



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
CAMPUS DE BOTUCATU

*Biodiversidade dos parasitas de peixes provenientes
do rio Sapucaí-Mirim
Estado de São Paulo, Brasil*

Aline Cristina Lago

Botucatu, SP
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
CAMPUS DE BOTUCATU

*Biodiversidade dos parasitas de peixes
provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Estado de
São Paulo, Brasil*

Aline Cristina Zago

Orientador: Prof. Adj. Reinaldo José da Silva

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

**Botucatu, SP
2016**

Capa: Rio Sapucaí Mirim, Estado de São Paulo, Brasil, fotografado por Aline Cristina Zago.

Arte da capa: Daniel Marques da Silva.

Tese elaborada de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT 6023/2002 para as referências, e NBR 10520/2002 para as citações.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO DE AQUIS. E TRAT. DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Zago, Aline Cristina.

Biodiversidade dos parasitas de peixes provenientes do
Rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil / Aline Cristina Zago. -
Botucatu, 2016

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

Orientador: Reinaldo José da Silva

Capes: 20400004

1. Peixe - Parasito. 2. Biodiversidade. 3. Doenças parasitárias. 4.
Helminto. 5. Análise multivariada. 6. Nematoda.

Palavras-chave: Árvore de regressão multivariada (MRT); Helmintos;
Método do particionamento da variação; Monogenea; Nematoda.

"Foi o tempo que dedicastes à tua rosa que a fez tão importante"

(Antoine de Saint-Exupéry)

Houve um tempo em que...

Pensei que não podia e não pude.

Acreditei que não sabia nada... E nada soube.

Pensei que não tinha força e fraquejei.

Subestimei minha capacidade... E não fui capaz.

Logo aprendi...

Que se creio que posso... Posso.

Que sei mais do que nem sequer imaginava.

Que tenho as forças que eu decido ter.

Que não há carga que meus ombros não possam suportar.

Que posso chegar aonde eu me proponho.

(Autor desconhecido)

Agradecimientos

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar força em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais, José e Marlí, pelo carinho e confiança em mim depositada em todos os momentos de minha vida, e por todo o apoio e incentivo que sempre me deram aos estudos.

Ao Daniel, pelo carinho, apoio e incentivo em todas as minhas atividades e, principalmente, pelos conselhos para não desistir apesar das dificuldades. Obrigada por estar sempre ao meu lado.

Ao meu orientador, Prof. Adj. Reinaldo José da Silva, pelos ensinamentos, oportunidade e confiança em mim depositada desde o início. Muito obrigada por tudo!

Ao Prof. Juan Antonio Balbuena, PhD, pela receptividade, paciência e por ter compartilhado comigo seus conhecimentos com toda a simplicidade que possui. Muito obrigada!

À Profa. Dra. Maria Conceição Zocoller Seno, de quem recebi os primeiros ensinamentos na área de Parasitologia com toda paciência e carinho.

À minha “irmã de coração” Lidiane, que vem compartilhando comigo as dificuldades e alegrias ao longo destes 11 anos desde a graduação, obrigada pela amizade, companheirismo e conselhos. Você é uma pessoa muito especial em minha vida!

A todos os amigos LAPAS e funcionários do Departamento de Parasitologia pela amizade e colaboração.

Ao Prof. Dr. Edmir Daniel Carvalho (in memoriam), aos alunos do Laboratório de Biologia e Ecologia de Peixes (Diogo, Limão e André), a Ottilie, Ricardo e Sandro pelo auxílio durante as coleta dos peixes.

Ao Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira, por fornecer dados e informações sobre o rio Sapucaí-Mirim.

As Empresas Celan (Central Elétrica Anhaguera) e Duque Energy Brasil, por permitirem a realização do estudo na área de influência das Pequenas Centrais Hidrelétricas no rio Sapucaí-Mirim.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Processo n° 2011/23588-8 e 2015/11542-4), pelo auxílio financeiro para a realização desta pesquisa.

A todos aqueles que estiveram ao meu lado, seja apoiando ou incentivando, na realização deste trabalho.

Sumário

Resumo	2
Abstract	4
Introdução geral	6
O rio Sapucaí-Mirim e a construção de empreendimentos hidrelétricos	6
Importância dos estudos sobre a diversidade de parasitas	11
Considerações finais.....	13
Referências bibliográficas	14
Objetivos.....	19
Gerais	19
Específicos	19
Artigo 1	20
Biodiversidade dos parasitas de peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil.....	20
Resumo	21
Abstract.....	22
Introdução	23
Material e métodos.....	24
Resultados	30
Discussão	80
Referências bibliográficas	85

Artigo 2..... 94

Estrutura das comunidades de metazoários parasitas de Characiformes provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil..... 94

Resumo 95

Abstract..... 96

Introdução 97

Material e métodos..... 98

Resultados 108

Discussão 130

Referências bibliográficas 134

Artigo 3..... 141

Estrutura espacial das comunidades de metazoários parasitas de quatro espécies do gênero *Leporinus* (Characiformes: Anostomidae) provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil..... 141

Resumo 142

Abstract..... 143

Introdução 144

Material e métodos..... 146

Resultados 153

Discussão 173

Referências bibliográficas 177

Resumo

RESUMO

Nos últimos anos, os parasitas foram reconhecidos como importantes componentes da biodiversidade global, dado os importantes papéis desempenhados por esses organismos em ecossistemas naturais. Embora o conhecimento sobre a diversidade de parasitas tenha aumentado nas últimas décadas, o número de espécies de parasitas de peixes no Brasil é relativamente baixo quando comparado com a biodiversidade das espécies hospedeiras. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento da biodiversidade dos parasitas de peixes procedentes de quatro locais em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil, bem como avaliar a estrutura das comunidades de metazoários parasitas de peixes Characiformes e de quatro espécies do gênero *Leporinus*. Durante o período de março de 2012 a julho de 2013, foram coletados 462 espécimes pertencentes a 16 espécies de peixes das ordens Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes e Perciformes. Observou-se que 86,58% dos espécimes estavam parasitados por pelo menos um *taxon* de metazoário parasita. Os parasitas encontrados pertenciam a oito diferentes grupos (Myxozoa, Monogenea, Digenea, Cestoda, Nematoda, Acantocephala, Arthropoda e Annelida), sendo coletado um total de 6.830 parasitas. Noventa e sete *taxa* de parasitas foram encontrados, sendo que a classe Monogenea foi o grupo que apresentou o maior número de espécies, seguido do filo Nematoda e da sub-classe Digenea. As comunidades parasitárias dos Characiformes apresentaram principalmente diferenças entre as espécies hospedeiras, embora pertencendo a mesma ordem ou família. O local de amostragem, o fator de condição e o tamanho do hospedeiro também influenciaram na distribuição da abundância parasitária de algumas espécies analisadas. As comunidades de parasitas de *Leporinus* spp. apresentaram principalmente diferenças entre as espécies hospedeiras, sendo que as infracomunidades de *Leporinus amblyrhynchus* e *Leporinus elongatus* tenderam a ser mais similares, assim como as de *Leporinus friderici* e *Leporinus octofasciatus*. Todas as espécies de parasitas coletados constituem-se de novos registros de localidade, sendo que também foram encontradas espécies novas e foram feitos novos registros de ocorrência em diferentes hospedeiros para várias espécies de parasitas.

Palavras-chave: Árvore de regressão multivariada (MRT), Método do particionamento da variação, Helminths, Monogenea, Nematoda, Digenea.

