

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

PARASITOS DE *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) (PERCIFORMES: CICHLIDAE)
PROVENIENTES DE TRÊS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ/JACARÉ,
SÃO PAULO

Alcindo Gomes Pereira Junior

Orientador: Dr. Leonardo Tachibana

Coorientadora: Dra. Maria José Tavares Ranzani Paiva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo
Março - 2020

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

PARASITOS DE *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) (PERCIFORMES: CICHLIDAE)
PROVENIENTES DE TRÊS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ/JACARÉ,
SÃO PAULO

Alcindo Gomes Pereira Junior

Orientador: Dr. Leonardo Tachibana

Coorientadora: Dra. Maria José Tavares Ranzani Paiva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo
Março - 2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

P492 Pereira Júnior, Alcindo Gomes
Parasitos de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) (Perciformes: Cichlidae)
provenientes de três rios da Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré, São Paulo
vii;63f.;15fig.; 4tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e
Abastecimento.

Orientador: Leonardo Tachibana

1. Parasitologia. 2. Comunidade Parasitária. 3. Relação Parasito-hospedeiro.
I. Tachibana, Leonardo. II. Título.

CDD 593

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO SECRETARIA
DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

“PARASITOS DE *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840)
(PERCIFORMES: CICHLIDAE) PROVENIENTES DE TRÊS RIOS DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ/JACARÉ, SÃO PAULO”

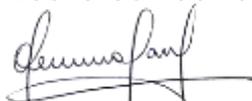
AUTOR: Alcindo Gomes Pereira Junior

ORIENTADOR: Prof. Dr. Leonardo Tachibana

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de
MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, pela Comissão
Examinadora:



Prof. Dr. Leonardo Tachibana



Prof. Dr. Reinaldo José da Silva



Prof. Dr. Ricardo Massato Takemoto

Data da realização: 30 de abril de 2020



Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Leonardo Tachibana

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos eternos a Deus que me deu conhecimento e forças para lutar e vencer os diversos desafios da vida, e pôs em meu caminho pessoas especiais que muito me ensinaram;

Aos meus pais, Alcindo Gomes Pereira e Maria Ribeiro Pereira, que em minha infância se dedicavam a me ensinar a ler, aprender e respeitar a tudo e a todos, por isso, tudo o que aqui eu escrever não será o bastante para agradecê-los, amo muito vocês;

Meu muito obrigado aos meus irmãos (Adenilson Ribeiro Pereira, Adriano Ribeiro Pereira, Amilton Ribeiro Pereira, Andrea Pereira da Silva, Claudivino Ribeiro Pereira e Mariveth Ribeiro Pereira) a minha sobrinha Andreza Pereira da Silva e todos os meus outros familiares, que compartilharam comigo das dificuldades, e que junto a mim tiveram esperança, fé, e acreditaram em mim, dividindo momentos indescritíveis, que sempre me ajudaram a chegar ao meu local de estudo, com auxílios financeiros e incentivos, não há palavras para agradecer a isso, amo muito vocês;

À Tainá Martins de Carvalho e a sua família, que estiveram presente durante esta caminhada, me apoiando e me incentivando nos momentos mais difíceis que passei, amo muito você e sua família;

A todos meus amigos de infância, da escola e da graduação que trilharam boa parte do caminho comigo, vocês são parte da minha família;

Ao professor Dr^o Leonardo Tachibana pela orientação e auxílio.

À minha orientadora Maria José Tavares Ranzani de Paiva (Masé), que foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho, e que sempre me ajudou e orientou da melhor maneira possível, obrigado pelo amparo;

Aos professores Dr^o Rodney Kozlowiski de Azevedo e Dr^a Vanessa Doro Abdallah Kozlowiski pela orientação;

À professora Dr^a Maria Letizia Petesse pelo auxílio nas análises estatísticas;

Aos doutores Larissa Sbeghen Pelegrini e Diego Henrique Mirandola Dias Vieira pela ajuda na obtenção das imagens, identificações e análises morfológicas dos parasitos;

Aos mestres Felipe Freitas Januário, Thaissa Duarte Serrano, Karina Gabriele Alves Dias e Débora Caroline Negrelli pela ajuda nos procedimentos de coleta e processamento dos parasitos;

Aos meus amigos Dr^o Said Ben Hamed, Me. Nicolas Ripari, Cristina Viriato, Me. Diego Sales dos Santos, Ocimar Pedro e a minha amiga Uclédia Roberta, obrigado pela ajuda e amizade;

Ao Instituto de Pesca pela prestação desse importante serviço público;

Ao corpo técnico e administrativo do Instituto de Pesca pelos serviços prestados;

A Capes com o processo n^o01294351206 que auxiliou financeiramente, contribuindo para o desenvolvimento desse estudo;

Por fim, partilho com toda a minha família e amigos a minha alegria.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	i
ÍNDICE DE TABELAS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMO GERAL.....	vi
GENERAL ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 Importância dos estudos sobre parasitos de peixes.....	1
1.2 Principais grupos de parasitos de peixes.....	2
1.3 Hospedeiro.....	5
1.4 Parasitos relatados em <i>Satanoperca pappaterra</i>	7
1.5 Análises ecológicas.....	7
2 REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	9
OBJETIVOS.....	13
Objetivo geral.....	13
Objetivos específicos.....	13
COMUNIDADE PARASITÁRIA DE <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840) (PERCIFORMES: CICHLIDAE) DOS RIOS TIETÊ, JACARÉ-GUAÇU E JACARÉ-PEPIRA, SÃO PAULO, BRASIL.....	14
RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	15
1 INTRODUÇÃO.....	16
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.1 Áreas de estudo.....	17
2.2 Coletas dos hospedeiros.....	18
2.3 Coleta, processamento e identificação dos parasitos.....	19
2.4 Análise estatística.....	20
3 RESULTADOS.....	24
4 DISCUSSÃO.....	42
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Parasitos de <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840) coletados nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil. Valores referentes a amostra total dos parasitos encontrados nos 36 peixes nos três rios mencionados.	26
Tabela 2. Parasitos de <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840) provenientes dos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré, Estado de São Paulo, Brasil. Valores se referem as amostras isoladas dos parasitos encontrados nos três rios estudados.	27
Tabela 3. Índices de diversidade parasitária determinados para a infra comunidade parasitária de <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil.	28
Tabela 4. Média dos índices de diversidade das comunidades de parasitos de <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira e amostra total.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Exemplar de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil. 6
- Figura 1. Mapa da localização dos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, localizada no centro do Estado de São Paulo, Brasil. As setas em azul escuro indicam os pontos de coletas dos peixes *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), em amarelo está localizada a Bacia hidrográfica nº 13 Tietê/Jacaré (Elaborado pelo autor). 18
- Figura 2. Metacercária de Diplostomidae gen. sp. encontrada no encéfalo e olho de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil. A: visão geral da metacercária; B: visão posterior. 29
- Figura 3. Metacercária de *Austrodiplostomum compactum* Lutz, 1928 encontrada no olho e encéfalo de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil. A: visão geral da metacercária; B: visão anterior com as pseudoventosas (PV) e as células glandulares (GC); C: visão posterior com o ceco intestinal (CI), órgão tribocítico (OT) e as gônadas (G); D: detalhe da região anterior do corpo, mostrando a ventosa oral (VO), pré-faringe (PF), faringe (F) e o esôfago (E). 30
- Figura 4. Metacercária de *Clinostomum heluans* Braun, 1899 encontrada na nadadeira de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil. A: visão geral da metacercária; B: cecos intestinais (CI), que se estendem até o final da região posterior; C: região anterior, com destaque para a ventosa oral (VO), a ramificação dos cecos intestinais (RCI), a faringe (F) e o acetábulo (A); D: região posterior, novamente mostrando os cecos intestinais (CI), testículo anterior (TA), ovário (O) e o testículo posterior (TP). 31
- Figura 5. *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi* Petter & Cassone, 1984 encontrado em *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado no rio Tietê, Estado de São Paulo, Brasil. A: extremidade anterior do corpo; B: extremidade posterior do macho, com destaque para o espículo parcialmente para fora do corpo; C: útero com ovos D: região da vulva. 32
- Figura 6. *Posthodiplostomum macrocotyle* Dubois, 1937 encontrado em *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado no rio Jacaré-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. A: visão geral da metacercária; B: ventosa oral (VO), pré-faringe (PF), faringe (F) e esôfago (E); C: região posterior, com destaque para a bursa copulatória (BC) e vesícula geminal (VG); D: órgão tribocítico e acetábulo (A). 33

Figura 7. Hirudíneo encontrado em <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê e Jacaré-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. Visão geral do parasito.	34
Figura 8. nMDS mostrando alta similaridade em termos de abundância de parasitos encontrados no peixe <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840) proveniente de três rios da bacia hidrográfica Tietê/Jacaré. Os pontos vermelhos indicam as amostras dos parasitos encontrados nos peixes do rio Jacaré-Guaçu, em azul estão os coletados no rio Jacaré-Pepira e na cor preta estão os parasitos do rio Tietê.....	35
Figura 9. Dendograma mostrando a comunidade parasitária de <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia hidrográfica Tietê/Jacaré, Estado de São Paulo, Brasil. Dividido em dois grupos principais, sendo o primeiro formado por: Pm = <i>Posthodiplostomum macrocotyle</i> , Hiru = Hirudinea e Mono = Monogenea e o segundo grupo por C-sp = <i>Clinostomum heluans</i> , Rsh = <i>Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi</i> , D-sp = Diplostomidae gen. sp. e Ac = <i>Austrodiplostomum compactum</i> . Dentro do segundo grupo, D-sp e Ac são mais similares por serem mais abundantes; coeficiente cofenético foi de 0.95.....	36
Figura 10. Dendograma de agrupamento dos rios estudados em relação a fauna parasitária de <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia do Tietê/Jacaré, Estado de São Paulo, Brasil.....	37
Figura 11. Relação peso-comprimento da amostra total de <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. Os círculos azuis representam os peixes do rio Jacaré-Guaçu, em verde, os do rio Jacaré-Pepira e em vermelho do Tietê.	38
Figura 12. Relação peso-comprimento-sexo de <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. Os círculos azuis representam os machos e em vermelho, as fêmeas.	39
Figura 13. Fator de condição relativo de <i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. O gráfico de <i>box-whisker plot</i> mostra que cinquenta por cento dos valores para a amostra total estão próximos da unidade variando entre o 0,93 e 1,12.....	40
Figura 14. Curva de rarefação para amostras de <i>S. pappaterra</i> (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.....	41

PARASITOS DE *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) (PERCIFORMES: CICHLIDAE)
PROVENIENTE DE TRÊS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-JACARÉ, SÃO
PAULO

RESUMO GERAL

Neste estudo é demonstrado a importância e relevância que a parasitologia tem para a contribuição do desenvolvimento de pesquisas sobre a biodiversidade de ambientes aquáticos brasileiros, buscando o entendimento da relação parasito-hospedeiro, com objetivo de trazer novas informações sobre essa área que ainda necessita de estudos mais aprofundados. Este trabalho apresenta uma análise da comunidade parasitária presente na espécie de peixe *Satanoperca pappaterra*, da ordem Perciformes, coletado durante os anos de 2017 e 2018 nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, pertencentes a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré (UGRHI) nº 13, localizada no centro do Estado de São Paulo. O objetivo desta pesquisa foi comparar a fauna parasitária de trinta e seis espécimes de *S. pappaterra* oriundas desses três rios, identificar e quantificar novos registros de parasitos para este hospedeiro e para as localidades, além de apresentar considerações sobre as espécies encontradas. Doze peixes foram coletados em cada um dos três rios mencionados, foram encontrados 1.892 parasitos de sete espécies diferentes, novos registros para este hospedeiro e para os rios estudados foram descritos. Esta região, assim como a maioria dos corpos d'água brasileiros ainda precisam de dados para incrementar o conhecimento sobre os parasitos de organismos aquáticos e este trabalho vai contribuir com a robustez dos dados bibliográficos, desta forma, com o auxílio de análises estatísticas e ecológicas trouxemos dados atuais sobre este hospedeiro, ambiente e a comunidade parasitária presente.

Palavras chave: parasitologia, comunidade parasitária, relação parasito-hospedeiro.

PARASITES OF *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) (PERCIFORMES: CICHLIDAE) FROM
THREE RIVERS OF THE TIETÊ-JACARÉ HYDROGRAPHIC BASIN, STATE OF SÃO
PAULO, BRAZIL

GENERAL ABSTRACT

In this study, it demonstrates the importance that parasitology has to contribute to the development of research on the biodiversity of Brazilian aquatic environments, seeking to understand the parasite-host relationship, with the aim of bringing new information about this area that still use more in-depth studies. The paper presents an analysis of the parasitic community present in the species of fish *Satanoperca pappaterra*, of the order Perciformes, collected during the years 2017 and 2018 in the Tietê, Jacaré-Guaçu and Jacaré-Pepira rivers, belonging to the Tietê-Jacaré Water Resources Management Hydrographic Unit (UGRHI) n°13, located in the center of the State of São Paulo. The objective of this research was to compare the parasitic fauna of thirty-six specimens of *S. pappaterra* in the rivers of the Tietê/Jacaré basin, to identify and quantify new records of parasites for this host and for the localities, in addition to presenting considerations about the species found. Twelve fish were collected in each of the three rivers mentioned, 1,892 parasites of seven different species were found, new records for this fish and for the rivers studied were described. In this region, like most Brazilian water bodies, still need data to increase knowledge about aquatic organism parasites and this work will contribute to the robustness of bibliographic data, thus, with the help of statistical and ecological analyses, we have brought current data on this host, environment and the parasitic community present.

Keywords: parasitology, parasitic community, parasite-host relationship.

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Importância dos estudos sobre parasitos de peixes

Os parasitos estão presentes na maioria dos ecossistemas, ocorrendo em praticamente todos os ambientes, envolvendo diferentes teias alimentares e todos os níveis tróficos, representando uma boa parte da biodiversidade (Marcogliese, 2004; Dobson et al., 2008; Lafferty, 2012; Poulin, 2014).

São componentes importantes na biologia dos organismos aquáticos, como os peixes, que servem como hospedeiros intermediários, paratênicos ou definitivos para vários grupos de parasitos, envolvendo diversas interações e conjuntos de fatores (Poulin e Morand, 2004).

Essas interações afetam cada estágio do ciclo de vida do parasito, e dessa forma, há um equilíbrio entre eles e seus hospedeiros, isso influencia na patogenicidade do parasito e na resposta e defesa do hospedeiro (Ricklefs, 2010).

A presença do parasito no organismo do hospedeiro também resulta em alterações de modo geral no hábito de vida do segundo, dos quais retiram os recursos necessários à sua sobrevivência, e dessa forma, constituem uma das mais complexas e principais relações entre organismos biologicamente diferentes, resultado de uma evolução simultânea e única (Eiras, 1994; Eiras et al., 2016; Ruehle et al., 2017).

Por serem abundantes em todos os ecossistemas, é provável que os ambientes de água doce da América do Sul, precisamente os rios brasileiros possuam diversos organismos desconhecidos parasitando os peixes, uma vez que são os vertebrados mais parasitados por conta da facilidade de infecção/infestação por estes organismos nos ambientes aquáticos (Malta, 1984; Luque et al., 2016).

Devido a essa imensa biodiversidade, ainda existe grande parte dos ecossistemas a serem exploradas, principalmente em regiões neotropicais, como o Brasil, que possui ictiofauna extremamente diversificada e grande quantidade de rios disponíveis e elevado número de espécies de peixes, sendo que a maioria desses animais não foram estudados com o objetivo de se conhecer a sua fauna parasitária (Eiras et al., 2010; Pavanelli et al., 2013; Luque et al., 2016).

Os estudos atuais na área de parasitologia são mais vastos e profundos. O conhecimento da diversidade parasitária e sua distribuição geográfica são dados relevantes para a conservação, demonstrando que o melhor conhecimento não é apenas em relação a saúde do hospedeiro, mas também para o entender a interação hospedeiro-parasito-ambiente (Lacerda et al., 2012).

1.2 Principais grupos de parasitos de peixes

Os peixes apresentam a maior quantidade e diversidade de parasitos de todas as classes de vertebrados e, no presente estudo, serão abordadas de forma geral a morfologia e biologia de quatro grupos taxonômicos.

Subclasse Digenea

Os parasitos da subclasse Digenea fazem parte da classe Trematoda e do filo Platyhelminthes (do grego *platy*, achatado + *helminth-*, verme). A referência proposta no nome (*Di*: dois, *genea*: vida) se dá por conta de sua forma de transmissão, uma vez que para que o seu ciclo de vida seja completo são necessários dois ou mais hospedeiros (Kohn et al., 2013).

