fossem caracterizadas morfológicamente e usadas para a elaboração de descrições de espécies. Porém, a manutenção *in vivo* destes ciclos em laboratório é algo dispendioso, e criações *in vitro* de digenéticos não são muito usuais. Além disso, as abordagens experimentais não podem ser aplicadas em infecções naturais em hospedeiros intermediários (peixes ou moluscos) devido à impossibilidade de vincular cada estágio larval com seu estágio adulto correspondente (Chibwana et al., 2013).

Metacercárias de diplostomídeos exibem, em muitos casos, baixa especificidade com relação aos seus peixes hospedeiros intermediários. *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) pode parasitar pelo menos 38 espécies diferentes de peixes brasileiros (Vital et al., 2016). Esta baixa especificidade se torna mais marcante nas espécies que têm como sítio de infecção os olhos dos hospedeiros. Locke et al. (2010) sugerem que uma menor atividade imune na região do cristalino acaba protegendo as metacercárias, permitindo que as espécies residentes acessem uma variedade maior de hospedeiros do que aquelas que habitam outros

tecidos. A cápsula da lente também forma uma barreira física adicional para respostas imunes mediadas por células que são importantes nas defesas contra metacercárias e outros helmintos (Shariff et al., 1980; Kreider et al., 2007). Parasitos que infectam lentes ou os demais órgãos estão sujeitos a diferentes respostas imunes adaptativas (Karvonsen et al., 2005), mas a seleção fora da lente é provavelmente mais forte do que dentro, onde os parasitos têm apenas uma breve experiência de defesas imunológicas inatas do hospedeiro durante a migração através do corpo (em torno de 24 horas). Isso implica que as taxas de especiação são maiores em espécies com metacercárias que residem fora da lente dos hospedeiros (Locke et al., 2015).

Em muitos teleósteos, a visão é a principal modalidade sensorial na detecção do alimento. Em Siluriformes, contudo, os sentidos químicos devem ser mais efetivos nessa atividade, devido à limitação do campo visual, já que tem preferência por ambientes demersais (Ferraris Jr., 2007). Embora os registros de infecções por metacercárias de Diplostomidae em olhos de peixes sejam comuns em todo o mundo, informação sobre os efeitos histopatológicos e as respostas imunes associadas a estas infecções ainda são extremamente limitadas (Dezfuli et al., 2007). O efeito do dano patológico pode estar ligado ao número de metacercárias de diplostomídeos que ocorrem nos olhos (Grobbelaar et al., 2014). Ao longo da vida, os peixes podem acumular um grande número de metacercárias e, portanto, os peixes mais velhos podem ter maior perda de visão (Graczyk, 1991a). A alta prevalência e intensidade de infecção pelas metacercárias condiz com as consequências visuais sofridas pelos hospedeiros no presente estudo, já que na análise histológica foi possível verificar possíveis quadros de catarata subcapsular e cortical. Porém, seria necessário um acompanhamento do hospedeiro ainda vivo para se perceber a evolução desta interação, pois mesmo havendo pouca consequência para a visão (que é fracamente utilizada), outras mudanças comportamentais poderiam ocorrer (Dwyer e Smith, 1989).

Em estudos com metacercárias de Diplostomidae onde ocorreu a interação entre a caracterização molecular e a avaliação da variação morfológica, pôde-se notar que o número de morfoespécies era maior do que o número de linhagens geneticamente identificadas em suas amostras, demonstrando que a determinação da espécie baseada apenas nos caracteres morfológicos nem sempre é o suficiente para o limiar específico (Blasco-Costa et al., 2017). Por outro lado, a falta do estágio adulto dos parasitos resulta na falta de descrição morfológica apropriada, gerando um banco de dados de sequências dominado por espécies provisórias não identificadas, muitas das quais foram distinguidas principalmente ou somente por meio da

análise da sequência de DNA (Locke et al., 2015). O limiar para essa determinação é o princípio da taxonomia integrativa (García-Varela et al., 2016). No caso do presente trabalho, conseguimos conciliar tanto a definição morfológica quanto a molecular, com a delimitação de somente um morfotipo/espécie.

As dificuldades para se determinar as espécies pertencentes à Diplostomidae não são exclusivas para esta família. Existe um reconhecimento crescente de que a aplicação rigorosa das técnicas moleculares aliada à taxonomia é importante para muitos aspectos da parasitologia (Olson e Tkach, 2005; Bortolus, 2008; Nadler e Pérez-Ponce de León, 2011). Trabalhos como este reforçam pesquisas recentes que também utilizam as sequências do gene COI como marcadores associados à caracterização morfológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMATO, J. F. R.; BOEGER, W. A.; AMATO, S. B. *Protocolos para laboratório, coleta e processamento de parasitos do pescado*. Rio de Janeiro: Imprensa Universitária, 1991.
- BLASCO-COSTA, I. et al. Fish pathogens near the Arctic Circle: molecular, morphological and ecological evidence for unexpected diversity of *Diplostomum* (Digenea: Diplostomidae) in Iceland. *International Journal for Parasitology*, v. 44, p. 703–715, 2014.
- BLASCO-COSTA, I.; POULIN, R.; PRESSWELL, B. Morphological description and molecular analyses of *Tylodelphys* sp. (Trematoda: Diplostomidae) newly recorded from the freshwater fish *Gobiomorphus cotidianus* (common bully) in New Zealand. *Journal of Helminthology*, v. 91, p. 332–345, 2017.
- BORTOLUS, A. Error cascades in the biological sciences: the unwanted consequences of using bad taxonomy in ecology. *Ambio*, v. 37, p. 114–118, 2008.
- CHAPPELL, L. H. The biology of diplostomatid eye flukes of fishes. *Journal of Helminthology*, v. 69, p. 97–101, 1995.
- CHAPPELL, L. H.; HARDIE, L. J.; SECOMBES, C. J. Diplostomiasis: the disease and host–parasite interactions. In: PIKE, A. W.; LEWIS, J. W. *Parasitic Diseases of Fish*. Tresaith: Samara Publishing, 1994.

- CHIBWANA, F. D.; NKWENGULILA, G. Variation in the morphometrics of diplostomid metacercariae (Digenea: Trematoda) infecting the catfish, *Clarias gariepinus* in Tanzania. *Journal of Helminthology*, v. 84, p. 61–70, 2010.
- CHIBWANA, F. D. et al. A first insight into the barcodes for African diplostomids (Digenea: Diplostomidae): Brain parasites in *Clarias gariepinus* (Siluriformes: Clariidae). *Infection, Genetics and Evolution*, v. 17, p. 62–70, 2013.
- CRIBB, T. H. et al. The Digenea. In: LITTLEWOOD, D. T. J; BRAY, R. A. *Interrelationships of the Platyhelminthes*. London: Taylor & Francis, 2001.
- CRISCIONE, C. D.; POULIN, R.; BLOUIN, M. S. Molecular ecology of parasites: elucidating ecological and microevolutionary processes. *Molecular Ecology*, v. 14, p. 2247–2257, 2005.
- DAYRAT, B. Towards integrative taxonomy. *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 85, p. 407–415, 2005.
- DEZFULI, B. S.; GIARI, L.; SHINN, A. P. The role of rodlet cells in the inflammatory response in *Phoxinus phoxinus* brains infected with *Diplostomum*. *Fish and Shellfish Immunology*, v. 23, p. 300–304, 2007.
- DUBOIS, G. Le genre *Diplostomum* von Nordmann, 1832 (Trematoda: Strigeida). *Bulletin de la Société Neuchateloise des Sciences Naturelles*, v. 84, p. 113–124, 1961.
- DUBOIS, G. Les fondements de la taxonomie des *Strigeata* La Rue (Trematoda: Strigeida). *Revue Suisse de Zoologie*, v. 77, p. 663–685, 1970.
- DUBOIS, G. Notes helminthologiques. 2. Diplostomatidae Poirier et Cyathocotylidae Poche (Trematoda). *Revue Suisse de Zoologie*, v. 76, p. 3–21, 1969.
- DUBOIS, G. Synopsis des Strigeidae et des Diplostomidae (Trematoda). *Mémoires de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, v. 10, p. 1–258, 1968.
- DWYER, W. P.; SMITH, C. E. Metacercariae of *Diplostomum spathaceum* in the Eyes of Fishes from Yellowstone Lake, Wyoming. *Journal of Wildlife Diseases*, v. 25, p. 126–129, 1989.
- EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. Maringá: Eduem, 2006.
- FERRARIS, C. J. Checklist of catfishes, recent and fossil (Osteichthyes: Siluriformes), and catalogue of siluriform primary types. *Zootaxa*, v. 1418, p. 1–628, 2007.
- GARCÍA-VARELA, M. et al. An integrative taxonomic study reveals a new species of *Tylodelphys* Diesing, 1950 (Digenea: Diplostomidae) in central and northern Mexico. *Journal of Helminthology*, p. 1–12, 2015.