Abstract

ABSTRACT

Recently, parasites have been recognized as important components of global biodiversity because the important roles played by these organisms in natural ecosystems. Although knowledge about the diversity of parasites has increased in recent decades, the number of parasite species of fishes in Brazil is relatively low compared to the biodiversity of host species. Thus, this study aimed to survey the biodiversity of fish parasites from four sampling sites in an area under the influence of Small Hydroelectric Power Plants in the Sapucaí-Mirim River, São Paulo State, Brazil, as well as to evaluate the structure of metazoan parasite communities of Characiformes and four species of *Leporinus* sp. From March 2012 to July 2013, 462 fish specimens of 16 species of Characiformes, Siluriformes, Perciformes, and Gymnotiformes were collected. It was observed that 86.58% of fish specimens were parasitized by at least one metazoan parasite *taxon*. The parasites found belonged to eight different groups (Myxozoa, Monogenea, Digenea, Cestoda, Nematoda, Acantocephala, Arthropoda and Annelida) and a total of 6,830 parasites were collected and analyzed. Ninety-seven parasite *taxa* were found, and Monogenea was the group that had the highest number of species, followed by Nematoda and Digenea. The parasite communities of Characiformes showed mainly differences among the host species, although belonging to the same order or family. The sampling site, condition factor and the host body size also influenced the distribution of parasite abundance of some fish species analyzed. The metazoan parasite communities of *Leporinus* spp. primarily showed differences among the host species, wherein the infracommunities of *Leporinus amblyrhynchus* and *Leporinus elongatus* tended to be more similar, as well as *Leporinus friderici* and *Leporinus octofasciatus*. New locality records are made to all parasite species collected and were also found new parasite species and are made new occurrence records on different hosts for several parasite species.

Keywords: Multivariate regression trees (MRT), Variation partitioning method, Helminths, Monogenea, Nematoda, Digenea.

Introdução geral

INTRODUÇÃO GERAL

O rio Sapucaí-Mirim e a construção de empreendimentos hidrelétricos

Com uma área de aproximadamente 8,5 milhões de km² e cerca de 158 milhões de habitantes, o Brasil posiciona-se como o quinto país do mundo, tanto em extensão territorial como em população. No cenário mundial, apresenta lugar de destaque pela grande descarga de água doce dos seus rios, cuja produção hídrica representa 53% da produção de água doce do continente sul-americano e 12% do total mundial (REBOUÇAS, 2006).

No Brasil, são reconhecidas 12 regiões hidrográficas, sendo que em apenas três delas (Amazonas, São Francisco e Paraná) estão localizadas cerca de 80% de sua produção hídrica total (REBOUÇAS, 2006).

A região hidrográfica do Paraná abrange sete Estados brasileiros, sendo composta por várias bacias e sub-bacias e representando cerca de 10,33% de todo o território nacional (ALBERTIN; MAUAD, 2008). Dentre as bacias pertencentes a essa região, encontra-se a do rio Sapucaí-Mirim/Grande (Figura 1), localizada no Nordeste do Estado de São Paulo (ALBERTIN; MAUAD, 2008). Possui aproximadamente 9.125 km² de extensão territorial, sendo composta principalmente pelos rios Sapucaí-Mirim, Canoas, do Carmo, Grande e Ribeirão dos Bagres (SÃO PAULO, 2015).

O rio Sapucaí-Mirim apresenta 290 km de extensão e possui como principais afluentes os rios Santa Bárbara, Bagres, Salgado, Pontal e Sete Lagoas (PAIVA, 1982). Suas nascentes estão localizadas nas encostas interiores da Serra da Laje (Nordeste do Estado de São Paulo), além de outras formadoras dos rios tributários Esmeril e Santa Bárbara (Oeste do Estado de Minas Gerais), sendo sua desembocadura na margem esquerda do reservatório da Usina Hidrelétrica Porto Colômbia, médio rio Grande (SOUZA, 2014; PAIVA, 1982). Apresenta características lóticas típicas, com fortes corredeiras e pequenas quedas d'água, sendo que na região de Guaíra, Estado de São Paulo, torna-se menos veloz e turbulento devido à menor declividade da região (CESÁRIO, 2010).

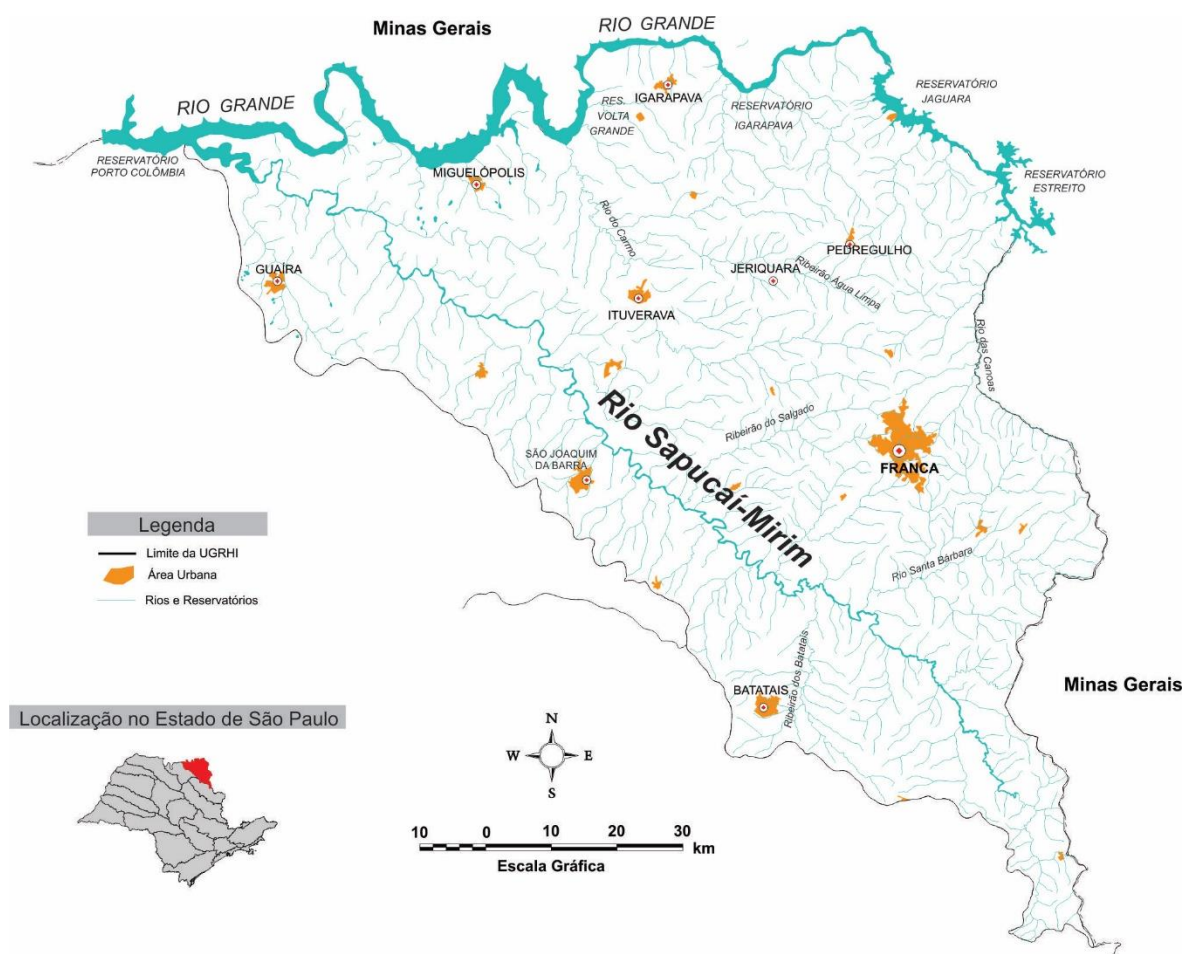


Figura 1. Bacia Hidrográfica dos rios Sapucaí Mirim/Grande, localizada no Estado de São Paulo (UGRHI 8: Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos), destacando o rio Grande e o percurso feito pelo rio Sapucaí-Mirim (Fonte: SÃO PAULO, 2015).

A composição da ictiofauna do rio Sapucaí-Mirim é bastante rica e diversificada, exibindo uma grande diversidade morfológica, fisiológica, de atributos ecológicos e reprodutivos (CESÁRIO, 2010), sendo recentemente caracterizada por Souza (2014). Neste estudo, foi observada a ocorrência de espécies de peixes de pequeno, médio e grande porte pertencente às Ordens Characiformes Regan, 1911, Siluriformes Cuvier, 1817, Perciformes Bleeker, 1859, Gymnotiformes Carroll, 1988, Cyprinodontiformes Berg, 1940

e Synbranchiformes Gosline, 1983, sendo que a maior riqueza de espécies foi observada para a ordem Characiformes (29 espécies), seguida de Siluriformes (25 espécies), representando 82% do total de espécies observadas. A maioria das espécies encontradas era autóctone, sendo relatada a presença de duas espécies alóctones (*Cichla kelberi* Kullander e Ferreira, 2006 e *Metynnis maculatus* Kner, 1858), e apenas duas espécies exóticas (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 e *Tilapia rendalli* Boulenger, 1896).