A maioria dos digenéticos possuem o corpo achatado dorsoventralmente, no entanto algumas espécies podem apresentar formato esférico, cilíndrico ou piriforme (Acosta et al., 2016). O tamanho dos parasitos digenéticos de peixes de água doce pode variar de um milímetro até vários centímetros (Kohn et al., 2013).

Externamente, o que mais chama a atenção na característica dos digenéticos é a presença de uma ou duas ventosas musculares, uma anterior e outra ventral, essas ventosas representam órgãos de fixação e locomoção, a anterior é também (principalmente), envolvida na alimentação (Ruppert et al., 2005).

A maioria desses trematódeos possui concomitantemente os órgãos reprodutores de ambos os sexos, ou seja, são hermafroditas com exceção dos parasitos da família Schistosomatidae (Reinecke, 1983) e Didymozoidae (Monticelli, 1888) (Eiras et al., 2010).

Um exemplo do ciclo de vida envolvendo diversos hospedeiros é quando o ovo da origem a larva ciliada, o miracídio, este penetra em um molusco (primeiro hospedeiro intermediário) tornando-se um esporocisto e por divisão mitótica origina outro estágio larval, a rédia, que se desenvolverá no quarto estágio larval, as cercárias, que assim como o miracídio, também é uma forma livre nadante, estas abandonam o molusco e penetram no segundo hospedeiro intermediário (podendo ser um peixe) onde se encistam e tornam-se metacercárias e esperam que sirvam de alimento para o hospedeiro definitivo (pode ser uma ave ou mamífero aquático) para poder concluir o ciclo e se desenvolver gradualmente nesse hospedeiro até se tornar o indivíduo adulto (Cheng, 1986; Smyth, 1994; Kohn et al., 2013).

Em outros exemplos de ciclo de vida, o miracídio pode penetrar diretamente no hospedeiro definitivo, não havendo o hospedeiro intermediário em alguns casos (Acosta et al., 2016).

A presença destes helmintos em diferentes estruturas do corpo dos peixes, como superfície, cavidade bucal, brânquias, olhos e encéfalo pode acarretar danos ao seu hospedeiro, como infecções cutâneas, necrose, alterações comportamentais, deformação da coluna vertebral, perda da visão, tumor cerebral e em casos de infecção severa podem levar o peixe à morte (Kohn et al., 2013).

Classe Monogenea

Os monogenéticos são considerados o grupo mais diversificado em relação à morfologia e ecologia entre os Platyelminthos. São predominantemente ectoparasitos, mas ocasionalmente podem ser endoparasitos. São altamente específicos para seus hospedeiros vertebrados aquáticos, os peixes, e neles são encontrados nas brânquias, superfície, cavidade nasal e alguns nos dutos intestinais e urinários, ocorrendo também em anfíbios, répteis e mamíferos (Thatcher, 2006).

O sistema digestório dos monogenéticos é simples, possuem boca, pré-faringe, faringe, esôfago e dois cecos intestinais (Santos et al., 2013). Geralmente são identificados de acordo com a presença de uma estrutura denominada haptor, que possuem âncoras, barras, ganchos e ventosas e do complexo copulatório (Brusca e Brusca, 2007).

Apresentam tendência de ciclo de vida direto (monoxeno), ou seja, não é necessário um hospedeiro intermediário para completar seu ciclo. No ciclo de vida dos monogenéticos ovíparos, os ovos são liberados na água ou fixados no hospedeiro, ao eclodirem, surge uma larva ciliada nadante, o oncomiracídio, que ao encontrar um hospedeiro perde os cílios e origina o adulto (Takemoto et al., 2013).

A maioria mede de 1 a 5 mm de comprimento, mas algumas espécies podem alcançar até 20 mm (Eiras et al., 2010).

Os monogenéticos são muito sensíveis a qualquer variação nos parâmetros físicos e químicos da água. Desta forma, estes parasitos têm sido objeto de estudos por serem ótimos bioindicadores (Acosta et al., 2016).

A patogenia por monogenéticos pode causar danos aos peixes de água doce, isso varia de acordo com o local de fixação no hospedeiro.

Quando presentes em grandes quantidades nas brânquias, podem provocar hiperplasia celular e hipersecreção. Altas densidades nesta região de infecção podem produzir muco nos filamentos branquiais, deixando os peixes com dificuldade respiratória, podendo levá-los à morte (Thatcher, 2006). Podem ocorrer lesões se fixos ao tegumento, provocando necrose e quando encontrados nos olhos, podem provocar opacidade ocular.

Vale ressaltar, que essas lesões podem ser usadas como porta de entrada para infecções causadas por outros patógenos, como fungos e bactérias, agravando ainda mais. Portanto, monogénéticos são potencialmente prejudiciais e medidas para a eliminação e/ou controle desses devem ser tomadas em empreendimentos de criação de peixes (Eiras et al., 2010; Pavanelli et al., 2013).

Filo Nematoda

É um dos filos mais diversificados e abundantes entre os metazoários de vida livre ou parasitária. Em suas principais características morfológicas, os nematoides apresentam simetria bilateral, são dioicos, com corpo filiforme, fusiforme, cilíndrico e é coberto com cutícula desenvolvida e não há segmentação no corpo (Smyth, 1994; Eiras et al., 2016).

Possuem boca, esôfago, intestino, anel nervoso, órgãos respiratórios, sistema circulatório e aparelho reprodutor (Santos et al., 2013). Apresentam dimorfismo sexual, as fêmeas geralmente são maiores que os machos (Cheng, 1986).

Os ciclos de vida ocorrem de várias formas e pode envolver vários hospedeiros, como peixes, aves e mamíferos (Moravec, 1998). Nos peixes, os nematoides parasitam praticamente todos os órgãos, estes podem servir como hospedeiro intermediário, definitivo ou paratênico. As aves e os mamíferos também podem atuar como hospedeiros definitivos (Anderson, 2000).

Na forma mais simplificada (ciclo de vida direto) tendo o peixe como hospedeiro definitivo e o nematoide seja ovíparo, o ciclo inicia-se quando os ovos eclodem no meio aquático e as larvas são ingeridos por um invertebrado, que é o hospedeiro intermediário (crustáceo), no qual o nematoide se desenvolve dentro deste animal até a forma larval L3, permanecendo até que o último seja ingerido pelo hospedeiro definitivo, e neste novo hospedeiro, o nematoide L3 se desenvolve em adulto, completando o ciclo (Eiras et al., 2010).

A patogenia dos nematoides pode ser de ordem traumática, tóxica e/ou espoliadora. Poucos são as bibliografias que registram mortes causadas por parasitos deste filo, porém, em empreendimentos de piscicultura, no caso de uma alta infestação, podem retardar o crescimento, diminuindo o valor comercial do pescado e podem causar mortalidades, principalmente se ocorrer em alevinos (Santos et al., 2013).

Além disso, o conhecimento sobre nematoides é importante para estudos na área médico-veterinária pois alguns parasitos possuem potencial zoonótico. Nesses casos, o peixe pode atuar como hospedeiro paratênico ou intermediário, e se consumido cru ou malcozido pelo homem pode ocasionar alguma doença parasitária (Pavanelli et al., 2008; Eiras et al., 2010).

Subclasse Hirudinea

Os hirudíneos pertencem ao filo Anellida, são conhecidos como sanguessugas. São vermes que ocorrem em ambientes marinhos, de água doce e no ambiente terrestre úmido. Morfologicamente possuem corpo achatado dorsoventralmente e duas ventosas: uma na região anterior do corpo, ao redor da boca, e outra na região posterior, com a qual se fixam ao substrato. Possuem olhos, mas não possuem cerdas nem apêndices na região cefálica (como tentáculos). Os hirudíneos atuam como vetores de doenças, principalmente as causadas por bactérias, fungos e vírus. As lesões nos hospedeiros podem provocar perda de sangue, evoluindo para hemorragias ou até mesmo levando-o a morte (Thatcher, 2006).

1.3 Hospedeiro

Dentre os peixes, a família Cichlidae é a que possui o maior número de representantes (Marescalchi, 2005). A grande diversidade de espécies se dá pelos avanços comportamentais reprodutivos e pelas especializações alimentares que os ciclídeos possuem (Marceniuk e Hilsdorf, 2010). No Brasil, a maior parte dos ciclídeos são vulgarmente conhecidos por “cará ou acará”, os peixes do gênero *Cichla* são chamados de “tucunaré” e “jacundá” para o gênero *Crenicichla* (Kullander, 2003).

Morfologicamente as espécies de peixes da família Cichlidae, possuem espinhos na nadadeira dorsal que variam de sete a vinte e cinco, e a nadadeira anal apresenta de dois a doze (Marceniuk e Hilsdorf, 2010). O primeiro raio da nadadeira ventral transformado em espinhos, uma linha lateral que é dividida em dois ramos (um anterior no dorso e o outro posterior localizado próximo ao pedúnculo caudal), boca protrátil, com prémaxilar móvel, e os dentes cônicos no prémaxilar e dentário são estruturas suficientes para classificar os peixes como ciclídeos (Kullander, 2003).

A nível de ordem, os Perciformes podem ser identificados pela presença de três ou mais espinhos duros na porção anterior da nadadeira anal, linha lateral geralmente interrompida, formando dois ramos e a maioria das espécies de peixes desta ordem apresentam padrões de coloração intensa (Lima et al., 2005).

Um representante da família Cichlidae e da ordem Perciformes, é a espécie, *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) (Figura 1). Está espécie é endêmica das bacias dos rios Amazonas, rio Guaporé (Brasil e Bolívia) e alto do rio Paraná e norte do rio Paraguai, foi introduzida sudeste do Brasil com vários registros no sistema tributário do rio Tietê (Kullander, 2003). Anteriormente, era incluída no gênero *Geophagus* (Heckel, 1840), e identificada como *Geophagus jurupari* (Heckel, 1840) (Kullander, 1986).

Vive em canais principais dos rios e seus tributários, ocorrem também em lagos de várzea, sobre substratos arenosos, rochosos ou lamosos. Em alguns casos, também pode ser encontrada em reservatórios artificiais, alimentam-se basicamente de larvas de insetos, pequenos crustáceos, detritos vegetais e pequenos peixes (Hahn e Cunha, 2005).

Apresenta cuidado parental, realiza pequenas migrações, com fecundação externa, reproduz-se de outubro a janeiro, e a primeira maturação gonadal nas fêmeas ocorre com 86 mm e nos machos com 75 mm de comprimento padrão, o dimorfismo sexual é pouco evidente, as fêmeas são ligeiramente maiores que os machos e a região ventral dilata-se no período de reprodução (Suzuki et al., 2004).

São ovíparos, e na época de reprodução, os ovos são incubados na boca e posteriormente depositados em superfícies rochosas ou em troncos de árvores, logo em seguida, fertilizados pelo macho, após a eclosão, alguns machos podem “expulsar” (comportamento variável) a fêmea e cuidar dos alevinos (Hahn e Cunha, 2005; Cassemiro et al., 2008; Silva et al., 2012). Pode ser utilizada como indicadora de eutrofização, uma vez que habita reservatórios mais antigos, e porções finais dos braços de rios tributários (Agostinho et al., 1999). Podem ser distinguidos das demais espécies do gênero pela presença de uma série de manchas pretas proeminentes abaixo da nadadeira dorsal e da presença marcante da linha lateral bem escura (Kullander, 2003).



Figura 1. Exemplar de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçú e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil.

1.4 Parasitos relatados em *Satanoperca pappaterra*

A ordem Perciformes é maior entre os vertebrados e, conseqüentemente possuem os peixes mais estudados quando o enfoque é a Ecologia Parasitária, isso não quer dizer que todas as espécies presentes neste grupo têm a sua fauna parasitária totalmente conhecida, como é o caso da espécie *S. pappaterra* encontrados em rios brasileiros. Os registros de estudos sobre a comunidade parasitária são escassos, como, por exemplo, o de Pavanelli et al. (1997) que fizeram coletas na planície de inundação do Alto Rio Paraná e registraram a ocorrência da metacercária digenética *Diplostomum* sp., do monogenético *Cleidodiscus* sp. e uma espécie não identificada de nematoide no intestino de *S. pappaterra*. Alguns anos depois na mesma planície, Machado et al. (2005) relataram a presença de *Austrodiplostomum compactum* e Yamada et al. (2007) registraram cinco espécies de ectoparasitos branquiais, sendo elas dois digenéticos, *Ascocotyle* sp. e *Diplostomum* sp., um cestóide da família Proteocephalidea (plerocercóide), um copepoda e o parasito *Sciadicleithrum* sp. que mais tarde seria identificada como uma nova espécie de monogenético, denominada *Sciadicleithrum satanopercae* (Yamada et al., 2009). Paes et al. (2010) descreveram a ocorrência de *A. compactum* em *S. pappaterra* do reservatório de Nova Avanhandava, baixo rio Tietê, São Paulo.

Dessa forma, a comunidade parasitária de *S. pappaterra* encontrada em rios brasileiros precisa de estudos atuais. Sabe-se que muitas espécies de parasitos têm ciclos de vida que envolvem transmissão em diferentes hospedeiros da cadeia trófica, tais organismos são importantes no comportamento da biodiversidade aquática, portanto, os estudos e conhecimento da fauna parasitária de peixes são essenciais para o bom entendimento dos ecossistemas (Tavares-Dias et al., 2017).

1.5 Análises ecológicas

Segundo Poulin (2007), as análises ecológicas têm o objetivo de compreender as interações que provocam a distribuição, abundância e diversidade dos organismos vivos em várias escalas. Para ajudar a resolver as principais questões das pesquisas em parasitologia, é necessário recorrer as análises estatísticas, a fim de saber se os parasitos apresentam algum tipo de organização ou apenas conglomerados de espécies, e quais são os fatores que podem determinar estas tendências. Diferente de muitos outros seres vivos, os peixes em particular, devido à sua abundância em quase todos os ecossistemas, nos permitem, analisá-los e nos dão a possibilidade de identificar os parasitos que estão presentes em sua fauna. Essas

análises podem ser baseadas em qualidade ou quantidade e, em muitos casos, podemos estruturar grandes bases de dados. As análises estatísticas consistentes podem ser frequentemente utilizadas na ecologia parasitária (Luque et al., 2013).

A avaliação da biodiversidade através do conhecimento da fauna parasitária de peixes de água doce, pode oferecer informações mais completas sobre a biologia do hospedeiro, como à susceptibilidade destes a determinadas espécies de parasitos, e também das possíveis relações com a sazonalidade e com os fatores bióticos e abióticos (Paraguassú e Luque, 2007). Assim como as comparações das faunas parasitárias de diferentes espécies de peixes conseguem distinguir quais são as características dos hospedeiros que estão relacionadas a riqueza de espécies de parasitos (Poulin, 2007).

Nesse contexto, estudar a biodiversidade para abordar não apenas questões relacionadas a inventários de espécies, mas também sobre estudos das relações hospedeiro-parasito em função das variáveis ecológicas são essenciais para o bom entendimento das relações ecológicas (Poulin e Morand, 2004).

Assim, o estudo da ecologia de parasitos de peixes pode oferecer informações não só dos seus hospedeiros, mas também sobre as características ambientais. Isso pode ser evidenciado já que as alterações ambientais, principalmente as que decorrem de oscilações da dinâmica hidrológica, são usadas para justificar a presença de determinadas espécies de parasitos, além de explicar os respectivos índices parasitários (Acosta et al., 2016).

Dessa forma, estudou-se a comunidade parasitária de *S. pappaterra* em três diferentes rios da bacia hidrográfica Tietê/Jacaré utilizando ferramentas estatísticas para obter o melhor resultado nas análises ecológicas e compreender o comportamento e a relação entre os parasitos e seus hospedeiros.