- GARCÍA-VARELA, M. et al. Molecular and morphological characterization of *Austrodiplostomum ostrowskiae* Dronen, 2009 (Digenea: Diplostomatidae), a parasite of cormorants in the Americas. *Journal of Helminthology*, v. 90, p. 174–185, 2016.
- GRACZYK, T. K. Cases of bilateral asymmetry of *Diplostomum pseudospathaceum* Niewiadomska, 1984 metacercariae infections (Trematoda, Diplostomidae) in the eye lens of fish. *Acta Parasitologica*, v. 36, p. 131–134, 1991a.
- GRACZYK, T. Variability of metacercariae of *Diplostomum spathaceum* (Rudolphi, 1819). (Trematoda, Diplostomidae). *Acta Parasitologica*, v. 36, p. 135–139, 1991b.
- GROBBELAAR, A. et al. Ecology of diplostomid (Trematoda: Digenea) infection in freshwater fish in southern Africa. *African Zoology*, v. 49, p. 222–232, 2014.
- GUINDON, S.; GASCUEL, O. A simple, fast, and accurate algorithm to estimate large phylogenies by maximum likelihood. *Systematic Biology*, v. 52, p. 696–704, 2003.
- HALL, T. A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids. Symposium Series*, v.41, p. 95–98, 1999.
- HERNÁNDEZ-CRUZ, E. et al. Multilocus phylogenetic analysis and morphological data reveal a new species composition of the genus *Drepanocephalus* Dietz, 1909 (Digenea: Echinostomatidae), parasites of fish-eating birds in the Americas. *Journal of Helminthology*, v. 4, p. 1 – 24, 2017.
- HOFFMAN, G. L. *Parasites of North American freshwater fishes*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1999.
- KARVONEN, A. et al. Resistance against eye flukes: native versus previously infected fish. *Parasitology Research*, v. 91, p. 55–59, 2005.
- KEARSE, M. et al. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*, v. 28, p. 1647–1649, 2012.
- KREIDER, T. et al. Alternatively activated macrophages in helminth infections. *Current Opinion in Immunology*, v.19, p. 448–453, 2007.
- LARKIN, M. A. et al. Clustal W and Clustal X version 2.0. *Bioinformatics*, v. 23, p. 2947–2948, 2007.
- LOCKE, S. A. et al. Diversity and specificity in *Diplostomum* spp. metacercariae in freshwater fishes revealed by cytochrome c oxidase I and internal transcribed spacer sequences. *International Journal for Parasitology*, v. 40, n. 3, p. 333–343, 2010.

- LOCKE, S. A. et al. Diversity, specificity and speciation in larval Diplostomidae (Platyhelminthes: Digenea) in the eyes of freshwater fish, as revealed by DNA barcodes. *International Journal for Parasitology*, v. 45, p. 841–855, 2015.
- LOCKE, S. A. et al. Linking larvae and adults of *Apharyngostrigea cornu*, *Hysteromorpha triloba*, and *Alaria mustelae* (Diplostomoidea: Digenea) using molecular data. *Journal of Parasitology*, v. 97, n. 5, p. 846–851, 2011.
- MCCOY, K. D. Sympatric speciation in parasites – what is sympatry? *Trends in Parasitology*, v. 19, p. 400–404, 2003.
- MOSZCZYNSKA, A. et al. Development of primers for the mitochondrial cytochrome c oxidase I gene in digenetic trematodes (Platyhelminthes) illustrates the challenge of barcoding parasitic helminths. *Molecular Ecology Resources*, v. 9, p. 75–82, 2009.
- NADLER, S. A.; LEÓN, G. P. P. de. Integrating molecular and morphological approaches for characterizing parasite cryptic species: implications for parasitology. *Parasitology*, v. 138, p. 1688–1709, 2011.
- NIEWIADOMSKA, A. Superfamília Diplostomoidea Poirrier, 1886. In: GIBSON, D. I.; JONES, A.; BRAY, R. A. *Keys to the Trematoda*. London: CABI Publishing, 2002. v.1.
- NIEWIADOMSKA, K.; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, M. Optimal identification procedure for *Diplostomum paracaudum* (Iles, 1959) and *D. pseudospathaceum* Niewiadomska, 1984 metacercariae (Digenea) based on morphological characters. *Systematic Parasitology*, v. 30, p. 165–171, 1995.
- NOLAN, M. J., CRIBB, T. H. The use and implications of ribosomal DNA sequencing for the discrimination of digenean species. *Advances in Parasitology*, v. 60, p. 102–163, 2005.
- OLSON, P. D.; TKACH, V. V. Advances and trends in the molecular systematics of the parasitic Platyhelminthes. *Advances in Parasitology*, v. 60, p. 165–243, 2005.
- OTACHI, E. O. et al. Morphometric and molecular analyses of *Tylodelphys* sp. metacercariae (Digenea: Diplostomidae) from the vitreous humour of four fish species from Lake Naivasha, Kenya. *Journal of Helminthology*, v. 89, p. 404–414, 2014.
- PÉREZ-PONCE DE LEÓN, G.; NADLER, S. A. What We Don't Recognize Can Hurt Us: A Plea for Awareness About Cryptic Species. *Journal of Parasitology*, v. 96, p. 453–464, 2010.
- POSADA, D. jModelTest: Phylogenetic Model Averaging. *Molecular Biology and Evolution*, v. 25, p. 1253–1256, 2008.
- POULIN, R. Are there general laws in parasite ecology? *Parasitology*, v. 134, p. 763–770, 2007.