Em função da alta demanda de energia no Brasil, principalmente na região Sudeste, o rio Sapucaí-Mirim está sendo alvo de vários projetos de aproveitamentos hidrelétricos, através da construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (CESÁRIO, 2010). Estes empreendimentos são caracterizados por apresentarem potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, com área total de reservatório igual ou inferior a 3 km², conforme definido pela resolução nº 394, de 4/12/1998, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (BRASIL, 1998). Atualmente, estão em funcionamento neste rio cinco PCHs: Anhanguera (Figuras 2A, B), Retiro (Figuras 2C, D), Palmeiras (Figuras 2E, F), Dourados e São Joaquim (BRASIL, 2015), sendo que outros cinco novos projetos encontram-se em processo de licenciamento (RUOCCO, 2014).

Vários rios em diferentes latitudes e bacias hidrográficas do Brasil foram ou estão sendo regulados com a construção de reservatórios para a operação de usinas ou PCHs, seguindo as definições das diretrizes governamentais para suprir a crescente demanda de energia oriunda desta fonte (TUNDISI; TUNDISI; ROCHA, 1988). A opção pela produção de hidroeletricidade no Brasil ocorre devido à elevada disponibilidade desse recurso, aliada aos estoques limitados de outras fontes energéticas, tais como: gás natural, carvão e petróleo (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

Além da hidroeletricidade, os reservatórios de pequeno ou grande porte são utilizados para inúmeras outras finalidades, tais como: reserva de água para irrigação, reserva de água potável, produção de biomassa (cultivo de peixes e pesca intensiva), transporte (hidrovia), recreação e turismo (TUNDISI; TUNDISI; ROCHA, 2006).

Nas últimas décadas, com a diversificação dos usos múltiplos desses sistemas, houve uma ampliação da importância econômica e social destes ecossistemas artificiais, sendo ao mesmo tempo produzidas e introduzidas novas complexidades no seu funcionamento, bem como impactos (TUNDISI; TUNDISI; ROCHA, 2006).



Figura 2. Três das cinco Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) em funcionamento no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil. A: PCH Anhanguera, B: Trecho a jusante da PCH Anhanguera, C: PCH Retiro, D: Trecho a jusante da PCH Retiro, E: PCH Palmeiras, e F: Trecho a montante da PCH Palmeiras.

Os represamentos e a construção de barragens podem determinar consideráveis modificações nas comunidades bióticas nas suas áreas de influência, devido ao fato de alterarem de maneira profunda e definitiva toda a dinâmica da água (AGOSTINHO; JÚLIO; BORGHETTI, 1992), uma vez que ocasionam a destruição da vegetação ripária e inundação das lagoas marginais, com a transformação do antigo ecossistema lótico para um novo ecossistema lêntico ou semi-lêntico, implicando em grandes alterações químicas, físicas, limnológicas e ambientais (TUNDISI, 1988; CARVALHO; SILVA, 1999).

Um dos efeitos inevitáveis de qualquer represamento sobre a fauna aquática consiste nas alterações observadas na composição e abundância das espécies, onde algumas delas apresentam elevada proliferação e outras têm suas populações reduzidas ou mesmo eliminadas (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

Além disso, são promovidas modificações na intensidade, duração e época das cheias; redução dos nutrientes disponíveis; interferência no transporte de sedimentos; e impactos na dinâmica e rota migratória de diversas espécies de peixes, com reflexos na biodiversidade e também na produção pesqueira (AGOSTINHO; JÚLIO; BORGHETTI, 1992; CESÁRIO, 2010).

Quando diversos reservatórios são construídos em cascata ao longo de um único rio, como é o caso do Sapucaí-Mirim, os impactos cumulativos podem ocasionar grandes reduções da fauna de peixes, sendo que o processo de extinção pode ser pronunciado. A adição de reservatórios num curso d'água pode afetar os recursos, a sustentabilidade e a integridade dos ecossistemas, uma vez que ocorrem aumentos na perda de habitat, e fragmentação e perda de qualidade dos habitat remanescentes (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

Dessa forma, a neutralização dos impactos de primeira ordem (físicos) na bacia incremental pode não ocorrer devido a um novo reservatório, sendo que as condições físicas adversas (vazão, temperatura, nutrientes, entre outros) podem se propagar ao longo de todo o curso do rio (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

Com base nesse complexo de alterações, o conjunto de reservatórios hidrelétricos construídos no Brasil promoveu profundas modificações nos mecanismos de funcionamento de rios, lagos, áreas alagadas, pântanos, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, alterando também o ciclo hidrossocial e hidroeconômico (TUNDISI, 2007).

Dessa forma, faz-se necessário um conjunto de estudos estratégicos, ecológicos e econômicos, que devem levar em conta que reservatórios são sistemas complexos, especialmente considerando sua interação com a bacia hidrográfica, os usos múltiplos e os mecanismos de funcionamento e operação nesses reservatórios (TUNDISI, 2007).

Importância dos estudos sobre a diversidade de parasitas

De acordo com Magurran (1955), os termos “diversidade biológica” ou “biodiversidade” englobam a variabilidade entre os organismos vivos de todas as fontes, incluindo terrestres, marinhos ou outros sistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que eles fazem parte. Ademais, inclui a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas.

Os parasitas têm sido reconhecidos como importantes componentes da biodiversidade global, devido aos importantes papéis desempenhados por esses organismos em ecossistemas naturais, e também pelo fato de que entre 30 e 50% das espécies de animais conhecidas em qualquer lugar podem ser classificadas como parasitas (POULIN; MORAND, 2004).

Embora o conhecimento sobre a diversidade de parasitas tenha aumentado nas últimas décadas (EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2010), existem ainda muitas espécies a serem identificadas (BROOKS, 2000), uma vez que há estimativas de um grande número de espécies hospedeiras a serem identificadas e descritas (POULIN; MORAND, 2004).

Os parasitas são indicativos de muitos aspectos biológicos de seus hospedeiros, incluindo a dieta, a migração, o recrutamento e a filogenia, podendo também ser bons indicadores diretos do estado de qualidade ambiental (WILLIAMS; MACKENZIE; MACCARTHY, 1992; SURES; TARASCHEWSKI; JACKWERTH, 1994; MARCOGLIESE; CONE, 1997). Neste contexto, os parasitas podem manifestar as mudanças ambientais mais rapidamente do que os seus hospedeiros, uma vez que o aumento ou decréscimo na taxa de parasitismo pode ser resultado de ações antrópicas, que podem estar beneficiando ou não o desenvolvimento de alguma fase do ciclo de vida de determinado parasita (LAFFERTY, 1997; SILVA-SOUZA et al., 2006).

Podem ser considerados, desta maneira, complementares à análise química ou levantamentos biológicos tradicionais (como contagem de bactérias ou avaliações de organismos invertebrados) como indicadores de disfunção em nível de ecossistema (GALLI et al., 2001).

Ademais, os parasitas com ciclo de vida complexo podem fornecer informações sobre as propriedades biológicas de diferentes biótopos dentro de um ecossistema, uma vez que utilizam em seu ciclo de vida diferentes hospedeiros (intermediários, paratênicos e definitivos), refletindo assim diferentes componentes da cadeia alimentar e estrutura da comunidade (MARCOGLIESE; CONE, 1997; GALLI et al., 2001).

Dentro deste contexto, a biodiversidade de parasitas pode ser muito importante, uma vez que o parasitismo também desempenha um papel chave nos ecossistemas, regulando a abundância ou densidade das populações de hospedeiros, estabilizando as teias alimentares e estruturando as comunidades animais (POULIN; MORAND, 2004). Assim, um bom conhecimento da diversidade parasitária, e se ela está ou não em declínio, torna-se crucial para a gestão e conservação ambiental (POULIN, 2004).