2 REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A.A.; Godoy, A.T.; Yamada, F.H.; Brandão, H.; Paes, J.V.K.; Bongiovani, M.F.; Müller, M.I.; Yamada, P.O.F.; Narciso, R.B.; Silva, R.J. 2016. Aspectos parasitológicos dos peixes. In: SILVA, RJ. Integridade ambiental da represa de Jurumirim: ictiofauna e relações ecológicas. UNESP, São Paulo. p. 115-192.
- Agostinho, A.A.; Júlio Júnior, H.F. 1999. Peixes da bacia do alto rio Paraná. In: Lowe-McConnell, R.H. Ecological studies in tropical fish communities. São Paulo: EDUSP. p. 374-400.
- Anderson, R.C. 2000. Nematodes Parasites of Vertebrates: their biology and transmission. Oxon: CABI Publishing, 650p.
- Brusca, R. C.; Brusca, G. J. 2007. Invertebrados. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1032p.
- Casemiro, F.; Rangel, T.; Pelicice, F.; Hahn, N. 2008. Allometric and ontogenetic patterns related to feeding of a neotropical fish, *Satanoperca pappaterra* (Perciformes, Cichlidae). Ecology of Freshwater Fish, 17(1): 155-164. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2007.00270.x>
- Cheng, T. C. 1986. General Parasitology. 2ª ed. Florida: Academic Press. 827p.
- Dobson, A.P.; Lafferty, K.D.; Kuris, A.M.; Hechinger, R.F; Jetz, W. 2008. Homage to Linnaeus: how many parasites? How many hosts? Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(1): 11482-11489. <https://dx.doi.org/10.1073/pnas.0803232105>
- Eiras, J. C.; Takemoto, R. M.; Pavanelli, G.C. 2010. Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil. Maringá: Clichetec. 289p.
- Eiras, J.C. 1994. Elementos de Ictioparasitologia. Porto: Fundação Eng. António de Almeida. 339p.
- Eiras, J.C.; Velloso, A.L.; Pereira Jr, J. 2016. Parasitos de peixes marinhos da América do Sul. Rio Grande: FURG. 442p.
- Hahn, N.S.; Cunha, F. 2005. Feeding and trophic ecomorphology of *Satanoperca pappaterra* (Pisces, Cichlidae) in the Manso Reservoir, Mato Grosso State, Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology, 48(6):1007-1012. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132005000800017>
- Kohn, A.; Cohen, S.C.; Justo, M.C.N.; Fernandes, B.M.M. 2013. Digenea. In: Pavanelli, G.C.; Takemoto, R.M.; Eiras, J.C. (Eds). Parasitologia de peixes de água doce do Brasil.

- Maringá: EDUEM. p. 301-316.
- Kullander, S.O. 1986. Cichlid fishes of the Amazon river drainage of Peru. Stockholm: Museum of Natural History, 428p.
- Kullander, S.O. 2003. Family Cichlidae (Cichlids). 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. p. 605-654.
- Lacerda, A.C.F.; Takemoto, R.M.; Tavares-Dias, M.; Poulin, R.; Pavanelli, G.C. 2012. Comparative parasitism of the fish *Plagioscion squamosissimus* in native and invaded river basins. The Journal of Parasitology, 98(4): 713-717. <https://doi.org/10.1645/GE-2882.1>
- Lafferty, K.D. 2012. Biodiversity loss decreases parasite diversity: theory and patterns. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 367(1604):2814-2827. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0110>
- Lima, J.D; Melo, T.L; Pinto-Silva, V. 2005. Peixes do Rio das Mortes: identificação e ecologia das espécies mais comuns. Cuiabá: UNEMAT. 145p.
- Luque, J.; Vieira, F.; Takemoto, R.M.; Pavanelli, G.C.; Eiras, J. 2013. Checklist of Crustacea parasitizing fishes from Brazil. Check List, 9(6): 1449-1470. <http://dx.doi.org/10.15560/9.6.1449>
- Luque, J.L.; Pereira, F.B.; Alves, P.V.; Oliva, M.E.; Timi, J.T. 2016. Helminth parasites of South American fishes: current status and characterization as a model for studies of biodiversity. Journal of Helminthology, 91(2):150-164. <https://doi.org/10.1017/S0022149X16000717>
- Machado, P.M.; Takemoto, R.M.; Pavanelli, G.C. 2005. *Diplostomum (Austrodiplostomum) compactum* (Lutz, 1928) (Platyhelminthes, Digenea) metacercariae in fish from the floodplain of the Upper Paraná River, Brazil. Journal of Parasitology Research, 97(6): 436-444. <https://doi.org/10.1007/s00436-005-1483-7>
- Malta, J.C.O. 1984. Os peixes de um lago de várzea da Amazônia Central (Lago Janauacá, Rio Solimões) e suas relações com os crustáceos ectoparasitas (Branchiura: Argulidae). Acta Amazonica, 14(3-4): 355-372. <https://doi.org/10.1590/1809-43921984143372>
- Marceniuk, P.M.; Hilsdorf, A.W.S. 2010. Peixes das cabeceiras do rio Tietê e parque das neblinas. Bauru: Canal6. 160p.
- Marcogliese, D. 2004. Parasites: Small Players with Crucial Roles in the Ecological Theater. EcoHealth, 1:151-164. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0028-3>

- Marescalchi, O. 2005. Karyotype and mitochondrial 16S gene characterizations in seven South American Cichlasomatini species (Perciformes, Cichlidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 43: 22-28. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.2004.00285.x>
- Moravec, F. 1998. *Nematodes of freshwater fishes of the neotropical region*. Praha: Academia Praha. 464p.
- Paes, J.V.K.; Carvalho, E.D.; Silva, R.J. 2010. Infection by *Austrodiplostomum compactum* metacercariae in fish from the Nova Avanhandava Reservoir, Tietê River, São Paulo, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 32(3): 273-278. <https://doi.org/10.4025/actasciobiols.v32i3.5675>
- Paraguassú, A.R.; Luque, J.L. 2007. Metazoários parasitos de seis espécies de peixes do reservatório de Lajes, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 16(3):121-128. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612007000300002>
- Pavanelli, G.C.; Eiras, J.C.; Takemoto, R.M. 2008. *Doenças de peixe: profilaxia, diagnóstico e tratamento*. 3ª ed. Maringá: Eduem. 311p.
- Pavanelli, G.C.; Machado, M.H.; Takemoto, R.M. 1997. Fauna helmíntica de peixes do rio Paraná, região de Porto Rico, Paraná. In: Vazzoler, A.E.A.M.; Agostinho, A.A.; Hahn, N.S. *A Planície de inundação do Alto rio Paraná: Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM. p. 307-329.
- Pavanelli, G.C.; Takemoto, R.M.; Eiras, J.C. 2013. *Parasitologia de peixes de água doce do Brasil*. Maringá: Eduem. 452p.
- Poulin, R. 2007. Are there general laws in parasite ecology? *Parasitology*, 134 (6): 763-76. <https://doi.org/10.1017/S0031182006002150>
- Poulin, R. 2014. Parasite biodiversity revisited: frontiers and constraints. *International Journal for Parasitology*, 44 (9): 581-589. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2014.02.003>
- Poulin, R.; Morand, S. 2004. *Parasite Biodiversity*. Washington: Smithsonian Books. 216p.
- Ricklefs, R. E. 2010. *A Economia da Natureza*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 572p.
- Ruehle, B.P.; Herrmann, K.K.; Higgins, C.L. 2017. Helminth parasite assemblages in two cyprinids with different life history strategies. *Aquatic Ecology*, 51: 247-256. <https://doi.org/10.1007/s10452-017-9614-7>

- Ruppert, E.E.; Fox, R.S.; Barnes, R.D. 2005. Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva. 7ª ed. São Paulo: Roca. 1145p.
- Santos, C.P.; Borges, J.N.; Fernandes, E.S.; Santos, E.G.N. 2013. Acanthocephala. In: Pavanelli, G.C.; Takemoto, R.M.; Eiras, J.C. (Eds). Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Maringá: EDUEM. p. 333-352.
- Silva, M.; Natali, M.; Hahn, N. 2012. Histology of the digestive tract of *Satanoperca pappaterra* (Osteichthyes, Cichlidae). Acta Scientiarum. Biological Sciences, 34(3):319-324. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v34i3.8956>
- Smyth, J. D. 1994. Introduction to animal parasitology. 3ª ed. Australia: Cambridge University Press. 572p.
- Suzuki, H.I.; Vazzoler, A.E.A. De M.; Marques, E.E.; Lizama, M.A. P.; Inada, P. 2004. Reproductive ecology of the fish assemblage. 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. p. 271-292.
- Takemoto, R.M.; Luque, J.L.; Bellay, S.; Longhini, C.V.; Graça, R.J. 2013. Monogenea. In: Pavanelli, G.C.; Takemoto, R.M.; Eiras, J.C. (Eds.). Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Maringá: EDUEM. p. 273-300.
- Tavares-Dias, M.; Oliveira, M.S.B.; Gonçalves, R.A.; Neves, L.R. 2017. Parasitic diversity of a wild *Satanoperca jurupari* population, an ornamental cichlid in the Brazilian Amazon. Acta Amazonica, 47(2):155-162. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201602514>
- Thatcher, V.E. 2006. Aquatic biodiversity in Latin America Amazon fish parasites. 2ª ed. Moscow: Pensoft. 509p.
- Yamada, F.H.; Takemoto, R.M.; Bellay, S.; Pavanelli, G.C. 2009. Two new species of *Sciadicleithrum* (Monogenea, Dactylogyridae) parasites of Neotropical cichlid fishes from the Paraná River, Brazil. Acta Parasitologica, 54(1): 6-11. <https://doi.org/10.2478/s11686-009-0004-8>
- Yamada, F.H.; Takemoto, R.M.; Pavanelli, G.C. 2007. Ecological aspects of ectoparasites from the gills of *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) (Cichlidae) from the upper Paraná river floodplain, Brazil. Acta Scientiarum. Biological Sciences, 29(3): 331-336. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v29i3.555>

OBJETIVOS

Objetivo geral

Este trabalho teve por objetivo o estudo da fauna parasitária de *S. pappaterra* coletados nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré (UGRHI) nº 13 e aumentar o banco de dados sobre a biodiversidade dos parasitos presentes na espécie de peixe e nas áreas de estudo.

Objetivos específicos

Identificar, quantificar e caracterizar morfológicamente os parasitos encontrados *S. pappaterra* afim de verificar se as possíveis espécies de parasitos são ocorrências inéditas no ambiente aquático estudado;

Comparar a fauna parasitária de *S. pappaterra* entre os rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira.

Realizar análises ecológicas e estatísticas (nMDS, ANOSIM e *Cluster analysis*) e determinar os níveis de infecções parasitárias, tais como: prevalência, intensidade média, abundância média e dominância em *S. pappaterra*;

**COMUNIDADE PARASITÁRIA DE *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840)
(PERCIFORMES: CICHLIDAE) DOS RIOS TIETÊ, JACARÉ-GUAÇU E
JACARÉ-PEPIRA, SÃO PAULO, BRASIL**

Alcindo Gomes Pereira Junior¹; Tainá Martins de Carvalho¹ Leonardo Tachibana²

Maria José Tavares Ranzani de Paiva²

¹Instituto de Pesca – SAA/Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Instituto de Pesca. Av. Francisco Matarazzo, 455, CEP 05001-900, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: jrpereirasep93@gmail.com

²Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPA), Instituto de Pesca, APTA, SAA-SP. Av. Francisco Matarazzo, 455 – São Paulo, SP

Artigo redigido nas normas da “**Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**”

RESUMO

O entendimento e conhecimento sobre a parasitologia de peixes tem ajudado no desenvolvimento de pesquisas em relação a diversidade biológica de ambientes aquáticos brasileiros, diversos estudos, como esta presente pesquisa, têm sido realizados com objetivo de trazer novas informações sobre essa área que ainda necessita de estudos mais aprofundados. As informações aqui contidas foram obtidas de coletas realizadas no período de maio de 2017 a agosto de 2018, quando foram capturados trinta e seis espécimes de *Satanoperca pappaterra*, dos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré. Do total de peixes examinados, trinta e cinco (97,22%) estavam parasitados por pelo menos uma das sete espécies de parasitos. Foram registradas as ocorrências dos digenéticos: Diplostomidae gen. sp., *Austrodiplostomum compactum*, *Clinostomum heluans* e *Posthodiplostomum macrocotyle* e também a ocorrência de uma espécie de nematoide, *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi*, além das presenças de uma espécie de Hirudínea e uma de Monogenea. A ocorrência de *A. compactum* em *S. pappaterra* descrita nesta pesquisa é considerada como novo registro para os rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira. Três digenéticos foram registrados pela primeira vez nesta espécie de peixe, são elas: *C. heluans*, *R. (S.) hypostomi* e *P. macrocotyle*. As análises estatísticas foram utilizadas para compreender melhor a relação parasito-hospedeiro e a distribuição e similaridade da fauna de parasitos nos três rios estudados. A comunidade parasitária de *S. pappaterra* foi similar nos três rios estudados como pode ser visto nas análises ecológicas e o crescimento alométrico negativo foi constatado na relação peso-comprimento. Este trabalho contribui para o enriquecimento de dados da fauna parasitária da espécie de peixe *S. pappaterra* dos três rios da bacia Tietê/Jacaré.

Palavras chave: parasitologia, ecologia, taxonomia parasitária, relação parasito-hospedeiro.

ABSTRACT

The understanding and knowledge about the parasitology of fish has helped in the development of research in relation to the biological diversity of Brazilian aquatic environments, several studies, like this present research, have been carried out with the objective of bringing new information about this area that still needs studies more in-depth. The information contained here was obtained from collections carried out from May 2017 to August 2018, when thirty-six specimens of *Satanoperca pappaterra*, from the Tietê, Jacaré-Guaçu and Jacaré-Pepira rivers of the Tietê/Jacaré Basin were captured. Of the total number of fish examined, thirty-five (97.22%) were parasitized by at least one of the seven species of parasites found. The occurrences of digenetics were registered: Diplostomidae gen. sp., *Austrodiplostomum compactum*, *Clinostomum heluans* and *Posthodiplostomum macrocotyle* and also the occurrence of a species of nematode, *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi*, in addition to the presence of a species of Hirudinea and one of Monogenea. The occurrence of *A. compactum* in *S. pappaterra* described in this research is considered as a new record for the Jacaré-Guaçu and Jacaré-Pepira rivers. *C. heluans*, *R. (S.) hypostomi* and *P. macrocotyle* were registered for the first time in *S. pappaterra*. Statistical analyses were used to determine environmental characteristics of the three rivers studied and to better understand the parasite-host relationship. The parasitic community of *S. pappaterra* was similar in the three rivers studied as can be seen in ecological analyzes and the negative allometric growth was found in the weight-length relationship. This work contributes to the enrichment of data on the parasitic fauna of the *S. pappaterra* fish species from the three rivers of the Tietê/Jacaré Basin.

Keywords: parasitology, ecology, parasitic taxonomy, host-parasite relationship.

1 INTRODUÇÃO

Goater et al. (2014) constataram que os parasitos apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas para sobreviver em seus hospedeiros ou sobre eles. Estes autores definiram o parasitismo como a estratégia mais comum usada pelos animais para obter nutrientes, definindo-os como onipresentes em toda a árvore da vida.

Esta relação ecológica, por ser desarmônica, pode comprometer o desempenho de um dos indivíduos, geralmente prejudicando o ganho de peso, inviabilizando economicamente a criação, e em alguns casos, levando o animal à morte (Viegas et al., 2012).

Mesmo que seja prejudicial, o parasitismo tem sua importância nos ecossistemas, pois a abundância e densidade das populações de hospedeiros dependem dele para serem reguladas, a presença destes organismos é essencial para estabilização das cadeias alimentares e estruturação das comunidades animais (Luque et al., 2016).

Em relação aos ambientes aquáticos de água doce disponíveis na América do Sul, o Brasil possui alta representatividade, isso contribui para uma ictiofauna extremamente diversificada (Eiras et al., 2010). Esta riqueza é refletida nas bacias hidrográficas brasileiras como: Amazônia, Tocantins-Araguaia, São Francisco e Paraná e seus tributários. É sabido que nestes ambientes há uma grande quantidade de espécies de peixes e essa abundância nos leva a crer que estas espécies também hospedam alta diversidade de parasitos que ainda são desconhecidos (Luque & Poulin, 2007; Luque et al., 2016).

Ainda que os ecossistemas brasileiros possuam vasta distribuição e grande importância, as informações disponíveis que foram registradas ainda são vagas e o estudo sobre parasitos de peixes nestas regiões é importante para a compreensão de seus principais papéis nos ecossistemas (Luque et al., 2016).

Essa necessidade de conhecer a diversidade biológica destes ecossistemas aquáticos e entender essas relações ecológicas, nos levou a bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré, que está localizada no centro do estado de São Paulo e reúne três rios principais: Tietê, Jacaré-Guaçu e o Jacaré-Pepira, para realizarmos os estudos relacionados à fauna parasitária do peixe *S. pappaterra* com o intuito de aprimorar o conhecimento sobre a diversidade biológica destes rios e contribuir com o desenvolvimento científico da área de parasitologia de peixes, uma vez que esse conhecimento pode ser relevante para uma aplicação em outras áreas da natureza, como o impacto do parasitismo nos empreendimentos da piscicultura e as doenças transmitidas por peixes que acometem os seres humanos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de estudo

A Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré (UGRHI nº 13) (Figura 1), assim definida pela Lei nº 9.034/94, possui área de extensão de 11.779 km². As bacias hidrográficas que compõem esta unidade são as de cursos d'água afluentes do rio Tietê, no trecho compreendendo 140 km. Trinta e quatro municípios integram a UGRHI Tietê-Jacaré (Tundisi et al., 2008).