- RAHN, A. K. et al. Strong neutral genetic differentiation in a host, but not in its parasite. *Infection, Genetics and Evolution*, v. 44, p. 261-271, 2016.
- RAMBAUT, A. *FigTree v1.4.2, A Graphical Viewer of Phylogenetic Trees*, 2012.
- RONQUIST, F.; HUELSENBECK, J. P. MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics*, v. 19, p.1572–1574, 2003.
- SANDLAND, G. J.; GOATER, C. P. Parasite-induced variation in host morphology: Brain encysting trematodes in Fathead minnows. *Journal of Parasitology*, v. 87, p. 267–272, 2001.
- SELBACH, C. et al. Integrative taxonomic approach to the cryptic diversity of *Diplostomum* spp. in lymnaeid snails from Europe with a focus on the ‘*Diplostomum mergi*’ species complex. *Parasites & Vectors*, v. 300, n. 8, p. 1 – 21, 2015.
- SHARIFF, M.; RICHARDS, R. H.; SOMMERVILLE, C. The histopathology of acute and chronic infections of rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson with eye flukes *Diplostomum* ssp. *Journal of Fish Diseases*, v. 3, p. 455-465, 1980.
- SHIGIN, A. A. *Trematode fauna of the USSR. Genus Diplostomum Metacercariae*. Moscow: Nauka, 1986.
- SITES, J. W. Jr.; MARSHALL, J. C. Delimiting species: a Renaissance issue in systematic biology. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 18, p. 462–470, 2003.
- SOLDÁNOVÁ, M. et al. Molecular analyses reveal high species diversity of trematodes in a sub-Arctic lake, *International Journal for Parasitology*, v. 47, n. 6, p. 327-345, 2017.
- SZIDAT, L.; NANI, A. Diplostomiasis cerebrealis del Pejerrey. Una grave epizootia que afecta a la economía nacional producida por larvas de trematodes que destruyen el cerebro de los pejerreyes. *Revista del Instituto Nacional de Investigacion de las Ciencias Naturales y Museo Argentino de Ciencias Naturales*, v. 1, p. 323–384, 1951.
- TRAVASSOS, L.; FREITAS, J. F. T.; KOHN, A. Trematódeos do Brasil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 67, p. 1-886, 1969.
- VAN STEENKISTE, N. et al. New primers for DNA barcoding of digeneans and cestodes (Platyhelminthes). *Molecular Ecology Resources*, v. 15, n. 4, p. 945–952, 2015.
- VILAS, R.; CRISCIONE, C. D.; BLOUIN, M. S. A comparison between mitochondrial DNA and ribosomal internal transcribed regions in prospecting for cryptic species of platyhelminth parasites. *Parasitology*, v. 131, p. 839–846, 2005.
- VITAL, J. F. et al. Metacercárias de *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) em peixes de lagos de várzea da Amazônia Brasileira. *Folia Amazônica*, v. 25, n. 2, p. 153-158, 2016.

YAMAGUTI S. A. *Synoptic review of life histories of digenetic trematodes with special reference to the morphology of their larval forms*. Tokyo: Keigaku Publishing Co; 1975.

ANEXO 1:

Chave de identificação de *Hypostomus* sp. do rio Batalha

Chave provisória para identificação das espécies de *Hypostomus* spp. procedentes do rio Batalha, Bacia do Tietê – Batalha, Estado de São Paulo, Brasil.*

* Elaborada em parceria com o prof. Dr. Cláudio Henrique Zawadzki, Universidade Estadual de Maringá (UEM), PR, Brasil, especialista em peixes da família Loricariidae.

1 – Raio/espino/acúleo da nadadeira peitoral menor ou igual em relação ao primeiro raio da nadadeira pélvica, pré-maxilar com 35 a 46 e dentário com 34 a 46 dentes, pintas claras e pequenas distribuídas em todo corpo _____ *H. albopunctatus*

1' – Acúleo da nadadeira peitoral sempre maior _____ 2

2 – Manchas e/ou pintas escuras distribuídas pelo corpo e nadadeiras _____ 3

2' – Manchas e/ou pintas claras distribuídas pelo corpo e nadadeiras _____ 5

3 – Focinho pontiagudo, corpo com 4 quilhas longitudinais ao longo das regiões pré-dorsal e das placas laterais do corpo; corpo comprido lateralmente; muitas pintas pequenas e escuras distribuídas pelo corpo, com diâmetro igual ou menor do que o tamanho do olho sendo na região posterior mais escassas em relação à anterior, 20 a 40 dentes em cada ramo do pré-maxilar e dentário _____ *H. ancistroides*

3' – Focinho arredondado, corpo não quilhado, pintas escuras maiores e menos numerosas, corpo deprimido _____ 4

4 – Focinho obtuso, estreitado anteriormente. Coloração cinza-acastanhado, com cerca de 40 dentes em cada ramo do pré-maxilar e dentário _____ *H. iheringii*

4' – Placas ósseas localizadas na região mediana ventral, anterior ao ventre. Coloração acinzentada, manchas escuras mais evidentes em vida. De 40 a 60 dentes grossos em cada ramo do pré-maxilar e dentário _____ *H. hermanni*

4'' – Placas abdominais dispostas lateralmente. Olhos grandes, corpo com coloração escura, que torna as pintas menos evidentes. De 50 a 90 dentes delgados e diminutos em cada hemi-série do pré-maxilar e dentário _____ *H. paulinus*

5 – Ângulo mandibular (entre os ossos dentários) de 90° a 120°. De 19 a 32 dentes robustos em cada ramo do pré-maxilar e dentário_____ *H. margaritifer*

5' – Ângulo mandibular de 120° a 150°. De 50 a 110 dentes em cada ramo do pré-maxilar e dentário_____6

6 – Corpo achatado dorso-ventralmente com perfil achatado na altura do focinho; olhos localizados mais dorsalmente; cabeça arredondada_____ *H. strigaticeps*

6' – Corpo achatado dorso-ventralmente com perfil elevado na altura do focinho; olhos localizados mais lateralmente; cabeça menos arredondada_____ *H. regani*

ANEXO 2:

Artigo publicado na revista “Acta Scientiarum. Biological Sciences”



Biodiversity and ecology of the parasitic infracommunities of *Loricaria prolixa* (Siluriformes: Loricariidae) from the Tietê-Batalha Basin, SP, Brazil

Larissa Sbeghen Pelegrini^{1*}, Felipe Freitas Januário², Rodney Kozlowisky de Azevedo² and Vanessa Doro Abdallah²

¹Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rua Professor Doutor Antônio Celso Wagner Zanin, 250, 18618-689, Botucatu, São Paulo, Brazil. ²Laboratório de Ictioparasitologia, Central de Laboratórios de Ciência e Tecnologia Ambiental, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Sagrado Coração, Bauru, São Paulo, Brazil. *Author for correspondence. E-mail: larapelegrini@yahoo.com.br

ABSTRACT. The parasitic biodiversity of the *Loricaria prolixa*, an endemic fish from the Paraná and Prata basins was studied and analyzed the parasitic's communities dynamics and their ecological relations with this host. Samples were collected in the Batalha River and 39 specimens were analyzed from 2014 to 2016. All fishes were parasitized. The component community was composed by twelve species with 8694 metazoan found on the surface, gills, eyes, brain, intestine and blood of the hosts. *Demidospermus spirophallus*, Diplostomidae gen. sp., *Rhabdochona kidderi* and *Oligobdella* sp. showed higher values for the parasitism's ecological descriptors, and were centrals and dominants species. The infracommunities were characterized by specific richness smaller in relation to diversity, and both superior to equitability ($H' = 0.94$; $J = 0.6$; $d = 0.83$). There was a significant positive correlation between the host standard length and the parasite abundance of *D. spirophallus*, Diplostomidae gen. sp. and *Oligobdella* sp., while *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* presented a significant negative correlation. This is the first contribution concerning the parasite biodiversity of *L. prolixa*. *Clinostomum detruncatum*, Diplostomidae gen. sp., *Austrodiplostomum compactum*, *R. kidderi*, *P. (S.) inopinatus*, *P. (S.) rebecae*, *Cucullanus pinnai pinnai*, *Oligobdella* sp. and *Trypanosoma* sp. were first recorded in this host.

Keywords: catfishes, fish parasites, freshwater, biological diversity.