No Brasil, existem vários trabalhos abordando a ocorrência de parasitas em diversas espécies de peixes, sendo que um grande número deles refere-se apenas a aspectos de cunho taxonômico. No entanto, um número crescente de trabalhos vem apresentando dados quantitativos e ecológicos sobre as comunidades de parasitas, bem como possíveis flutuações na comunidade parasitária em decorrência de alterações ambientais. Estudos abordando não somente a taxonomia, mas também os aspectos ecológicos das comunidades parasitárias podem fornecer dados importantes em relação à dinâmica das populações de parasitas e seus respectivos hospedeiros, à susceptibilidade dos hospedeiros a determinadas espécies de parasitas, e também das possíveis relações com a sazonalidade e com os fatores bióticos e abióticos (PARAGUASSÚ, 2006).

Um interessante estudo abordando a influência da construção de barragens sobre a comunidade de helmintos parasitas de peixes foi realizado por Karling et al. (2013). O estudo foi realizado com a helmintofauna de *Salminus brasiliensis* (Cuvier 1816), antes e após a construção da Usina Hidrelétrica Porto Primavera, na planície de inundação do Alto rio Paraná, Brasil. Foi detectado que após a construção da barragem e da introdução de espécies de peixes exóticas, a helmintofauna e o fator de condição de *S. brasiliensis* foram

modificados, indicando que mudanças nos ambientes aquáticos influenciam a diversidade de parasitas e o estado nutricional dos peixes.

Na planície de inundação do Alto Rio Paraná, Brasil, Takemoto et al. (2009) realizaram um levantamento das espécies de parasitas encontradas em 72 espécies de peixes, e também analisaram quais as estratégias e mecanismos utilizados pelos parasitas eram mais favorecidos, e quais fatores ambientais influenciavam a comunidade parasitária no ambiente estudado. Foram encontradas 337 espécies de parasitas, sendo 12 novas espécies. Além disso, várias outras foram registradas pela primeira vez em novos hospedeiros ou na planície. O grupo dos monogenéticos foi o que apresentou maior número de espécies encontradas, seguido pelos digenéticos. O intestino dos peixes foi o local de infecção que apresentou a maior riqueza, com 127 espécies.

As comunidades parasitárias de seis espécies de peixes do reservatório de Lajes, Estado do Rio de Janeiro, Brasil, foram analisadas por Paraguassú e Luque (2007). Foram determinadas oito espécies diferentes pertencentes a seis grupos de metazoários parasitas. Os valores de riqueza e diversidade das comunidades parasitárias foram baixos, o que segundo os autores, pode ser atribuído as características oligotróficas apresentadas pelo reservatório estudado. Ademais, todas as comunidades parasitárias apresentaram escassez de correlação entre a abundância, riqueza e diversidade com o comprimento total dos hospedeiros.

Azevedo (2010) estudou a comunidade de metazoários parasitas de 21 espécies de peixes procedentes da bacia do rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Foram encontradas 81 espécies pertencentes a nove grupos de metazoários parasitas, sendo que as espécies de peixes detritívoras e/ou que formam cardumes apresentaram maior índice de diversidade parasitária, e os monogenéticos apresentaram a maior riqueza de espécies. Além disso, foram encontrados parasitas com potencial zoonótico e relatados novos registros de hospedeiro e localidade para grande parte dos parasitas encontrados.

Considerações finais

A hidroeletricidade apresenta grande importância no Brasil, principalmente devido à elevada disponibilidade de recursos aquáticos ao longo de seu território. Entretanto,

profundas modificações são ocasionadas nos mecanismos de funcionamento dessas áreas, principalmente no que diz respeito à composição e abundância de espécies da fauna aquática, como os peixes, e consequentemente, sobre a fauna parasitária que os mesmos podem estar abrigando. Dessa forma, foi proposto o presente trabalho devido aos efeitos dos represamentos em cascata que o Rio Sapucaí-Mirim vem sofrendo, e ao fato de ainda não terem sido realizados estudos ictioparasitológicos ao longo de seu curso. Aliado a isso, estudos relacionados ao conhecimento da diversidade de espécies de parasitas de peixes são importantes e necessários, uma vez que contribuem para a compreensão da relação parasita-hospedeiro, do conhecimento de espécies com potencial zoonótico e também pelo fato desses organismos desempenharem importantes papéis no ecossistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO J. R.; BORGHETTI, J. R. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. **Revista Unimar**, Suplemento, v.14, p.89-107. 1992.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007. 501p.
- ALBERTIN, L. L.; MAUAD, F. F. Utilização de simulação computacional no gerenciamento integrado da água na bacia do Sapucaí-Grande no Estado de São Paulo. **Minerva**, v.3, n.2, p.215-222. 2008.
- AZEVEDO, R. K. Biodiversidade das comunidades parasitárias dos peixes do Rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. 2010. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- BRASIL. Resolução ANEEL nº 394, de 4 de dezembro de 1998. ANEEL – Legislação Básica do Setor Elétrico Brasileiro. Livro II – Resoluções. **Diário Oficial da União**, São Paulo, SP, 7 dez. 1998. Disponível em: < http://www.portalpch.com.br/pdfs/Resolucoes/ANEEL_Resolu%C3%A7%C3%A3o-n_394_de_04.12.98.pdf > Acesso em: 15 dez. 2015.

- BROOKS, D. R. Parasite systematics in the 21st century: opportunities and obstacles. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v.95, Supl. 1, p.99-107. 2000.
- CARVALHO, E. D.; SILVA, V. F. B. Aspectos ecológicos da ictiofauna e da produção pesqueira do reservatório de Jurumirim (Alto do rio Paranapanema, São Paulo). In: HENRY, R. (Org.). **Ecologia de Reservatórios: estrutura, funções e aspectos sociais**. Botucatu: FAPESP e FUNDIBIO, 1999. p.769-800.
- CESÁRIO, V. V. **Estudo sobre a ictiofauna do rio Sapucaí-Mirim, afluyente da margem esquerda do rio Grande no Estado de São Paulo: composição, distribuição espacial e sazonalidade**. 2010. 71f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e recursos naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- DUKE ENERGY. 2015. Disponível em: <<http://www.duke-energy.com.br/usinas/Paginas/DEB.aspx>> Acesso em: 10 dez. 2015.
- EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Clichetec, 2010. 333p.
- GALLI, P.; CROSA, G.; MARINIELLO, L.; ORTIS, M.; D'AMELIO, S. Water quality as a determinant of the composition of fish parasites communities. **Hydrobiologia**, v.452, p.173-179. 2001.
- KARLING, L. C.; ISAAC, A.; AFFONSO, I.P.; TAKEMOTO, R.M.; PAVANELLI, G.C. The impact of a dam on the helminth fauna and health of a neotropical fish species *Salminus brasiliensis* (Cuvier 1816) from the upper Paraná River, Brazil. **Journal of Helminthology**, v.87, p.245-251. 2013.
- MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Publishing Company, 1955. 256 p.
- MARCOGLIESE, D. J.; D. K. CONE. Parasite communities as indicators of ecosystem stress. **Parassitologia**, v.39, p.227-232. 1997.
- PAIVA, M. P. **Grandes represas do Brasil**. Brasília: Editerra, 1982. 292p.