Principal rio da UGRHI nº 13, o Tietê nasce na altitude aproximada de 1.030 metros da Serra do Mar, no município paulista de Salesópolis. Devido a morfologia da região, em vez de buscar o mar, como a maioria dos rios, o Tietê passa pela Região Metropolitana de São Paulo e segue para o interior do estado. O lançamento de esgotos industriais inicia-se a 45 km da nascente na cidade de Mogi das Cruzes. Na zona metropolitana o rio encontra o maior complexo urbano-industrial do país, e conhece um de seus trechos mais poluídos, a foz do rio Tamanduateí (DAEE, 2015).

Jacaré-Guaçu é um rio de quarta ordem que desagua junto à represa de Ibitinga no rio Tietê, sua bacia hidrográfica compreende aproximadamente 4.108 km² de área (Tanaka et al., 2015). Por conta de o rio principal receber grande contribuição de esgoto doméstico e industrial, principalmente através de seus afluentes, o Jacaré-Guaçu é caracterizado por altas concentrações de coliformes fecais (4000 NMP 100 mL⁻¹), pesticidas e baixa porcentagem (8%) de remoção de esgoto doméstico (Corbi et al., 2006). A vegetação natural dessa bacia é impactada por ações antrópicas, principalmente agropecuária (Tundisi et al., 2008).

O rio Jacaré-Pepira, nasce na divisa entre os municípios de Brotas e São Pedro e desagua no rio Tietê, próximo ao município de Ibitinga. É considerado um dos rios mais limpos do Estado de São Paulo. A bacia hidrográfica do Jacaré-Pepira pertence a uma área de aproximadamente 2.612 km² abrangendo treze municípios (Tundisi et al., 2008). A cobertura vegetal do rio Jacaré-Pepira é protegida pela APA (Área de Proteção Ambiental) Ibitinga, e a vegetação das Áreas de Preservação Permanente (APP) é essencial para a proteção e manutenção dos recursos hídricos, como uma maneira de controlar erosões do solo e poluição da água (Tundisi et al., 2008).

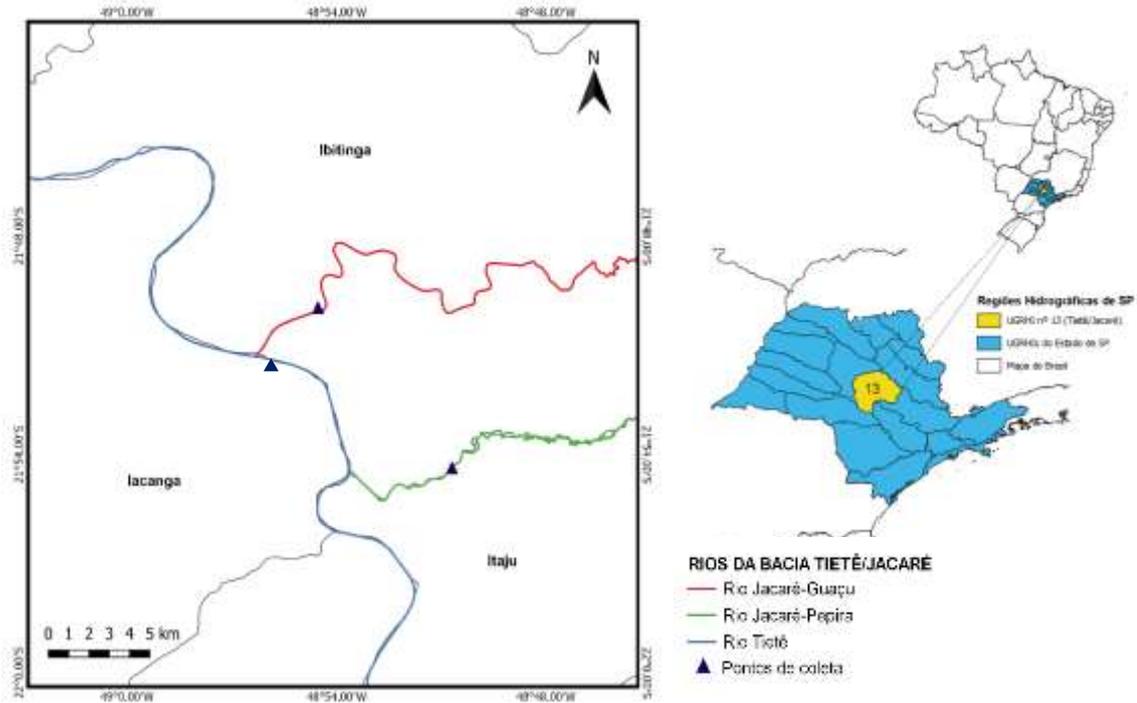


Figura 1. Mapa da localização dos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, localizada no centro do Estado de São Paulo, Brasil. As setas em azul escuro indicam os pontos de coletas dos peixes *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), em amarelo está localizada a Bacia hidrográfica nº 13 Tietê/Jacaré (Elaborado pelo autor).

2.2 Coletas dos hospedeiros

As coletas foram realizadas de maio de 2017 a agosto de 2018 nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira. Durante este período os trinta e seis espécimes de *S. pappaterra* foram capturados utilizando redes de espera simples de diferentes malhas e alturas variáveis, intercaladas com a pesca de anzol e linha, sob autorização para a captura do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBio, nº 55914-1) emitida pelo Ministério do Meio Ambiente e sob a Comissão de Ética no Uso de Animais do município de Bauru (CEUA nº 9530230816).

Após a coleta, os peixes foram embalados em sacos plásticos restritos, para não ocorrer perda de materiais ou modificações em sua fauna parasitária.

Posteriormente, os espécimes foram transportados em recipientes isotérmicos contendo gelo para o Laboratório de Ictioparasitologia na Central de Laboratórios de Ciência e Tecnologia Ambiental na Universidade do Sagrado Coração (USC) no município de Bauru, onde foram conservados congelados e, mais tarde, por motivos de logística, seguindo a mesma metodologia foram conduzidos ao Laboratório de

Multiusuários no Instituto de Pesca (IP) no município de São Paulo, onde foram feitas as necropsias.

Para cada espécime analisado, uma ficha de necropsia foi aberta onde todos os dados referentes ao hospedeiro foram anotados, tais como local de captura, data da captura, sexo, massa corporal (g), comprimento padrão e total (cm), estágio gonadal e o total de parasitos encontrados.

2.3 Coleta, processamento e identificação dos parasitos

Os procedimentos de necropsia dos peixes e processamento dos helmintos foram realizados de acordo com o apresentado por Eiras et al. (2006).

Os hospedeiros foram submetidos à necropsia completa, dessa forma, todos os órgãos foram incluídos. Primeiro, foi analisado macroscopicamente toda a superfície externa dos peixes, tais como: pele, nadadeiras, cavidades e os olhos à procura de lesões, hemorragias subcutâneas, cistos, descolorações ou possíveis focos de desenvolvimento de parasitos. Os conteúdos da superfície corpórea: narinas, nadadeiras cavidades anal, bucal e branquial foram analisadas minuciosamente em estereomicroscópio à procura de ectoparasitos.

As brânquias foram removidas e os arcos branquiais retirados e individualizados, depois foram submersos em um recipiente hermético com água, o qual foi agitado aproximadamente 50 vezes e, posteriormente, o conteúdo foi filtrado em uma peneira de malha de 53 micrômetros e colocado em placa de Petri para análise em estereomicroscópio.

Os olhos foram removidos e colocados em placas de Petri, foram analisados separadamente o humor vítreo e cristalino e/ou humor aquoso.

Os órgãos da cavidade visceral foram analisados após uma incisão longitudinal na região ventral dos peixes. Estes órgãos foram retirados individualmente, separados, lavados com água corrente e depois foram colocados em peneiras de 75 micrômetros. Após passarem pelas peneiras, foram individualizados e então colocados em placas de Petri para serem observados sob estereomicroscópio para coleta de endoparasitos.

O encéfalo foi retirado, colocado na peneira de malha de 75 micrômetros e lavado em água corrente, o conteúdo foi colocado em placa de Petri e analisado sob estereomicroscópio à procura de endoparasitos.

A musculatura somática dos peixes foi filetada a partir de uma incisão próxima aos opérculos até a inserção da nadadeira caudal, com o objetivo de encontrar larvas de

parasitos que se encistam neste tecido, sendo inspecionada com auxílio de um estereomicroscópio, dessa forma a análise ocorreu de forma minuciosa em todos os órgãos dos hospedeiros.

Os parasitos encontrados foram coletados, armazenados em frascos de vidro contendo álcool 70°GL, etiquetados e depois foram feitas as preparações para coloração e/ou clarificação, seguindo a metodologia específica para cada grupo.

Para identificação, os parasitos das subclasses Digenea e Hirudinea foram corados com Carmalúmen de Mayer (Eiras et al., 2006). Posteriormente, os digenéticos foram diafanizados com Eugenol e os hirudíneos foram diafanizados com Creosoto de Faia.

Os monogenéticos foram montados em meio de Gray & Wess e os nematoides foram montados em Lactofenol de Amann. As lâminas foram montadas em Bálsamo do Canadá e analisadas com auxílio de estereomicroscópio. Logo após a visualização no microscópio, as espécies foram identificadas a partir de literaturas específicas para cada grupo de parasito.

A obtenção das imagens, identificações e análises morfológicas dos parasitos foram realizadas com o auxílio de microscópio biológico Trinocular Nikon E200 com uso dos sistemas de análises computadorizada de imagem Motic (*Moticam 5.0MP*), de Contraste de Interferência Diferencial (DIC - *Differential Interference Contrast*) - LAS V3 (*Leica Application Suite*).

2.4 Análise estatística

Foram determinados os índices parasitários de prevalência, intensidade, intensidade média e abundância média de infecção, seguindo o proposto por Bush et al. (1997).

A prevalência é calculada da seguinte forma: divide-se o número de peixes infectados por uma determinada espécie de parasito pelo número total de peixes examinados, multiplicando o valor encontrado por 100, o resultado final é expresso em porcentagem.

A intensidade é o número total de parasitos encontrados. A intensidade média de infecção é calculada através da divisão do número de indivíduos de uma determinada espécie de parasito pelo número de peixes infectados por esta espécie de parasito, consideramos a intensidade média muito baixa quando o resultado encontrado for <10 , quando o resultado variar entre $10 < x \leq 50$, significa que há uma baixa intensidade média, quando o resultado estiver entre $50 < x \leq 100$ significa que há um valor médio de intensidade parasitária e quando o resultado encontrado for >100 é alto.

A abundância média é expressa como variação numérica. É calculada a partir da

divisão entre o número total de parasitos de uma determinada espécie dividido pelo número total de peixes examinados (parasitados ou não) da amostra.

O status comunitário dos parasitos foi determinado de acordo com Bush & Holmes (1986), que classificaram que as informações de prevalência das espécies de parasitos, como “centrais” quando os parasitos estão presentes em mais de 66% dos hospedeiros, secundárias quando recorrentes entre 33% e 66% dos hospedeiros e satélites quando as espécies de parasitos aparecem em menos de 33% dos hospedeiros.

É necessário que mais de um índice seja estudado antes de se inferir a respeito da distribuição de uma determinada espécie de parasito. O índice mais comum é chamado índice de dispersão (ID) que compreende a relação entre a variância e a média, utilizado para medir o desvio de um arranjo das condições de aleatoriedade em relação à população hospedeira. O índice é calculado pela razão entre a variância e a média (Rabinovich, 1980). A fórmula é a seguinte: $ID = \left(\frac{s^2}{\bar{x}}\right)$, onde (s^2) representa a variância da abundância e (\bar{x}) a abundância parasitária média, quando os valores encontrados são iguais à unidade ($ID \cong 1$), isto indica uma disposição espacial ao acaso ou aleatoriedade. Quando os valores são menores ($ID = < 1$), há uma disposição espacial regular. Valores maiores ($ID = > 1$) indicam disposição agregada ou contagiosa (Rabinovich, 1980). Utilizamos este índice a fim de comparação com o índice de discrepância de Poulin, já que ambos são análogos.

O índice de discrepância de Poulin varia entre “0” até “1”, onde “0” é uma distribuição totalmente uniforme e “1” é uma distribuição extremamente agregada. O cálculo se dá entre a comparação da distribuição extremamente agregada dos parasitos sobre seus hospedeiros e a distribuição totalmente uniforme, quanto maior for a discrepância entre as duas distribuições, maior o grau de agregação (Poulin, 1993).

Para calcular o grau de dominância dos componentes das infra comunidades dos parasitos de *S. pappaterra* nos três rios estudados, foi utilizado o índice de Dominância (DA%) que é calculado a partir da dominância relativa média pela divisão do número de espécimes de uma espécie pelo número total de espécimes de todas as espécies presentes em cada infra comunidade, o resultado é expresso em porcentagem, de acordo com (Rohde et al., 1995).

O grau de frequência das espécies foi obtido por meio do cálculo da Constância (C% ou CE), sendo as espécies classificadas em “Constantes” quando ($C \geq 50\%$), “Comuns” ($10\% \leq C < 50\%$) e são consideradas “Raras” na amostragem as espécies que

apresentam ($C < 10\%$). A fórmula $C = \frac{p}{P \times 100}$, onde; p = número de coletas contendo a espécie estudada; P = número total de coletas efetuadas (Dajoz, 1973).

Para analisar a similaridade parasitária em relação a abundância de espécies de parasitos encontrados em *S. pappaterra* dos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira foi inicialmente utilizada a análise denominada nMDS (*non-metric Multidimensional Scaling*), que projeta um conjunto de dados multivariados em duas ou três dimensões, a fim de visualizar tendências e agrupamentos. Este método de ordenação é baseado em uma matriz de distância calculada, usando qualquer medida de distância (Hammer & Harper, 2007). No presente estudo este teste possibilitou a organização dos dados das amostras dos três rios estudados como base na abundância de espécies de parasitos encontrados. Foi utilizada a medida de distância proposta pelo índice de Bray-Curtis que, de acordo com Clarke (1993) é a medida sugerida para utilização com dados de abundância de espécies de parasitos. A qualidade da representação gráfica do nMDS foi avaliada pelo valor do estresse, o valor do estresse não deve ser maior do que 0,2.

Para confirmar a organização dos dados feitos pela nMDS, foi aplicado em seguida, o teste não paramétrico ANOSIM (*ANalysis Of SIMilarities*) para identificar diferenças estatisticamente significativas entre dois ou mais grupos de dados, com base na medida de distância de Bray-Curtis.

Este teste mostra se podemos rejeitar a hipótese nula de que a semelhança entre os rios estudados é maior ou igual à similaridade dentro dos grupos. A estatística do teste é o “R” que varia entre “0” e “1”. Valores de “R” próximos a “1” indicam alta separação entre grupos, enquanto que valores próximos a “0” indicam ausência de separação (alta semelhança). As distâncias são convertidas em “ranks”, pois o teste compara as distâncias entre grupos “*Mean rank between*” com a distância dentro dos grupos “*Mean rank within*”.

A significância estatística (p) é calculada por permutações (9999) dos membros de cada grupo e quando os valores significativos ($p < 0,05$) são encontrados é realizado um teste de comparação múltipla *a posteriori* para identificar quais grupos se diferem.

Para completar a análise da organização da fauna parasitária nos três rios estudados, foram aplicadas duas análises de agrupamento (*Cluster analysis*), uma com base nas espécies e a segunda com base nos rios, esta técnica estatística é usada para classificar elementos (abundância das espécies de parasitos) em grupos, de forma que elementos dentro de um mesmo *cluster* sejam muito parecidos, e os elementos em

diferentes *clusters* sejam distintos entre si. Para realizar as análises de agrupamento, precisamos utilizar um algoritmo de ligação, para este trabalho, o usado foi o UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) e a medida de ligação usada foi a de Bray-Curtis.

A qualidade do dendograma obtido foi avaliada pelo coeficiente cofenético, onde valores > 0.75 permitem considerar o dendograma como boa representação da matriz de similaridade original (McGarigal et al., 2000).

Para avaliar as informações relacionadas ao peso e comprimento dos espécimes de peixes estudados foi utilizada a equação ($Wt = a.Lt^b$), onde (Wt) indica o peso total em gramas e (Lt) indica o comprimento total em cm, (a) e (b) são as constantes. Valores estimados do coeficiente regressão (b) podem variar de 2,00 a 3,50. O parâmetro (a) é o coeficiente linear da relação peso-comprimento, enquanto que o parâmetro (b) é o coeficiente angular ou inclinação da linha de regressão na forma logarítmica. Dessa forma, quando ($b=3$), isto indica crescimento isométrico, ou seja, o peso aumenta proporcionalmente com o comprimento. No entanto, quando ($b<3$) ou ($b>3$) indica crescimento alométrico (Le Cren, 1951).