Biodiversidade e ecologia das infracomunidades parasitárias de *Loricaria prolixa* (Siluriformes: Loricariidae) provenientes da Bacia do Tietê-Batalha, SP, Brasil

RESUMO. Foi realizado o estudo da biodiversidade parasitária da *Loricaria prolixa*, um peixe endêmico das bacias do Paraná e Prata, e analisada a dinâmica das comunidades parasitárias e suas relações ecológicas com este hospedeiro. Os peixes foram coletados no rio Batalha e 39 indivíduos foram analisados de 2014 a 2016. Todos os peixes estavam parasitados. A comunidade componente foi composta por doze espécies com 8694 metazoários encontrados na superfície, brânquias, olhos, cérebro, intestino e sangue dos hospedeiros. *Demidospermus spirophallus*, Diplostomidae gen. sp., *Rhabdochona kidderi* e *Oligobdella* sp. apresentaram maiores valores para os descritores ecológicos e foram consideradas centrais e dominantes. As infracomunidades se caracterizaram com uma riqueza específica menor em relação à diversidade, e ambas superiores à equitatividade ($H' = 0.94$; $J = 0.6$; $d = 0.83$). Houve correlação significativa positiva entre o comprimento padrão dos hospedeiros e a abundância de *D. spirophallus*, Diplostomidae gen. sp. e *Oligobdella* sp., enquanto que *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* apresentou correlação significativa negativa. Esta é a primeira análise ecológica sobre a biodiversidade parasitária de *L. prolixa*. *Clinostomum detruncatum*, Diplostomidae gen. sp., *Austrodiplostomum compactum*, *R. kidderi*, *P. (S.) inopinatus*, *P. (S.) rebecae*, *Cucullanus pinnai pinnai*, *Oligobdella* sp. e *Trypanosoma* sp. foram registrados pela primeira vez neste hospedeiro.

Palavras-chaves: cascudos, parasitos de peixes, água doce, diversidade biológica.

Introduction

Regarding the Ostariophysi fishes, the Siluriformes are the most diverse and have the

greatest distribution; they are found in the main drains of almost all continents, with only two families essentially marines (Pinna, 1998). About 3,100 species belonging to this order have been already described, and more than half of these are located in the Neotropics (Covain & Fisch-Muller, 2007). The most speciose family of Siluriformes, the Loricariidae 'armored-catfishes', with more than 700 valid species, is located in this region (Ferraris Jr., 2007).

More than half of the freshwater fish species of the State of São Paulo, Brazil, belong to the order Siluriformes (Castro & Menezes, 2001). Among these species, the 'cascudo-chinelo', *Loricaria prolixa* (Isbrücker & Nijssen, 1978) is an endemic armored-catfish of the upper Paraná and Prata basins. This fish has brown spots all over its body dorsal region, with a white band above the eyes, another dark gray band in front of these through the nostrils, and few teeth in the maxillas (Isbrücker, 1981). Like other species of the genus, it has a benthic habit with a preference for lotic environments. It is considered as detritivores, but it can also use aquatic invertebrates as a food resource (Hahn, Agostinho, Gomes, & Bini, 1998).

Although it presents a great animal diversity, the Neotropical region still lacks specific ichthyoparasitological studies for the majority of resident species. The parasites have a role in the maintenance of biological and behavioural diversity of their hosts, and can regulate fish population sizes, sometimes with profound effects on trophic interactions, food webs, competitions and keystone species. These interactions suggest that parasites are integral components in shaping community and ecosystem structure (Combes, 1996; Barber, Hoare, & Krause, 2000).

Studies involving the biodiversity characterization of fish parasites in Brazilian river basins have been undertaken in the last few decades (Eiras, Takemoto, Pavanelli, & Adriano, 2011). However, not all geographic areas are equally considered in these analyzes, and even well-known sites, such as the State of São Paulo, still have sub-basins, as the Tietê-Batalha basin, with scarce ecological studies on the parasitic fauna of their resident fishes (Pedro, Pelegrini, Azevedo, & Abdallah, 2016).

Therefore, this study consisted in an analysis of the parasite biodiversity present in *L. prolixa* from the Batalha River, as well as an evaluation of the dynamics of the parasitic communities and their ecological relations with this host.

Material and methods

A total of 39 specimens of *L. prolixa*, with standard length ranging from 11.0 to 36.5 cm (28.52 ± 6.23), were collected in the Batalha River, at a point located in the municipality of Reginópolis (21° 53' 17" S and 49° 13' 31" W), São Paulo, during February 2014 to February 2016. These collections followed the guidelines of the scientific fishing license under approval by the Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) through the Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (Sisbio – authorization no. 40998-2). Nylon monofilament's gillnets with different mesh types (ranging from 2 to 10 cm with alternated internodes) were used for this procedure, being placed overnight and removed before dawn in the regions near the bottom or slopes, which are the preferred sites of this host species. The fishes were stored individually in plastic bags and taken for laboratory analysis. The hosts identification was obtained according to Ferraris Jr. (2003) and Covain and Fisch-Muller (2007).

The fishes were submitted to necropsy including all organs. Before this procedure, 10 specimens parasitized by Hirudinea had been selected for blood analysis, which was extracted through cardiac puncture and three slides were made and fixed in methanol for checking the presence of hemoparasites. The fixing and preparing methodologies for the metazoan parasites collected were those cited in Eiras, Takemoto, and Pavanelli (2006). A species accumulation curve was developed to determine if the sample size was sufficient to obtain the highest proportion of parasite species that characterized the component community. The Bootstrap estimator was used to verify the expected parasite richness for the number of hosts analyzed (Poulin, 1998).

The quantitative descriptors of parasitic infrapopulations (prevalence, mean intensity, mean abundance) were obtained according to Bush, Lafferty, Lotz, and Shostak (1997). Based on their colonization strategies, parasite species were classified, according to Esch, Kennedy, Bush, and Aho (1988) in allogenic, when they complete the life cycle in birds or mammals, and autogenic, when they use the fish as definitive hosts. Parasite species were also classified according to their importance degree within the parasitic infracommunities, such as central, secondary, or satellite, according to their prevalence (Hanski, 1982).

Regarding the component community, the following parameters were considered: total number of parasite individuals, total number of parasite species, diversity measures obtained by the Shannon Diversity Index (H'), Pielou Equitability Index (J), and Margalef Richness Index (d) (Magurran, 2011). The infracommunities were described according to the mean value of the parasite species and with the mean value of the individual's abundance.

The Dispersion Index (DI) was used for each infrapopulation to determine its distribution pattern in relation to the host population, and the d statistic was also calculated to assess its significance. The Green Index (GI) was calculated to verify how much the infrapopulation's organisms are grouped (Ludwig & Reynolds, 1998). The dominance frequency and mean relative dominance (ratio between the individuals number of the same species by the total specimen's number of all species in the infracommunity) were calculated for each parasite species (Rohde, Hayward, & Heap, 1995). The Spearman Coefficient (r_s) was used to verify the existence of a correlation between the hosts standard length and the parasite abundance.

All mentioned tests were applied only to parasite species with a prevalence higher than 10%. The blood protozoans were excluded from the ecological analysis because their occurrence record was obtained from only part of the hosts sampled. The results were considered significant when $p < 0.05$. Vouchers of identified specimens were deposited in the *Coleção Helminológica do Instituto de Biociências de Botucatu* (CHIBB) of the *Universidade Estadual Paulista* (Unesp).

Results and discussion

All analyzed hosts were parasitized by at least one parasite species. Blood samples from all the 10 fishes examined were positive for hemoparasites. The accumulation curves of the observed parasitic metazoan and the Bootstrap richness estimator were very close, and almost stabilized at the same number of species observed and expected by Bootstrap (11 species) (Figure 1).