- PARAGUASSÚ, A. R.; LUQUE, J. L. Metazoários parasitos de seis espécies de peixes do reservatório de Lajes, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.16, n.3, p.121-128. 2007.
- PARAGUASSÚ, A. R. **Composição e estrutura das comunidades de metazoários parasitos de sete espécies de peixes do reservatório de Lajes, Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. 2006. 110f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- POULIN, R.; MORAND, S. **Parasite Biodiversity**. Smithsonian Books: Washington, DC, 2004. 216p.
- POULIN, R. Parasite species richness in New Zealand fishes: a grossly underestimated component of biodiversity. **Diversity and Distributions**, v.10, p.31-37. 2004.
- REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C., BRAGA JR., B. P. F.; TUNDISI, J. G. (Org.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 3ª ed., 2006. 748p.
- SÃO PAULO (Estado). **Comitê da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhsmg/apresentacao>> Acesso em: 15 dez. 2015.
- SILVA-SOUZA, A. T.; SHIBATTA, O. A.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G.; DUPAS, F. A. Parasitas de peixes como indicadores de estresse ambiental e eutrofização. In: TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; GALLI, P. (Org.) **Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle**. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, 1 ed, 2006. p.373-386.
- SOUZA, D. F. **Interferência das construções sucessivas de Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCH), sobre a ictiofauna do rio Sapucaí-Mirim-SP, Brasil**. 2014. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Zoologia) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu-SP, 2014.

- SURES, B.; TARASCHEWSKI, H.; JACKWERTH, E. Comparative study of lead accumulation in different organs of perch (*Perca fluviatilis*) and its intestinal parasite *Acanthocephalus lucii*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.52, p.269–273. 1994.
- TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C.; LIZAMA, M. A. P.; LACERDA, A. C. F.; YAMADA, F. H.; MOREIRA, L. H. A.; CESCHINI, T. L.; BELLAY, S. Diversity of parasites of fish from the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.69, Supl. 2, p.691-705. 2009.
- TUNDISI, J. G. (Ed.) **Limnologia e manejo de represas**. Série Monografias em Limnologia. São Carlos: Academia de Ciências, v.1, Tomo 1, 1988. 440p.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA JR., B. P. F.; TUNDISI, J. G. (Org.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 3ª ed., 2006. 748p.
- TUNDISI, J. G. Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia. **Estudos Avançados**, v.21, n.59, p. 109-117. 2007.
- WILLIAMS, H. H.; MACKENZIE, K.; MACCARTHY, A. M. Parasites as biological indicators of the population biology, migration, diet and phylogenetics of fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.2, p.144–176. 1992.

Objetivos

OBJETIVOS

- **Gerais**

Realizar um levantamento sobre a biodiversidade dos metazoários parasitas de 16 espécies de peixes procedentes do rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil.

- **Específicos**

1. Realizar um estudo taxonômico dos metazoários parasitas de 16 espécies de peixes procedentes do rio Sapucaí-Mirim.
2. Avaliar a composição e estrutura da comunidade parasitária de dez espécies de peixes da ordem Characiformes, bem como analisar a abundância das comunidades de parasitas em escalas múltiplas e quantificar a importância relativa de cada fator testado, assim como o impacto dos principais fatores sobre os *taxa* dos parasitas.
3. Avaliar a estrutura das comunidades de metazoários parasitas de quatro espécies de peixes do gênero *Leporinus*, bem como determinar a contribuição dos fatores ambiental, espacial e do hospedeiro para a variação da composição das infracomunidades parasitárias.

Artigo 1

Biodiversidade dos parasitas de peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil



RESUMO

Diversos estudos foram realizados abordando a diversidade de parasitas de peixes em diferentes rios brasileiros. Entretanto, o número de espécies de parasitas de peixes de água doce no Brasil é relativamente baixo quando comparado com a biodiversidade das espécies hospedeiras de peixes, sendo que o número real das espécies de parasitas é difícil de estimar, mas deveria ser muito maior em todos os *taxa* de parasitas. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento da biodiversidade dos parasitas de peixes procedentes do rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil. Durante o período de março de 2012 a julho de 2013, foram coletados 462 espécimes pertencentes a 16 espécies de peixes das ordens Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes e Perciformes. Observou-se que 86,58% dos espécimes estavam parasitados por pelo menos um *taxon* de metazoário parasita. Os parasitas encontrados pertenciam a oito diferentes grupos (Myxozoa, Monogenea, Digenea, Cestoda, Nematoda, Acanthocephala, Arthropoda e Annelida), sendo coletado um total de 6.830 parasitas. Noventa e sete *taxa* de parasitas foram encontrados, sendo que a classe Monogenea foi o grupo que apresentou o maior número de espécies, seguida do filo Nematoda e da sub-classe Digenea. O principal local de infestação/infecção observado foram as brânquias, seguido do intestino. Todas as espécies de parasitas coletados constituem-se de novos registros de localidade, sendo que também foram encontradas espécies novas e foram feitos novos registros de ocorrência em diferentes hospedeiros para várias espécies de parasitas.

Palavras-chave: Helminths, Monogenea, Digenea, Cestoda, Nematoda, Acanthocephala.

ABSTRACT

Several studies have been conducted about the diversity of fish parasites in different Brazilian rivers. However, the number of species of freshwater fish parasites in Brazil is relatively low compared to the biodiversity of host fish species, and the actual number of parasite species is difficult to estimate and should be much higher in all parasite *taxa*. Thus, this study aimed to survey the biodiversity of fish parasites from the Sapucaí-Mirim River, São Paulo State, Brazil. From March 2012 to July 2013 462 specimens of 16 fish species from Characiformes, Siluriformes, Perciformes, and Gymnotiformes were collected. It was observed that 86.58% of fish specimens were parasitized by at least one metazoan parasite *taxon*. The parasites found belonged to eight different groups (Myxozoa, Monogenea, Digenea, Cestoda, Nematoda, Acanthocephala, Arthropoda and Annelida) and a total of 6,830 parasites were collected and analyzed. Ninety-seven parasite *taxa* were found, and Monogenea was the group that had the highest number of species, followed by Nematoda and Digenea. The gills were the main site of infestation/infection, followed by the intestine. New locality records are made to all parasite species collected and were also found new parasite species and are made new occurrence records on different hosts for several parasite species.

Keywords: Helminths, Monogenea, Digenea, Cestoda, Nematoda, Acanthocephala.

INTRODUÇÃO

A biodiversidade brasileira é uma das mais ricas do mundo (JOLY et al., 2011), englobando cerca de 14% das espécies conhecidas (LEWINSOHN; PRADO, 2002). Dentre estas espécies, o Brasil destaca-se pela riqueza e diversidade de sua fauna de peixes (BUCKUP; MENEZES; GHAZZI, 2007).

Os peixes constituem o grupo mais diverso dos Craniata (grupo que inclui todos os animais com crânio), compreendendo pelo menos 28.900 espécies atuais (LÉVÊQUE et al., 2008; ROSA; LIMA, 2015), dentre as quais aproximadamente 13.000 são de ambientes de água doce (LÉVÊQUE et al., 2008). Somente a ictiofauna brasileira de água doce conhecida até o momento compreende 3.322 destas espécies (FROESE; PAULY, 2015).

De acordo com Rosa e Lima (2015), a alta diversidade de peixes de água doce do Brasil deve-se principalmente à presença de diversos grandes sistemas hidrográficos, com considerável distinção ictiofaunística entre si. Grande parte desta diversidade encontra-se concentrada nas regiões hidrográficas do Amazonas e Paraná (LANGEANI et al., 2007).

A região hidrográfica do Paraná abrange sete Estados brasileiros, sendo composta por várias bacias e sub-bacias e representando cerca de 10,33% de todo o território nacional (ALBERTIN; MAUAD, 2008). Dentre as bacias pertencentes a essa região, encontra-se a do rio Sapucaí-Mirim/Grande, localizada no Nordeste do Estado de São Paulo (ALBERTIN; MAUAD, 2008), a qual é definida principalmente pelos rios Sapucaí-Mirim, Canoas, do Carmo, Grande e Ribeirão dos Bagres (SÃO PAULO, 2015).

O rio Sapucaí-Mirim apresenta uma composição ictiofaunística bastante rica e diversificada, exibindo uma grande diversidade morfológica, fisiológica, de atributos ecológicos e reprodutivos (CESÁRIO, 2010). Espécies de peixes de pequeno, médio e grande porte pertencente às ordens Characiformes Regan, 1911, Siluriformes Cuvier, 1817, Perciformes Bleeker, 1859 e Gymnotiformes Carroll, 1988 foram observadas ao longo de seu curso (CESÁRIO, 2010).