O fator de condição relativo (Kn) foi utilizado por ser um bom indicador quantitativo do bem-estar do peixe, refletindo nas condições alimentares recentes, infecções parasitárias, gastos de reservas em atividades cíclicas e outros fatores, é usado para entender as relações com condições ambientais e aspectos comportamentais das espécies (Tavares-Dias et al., 2011; Gomiero et al., 2012). Le Cren (1951) propõe que o valor esperado para a relação entre o peso observado e o peso esperado para um determinado comprimento dever ser próxima a 1 ou igual 1, ou seja, ($Kn=1$).

Para investigar o efeito do tamanho da amostra na riqueza das espécies foi necessário recorrer ao método estatístico, chamado rarefação que estima se o número de espécies esperado em uma amostra aleatória de indivíduos retirados ao acaso de uma população pode ser ou não considerado como boa representação da fauna (Krebs, 1999). Esta curva é usada para avaliar a representatividade da amostra (Hammer & Harper, 2007).

A diversidade parasitária dos três rios estudados foi determinada pelo índice de Brillouin (HB), que é o mais apropriado para amostragens com a comunidade totalmente identificada e com todos os indivíduos contabilizados (Pielou, 1966; Magurran, 1988).

Para determinar a riqueza dos parasitos encontrados em *S. pappaterra* foi utilizado o índice de Margalef (d) que verifica a relação entre o número total de espécies de parasitos e o número total de parasitos observados (Ludwig, 1988).

A equitabilidade das espécies foi determinada pelo índice de uniformidade de Pielou (J), que se refere à proporção entre a diversidade observada e a máxima diversidade, ou seja, calcula o quanto as proporções das espécies estão igualmente distribuídas, este se baseia no índice de Shannon-Wiener, a fórmula $J = \frac{H'}{\ln S}$; onde H' é o índice de diversidade de Shannon; S é o número de espécie presentes na amostra (Magurran, 2005).

Foi calculado o índice de dominância de Berger-Parker (d), que mostra a importância proporcional da espécie mais abundante, é calculado com base na dominância de uma ou mais espécies de parasitos na comunidade, a fórmula $d = \frac{n_{max}}{N}$; onde n_{max} é igual ao número indivíduos da espécie mais abundante e N é o número de indivíduos presentes na amostra (Berger & Parker, 1970).

Os testes para os índices de Dispersão e Poulin foram calculados através do programa *Quantitative Parasitology* 3.0 (Rózsa et al., 2000).

Todas as análises (nMDS, ANOSIM e *Cluster*) e os índices de comunidade acima mencionados foram calculados através do *software* PAST (*PA*laeontological *S*Tatistics) 3.16.

Todos os testes mencionados anteriormente foram aplicados somente para as espécies de parasitos com prevalência maior que 10%. Os resultados das análises estatísticas foram considerados significativos quando $p < 0,05$.

3 RESULTADOS

Foram examinados 36 peixes dos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, sendo 22 fêmeas e 14 machos. No rio Tietê houve a coleta de 12 peixes, sendo 9 fêmeas e 3 machos, no Jacaré-Guaçu foram coletados 12 espécimes, sendo 8 fêmeas e 4 machos, no Jacaré-Pepira 12 exemplares, sendo 5 fêmeas e 7 machos.

Os 36 peixes mediam entre 14,5 e 19,9 cm (média = 17,3 cm). Para o rio Tietê as medidas variaram de 16 a 19 cm (média = 17,7 cm); no Jacaré-Guaçu variaram de 14,8 a 19,5 cm (média = 17,2 cm); e no Jacaré-Pepira, as medidas foram de 14,5 a 19,9 cm (média = 17 cm) de comprimento total (CT).

O peso médio total dos 36 espécimes foi 195,55g (mínimo = 123,5g; máximo = 289,9). Para o rio Tietê o peso médio dos peixes foi 210g (mín = 155,9g; máx = 289,9g);

no Jacaré-Guaçú, o peso médio foi 198,4g (mín = 136,8g; máx = 256,4g); e no Jacaré-Pepira, foi 178g (mín = 123,5g; máx = 285,1g).

Foram coletados 1.892 parasitos que se encontravam em diversos locais de infecção. Dentre os peixes examinados, 35 espécimes estavam parasitados por pelo menos uma espécie de parasito, representando prevalência total de 97,22%. Os parasitos mais prevalentes na amostra total foram Diplostomidae gen. sp. (Figura 2), *Austrodiplostomum compactum* Lutz, 1928 (Figura 3), *Clinostomum heluans* Braun, 1899 (Figura 4) e *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi* Petter & Cassone, 1984 (Figura 5). Os parasitos encontrados com prevalência menor do que 10% foram *Posthodiplostomum macrocotyle* Dubois, 1937 (Figura 6), Monogenea e Hirudinea (Figura 7). Os dados referentes à prevalencia (%), intensidade (I), intensidade média (IM), abundância média (AM), status comunitário, constância das espécies (CE) e os locais de infecção podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1. Parasitos de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) coletados nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil. Valores referentes a amostra total dos parasitos encontrados nos 36 peixes nos três rios mencionados.

Parasitos	PNP	PP	P%	TPE	AI	IM	AM	SC	CE	Local de infecção
Subclasse Digenea										
Diplostomidae gen. sp.	3	33	91,7	1115	1-113	33,79	31,0	Central	Constante	Encéfalo e olhos
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	8	28	77,8	638	1-68	22,79	17,7	Central	Constante	Encéfalo e olhos
<i>Clinostomum heluans</i>	18	18	50	76	1-20	4,22	2,1	Secundaria	Comum	Musculatura e nadadeiras
<i>Posthodiplostomum macrocotyle</i>	35	1	2,78	6	0-6	6	0,2	Satélite	Rara	Olhos
Classe Monogenea										
Monogenea	35	1	2,78	1	0-1	1	0,0	Satélite	Rara	Brânquias
Filo Nematoda										
<i>Raphidascaris (S.) hypostomi</i>	31	5	13,89	54	1-37	10,8	1,5	Satélite	Comum	Intestino e cavidade abdominal
Subclasse Hirudinea										
Hirudinea	34	2	5,56	2	0-1	1	0,1	Satélite	Rara	Brânquias e nadadeiras

PE = peixes examinados, PN = peixes não parasitados, PP = peixes parasitados, P% = prevalência em porcentagem, TPE = total de parasitos encontrados, AI = amplitude da intensidade, IM = intensidade média, AM = abundancia média, SC = Status comunitário e CE = Constância das espécies.

Os dados referentes aos índices parasitários de cada um dos três rios estudados estão sintetizados na Tabela 2.

Tabela 2. Parasitos de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) provenientes dos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré, Estado de São Paulo, Brasil. Valores se referem as amostras isoladas dos parasitos encontrados nos três rios estudados.

	Parasitos	PE	PNP	PP	P%	TPE	IM	AM
	Diplostomidae gen. sp.	12	1	11	91,7	401	36,45	33,41
	<i>Austrodiplostomum compactum</i>	12	3	9	75	49	5,44	4,08
Rio	<i>Clinostomum heluans</i>	12	9	3	25	15	5	1,25
Tietê	<i>Raphidascaris (S.) hypostomi</i>	12	7	5	41,6	54	10,8	4,5
	Hirudinea	12	11	1	8,33	1	1	0,08
	Monogenea	12	11	1	8,33	1	1	0,08
		-	-	-	-	521	-	-
	Diplostomidae gen. sp.	12	1	11	91,7	378	34,36	31,5
Rio	<i>Austrodiplostomum compactum</i>	12	4	8	66,7	260	32,5	21,66
Jacaré-	<i>Clinostomum heluans</i>	12	5	7	58,3	34	4,86	2,83
Guaçu	Hirudinea	12	11	1	8,33	6	1	0,08
	<i>Posthodiplostomum macrocotyle</i>	12	11	1	8,33	1	1	0,5
		-	-	-	-	679	-	-
Rio	Diplostomidae gen. sp.	12	1	11	91,7	336	30,55	28
Jacaré-	<i>Austrodiplostomum compactum</i>	12	1	11	91,7	329	29,91	27,42
Pepira	<i>Clinostomum heluans</i>	12	4	8	66,7	27	3,38	2,25
		-	-	-	-	692	-	-

PE = peixes examinados, PNP = peixes não parasitados, PP = peixes parasitados, P% = prevalência em porcentagem, TPE = total de parasitos encontrados, IM = intensidade média e AM = abundancia média.

Os índices de Dispersão (ID), discrepância de Poulin e Dominância (DA%) estão mostrados na Tabela 3. O índice de Dispersão considera as espécies que tiveram prevalência maior do que 10% (*Diplostomidae* gen. sp., *A. compactum*, *C. heluans* e *R. (S.) hypostomi*) no caso do presente estudo, essa medida é estabelecida com o intuito de determinar o padrão de distribuição em relação a população hospedeira de todos os rios estudados.

Tabela 3. Índices de diversidade parasitária determinados para a infra comunidade parasitária de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil.

Parasito	ID	Poulin	Distribuição	DA%
Diplostomidae gen. sp.	28,52	0,49 (0,405-0,538)	Agregada	58,93
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	29,03	0,63 (0,54-0,73)	Agregada	33,72
<i>Clinostomum heluans</i>	7,98	0,74 (0,641-0,843)	Agregada	4,02
<i>Raphidascaris (S.) hypostomi</i>	26,84	0,91 (0,871-0,946)	Agregada	2,85

ID = índice de Dispersão, Poulin = índice de Poulin e DA% = índice de Dominância.

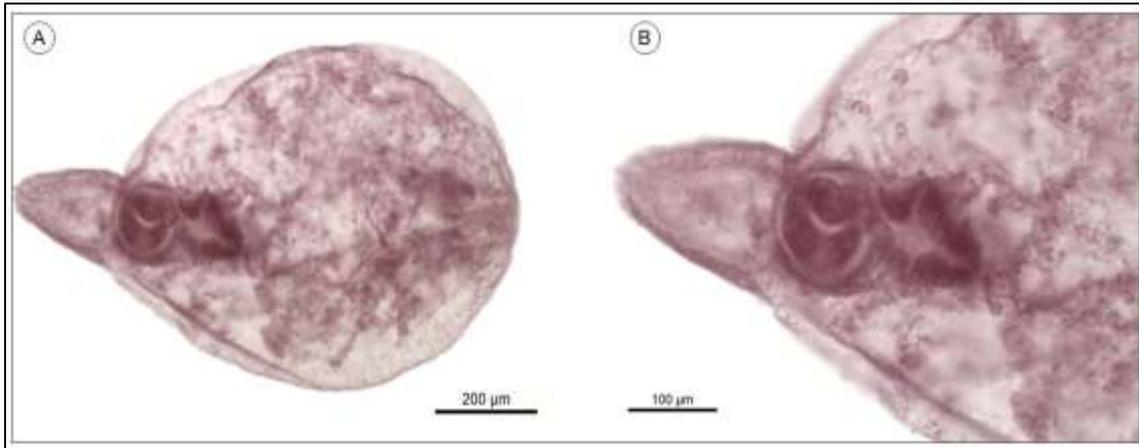


Figura 2. Metacercária de Diplostomidae gen. sp. encontrada no encéfalo e olho de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçú e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil. A: visão geral da metacercária; B: visão posterior.

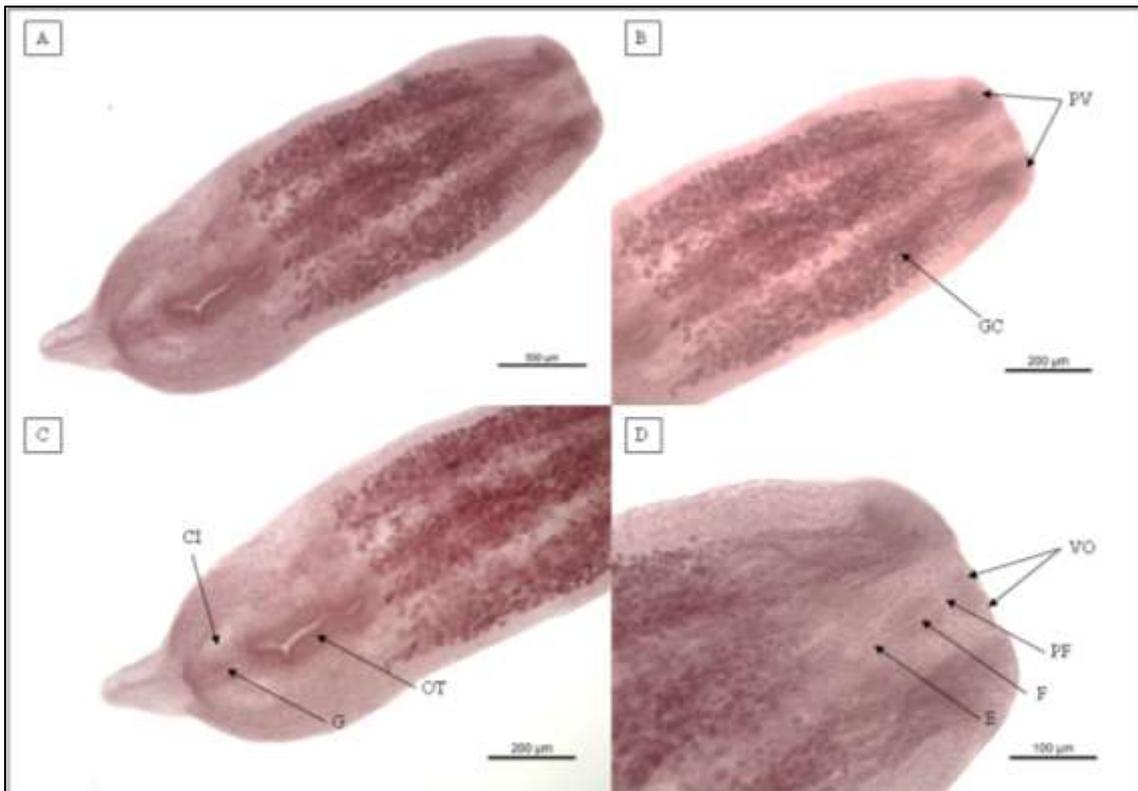


Figura 3. Metacercária de *Austrodiplostomum compactum* Lutz, 1928 encontrada no olho e encéfalo de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil. A: visão geral da metacercária; B: visão anterior com as pseudoventosas (PV) e as células glandulares (GC); C: visão posterior com o ceco intestinal (CI), órgão tribocítico (OT) e as gônadas (G); D: detalhe da região anterior do corpo, mostrando a ventosa oral (VO), pré-faringe (PF), faringe (F) e o esôfago (E).

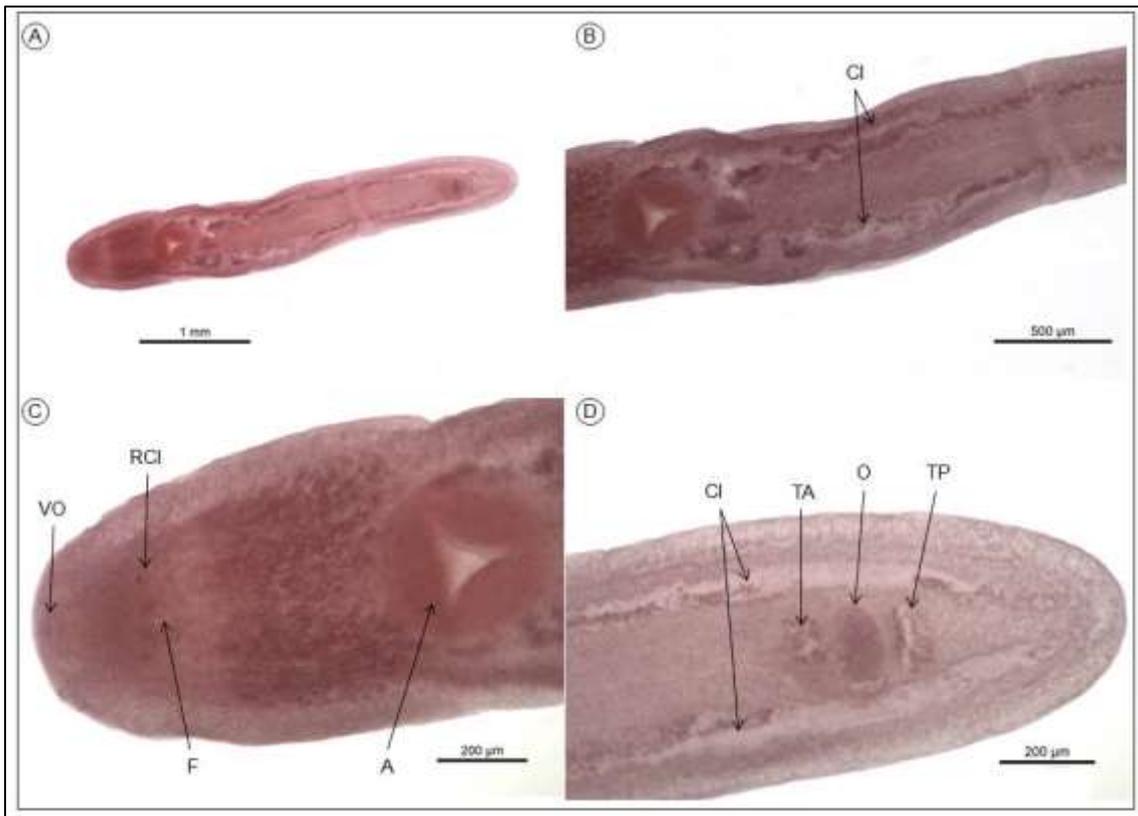


Figura 4. Metacercária de *Clinostomum heluans* Braun, 1899 encontrada na nadadeira de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçú e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil. A: visão geral da metacercária; B: cecos intestinais (CI), que se estendem até o final da região posterior; C: região anterior, com destaque para a ventosa oral (VO), a ramificação dos cecos intestinais (RCI), a faringe (F) e o acetábulo (A); D: região posterior, novamente mostrando os cecos intestinais (CI), testículo anterior (TA), ovário (O) e o testículo posterior (TP).