Only one host presented parasitism by a single species; all the others presented mixed infections, ranging from 2 to 7 different species in a single host. The component community was composed by twelve different species among ectoparasites,

endoparasites and hemoparasites (kinetoplastid protozoans) with 8694 collected metazoans. The species identified were as follows: *Demidospermus spirophallus* Franceschini et al. (2017), *Clinostomum detruncatum* Braun, 1899 (larval), Diplostomidae gen. sp. (larval), *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (larval), *Rhabdochona kidderi* Pearse (1936), *Rhabdochona* sp., *Contracaecum* sp. (L3 larval), *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* Travassos, Artigas, & Pereira (1928), *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *rebecae* (Andrade-Salas, Pineda-López & García-Magaña, 1994) (adult and larval), *Cucullanus pinnei* pinnei Travassos et al. (1928), *Oligobdella* sp. and *Trypanosoma* sp. Most species were considered as autogenic, and only *C. detruncatum*, Diplostomidae gen. sp. and *A. compactum* were considered as allogenic (Table 1).

The hosts sample analyzed for blood parasites ($N = 10$) showed an 100% prevalence for *Trypanosoma* sp. These hosts were also parasitized by the vector of this protozoan, the leeches of the Glossiphoniidae family identified as *Oligobdella* sp. (Table 1).

Among the metazoans, the ectoparasites of gills and surface showed higher values for the parasitism's ecological descriptors. *Oligobdella* sp. was the species with the highest prevalence (94.9%) while *D. spirophallus* presented higher mean intensity and abundance (141.3 and 123.3, respectively). These, along with *R. kidderi* and Diplostomidae gen. sp. were considered central species. However, the greatest species richness occurred among the endoparasites in the brain, eyes, and intestine. With the exception of *C. pinnei* pinnei, all parasites presented a prevalence higher than 10% (Table 1).

Two digenean's species were found in the hosts eyes. Metacercariae of Diplostomidae gen. sp. was found parasitizing the crystalline lens, and *A. compactum* was observed only in the aqueous humor and brain, thus not overlapping niches between these larvae. Nevertheless, the greatest richness found among the metazoan parasites occurred in the Nematoda phylum, with more than 54% of the species parasitizing the intestine. In addition, *P. (S.) rebecae* was found in larval stage (L3) and adult in these hosts.

Metazoan diversity values estimated by the Shannon Diversity Index (H') with numerical abundance data ranged from 0.23 to 1.39

(0.94 ± 0.33), while the mean value of the Pielou (J) equation was 0.60 ± 0.21 , and the specific richness estimated by the Margalef index (d) was 0.83 ± 0.30 . Regarding the infracommunities, the

mean value of parasite species per host analyzed was 4.92 ± 1.42 , while the mean total parasite abundance collected per host was 222.92 ± 229.55 .

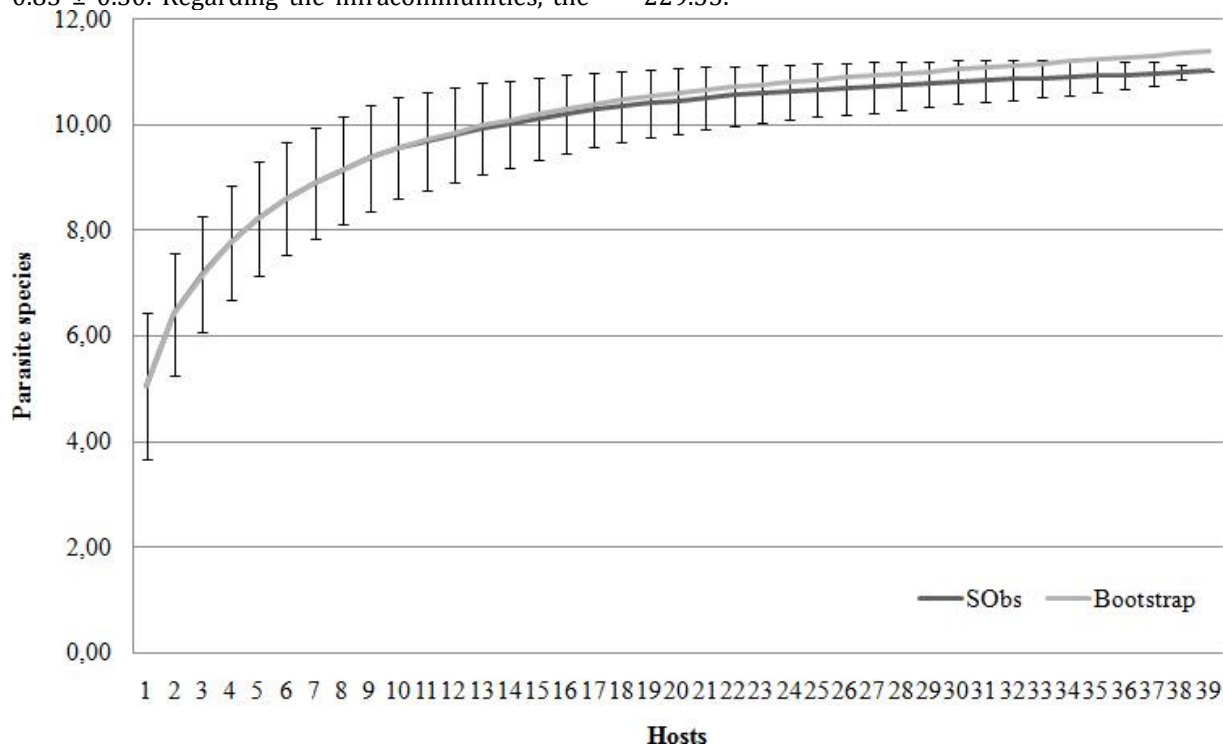


Figure 1. Accumulation curve of species richness observed (SObs) and Bootstrap richness estimator (Bootstrap) of the metazoan parasites of *Loricaria prolixa* (Isbrücker & Nijssen, 1978) collected in the Batalha River, Reginópolis, São Paulo State, Brazil.

Table 1. Quantitative descriptors, colonization strategy and the importance level of parasites of *Loricaria prolixa* (Isbrücker & Nijssen, 1978) captured in the Batalha River, Reginópolis, São Paulo State (P = Prevalence; VA = Variation Amplitude; MI = Mean Intensity; S = Standard Deviation; MA = Mean Abundance, IL = Importance Level; CS = Colonization Strategy; SI = Site of infection/infestation).

	P %	VA	MI $\pm$ S	MA $\pm$ S	IL	CS	SI
Monogenea							
<i>Demidospasmus spirocephallus</i> (CHIBB 220L)	89.7	1 - 1070	141.3 $\pm$ 200.7	123.3 $\pm$ 193.2	Central	Autogenic	Gills and surface
Digenea (Metacercarial)							
<i>Clinostomum detrunctum</i> (CHIBB 223L)	23.1	1 - 3	1.4 $\pm$ 0.7	0.3 $\pm$ 0.7	Satellite	Allogenic	Gills
Diplostomidae gen. sp. (CHIBB 224L)	84.6	1 - 44	8.9 $\pm$ 9.2	7.5 $\pm$ 9	Central	Allogenic	Eyes (lens)
<i>Austrodiplostomum compactum</i> (CHIBB 222L)	17.9	1 - 4	2 $\pm$ 1.3	0.4 $\pm$ 0.9	Satellite	Allogenic	Eyes (humor) and brain
Nematoda							
<i>Rhabdochona kidderi</i> (CHIBB 7947)	82.1	1 - 384	41.2 $\pm$ 69.8	33.8 $\pm$ 65	Central	Autogenic	Intestine
<i>Rhabdochona</i> sp. (CHIBB 7949)	51.3	2 - 91	11.9 $\pm$ 19.6	6.1 $\pm$ 15.1	Secondary	Autogenic	Intestine
<i>Contracaecum</i> sp. (L3) (CHIBB 7951)	25.6	1 - 3	1.3 $\pm$ 0.7	0.3 $\pm$ 0.7	Satellite	Autogenic	Intestine
<i>Procamallanus</i> (S.) <i>inopinatus</i> (CHIBB 7954)	10.3	1 - 2	1.25 $\pm$ 0.5	0.1 $\pm$ 0.4	Satellite	Autogenic	Intestine
<i>Procamallanus</i> (S.) <i>rebecae</i> (adult/L3) (CHIBB 7952)	10.3	1 - 3	1.5 $\pm$ 1	0.1 $\pm$ 0.5	Satellite	Autogenic	Intestine
<i>Cucullanus pinnai pinnai</i> (CHIBB 7950)	2.6	3	3	0.1 $\pm$ 0.5	Satellite	Autogenic	Intestine
Hirudinea							
<i>Oligobdella</i> sp. (CHIBB 225L)	94.9	1 - 215	53.5 $\pm$ 50.8	50.7 $\pm$ 50.8	Central	Autogenic	Gills and Surface
Kinetoplastida							
<i>Trypanosoma</i> sp.	100*	-	-	-	-	Autogenic	Blood

*Blood samples were analyzed from only 10 hosts.