Estudos abordando a fauna parasitária e a diversidade de parasitas dos peixes no rio Sapucaí-Mirim são inexistentes. Entretanto, esses estudos são importantes, uma vez que no ambiente aquático a penetração de patógenos é facilitada e os peixes podem ser infectados/infestados por numerosas espécies de parasitas (KLEIN et al., 2004).

De acordo com Poulin e Morand (2004), o conhecimento da biodiversidade de parasitas pode ser muito importante, pois o parasitismo desempenha um papel chave nos ecossistemas, regulando a abundância ou densidade das populações de hospedeiros, estabilizando as teias alimentares e estruturando as comunidades animais.

Ademais, os parasitas são indicativos de muitos aspectos biológicos de seus hospedeiros, incluindo a dieta, a migração, o recrutamento e a filogenia, podendo também ser bons indicadores diretos do estado de qualidade ambiental (WILLIAMS, MACKENZIE; MACCARTHY, 1992; SURES; TARASCHEWSKI; JACKWERTH, 1994; MARCOGLIESE; CONE, 1997).

Diversos estudos foram realizados abordando a diversidade de parasitas de peixes em diferentes rios brasileiros (PARAGUASSÚ; LUQUE, 2007; TAKEMOTO et al., 2009; AZEVEDO, 2010). Entretanto, o número de espécies de parasitas de peixes de água doce no Brasil é relativamente baixo quando comparado com a biodiversidade das espécies hospedeiras de peixes, sendo que o número real das espécies de parasitas é difícil de estimar, mas deveria ser muito maior em todos os taxa de parasitas (EIRAS et al., 2011).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento da biodiversidade dos parasitas de 16 espécies de peixes pertencentes às ordens Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes e Perciformes procedentes do rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Hospedeiros estudados

Foram coletadas 16 espécies de peixes nativos, pertencentes a quatro diferentes ordens e 10 famílias (Figura 1). Na ordem Characiformes, foram coletados indivíduos das famílias Characidae Buckup, 1998 (*Astyanax altiparanae* Garutti e Britski, 2000 - n=40, *Astyanax bockmanni* Vari e Castro, 2007 - n=40, e *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819) - n=40), Anostomidae Günther, 1864 (*Leporinus amblyrhynchus* Garavello e Britski, 1987 - n=24, *Leporinus elongatus* Valenciennes, 1850 - n=22, *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) - n=40, *Leporinus octofasciatus* Steindachner, 1915 - n=17, e *Schizodon nasutus* Kner, 1858

- n=40), Prochilodontidae Eigenmann, 1909 (*Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) - n=40) e Curimatidae Gill, 1858 (*Steindachnerina insculpta* (Fernández-Yépez, 1948) - n=40). Na ordem Gymnotiformes, foram coletados espécimes das famílias Sternopygidae Cope, 1871 (*Eigenmannia trilineata* López e Castello, 1966 - n=7) e Gymnotidae Rafinesque, 1810 (*Gymnotus* cf. *sylvius* Albert e Fernandes-Matioli, 1999 - n=9). Na ordem Siluriformes, foram coletados espécimes de três diferentes famílias: Callichthyidae Bonaparte, 1838 (*Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) - n=24), Heptapteridae Gill, 1861 (*Rhamdia quelen* (Quoy e Gaimard, 1824) - n=23) e Doradidae Bleeker, 1858 (*Rhinodoras dorbignyi* (Kner, 1855) - n=25). Na ordem Perciformes, foi coletada somente uma espécie pertencente à família Cichlidae Bonaparte, 1835 (*Geophagus brasiliensis* (Quoy e Gaimard, 1824) - n=31).

Procedimentos no campo

As coletas foram realizadas no rio Sapucaí-Mirim, em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro), próximo aos municípios de Guará e São Joaquim da Barra, Estado de São Paulo, Brasil (20°26'12.5"S 47°53'18.59"W). Os peixes foram capturados em quatro pontos (Figura 2):

- a) *Ponto 1*: montante e intermediário da PCH Palmeiras.
- b) *Ponto 2*: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera.
- c) *Ponto 3*: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro.
- d) *Ponto 4*: jusante da PCH Retiro.

As coletas foram realizadas durante o período de dois anos, em épocas sazonais diferentes (período seco: junho a agosto de 2012 e 2013, e período chuvoso: março a abril de 2012 e 2013).

Os peixes foram coletados através de pesca experimental padronizada, utilizando-se redes de espera de monofilamento de *nylon*, com malhagens entre 30 a 180 mm entre nós, ficando expostas entre as 17:00 e 7:00 horas do dia consecutivo, totalizando 14 horas de exposição.

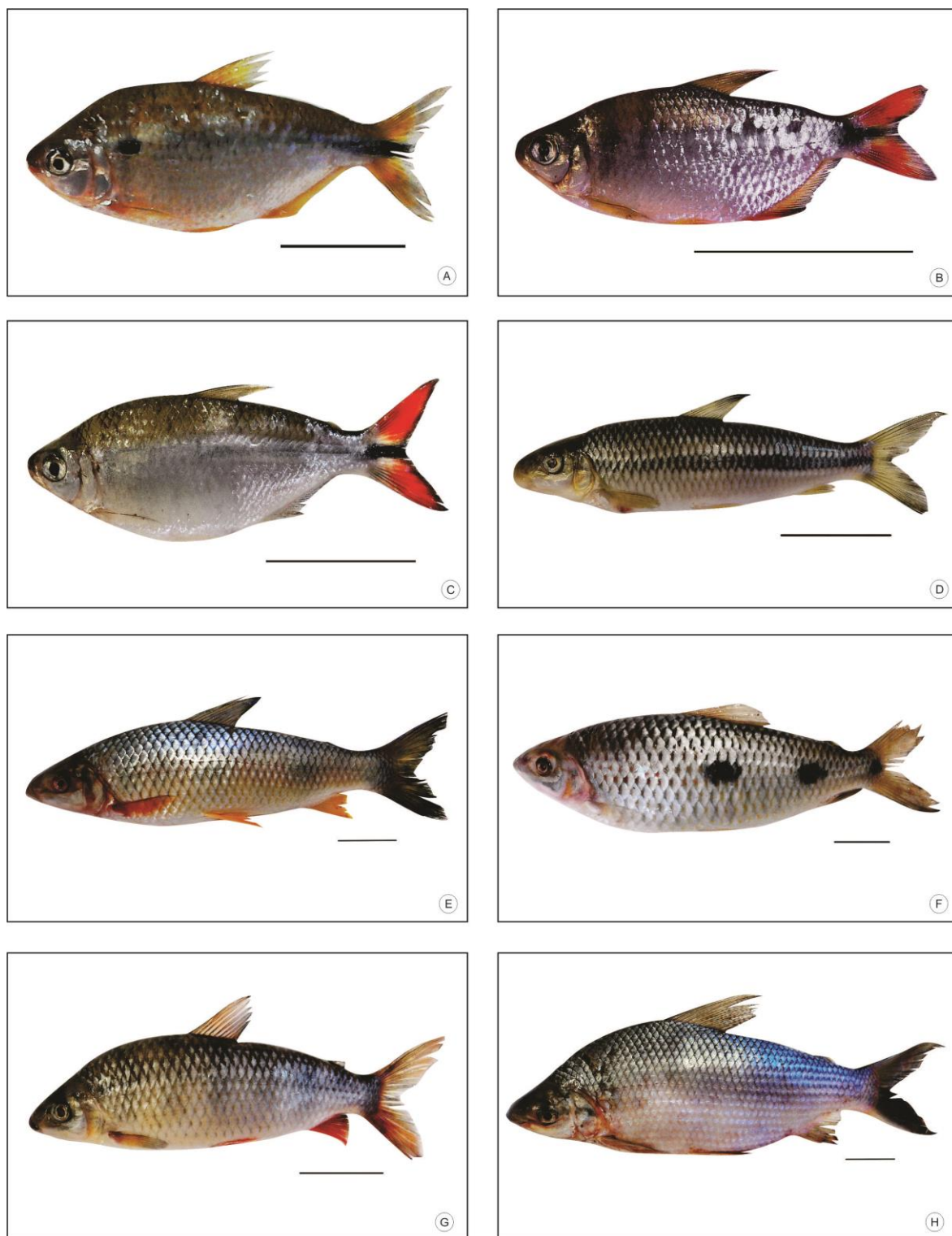


Figura 1. Espécies de peixes coletadas no rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Astyanax altiparanae*, B: *Astyanax bockmanni*, C: *Astyanax fasciatus*, D: *Leporinus amblyrhynchus*, E: *Leporinus elongatus*, F: *Leporinus friderici*, G: *Leporinus octofasciatus* e H: *Prochilodus lineatus* (Barra: 4 cm).