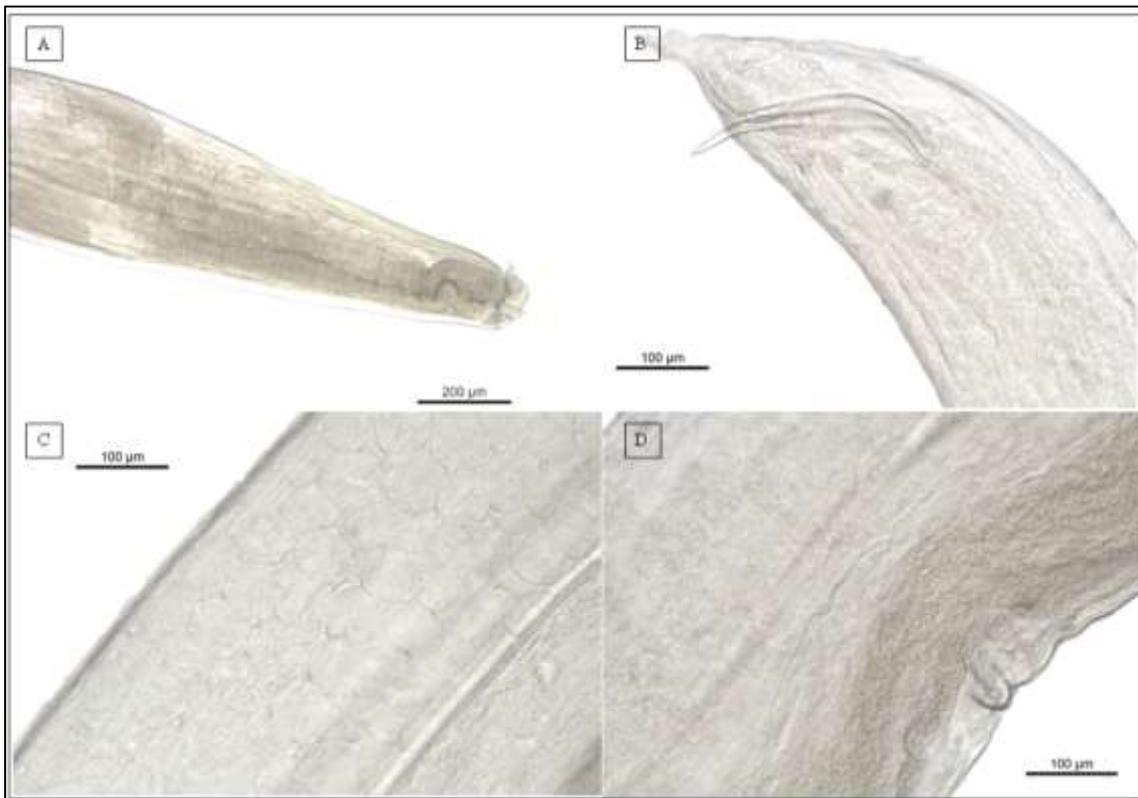


Figura 5. *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi* Petter & Cassone, 1984 encontrado em *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado no rio Tietê, Estado de São Paulo, Brasil. A: extremidade anterior do corpo; B: extremidade posterior do macho, com destaque para o espículo parcialmente para fora do corpo; C: útero com ovos D: região da vulva.

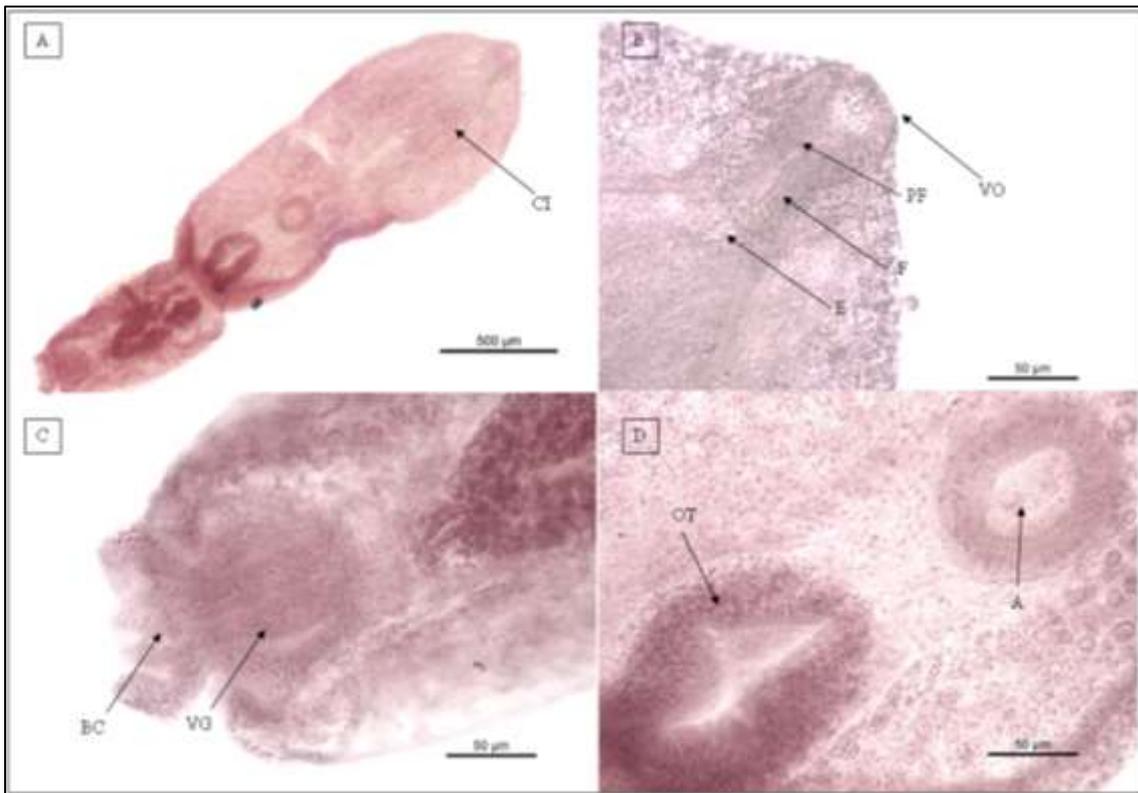


Figura 6. *Posthodiplostomum macrocotyle* Dubois, 1937 encontrado em *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado no rio Jacaré-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. A: visão geral da metacercária; B: ventosa oral (VO), pré-faringe (PF), faringe (F) e esôfago (E); C: região posterior, com destaque para a bursa copulatória (BC) e vesícula geminal (VG); D: órgão tribocítico e acetábulo (A).



Figura 7. Hirudíneo encontrado em *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê e Jacaré-Guaçú, Estado de São Paulo, Brasil. Visão geral do parasito.

A análise nMDS (*non-metric multidimensional scaling*) foi elaborado com os 35 peixes parasitados, sendo desconsiderado o espécime que não apresentou parasito em sua fauna. A relação gráfica nos permite visualizar que os peixes dos três rios apresentaram fauna parasitária similar, como pode ser visto na sobreposição dos polígonos que definem as distribuições das amostras no espaço multidimensional (Figura 8). A atendibilidade do resultado nMDS foi avaliada através do estresse (0,108) indicando que a representação gráfica é confiável. A confirmação foi verificada com o resultado adquirido no teste ANOSIM, que mostrou o valor ($R=0.04$), ou seja, próximo a 0, isto indica alta semelhança entre os rios e o valor do ($p=0.14$,) foi maior ($p>0,05$), confirmando que os três rios apresentam alta similaridade em termos de abundância de espécie de parasitos.

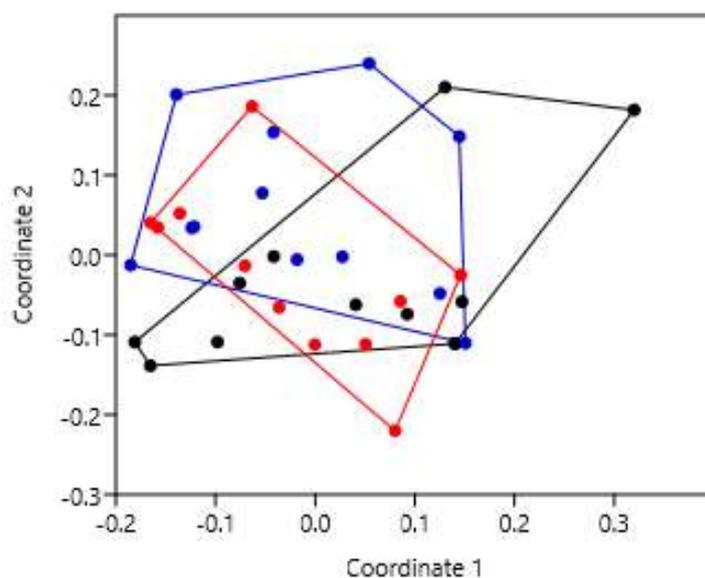


Figura 8. nMDS mostrando alta similaridade em termos de abundância de parasitos encontrados no peixe *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) proveniente de três rios da bacia hidrográfica Tietê/Jacaré. Os pontos vermelhos indicam as amostras dos parasitos encontrados nos peixes do rio Jacaré-Guaçu, em azul estão os coletados no rio Jacaré-Pepira e na cor preta estão os parasitos do rio Tietê.

A comunidade parasitária encontrada no presente estudo pode ser dividida em dois grupos com base na abundância das espécies. O primeiro agrupa as espécies menos abundantes: Pm = *P. macrocotyle*, Hiru = Hirudinea e Mono = Monogenea e o segundo grupo reúne as mais abundantes: C-sp = *C. heluans*, Rsh = *R. (S.) hypostomi*, D-sp = Diplostomidae gen. sp. e Ac = *A. compactum*, sendo que D-sp e Ac são as mais similares por serem as espécies mais abundantes nos três rios. Para esta análise o coeficiente cofenético foi de 0.96, o que mostra a confiabilidade na representação do dendograma (Figura 9).

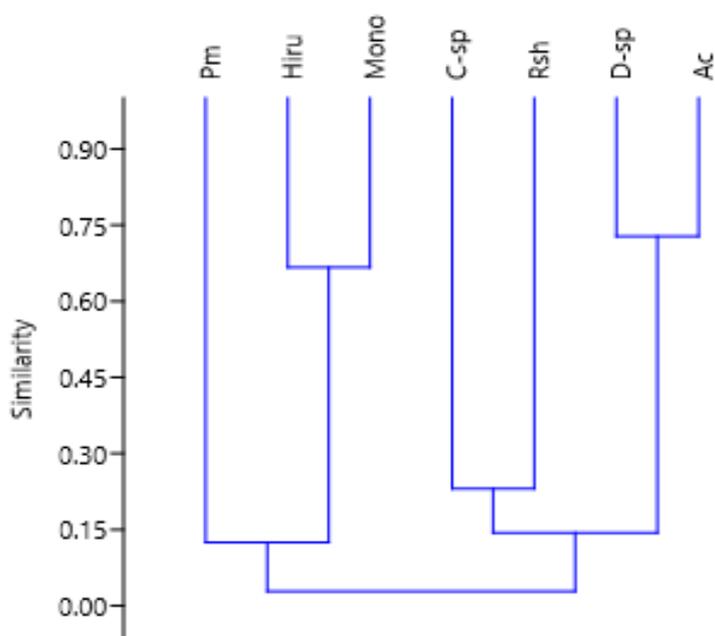


Figura 9. Dendograma mostrando a comunidade parasitária de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia hidrográfica Tietê/Jacaré, Estado de São Paulo, Brasil. Dividido em dois grupos principais, sendo o primeiro formado por: Pm = *Posthodiplostomum macrocotyle*, Hiru = Hirudinea e Mono = Monogenea e o segundo grupo por C-sp = *Clinostomum heluans*, Rsh = *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi*, D-sp = Diplostomidae gen. sp. e Ac = *Austrodiplostomum compactum*. Dentro do segundo grupo, D-sp e Ac são mais similares por serem mais abundantes; coeficiente cofenético foi de 0.95.

O dendograma da *Cluster analysis* entre os três rios estudados, mostra que o agrupamento no mesmo *Cluster* entre rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu foi causado por serem mais parecidos em termos de abundância de parasitos (692 parasitos no Jacaré-Pepira e 679 no Jacaré-Guaçu). O rio Tietê apresentou maior quantidade de espécies de parasitos, entretanto, a abundância parasitária foi menor que a encontrada nos outros dois rios, por isso ficou isolado no dendograma (Figura 10). O coeficiente cofenético foi 0.96 para esta análise.

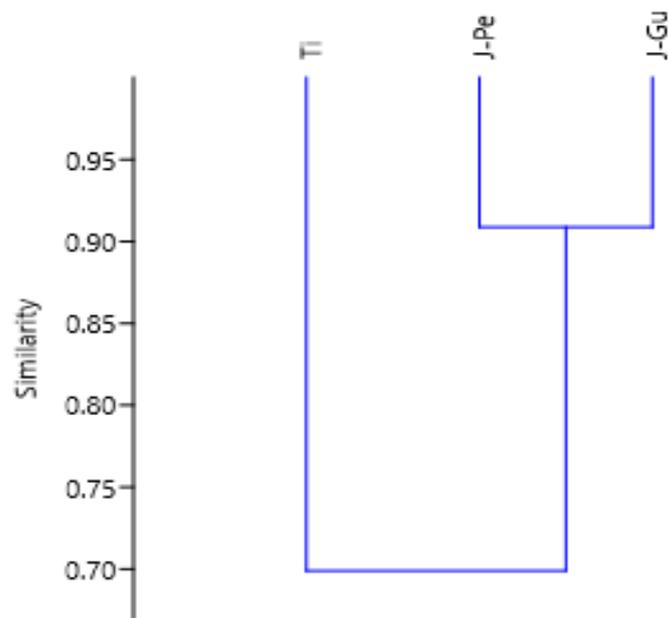


Figura 10. Dendograma de agrupamento dos rios estudados em relação a fauna parasitária de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840), coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia do Tietê/Jacaré, Estado de São Paulo, Brasil.

Os índices de diversidade parasitária foram calculados para cada um dos três rios e para a amostra total, os resultados estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Média dos índices de diversidade das comunidades de parasitos de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira e amostra total.

	Tietê	Jacaré-Guaçu	Jacaré-Pepira	Amostra total
Brillouin (HB)	0,76	0,88	0,82	0,93
Margalef (d)	0,79	0,61	0,30	0,79
Equitabilidade (J)	0,43	0,55	0,75	0,48
Berger-Parker (d)	0,76	0,55	0,48	0,58

A relação peso-comprimento indicou que os peixes nos três rios têm crescimento alométrico negativo, ou seja, crescem mais em comprimento do que em peso. O coeficiente de alometria para o rio Jacaré-Guaçu foi (2,0001), o do rio Jacaré-Pepira foi (2,5012) e do rio Tietê (2,2899), valores abaixo do esperado (<3) como pode ser visto na Figura 11.