All the parasites had an aggregate distribution pattern, with a high degree of aggregation for *D. spirophallus* (DI = 302.72; GI = 7.94). Towards the dominance indexes, the four central species *D. spirophallus*, *Diplostomidae* gen. sp., *R. kidderi* and *Oligobdella* sp. presented significant values of

dominance frequency and relative dominance (Table 2).

According to the Spearman Correlation Coefficient (rs), there was a significant positive correlation between the standard host length and the parasite abundance of *D. spirophallus*,

Diplostomidae gen. sp. and *Oligobdella* sp., while *P. (S.) inopinatus* presented a significant negative correlation for this coefficient (Table 3).

This study is the first involving ecological aspects of the parasite diversity of *L. prolixa*. *Clinostomum detrunctum*, Diplostomidae gen. sp., *A. compactum*, *R. kidderi*, *P. (S.) inopinatus*, *P. (S.) rebecae*, *C. pinnei pinnei*, *Oligobdella* sp. and *Trypanosoma* sp. were recorded for the first time for this host, and many of them were also recorded for the first time for this region. *Austrodiplostomum compactum*, *Contracaecum* sp. and *P. (S.) inopinatus* had been already cited by Pedro et al. (2016) and Leite et al. (2017) in other fish species in this basin.

Table 2. Dispersion Index (DI), Statistical Test *d*, Green's Index (GI), Dominance Frequency (DF%) and Relative Dominance (RD) with standard deviation (SD) of *Loricaria prolixa* (Isbrücker & Nijssen, 1978) parasites from the Batalha River, Reginópolis, São Paulo State, Brazil.

	DI	<i>d</i>	GI	DF (%)	RD ± SD
<i>Demidospermus spiophallus</i>	302.72	143.02	7.94	52.28	0.55 ± 4.95
<i>Clinostomum detrunctum</i>	1.48	1.95	0.01	0	0.0015 ± 0.02
Diplostomidae gen. sp.	10.77	19.95	0.26	2.56	0.03 ± 0.23
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	2.42	4.90	0.04	0	0.0016 ± 0.02
<i>Rhabdochona kidderi</i>	125.08	88.84	3.26	12.82	0.15 ± 1.67
<i>Rhabdochona</i> sp.	37.45	44.69	0.96	0	0.03 ± 0.39
<i>Contracaecum</i> sp.	1.33	1.93	0.01	0	0.0015 ± 0.02
<i>Procamallanus (S.) inopinatus</i>	1.31	1.92	0.01	0	0.0006 ± 0.01
<i>Procamallanus (S.) rebecae</i>	1.89	3.32	0.02	0	0.0007 ± 0.01
<i>Oligobdella</i> sp.	50.95	53.57	1.31	30.77	0.23 ± 1.30

Table 3. Value of Spearman's Rank Correlation Coefficients (rs) to evaluate the relationship between parasites abundance and the standard length of *Loricaria prolixa* (Isbrücker & Nijssen, 1978) collected in the Batalha River, São Paulo State, Brazil.

	rs	p
<i>Demidospermus spiophallus</i>	0.39*	0.01
<i>Clinostomum detrunctum</i>	0.23	0.15
Diplostomidae gen. sp.	0.63*	< 0.0001
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	0.23	0.16
<i>Rhabdochona kidderi</i>	-0.15	0.35
<i>Rhabdochona</i> sp.	0.25	0.12
<i>Contracaecum</i> sp.	0.16	0.34
<i>Procamallanus (S.) inopinatus</i>	-0.33*	0.04
<i>Procamallanus (S.) rebecae</i>	-0.18	0.27
<i>Oligobdella</i> sp.	0.52*	0.001

*Value with significance levels of $p < 0.05$.

The ectoparasites presented high values for the ecological descriptors of parasitism in this study, beyond being the dominants species within the infracommunities. In the monogenetics case, the small size of these helminths in relation to the other metazoan parasites is important to understand how much parasitic biomass can be sustained by the hosts and how this can determine the structure of the parasitic community. *Demidospermus spiophallus* showed much higher abundance and mean intensity compared to the other parasites, probably due to the small size,

high levels of reproduction and infection rates of these ectoparasites (Neves, Pereira, Tavares-Dias, & Luque, 2013). The occurrence of *Oligobdella* sp., the most prevalent metazoan parasite in the analyzed hosts, is related to the bentonic habit of *L. prolixa*. The leeches of the Glossiphoniidae family lay their eggs on the substrate or bury them at the bottom of the water bodies, facilitating infestation. The hirudins presence in gills or body surface results in spoliative damage greater than simple local hemorrhage. In large abundances, they can cause severe anemias to the host. In addition, they may be the gateway to secondary bacterial and fungal infections (Thatcher, 2006; Woo, 2006).

Trypomastigote forms of *Trypanosoma* sp. were observed in the blood smear blades analyzed in the present study. The presence of these hemoparasites in fishes is well known in the literature, and they can occur in more than 200 species of teleosts and elasmobranchs of marine and freshwater environments around the world (Eiras, Segner, Wahli & Kapoor, 2008; Gupta & Gupta, 2012). Leeches are vectors of the *Trypanosoma* species that infect fishes, and a link between the loricarids fishes and Glossiphoniidae is observed in relation to these protozoans' transmission. More than 35 species of *Trypanosoma* were described already only in fishes of the family Loricariidae, and three have been cited for the genus *Loricaria*: *Trypanosoma britskii* (Lopes et al., 1991) in *Loricaria lentiginosa* (Isbrücker, 1979); *Trypanosoma piracicabae* (Fonseca & Vaz, 1929) in *Loricaria piracicabae* (Ihering, 1907) and *Trypanosoma loricariae* (Fonseca & Vaz, 1928) in *Loricaria* sp. (Eiras, Takemoto, Pavanelli & Luque, 2012).

Almost all component species of the parasite community of *L. prolixa* do not present host-parasite specificity (generalists), even in relation to the genus *Loricaria*. Except *D. spiophallus*, described for this host, all other species have already been registered in several other fishes of different orders. *Demidospermus* species were recorded in Siluriformes from South America, denoting the high specific relationship between catfishes and these monogenetics (Mendoza-Palmero, Scholz, Mendoza-Franco & Kuchta, 2012).

The digenetic parasites of freshwater fish eyes are not-encysted metacercariae, belonging to the Diplostomatidae, and infect a considerable diversity of hosts being not specific parasites. They are worldwide distributed, and can infect different ocular structures of their hosts, causing visual impairment, cataracts, blindness; making

the fish susceptible to predators and ending the transmission cycle for definitive hosts (Chappell, 1995; Seppälä, Karvonen & Valtonen, 2004). In this work, there was an evident separation of two species of diplostomatids in two distinct sites inside the host's ocular globe: *A. compactum* in the aqueous humor, and Diplostomidae gen. sp. just on the lens. The occurrence of *A. compactum* is common in Brazilian fishes, mainly in Siluriformes (Ramos et al., 2013). The Diplostomatidae gen. sp. metacercariae are quite different from the other species already described. They have smaller dimensions in relation to *A. compactum*, and show higher values for their ecological descriptors. Their taxonomic and molecular description are currently being studied by the authors of the present work.