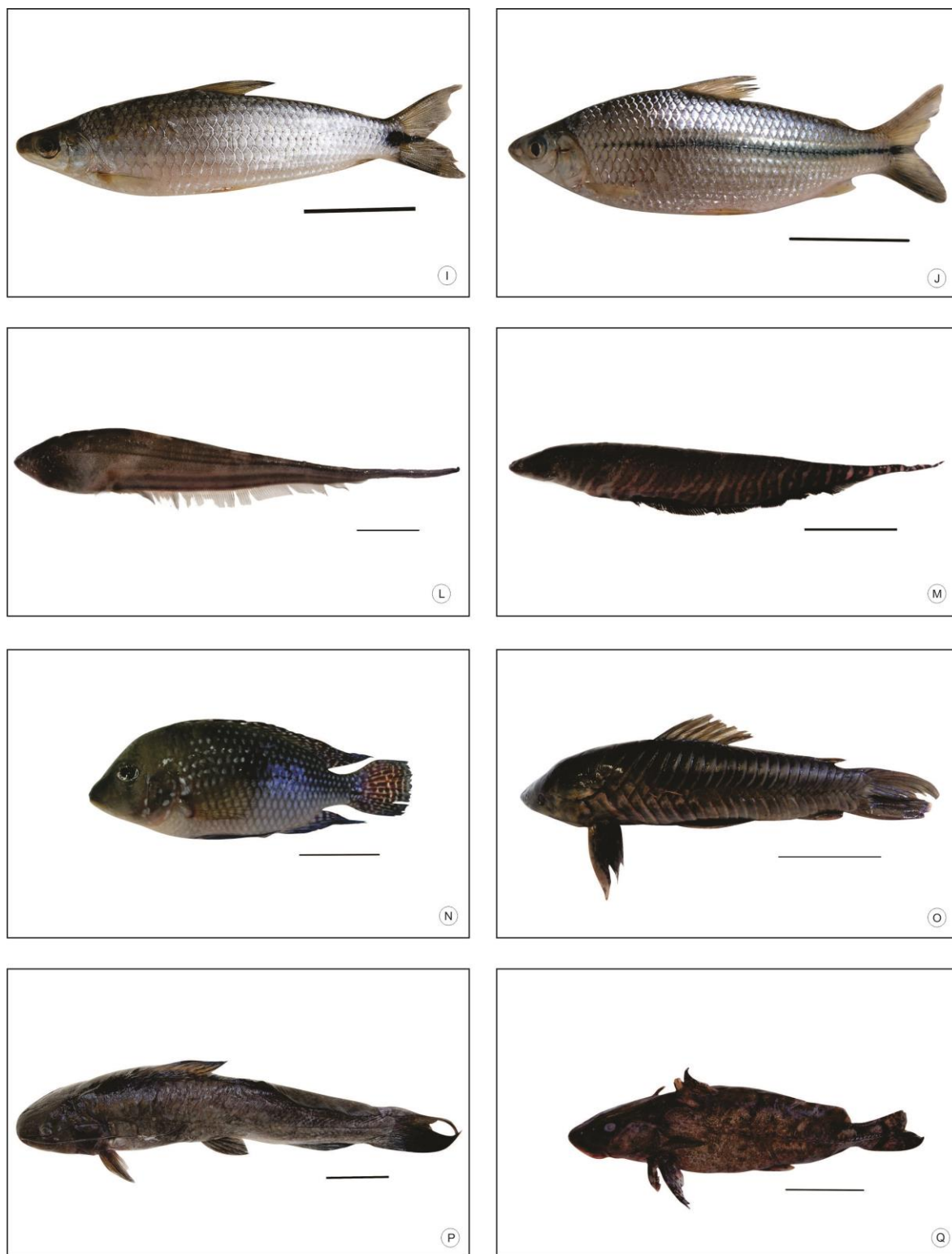


Figura 1 (continuação). Espécies de peixes coletadas no rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. I: *Schizodon nasutus*, J: *Steindachnerina insculpta*, L: *Eigenmannia trilineata*, M: *Gymnotus* cf. *sylvis*, N: *Geophagus brasiliensis*, O: *Hoplosternum littorale*, P: *Rhamdia quelen* e Q: *Rhinodoras dorbignyi* (Barra: 4 cm).

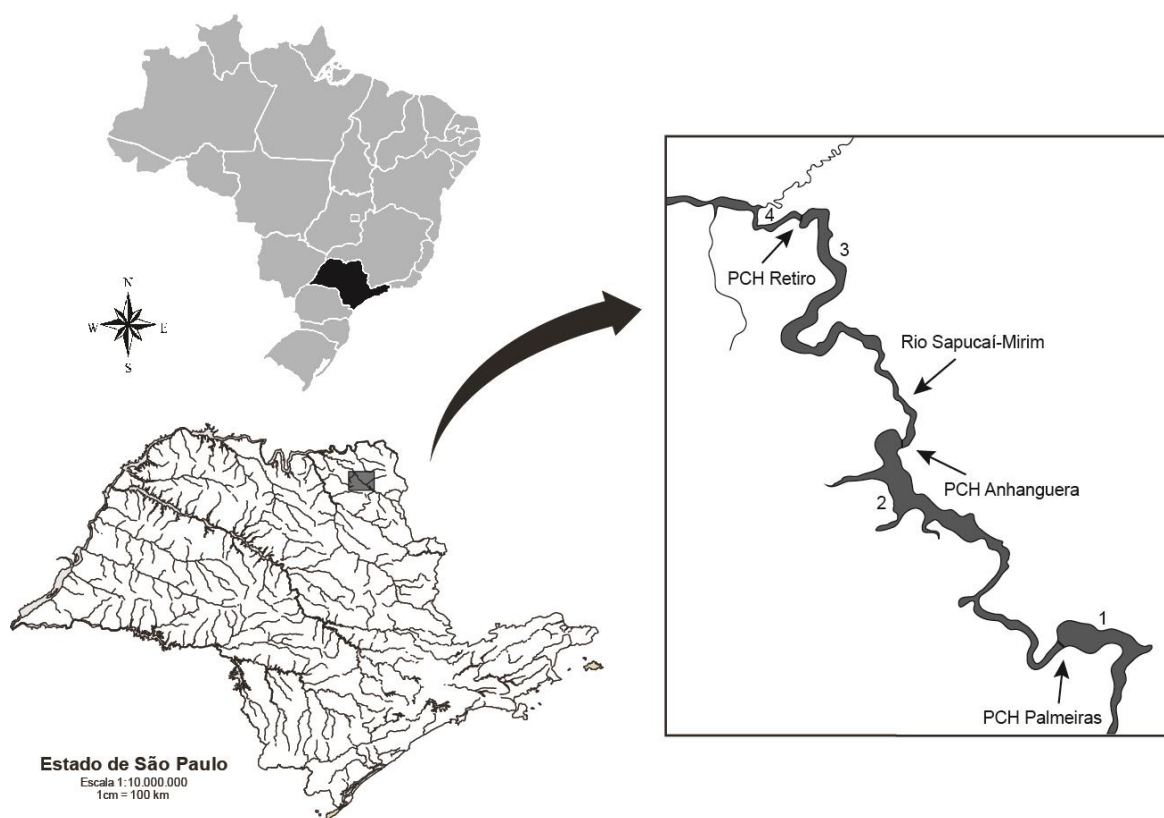


Figura 2. Mapa do Brasil destacando o Estado de São Paulo e as áreas de amostragem entre as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) Palmeiras, Anhanguera, e Retiro no rio Sapucaí-Mirim (20°26'12.5"S 47°53'18.59"W). Ponto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras; Ponto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera; Ponto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro; e Ponto 4: jusante da PCH Retiro.