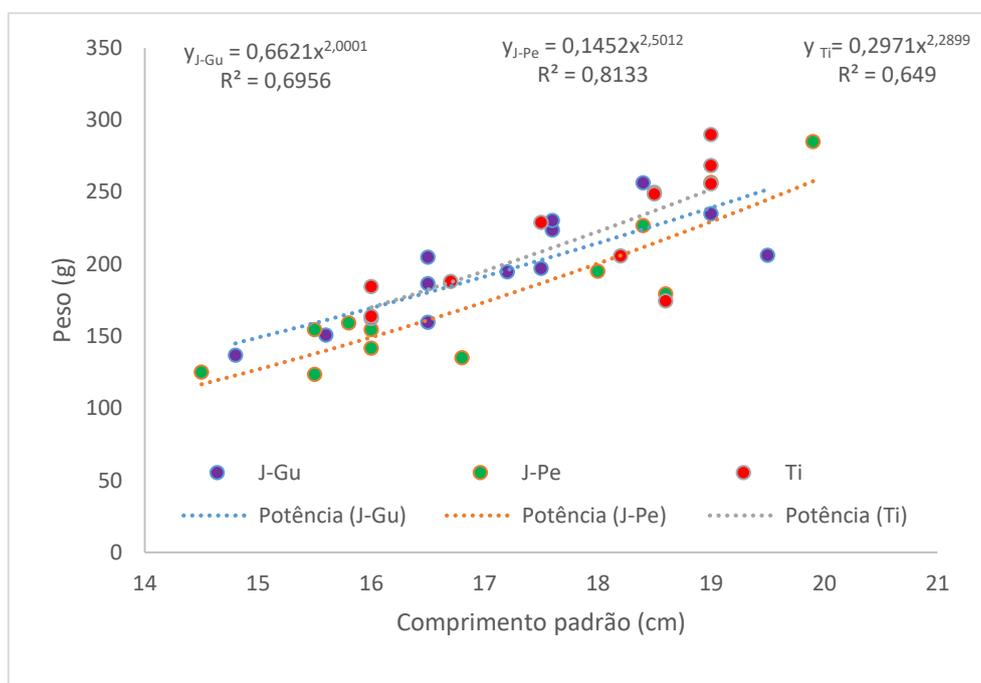


Figura 11. Relação peso-comprimento da amostra total de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. Os círculos azuis representam os peixes do rio Jacaré-Guaçu, em verde, os do rio Jacaré-Pepira e em vermelho do Tietê.

A relação peso-comprimento indicou que não houve diferenças significativas entre os sexos dos peixes e o coeficiente de alometria para os machos foi (2,0433) e para as fêmeas (2,3819), ambos estão longe da isometria ($b=3$) (Figura 12).

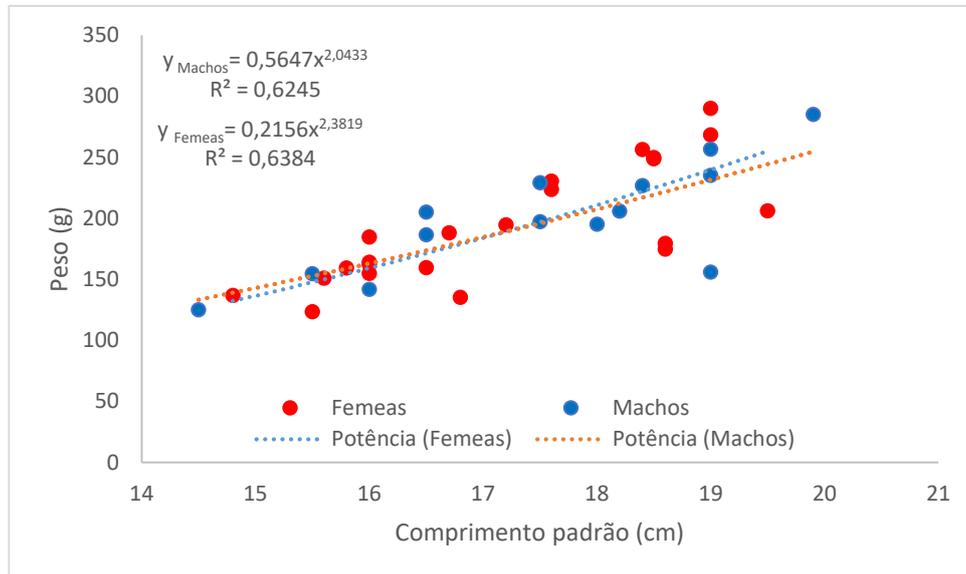


Figura 12. Relação peso-comprimento-sexo de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. Os círculos azuis representam os machos e em vermelho, as fêmeas.

Os valores do Kn para o rio Tietê tiveram a máxima (1,15) e mínima (0,72), com média 1,00 e desvio padrão de 0,11. O gráfico de *box-whisker plot* mostra que 50% dos valores para o rio Tietê estão próximos da unidade (Kn=1) variando entre os valores 0,95 e 1,08.

Para o rio Jacaré-Pepira tiveram a máxima (1,12) e mínima (0,80) com média 1,00 e desvio padrão de 0,11. Cinquenta por cento dos valores para o rio Tietê estão próximos da unidade (Kn=1) variando entre (0,91) e (1,10).

No rio Jacaré-Guaçu a máxima (1,14) e mínima (0,82) com média 1,00 e desvio padrão de 0,10. Cinquenta por cento dos valores estão próximos da unidade variando entre o 0,94 e 1,11. A Figura 13 mostra a distribuição dos dados relativos ao fator de condição, o gráfico de *box-whisker plot* foi usado para mostrar a distribuição dos valores do Kn nos três rios.

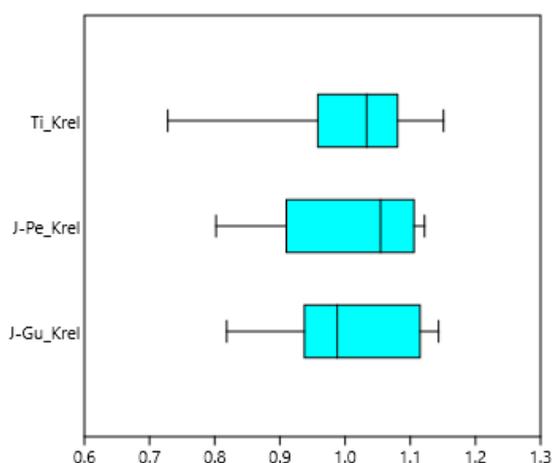


Figura 13. Fator de condição relativo de *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. O gráfico de *box-whisker plot* mostra que cinquenta por cento dos valores para a amostra total estão próximos da unidade variando entre o 0,93 e 1,12.

A curva de acumulação mostrou que o número de espécies de parasitos encontradas no rio Jacaré-Pepira em 12 espécimes de *S. pappaterra* foi considerado como uma boa representatividade da fauna parasitária para esta espécie de peixe (Figura 14). Enquanto que nos rios Tietê e Jacaré-Guaçu a fauna parasitária não foi suficientemente amostrada, pois a curva não estabilizou, como no rio Jacaré-Pepira. A curva da amostra total está chegando no máximo, portanto, se considerarmos como um todo, as amostras podem ser consideradas como uma boa representação da fauna parasitária dos peixes da bacia.

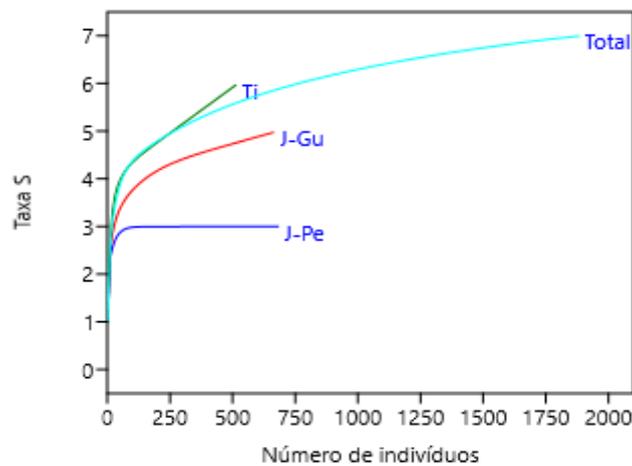


Figura 14. Curva de rarefação para amostras de *S. pappaterra* (Heckel, 1840) coletado nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira da bacia Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.

4 DISCUSSÃO

Satanoperca pappaterra apresenta alta riqueza de fauna parasitária, consequência do seu posicionamento em níveis tróficos intermediários, abrigando parasitos na fase adulta e várias formas larvais, cujos hospedeiros definitivos são peixes, aves piscívoras e mamíferos aquáticos (Yamada et al., 2007). Por ser um peixe que exibe um comportamento sedentário, as larvas de parasitos podem ser adquiridas por penetração, algumas espécies podem ser ingeridas quando estiverem nadando livremente no ambiente, através da ingestão de presas (primeiro hospedeiro intermediário) que estejam parasitados por larvas, ou pela ingestão direta de algumas formas de larvas desses metazoários (Yamada et al., 2007).

Parasitos digenéticos são comumente encontrados em peixes ciclídeos em rios brasileiros (Ramos et al., 2013; Rocha et al., 2015; Tavares-Dias et al., 2017). Neste estudo, observou-se a maior prevalência por endoparasitos da família Diplostomidae, as metacercárias Diplostomidae gen. sp. prevaleceram em 91,7% dos peixes coletados nos três rios. Estes trematódeos são bons indicadores de biodiversidade local, uma vez que para completar seus ciclos de vida, são necessários três hospedeiros, sendo o primeiro hospedeiro intermediário, um molusco, o segundo, um peixe e o hospedeiro definitivo um peixe e/ou ave piscívora, no entanto o ciclo nem sempre se completa (Désilets et al., 2013).

Em peixes de água doce, estas metacercárias podem ser encontradas em tecidos, mas são comumente encontrados nos olhos, mais especificamente na retina, humor vítreo e humor aquoso e/ou cristalino, musculatura, trato digestivo e sistema nervoso central (Niewiadomska, 2002). Nos casos de infecções mais graves, as metacercárias podem causar hemorragia na musculatura, catarata ocular, exoftalmia, cegueira ou distorção craniana, causando lesão cerebral (Chappell, 1995; Sandland & Goater, 2001). A sua presença no hospedeiro pode aumentar a suscetibilidade de peixes infectados à predação (Chappell et al., 1994). Vale ressaltar que estes parasitos são difíceis de serem identificados a nível de espécie, principalmente quando são metacercárias (Niewiadomska e Niewiadomska-Bugaj, 1995). Estes parasitos possuem baixa especificidade parasitária e a maioria é encontrada nos olhos e encéfalos dos peixes, sendo os principais locais de infecção (Grobbelaar et al., 2015). Nesta pesquisa foi possível observar que o parasito Diplostomidae gen. sp. estava presente nestes locais de infecção.

Em estudos realizados na planície de inundação do alto Rio Paraná, com seis

espécies de peixes, entre elas, a espécie que está sendo estudada no presente trabalho, Machado et al. (2005) relataram infecção parasitária com prevalência de 71,91% causada pelo parasito digenético *A. compactum*. Outro artigo que descreveu a infecção por esta metacercária em *S. pappaterra*, foi o de Paes et al. (2010a), que encontraram uma prevalência de 60% em estudo realizado no reservatório de Nova Avanhandava, baixo rio Tietê, São Paulo. Enquanto que no presente trabalho a prevalência total nos três rios para este parasito encontrado em *S. pappaterra*, e para cada rio estudado, foram mais prevalentes quando comparadas com os trabalhos citados anteriormente. De acordo com Paes et al. (2010b) a distribuição deste parasito da Subclasse Digenea é ampla e não se trata de parasito específico, pois há vários relatos deste helminto parasitando peixes de diferentes espécies.

Austrodiplostomum compactum tem sido registrado parasitando os olhos (retina, humor vítreo e humor aquoso e/ou cristalino) e sistema nervoso central de peixes nos rios do Brasil (Yamada et al., 2007; Ramos et al., 2013). São parasitos de animais aquáticos e aves piscívoras. A transmissão destas espécies geralmente envolve o peixe como o segundo hospedeiro intermediário, podendo causar a doença chamada catarata verminosa ou diplostomíase. Segundo Eiras (1994), quando os peixes são altamente parasitados por estes helmintos, as metacercárias podem causar exoftalmia, deslocamento da retina, opacidade do cristalino e cegueira. Quando em outros sítios de infecção, podem causar alterações comportamentais e eventualmente, a morte. Até 2013, 36 espécies de peixes foram registradas no Brasil com infestação por *A. compactum* (Santos et al., 2012; Ramos et al., 2013), incluindo a espécie *S. pappaterra* que está sendo estudada na presente pesquisa. No entanto, nos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira a ocorrência de *A. compactum* em *S. pappaterra* descrita nesta pesquisa é considerada como novo registro para estes dois rios da bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré.

Zago et al. (2013) realizaram um estudo sobre a comunidade helmintológica de *Geophagus proximus* no rio Paraná, reservatório de Ilha Solteira, São Paulo e registraram a ocorrência de *C. heluans* 6,03%, essa prevalência foi inferior a encontrada no presente estudo com *S. pappaterra*, que teve prevalência de 50% para amostra total dos três rios e 25% para o rio Tietê, 58,3% para o rio Jacaré-Guaçu e 66,7% para o rio Jacaré-Pepira. Dentre os helmintos abordados anteriormente, este é o que mais chama a atenção dos pesquisadores em relação a saúde humana, pois apresenta potencial zoonótico. Sua distribuição geográfica é mundial e tem alta amplitude de hospedeiros (Caffara et al., 2011). Têm ocorrências registradas em várias espécies de peixes de água doce no Brasil.

Estes parasitos encistam-se em várias regiões do corpo do hospedeiro, como músculos, tecido subcutâneo, cavidade oral, cavidade ocular, brânquias, gônadas e intestinos, ocasionando patogenia denominada doença dos pontos amarelos. Quando os cistos do parasito estão presentes na musculatura do peixe, provoca repugnância ao ser visualizada e faz com que o animal seja descartado pelo consumidor ou em linhas de inspeção de filés em indústrias pesqueiras (Pavanelli et al., 2013). Este parasito não tem registro bibliográfico para a espécie de peixe *S. pappaterra*, e esta pesquisa confirma que esta espécie pode ser considerada como um novo registro de hospedeiro para *C. heluans*.

A pesquisa de Zago et al. (2013) também registrou a presença do nematoide *R. (S.) hypostomi* prevalente em 13,79% em *G. proximus* no rio Paraná, para este estudo com *S. pappaterra*, o nematelminto esteve presente apenas nos espécimes coletados no rio Tietê apresentando prevalência de 41,6%.

Este nematoide tem importância na saúde pública, uma vez que possui potencial zoonótico e pode causar a patogenia denominada anisaquíase. Seres humanos podem adquirir esta doença se consumir o peixe cru ou malcozido (Sakanari & McKerrow, 1990). No entanto, nesta pesquisa não foi possível confirmar este potencial, considerando que os parasitos encontrados eram adultos e não estavam presentes na musculatura. São poucos os relatos sobre este nematoide acometendo os peixes em rios brasileiros (Knoff et al., 2007; Zago et al., 2013). Este parasito não foi registrado em *S. pappaterra* em rios brasileiros, sendo considerado também um novo registro de hospedeiro para *R. (S.) hypostomi*.

A espécie de parasito digenético menos prevalente encontrado em *S. pappaterra* nesta pesquisa, foi *P. macrocotyle*, responsável pela patogenia denominada “doença do ponto preto”, esta patogenia é decorrente da deposição de melanócitos em torno da metacercária na musculatura dos peixes (Horák et al., 2014). É uma doença causada principalmente por espécies de metacercárias do gênero *Posthodiplostomum*, a mesma encontrada por Azevedo et al. (2006) em trabalho realizado no rio Guandu, Rio de Janeiro com *Geophagus brasiliensis*, outra espécie de peixe da família Cichlidae. A prevalência de *P. macrocotyle* no presente estudo para o rio Tietê foi baixa 4% e 6,67% para o rio Jacaré-Guaçu, valores inferiores quando comparada com o trabalho realizado no rio Guandu 88%.

Estes trematódeos têm um ciclo de vida complexo, infectando moluscos gastrópodes e peixes como hospedeiros intermediários. Peixes infectados pelos parasitos do gênero *Posthodiplostomum* podem sofrer perda de peso, dificuldade no

desenvolvimento, e em casos de infecções severas, o animal pode chegar à morte. Quando não morre de forma natural e ainda chega à mesa do consumidor ou na indústria, o aspecto repugnante pode ser o principal motivo para o descarte. Outra consequência da infecção é a dificuldade do peixe em evitar a predação por aves piscívoras, as quais são as hospedeiras definitivas dos metacercárias (Ondračková et al., 2006). Espécies de metacercárias *P. macrocotyle* ainda não foram descritas parasitando *S. pappaterra*, esta pesquisa relata a primeira infecção deste parasito para este hospedeiro coletado nos rios Tietê e Jacaré-Guaçu.

No presente estudo houve a infestação por sanguessuga, entretanto, devido as dificuldades na identificação desses hirudíneos, não foi possível identificar a qual família este parasito pertence. Sanguessugas da família Glossiphoniidae são comuns parasitando peixes de água doce em todo mundo (Sket & Trontelj, 2008). É provável que a espécie encontrada nesta pesquisa seja dessa família.