Clinostomum spp. metacercariae can be found encysted in muscles, gills, skin or body cavity of parasitized fish. They are potentially zoonotic, when there is consumption of raw or undercooked contaminated fish, and may cause local inflammatory reactions in the oropharyngeal region (Hara, Miyauchi, Tahara, & Yamashita, 2014). In Brazil, there are few records of *C. detruncatum* parasitism in fish such as muscles and body surface of *Hemiancistrus punctulatus* Cardoso & Malabarba, 1999, on the body surface of *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824), in muscles of *Trachelyopterus striatulus* (Steindachner, 1877) and in the coelomic cavity of *Synbranchus marmoratus* Bloch, 1795 (Acosta et al., 2016).

The nematode richness in the *L. prolixa* intestine, together with the high abundance of some species, is closely related to the host's eating habits, that, although classified as detritivor (Hahn et al., 1998), showed invertebrate remains within the intestinal contents, such as shells of molluscs, microcrustaceans, and aquatic insects, which would act as intermediate hosts of the species that complete the life cycle in this fish. However, the presence of larval nematodes in these hosts also evidences their importance as intermediate host, especially of the L3 larvae of *Contracaecum* sp. The Anisakidae species are known worldwide for their low specificity to the intermediate host, infecting several hosts of marine and freshwater environments, and also for their proven zoonotic potential of some of their larvae (Mattiucci & Nascetti, 2008). Furthermore, Leite et al. (2017) used *Contracaecum* sp. larvae collected in other hosts species in this same river and proved that these helminths can be used as pollution indicators, since they accumulate heavy metals.

Cucullanus pinnae pinnae has already been cited for *Loricaria* sp. (Luque, Aguiar, Vieira, Gibson, & Santos, 2011); however, the records of *R. kidderi* and the camalanids *P. (S.) inopinatus* and *P. (S.) rebecca* are the first for the *Loricaria* genus.

All parasite populations in the present study presented an aggregate distribution pattern, which is a characteristic frequently observed in parasitic ecology (Shaw & Dobson, 1995; Poulin, 2007). Due to the breadth of its trophic spectrum, diversified and less specialized than fish, with more restricted diets (such as carnivores and planktivores), it is expected that omnivores and detritivores fishes, such as *L. prolixa*, have access to a greater number and diversity of parasites, which would also influence this aggregation degree. But this observation only applies specifically to endoparasites that are usually transmitted through the food chain. In addition, this host has a benthic habit, and this behavior causes it to explore a more generalist diet in relation to pelagic species. According to studies by Amarante, Tassinari, Luque, and Pereira (2015), benthic fishes present a higher level of aggregation in most of their parasite taxa.

Although the community component of *L. prolixa* has been characterized with relatively low values of its diversity indexes, the species richness found (12 species identified) is much superior compared to other loricariids species (Thatcher, 2006; Kohn, Fernandes, & Cohen, 2007; Luque et al., 2011; Eiras et al., 2012). This pattern coincides with that observed in many freshwater species, with parasite communities highly dominated by one or two species (in this case, two species of ectoparasites were the dominants), and low diversity (Kennedy, Bush, & Aho, 1986). In the same river, Pedro et al. (2016) obtained slightly higher values of diversity indexes for *Acestrorhynchus lacustris* Lütken, 1875 ($H' = 1.42$; $J = 0.75$, $d = 1.28$), besides other studies that characterize the parasitic faunas of other hosts species in the Tietê-Batalha basin.

The positive correlations observed in this study between parasite abundance and standard host length were significant with ectoparasites (*D. spirophallus* and *Oligobdella* sp.) and Diplostomidae gen. sp. This fact is commonly observed in ectoparasites whose transmission is direct. Larger fishes will have larger contact surfaces; therefore, they will be capable of supporting a greater parasitic abundance (Gonzalez-Lanza, Alvarez-Pellitero, & Sitja-Bobadilla, 1991). Another matter to consider is that larger hosts are also older, that is, they have

been exposed to potential parasites for longer periods of time than the young fishes (Poulin & Morand, 2000). However, there was a negative correlation between the abundance of the nematode *P. (S.) inopinatus* and the hosts standard length. This may occur due to changes in the host's food habit, throughout its ontogenetic development, for instance, the host ceases to feed on a certain item, which would act as an intermediate host when the fish becomes adult or due to the more pronounced immune resistance found in older fishes (Adams, 1985).

Conclusion

The present study contributes to the knowledge of the parasitic fauna of *L. prolixa* by increasing the geographic distribution of some species and registering new occurrences in this host (*C. detruncatum*, Diplostomidae gen. sp., *A. compactum*, *R. kidderi*, *P. (S.) inopinatus*, *P. (S.) rebecae*, *C. pinnae pinnae*, *Oligobdella* sp. and *Trypanosoma* sp.), which, in turn, is so little known regarding its ecological and biological aspects, besides the increase in the knowledge of parasites fish diversity in inland waters of the State of São Paulo.

Acknowledgments

The authors would like to thank Leila Felipini for editing the English. Vanessa D. Abdallah was supported by a Research fellowship from Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo Fapesp (2012/23655-0) and Rodney K. de Azevedo was supported by a Research fellowship from Fapesp (2014/12862-0).

References

- Acosta, A. A., Caffara, M., Fioravanti, M. L., Utsunomia, R., Zago, A. C., Franceschini, L., & Silva, R. J. (2016). Morphological and molecular characterization of *Clinostomum detruncatum* (Trematoda: Clinostomidae) metacercariae infecting *Synbranchus marmoratus*. *Journal of Parasitology*, 102(1), 151-156. doi 10.1645/15-773
- Adams, A. M. (1985). Parasites on the gills of the Plains Killifish, *Fundulus kansae*, in the South Platte River, Nebraska. *Transactions of the American Microscopical Society*, 104(3), 278-284. doi 10.2307/3226442
- 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(2), 174-182. doi 10.1590/S1984-29612015031
- Barber, I., Hoare, D., & Krause, J. (2000). Effects of parasites on fish behaviour: a review and evolutionary perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10(2), 131-165. doi 10.1023/A:1016658224470
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al., revisited. *Journal of Parasitology*, 83(4), 575-593. doi 10.2307/3284227
- Castro, R. M. C., & Menezes, N. A. (2001). Estudo diagnóstico da diversidade de peixes do Estado de São Paulo. In R. M. C. Castro (Ed.), *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Síntese do conhecimento ao final do século XX*. São Paulo, SP: WinnerGraph.
- Chappell, L. H. (1995). The biology of diplostomatid eyeflukes of fishes. *Journal of Helminthology*, 69(2), 97-101. doi 10.1017/S0022149X00013961
- Combes, C. (1996). Parasites, biodiversity and ecosystem stability. *Biodiversity and Conservation*, 5(8), 953-962. doi 10.1007/bf00054413.
- Covain, R., & Fisch-Muller, S. (2007). The genera of the Neotropical armored catfish subfamily Loricariinae (Siluriformes: Loricariidae): a practical key and synopsis. *Zootaxa*, 1462(1), 1-40. doi 10.15468/44fwxn
- Eiras, J. C., Segner, H., Wahli, T., & Kapoor, B. G. (2008). *Fish diseases*. New Hampshire, NH: Science Publishers.
- Eiras, J. C., Takemoto, R. M., & Pavanelli, G. C. (2006). *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. Maringá, PR: Eduem.
- Eiras, J. C., Takemoto, R. M., Pavanelli, G. C., & Adriano, E. A. (2011). About the biodiversity of parasites of freshwater fish from Brazil. *Bulletin-European Association of Fish Pathologists*, 31(4), 161-168.
- Eiras, J. C., Takemoto, R. M., Pavanelli, G. C., & Luque, J. L. (2012). Checklist of protozoan parasites of fishes from Brazil. *Zootaxa*, 3221(1), 1-25.
- Esch, G. W., Kennedy, C. R., Bush, A. O., & Aho, J. M. (1988). Patterns in helminth communities in freshwater fish in Great Britain: alternative strategies for colonization. *Parasitology*, 96(3), 519-532. doi 10.1017/S003118200008015X
- Ferraris Jr., C. J. (2003). Subfamily Loricariinae (Armored catfishes). In R. E. Reis, S. O. Kullander & C. J. Ferraris Jr. (Eds.), *Check list of the freshwater fishes of South and Central America* (p. 330-350). Porto Alegre, RS: Edipucrs.
- Ferraris Jr., C. J. (2007). Checklist of catfishes, recent and fossil (Osteichthyes: Siluriformes), and catalogue of siluriform primary types. *Zootaxa*, 1418(1), 1-628. doi 10.11646/zootaxa.1418.1.1.
- Franceschini, L., Zago, A. C., Muller, M. I., Francisco, C. J., Takemoto, R. M., & Silva, R. J. (2017). Morphology and molecular characterization of *Demidospemus spirophallus* n. sp., *D. prolixus* n. sp. (Monogenea: Dactylogyridae) and a redescription of *D. anus* in siluriform catfish from Brazil. *Journal of*

- Helminthology*, 6, 1-16. doi 10.1017/S0022149X17000256
- Gonzalez-Lanza, C., Alvarez-Pellitero, P., & Sitja-Bobadilla, A. (1991). Diplectanidae (Monogenea) infestations of sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.), from the Spanish Mediterranean area. Histopathology and population dynamics under culture conditions. *Parasitology Research*, 77(4), 307-314. doi 10.1007/bf00930906.
- Gupta, N., & Gupta, D. K. (2012). Erythropenia in piscine trypanosomiasis. *Trends in Parasitology Research*, 1(1), 1-6.
- Hahn, N. S., Agostinho, A. A., Gomes, L. C., & Bini, L. M. (1998). Estrutura trófica da ictiofauna do reservatório de Itaipu (Paraná- Brasil) nos primeiros anos de sua formação. *Interciência*, 23(1), 299-305.
- Hanski, I. (1982). Dynamics of regional distribution: the core and satellite species hypothesis. *Oikos*, 38(2), 210-221. doi 10.2307/3544021.
- Hara, H., Miyauchi, Y., Tahara, S., & Yamashita, H. (2014). Human laryngitis caused by *Clinostomum complanatum*. *Nagoya Journal of Medical Science*, 76(1-2), 181-185.
- Isbrücker, I. J. H. (1981). Revision of *Loricaria* Linnaeus, 1758 (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). *Beaufortia*, 31(3), 51-96.
- Isbrücker, I. J. H., & Nijssen, H. (1978). Two new species and a new genus of neotropical mailed catfishes of the subfamily Loricariinae Swainson, 1838 (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). *Beaufortia*, 27(1), 177-206.
- Kennedy, C. R., Bush, A. O., & Aho, J. M. (1986). Patterns in helminth communities: why are birds and fish so different? *Parasitology*, 93(1), 205-215. doi 10.1017/S0031182000049945
- Kohn, A., Fernandes, B. M. M., & Cohen, S. C. (2007). *South American trematodes parasites of fishes*. Rio de Janeiro, RJ: Imprinta Express Ltda.
- Leite, L. A. R., Pedro, N. H. O., Azevedo, R. K., Kinoshita, A., Gennari, R. F., Watanabe, S., & Abdallah, V. D. (2017). *Contracaecum* sp. parasitizing *Acestrorhynchus lacustris* as a bioindicator for metal pollution in the Batalha River, southeast Brazil. *Science of the Total Environment*, 575, 836-840. doi 10.1016/j.scitotenv.2016.09.132
- Ludwig, J. A., & Reynolds, J. F. (1998). *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. New York City, NY: John Wiley & Sons, Inc.
- Luque, J. L., Aguiar, J. C., Vieira, F. M., Gibson, D. I., & Santos, C. P. (2011). Checklist of Nematoda associated with the fishes of Brazil. *Zootaxa*, 3082(1), 1-88.
- Magurran, A. E. (2011). *Medindo a diversidade biológica*. Curitiba, PR: UFPR.
- Mattiucci, S., & Nascetti, G. (2008). Advances and trends in the molecular systematics of anisakid nematodes, with implications for their evolutionary ecology and host-parasite co-evolutionary processes. *Advances in Parasitology*, 66, 47-148. doi 10.1016/S0065-308X(08)00202-9
- Mendoza-Palmero, C. A., Scholz, T., Mendoza-Franco, E. F., & Kuchta, R. (2012). New species and geographical records of Dactylogyrids (Monogenea) of catfish (Siluriformes) from the Peruvian Amazonia. *The Journal of Parasitology*, 98(3), 484-497. doi 10.1645/GE-2941.1
- 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(4), 718-721. doi 10.1645/12-84.1
- Pedro, N. H. O., Pelegrini, L. S., Azevedo, R. K., & Abdallah, V. D. (2016). Biodiversity of metazoan parasites in *Acestrorhynchus lacustris* (Lütken, 1875) (Characiformes: Acestrorhynchidae) from the Batalha River, São Paulo State, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 11(4), 336-344.
- Pinna, M. C. C. (1998). Phylogenetic relationships of neotropical Siluriformes (Teleostei: Ostariophysi): historical overview and synthesis of hypotheses. In L. R. Malabarba, R. E. Reis, R. P. Vari, Z. M. S. Lucena & C. A. S. Lucena (Eds.), *Phylogeny and classification of neotropical fishes* (p. 279-230). Porto Alegre, RS: Edipucrs.
- Poulin, R. (1998). Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities. *The Journal of Parasitology*, 84(3), 485-490. doi 10.2307/3284710.
- Poulin, R. (2007). Are there general laws in parasite ecology? *Parasitology*, 134(6), 763-776. doi 10.1017/S0031182006002150
- Poulin, R., & Morand, S. (2000). The diversity of parasites. *The Quarterly Review of Biology*, 75, 277-293.
- Ramos, I. P., Franceschini, L., Zago, A. C., Zica, E. O. P., Wunderlich, A. C., Carvalho, E. D. & Silva, R. J. (2013). New host records and a checklist of fishes infected with *Austrodiplostomum compactum* (Digenea: Diplostomidae) in Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 22(4), 511-518. doi 10.1590/S1984-29612013000400010
- Rohde, K., Hayward, C., & Heap, M. (1995). Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. *International Journal for Parasitology*, 25(8), 945-970. doi 10.1016/0020-7519(95)00015-T
- Seppälä, O., Karvonen, A., & Valtonen, E. T. (2004). Parasite-induced change in host behaviour and susceptibility to predation in an eye fluke-fish interaction. *Animal Behaviour*, 68(2), 257-263. doi 10.1016/j.anbehav.2003.10.021
- Shaw, D. J., & Dobson, A. P. (1995). Patterns of macroparasite abundance and aggregation in wildlife populations: a quantitative review. *Parasitology*, 111(Suppl. 1), S111-S127. doi 10.1017/S0031182000075855

Thatcher, V. E. (2006). *Amazon fish parasites*. Sofia, BG: Pensoft Publishers.

Woo, P. T. K. (2006). *Fish diseases and disorders*. Vol. 1: protozoan and metazoan infections. London, UK: Cabi.

Received on March 18, 2017.

Accepted on September 15, 2017.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