Diplostomidae gen. sp., *A. compactum*, *C. heluans* e *R. (S.) hypostomi* apresentaram padrão de dispersão agregada, fator comum em peixes de água doce, como mostrado no trabalho com o peixe *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840) no alto rio Paraná (Guidelli et al., 2003). Esse tipo de dispersão afeta diretamente a ecologia do parasito, estabilizando a dinâmica populacional parasito-hospedeiro e facilitando a co-infecção interespecífica resultando na suscetibilidade do hospedeiro (Anderson & May, 1978; Poulin, 2007; Gourbière et al., 2015).

Nesta pesquisa foi observado a presença de uma espécie de monogenético, devido as dificuldades na identificação dos parasitos da classe Monogenea e a baixa quantidade de parasitos encontrados, não foi possível realizar a identificação da espécie. Sabe-se que a espécie *Sciadicleithrum satanopercae* da família Dactylogyridae foi descrita em *S. pappaterra* no rio Paraná (Yamada et al., 2009). Possivelmente é a mesma espécie encontrada no presente estudo.

A comunidade parasitária de *S. pappaterra* foi similar nos três rios estudados como pode ser visto nas análises ecológicas, apesar do rio Jacaré-Pepira apresentar apenas três espécies diferentes de parasitos, a abundância parasitária foi maior neste rio.

O crescimento alométrico negativo foi constatado na relação peso-comprimento de *S. pappaterra* indicando que a amostra total cresce mais em comprimento do que em peso, isso pode estar relacionado a presença dos parasitos.

Apesar do número de machos ser menor que o das fêmeas, a abundância parasitária foi semelhante entre ambos os sexos. Os sexos dos peixes podem influenciar

o nível de parasitismo, isso ocorre por conta das diferenças fisiológicas e comportamentais entre eles (Esch et al., 1988). No entanto, observou-se neste estudo que o sexo de *S. pappaterra* não influenciou na prevalência e abundância de infestação de parasitos de ambos, o coeficiente de alometria foi ligeiramente menor para os machos, mas ambos estão longe da isometria ($b=3$), é um resultado negativo e a presença dos parasitos pode ser a causa da perda de peso. Como a maioria dos peixes ciclídeos apresentam comportamentos semelhantes, a similaridade nos níveis de parasitismo dessa família de peixes pode ser explicada com o fator de condição (Yamada et al., 2007). Para estudar o modelo de dispersão dos parasitos no espaço são utilizados vários índices de dispersão ou de agregação, cuja aplicação é indispensável em estudos ecológicos ou métodos de amostragem (Green, 1966). Essas ferramentas estatísticas podem nos ajudar a ter um melhor entendimento acerca do comportamento dos animais no seu habitat.

Na bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré, *S. pappaterra* alimenta-se de moluscos e pequenos crustáceos, em sua dieta, esses pequenos organismos fazem parte do ciclo de vida de muitos parasitos, que utilizam o peixe como hospedeiro intermediário e até definitivo. Este peixe está posicionado na parte média ou intermediária da cadeia alimentar, servindo como alimento para aves piscívoras e mamíferos aquáticos, que assim como os parasitos, os peixes são parte do ciclo de vida para estes animais que fazem parte da porção superior da cadeia alimentar, estas aves e mamíferos aquáticos piscívoros são hospedeiros definitivos para os parasitos como os encontrados neste trabalho. Esta pesquisa mostra como o conhecimento sobre a fauna parasitária de peixe pode abrir um vasto entendimento sobre a relação e importância do conjunto parasito-hospedeiro-ambiente.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson R, May R. Regulation and Stability of Host-Parasite Population Interactions: I. Regulatory Processes. *J Anim Ecol* 1978; 47(1):219-247. <https://doi.org/10.2307/3933>
- Azevedo RK, Abdallah VD, Luque JL. Ecologia da comunidade de metazoários parasitos do Acará *Geophagus brasiliensis* (Quoy e Gaimard, 1824) (Perciformes: Cichlidae) do Rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Sci Biol Sci* 2006; 28: 403–411. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v28i4.406>
- Berger WH, Parker FL. Diversity of planktonic foraminifera in deep-sea sediments. *Science* 1970; 168: 1345-1347. <https://doi.org/10.1126/science.168.3937.1345>
- Bush AO, Holmes JC. Intestinal helminths of lesser scaup ducks: an interactive community. *Can J Zool* 1986; 64(1): 142-152. <https://doi.org/10.1139/z86-023>
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW. Parasitology meets ecology on its own terms. *J Parasitol* 1997; 83(4): 575–583. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Caffara M, Locke AS, Gustinelli A, Marcogliese DJ, Fioravanti ML. Morphological and molecular differentiation of *Clinostomum complanatum* and *Clinostomum marginatum* (Digenea: Clinostomidae) metacercariae and adults. *J Parasitol* 2011; 97(5):884-891. <https://doi.org/10.1645/GE-2781.1>
- Chappell LH, Hardie LJ, Secombes CJ. Diplostomiasis: the disease and host–parasite interactions. In: Pike AW, Lewis JW. *Parasitic diseases of fish*. Dyfed: Samara Publishing; 1994. p. 59–86.
- Chappell LH. The biology of diplostomatid eye flukes of fishes. *J Helminthol* 1995; 69(2):97–101. <https://doi.org/10.1017/s0022149x00013961>
- Clarke KR. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Austral Ecol* 1993; 18:117-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Corbi JJ, Strixino ST, Santos A, Del Grande M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). *Quim nova* 2006; 29(1): 61-65. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000100013>
- Dajoz R. *Ecologia Geral*. São Paulo: Vozes; 1973.
- Departamento de Águas e Energia Elétrica. DAEE [online]. 2015 [acesso em:15 de Set de 2019]. Disponível em:

http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&id=793:historico-dorio-tiete&Itemid=53.%20Acesso:%20Set/2019

- Désilets HD, Locke S, McLaughlin J, Marcogliese, D. Community structure of *Diplostomum* spp. (Digenea: Diplostomidae) in eyes of fish: Main determinants and potential interspecific interactions. *Int J Parasitol* 2013; 43 (11): 929-939. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2013.07.002>
- Eiras JC, Takemoto RM, Pavanelli GC. *Diversidade dos parasitos de peixes de água doce do Brasil*. Maringá: Clichetec; 2010.
- Eiras JC, Takemoto RM, Pavanelli GC. *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. 2ª ed. Maringá: Eduem; 2006.
- Eiras JC. *Elementos de ictioparasitologia*. Porto: Fundação Eng. António de Almeida; 1994.
- Esch GW, Shostak AW, Marcogliese DJ, Goater TM. Patterns and processes in helminth parasite communities: an overview. In: Esch GW, Bush AO, Aho JM. *Parasite Communities: Patterns and Processes*. Dordrecht: Springer; 1990. p. 1-19.
- Goater TM, Goater CP, Esch GW. *Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2014.
- Gomiero LM, Souza UP, Braga FMS. Condition factor of *Astyanax intermedius* Eigenmann, 1908 (Osteichthyes, Characidae) parasitised by *Paracymothoa astyanaxi* Lemos de Castro, 1955 (Crustacea, Cymothoidae) in the Grande River, Serra do Mar State Park - Santa Virgínia Unit, São Paulo, Brazil. *Braz J Biol* 2012; 72(2): 379-388. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000200020>
- Gourbière S, Morand S, Waxman D. Fundamental factors determining the nature of parasite aggregation in hosts. *PloS one* 2015; 10(2):e0116893. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116893>
- Green RH. Measurement of non-randomness in spatial distributions. *Popul Ecol* 1966; 8:1-7. <https://doi.org/10.1007/BF02524740>
- Grobbelaar A, Van As L, Van As JG, Butler H. Pathology of eyes and brain of fish infected with diplostomids, Southern Africa. *Afr Zool* 2015; 50(2): 181-186. <https://doi.org/10.1080/15627020.2015.1055701>
- Guidelli GM, Isaac A, Takemoto RM, Pavanelli GC. Endoparasite infracommunities of *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840) (Pisces: Pimelodidae) of the Baía River, Upper Paraná River floodplain, Brazil: specific composition and

- ecological aspects. *Braz J Biol* 2003; 63(2): 261-268.
<https://doi.org/10.1590/S1519-69842003000200011>
- Hammer O, Harper D. *Paleontological Data Analysis*. Oxford: Wiley-Blackwell; 2007.
- Horák P, Kolářová L, Mikeš L. Schistosomatoidea and Diplostomoidea. In: *Digenetic Trematodes*. New York: Springer; 2014. p. 331-364.
- Knoff M, Clemente SCS, Fonseca MCG, Andrada CG, Padovani RES, Gomes DC. Anisakidae parasitos de congro-rosa, *Genypterus brasiliensis* Regan, 1903 comercializados no Estado do Rio de Janeiro, Brasil de interesse na saúde pública. *Parasitol Latinoam* 2007; 62:127–133. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-77122007000200005>
- Krebs CJ. *Ecological methodology*. Longman: Addison-Wesley; 1999.
- Le Cren ED. The length–weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J Anim Ecol* 1951; 20(2):201-219.
<http://dx.doi.org/10.2307/1540>.
- Ludwig JA, Reynolds JF. *Statistical ecology: a primer in methods and computing*. New York: Wiley–Interscience; 1988.
- Luque JL, Pereira FB, Alves PV, Oliva ME, Timi JT. Helminth parasites of South American fishes: current status and characterization as a model for studies of biodiversity. *J Helminthol* 2016; 91(2):150-164.
<https://doi.org/10.1017/S0022149X16000717>
- Luque JL, Poulin R. Metazoan parasite species richness in Neotropical fishes: Hotspots and the geography of biodiversity. *Parasitology* 2007; 134(6): 865–878.
<https://doi.org/10.1017/S0031182007002272>
- Machado PM, Takemoto RM, Pavanelli GC. *Diplostomum (Austrodiplostomum) compactum* (Lutz, 1928) (Platyhelminthes, Digenea) metacercariae in fish from the floodplain of the Upper Paraná River, Brazil. *Parasitol Res* 2005; 97(6): 436-444.
<https://doi.org/10.1007/s00436-005-1483-7>
- Magurran AE. *Ecological Diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press; 1988.
- Magurran AE. Species abundance distributions: pattern or process? *Funct Ecol* 2005; 19: 177-181. <https://doi.org/10.1111/j.0269-8463.2005.00930.x>
- McGarigal K, Cushman S, Stafford S. *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. New York: Springer; 2000.

- Niewiadomska K, Niewiadomska-Bugaj M. Optimal identification procedure for *Diplostomum paracaudum* (Iles, 1959) and *D. pseudospathaceum* Niewiadomska, 1984 metacercariae (Digenea) based on morphological characters. *Syst Parasitol* 1995; 30:165–171. <https://doi.org/10.1007/bf00010467>
- Niewiadomska K. Family Diplostomidae Poirrier 1886. In: Gibson DI, Jones A, Bray RA. *Keys to the Trematoda*. Oxon: CABI Publishing; 2002. p. 167–196.
- Ondračková M, Dávidová M, Gelnar M, Jurajda P. Susceptibility of Prussian carp infected by metacercariae of *Posthodiplostomum cuticola* (v. Nordmann, 1832) to fish predation. *Ecol Res* 2006; 21:526-529. <https://doi.org/10.1007/s11284-005-0146-6>
- Paes JVK, Carvalho ED, Silva RJ. Infection by *Austrodiplostomum compactum* metacercariae in fish from the Nova Avanhandava Reservoir, Tietê River, São Paulo, Brazil. *Acta Sci Biol Sci* 2010a; 32(3): 273-278. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v32i3.5675>
- Paes JVK, Carvalho ED, Silva RJ. Infection levels of *Austrodiplostomum compactum* (Digenea, Diplostomidae) metacercariae in *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Sciaenidae) from the Nova Avanhandava reservoir, Sao Paulo State, Brazil. *J Helminthol* 2010b; 84: 284–291. <https://doi.org/10.1017/S0022149X09990617>
- Pavanelli GC, Takemoto RM, Eiras JC. *Parasitologia de peixes de água doce do Brasil*. Maringá: Eduem; 2013.
- Pielou EE. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J Theor Biol* 1966;13: 131 -144. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)
- Poulin R. Are there general laws in parasite ecology? *Parasitology* 2007; 134 (6): 763-76. <https://doi.org/10.1017/S0031182006002150>
- Poulin R. The disparity between observed and uniform distributions: a new look at parasite aggregation. *Int J Parasitol* 1993; 23: 937-944. [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(93\)90060-C](https://doi.org/10.1016/0020-7519(93)90060-C)
- Rabinovich JE. *Introducción a la ecología de poblaciones animales*. México: Continental; 1980.
- Ramos IP, Francheschini L, Zago AC, Zica EOP, Wunderlich AC, Carvalho ED, et al. New host records and a checklist of fishes infected with *Austrodiplostomum compactum* (Digenea: Diplostomidae) in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2013; 22(4): 511-518. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612013000400010>
- Rocha RS, Pelegrini LS, Camargo AA, Abdallah VD, Azevedo RK. *Sphincterodiplostomum musculosum* (Digenea, Diplostomidae) in *Geophagus*

- brasiliensis* (Perciformes, Cichlidae) collected in a lake at Dois Córregos, São Paulo, Brazil. *Ciênc rural* 2015; 45(12): 2223-2228. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141493>
- Rohde K, Hayward C, Heap M. Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. *Int J Parasitol* 1995; 25(8): 945–970. [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(95\)00015-T](https://doi.org/10.1016/0020-7519(95)00015-T)
- Rózsa L, Reiczigel J, Majoros G. Quantifying parasites in samples of hosts. *J Parasitol* 2000; 86: 228-232. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2000\)086\[0228:QPISOH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2000)086[0228:QPISOH]2.0.CO;2)
- Sakanari, J., & McKerrow, J. (1990). Identification of the Secreted Neutral Proteases from *Anisakis simplex*. *The Journal of Parasitology*, 76(5), 625-630. <https://doi.org/10.2307/3282971>
- Sandland GJ, Goater CP. Parasite-induced variation in host morphology: brain encysting trematodes in fathead minnows. *J Parasitol* 2001; 87(2):267–272. <https://doi.org/10.2307/3285040>.
- Santos RS, Marchiori N, Santarem VA, Takahashi K, Mourino JLP, Martins ML. *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Digenea, Diplostomidae) in the eyes of fishes from Paraná River, Brazil. *Acta Sci Biol Sci* 2012; 34(2): 225-231. <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v34i2.9337>
- Sket B, Trontelj P. Global diversity of leeches (Hirudinea) in freshwater. *Hydrobiologia* 2008; 595: 129-137. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9010-8>
- Tanaka MO, Souza ALT, Oliveira AK, Moschini LE. Redundância entre métricas da qualidade ambiental de riachos em paisagem agrícola. *Rev Ambient Água* 2015; 10(4): 832-846. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1665>
- Tavares-Dias M, Alves GR, Oliveira MSB, Rigôr NL. Ecological aspects of the parasites in *Cichlasoma Bimaculatum* (Cichlidae), Ornamental Fish From The Brazilian Amazon. *Acta Biolo Colomb* 2017; 22(2):175-180. <https://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n2.60015>
- Tavares-Dias M, Monteiro AMC, Affonso EG, Amaral KDS. Weight-length relationship, condition factor and blood parameters of farmed *Cichla temensis* Humboldt, 1821 (Cichlidae) in central Amazon. *Neotrop Ichthyol* 2011; 9(1):113-119. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252011005000010>
- Tundisi JG, Matsumura-Tundisi T, Pareschi DC, Luzia AP, Von Haeling PH, Frollini EH. A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e

- gerenciamento. *Estud Av* 2008; 22(63): 159-172. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200010>
- Viegas E, Pimenta F, Previero T, Gonçalves L, Durães J, Ribeiro M, et al. Métodos de abate e qualidade de carne de peixe. *Arch Zootec* 2012; 61(1): 41-50. 1. 41-50. <https://doi.org/10.21071/az.v61i237.2957>
- Yamada FH, Takemoto RM, Pavanelli GC. Ecological aspects of ectoparasites from the gills of *Satanoperca pappaterra* (Heckel, 1840) (Cichlidae) from the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Acta Sci Biol Sci* 2007; 29: 331-336. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v29i3.555>
- Yamada FH, Takemoto RM, Bellay S, Pavanelli GC. Two new species of *Sciadicleithrum* (Monogenea, Dactylogyridae) parasites of Neotropical cichlid fishes from the Paraná River, Brazil. *Acta Parasit* 2009; 54: 6-11. <https://doi.org/10.2478/s11686-009-0004-8>
- Zago A, Franceschini L, Zocoller-Seno M, Veríssimo-Silveira R, Maia A, Ikefuti C, et al. The helminth community of *Geophagus proximus* (Perciformes:Cichlidae) from a tributary of the Paraná River, Ilha Solteira Reservoir, São Paulo State, Brazil. *J Helminthol* 2013; 87(2): 203-211. <https://doi.org/10.1017/S0022149X12000223>