Coletas não padronizadas, efetuadas com o uso de outros aparatos (tarrafas, peneiras e redes de arrastão manual), foram feitas junto às margens visando complementar as amostragens com as redes de espera.

Imediatamente após a coleta, os peixes foram individualizados em sacos plásticos e mantidos sob congelamento para o transporte até o Laboratório de Parasitologia de Animais Silvestres (LAPAS), pertencente ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Botucatu/SP.

Os peixes foram coletados através de licença permanente para coleta de material zoológico junto ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO 13794-1).

A identificação das espécies de peixes foi feita de acordo com as suas características morfológicas e merísticas, com base nos trabalhos de Britski, Sato e Rosa (1988); Reis, Kullander e Ferraris (2003); Castro et al. (2004); Nelson (2006) e Langeani et al. (2007). Espécimes representativos foram depositados como material testemunho na Coleção de Peixes do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes, Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus de Botucatu, São Paulo, Brasil e na Coleção Ictiológica do Nupélia (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura), Universidade Estadual de Maringá - UEM, Paraná, Brasil.

Processamento e análise parasitológica

Os peixes foram necropsiados de acordo com técnicas propostas por Eiras, Takemoto e Pavanelli (2006).

Toda a superfície do corpo dos peixes foi examinada e posteriormente lavada com água para a localização de possíveis parasitas. As narinas de cada peixe também foram lavadas com água com essa mesma finalidade. As brânquias foram retiradas e transferidas para um vidro, sendo o volume do frasco completado com álcool etílico 70° GL e armazenado para posterior análise em microscópio estereoscópico (modificado de EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2006).

Os monogenéticos encontrados foram fixados em álcool etílico 70° GL e amostras destes parasitas foram estudadas através de montagens *in toto* coradas com tricrômico de Gomori. Para o estudo das estruturas esclerotizadas (ganchos, âncoras e barras do haptor e complexo copulatório), alguns espécimes foram montados em meio de Hoyer ou Grey & Wess (KRITSKY; THATCHER; BOEGER, 1986).

Posteriormente, os demais órgãos foram retirados (estômago, intestino, bexiga natatória, coração, fígado, rins, olhos e bexiga urinária) e examinados em microscópio estereoscópico para a coleta de endoparasitas.

Os nematoides foram coletados e fixados em álcool etílico 70° GL. Para verificar as estruturas de valor sistemático, amostras destes parasitas foram submetidas à diafanização pelo lactofenol de Amann (ANDRADE, 2000).

Os digenéticos, cestoides e hirudíneos foram coletados, comprimidos entre lâmina e lamínula e imersos em álcool etílico 70° GL a frio para a fixação, sendo posteriormente conservados em álcool 70° GL (modificado de AMATO; BOEGER; AMATO, 1991). Os acantocéfalos foram coletados e fixados em álcool etílico 70° GL. Para a análise das estruturas de valor sistemático, amostras destes parasitas foram coradas pela técnica do carmim clorídrico ou carmalúmen de Mayer e diafanizados com eugenol.

Os cestoides (plerocercoides) foram coletados e conservados em álcool etílico 70° GL.

Os copépodes foram coletados e fixados em álcool etílico 70° GL, sendo que alguns espécimes foram montados em meio de Grey & Wess (EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2006).

Fotomicrografias e morfometria de estruturas de valor sistemático dos parasitas foram obtidos através de sistema computadorizado por análise de imagens com contraste por interferência diferencial (DIC) - LAS V3 (Leica Application Suite).

Material-tipo e espécimes representativos das espécies de helmintos foram depositados na Coleção Helmintológica do Instituto de Biociências (CHIBB), Universidade Estadual Paulista - UNESP, *campus* de Botucatu, São Paulo, Brasil.

Para a identificação dos espécimes e diagnóstico dos parasitas, uma vasta literatura incluindo livros e artigos científicos foram consultados, sendo que as principais referências foram: Cohen, Justo e Kohn (2013) para os monogenéticos; Moravec (1998) para os nematoides; Gibson, Margolis e Kabata (1996) para os trematódeos; Rego, Chubb e Pavanelli (1999) e Pertierra (2002) para os cestoides; Martins et al. (2000) e Santos et al. (2008) para os acantocéfalos; e Thatcher (2006) para os ergasilídeos e hirudíneos.

O cálculo de intensidade média de infecção/infestação foi feito para cada *taxon* de acordo com Bush et al. (1997).

RESULTADOS

Um total de 462 espécimes pertencentes a 16 espécies de peixes foram analisados, sendo que 400 (86,58%) estavam parasitados por pelo menos um *taxon* de metazoário

parasita. Foram coletados 6.830 parasitas pertencentes a oito grupos (Myxozoa Grassé, 1970, Monogenea Carus, 1863, Digenea Carus, 1863, Cestoda van Beneden, 1849, Nematoda Diesing, 1861, Acantocephala Kohltreuther, 1771, Arthropoda von Siebold, 1848 e Annelida Lamarck, 1809).

Noventa e sete *taxa* de parasitas foram encontrados (Tabela 1, Figuras 3 a 36), sendo que a classe Monogenea foi o grupo que apresentou o maior número de espécies, seguido de filo Nematoda e sub-classe Digenea (Figura 37).

O principal local de infestação observado foram as brânquias, no qual 59 diferentes espécies de parasitas, incluindo Monogenea, Digenea, Arthropoda, Annelida e Myxozoa foram encontrados (Figura 38). O intestino foi o segundo local que abrigou o maior número de espécies (23), tais como: Digenea, Cestoda, Nematoda e Acanthocephala.

Formas adultas e larvais foram observadas para os nematoides, digenéticos e cestoides. Entre os nematoides, apenas duas espécies foram encontradas no estágio larval (*Contracaecum* sp. Railliet e Henry, 1912 e *Procamallanus* sp. Baylis, 1923). *Contracaecum* sp. foi a espécie mais comum, estando presente em todos os hospedeiros analisados, seguido de *Procamallanus* sp. e *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* Travassos, Artigas e Pereira, 1928, presentes em oito das 16 espécies de hospedeiros estudadas. Nematoides fitófagos foram encontrados no intestino de *L. elongatus*, *P. lineatus* e *H. littorale*.

A maioria dos digenéticos foi encontrada no estágio de metacercária, sendo que apenas uma espécie foi encontrada na forma adulta. Metacercárias de Diplostomidae gen. sp.1 Poirier, 1886 e *Austrodiplostomum* sp. Szidat e Nani, 1951 foram as mais comumente encontradas, estando presentes em 12 e sete espécies de hospedeiros, respectivamente.

Com relação aos cestoides, apenas dois *taxa* foram encontrados, sendo um deles no estágio larval (plerocercoides de Proteocephalidea gen. sp.), presente em nove das 16 espécies de hospedeiros estudados.

A frequência de distribuição do número de hospedeiros entre as espécies dos grupos de parasitas encontrados foi variável, sendo que as espécies de monogenéticos foram encontradas parasitando de um a quatro hospedeiros diferentes, digenéticos de um a 12, nematoides de um a 16, ergasilídeos de um a quatro, cestoides de um a nove, mixozoários

de dois a quatro, hirudíneos oito hospedeiros, e acantocéfalos somente um hospedeiro (Figura 39).

Todas as espécies de parasitas coletados constituem-se de novos registros de localidade, sendo que entre estes parasitas também são feitos novos registros de ocorrência para várias espécies. Quinze dos 97 *taxa* coletados constituem-se de novas espécies (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies de parasitas encontradas, local de infecção/infestação, número de hospedeiros parasitados (NHP) por número de hospedeiros analisados (NHA), e intensidade média de infecção (IMI) dos parasitas de peixes coletados no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante o período de março de 2012 a julho de 2013.

Hospedeiro	Local de infecção/infestação	NHP/ NHA	IMI ^a
Characiformes			
<i>Astyanax altiparanae</i>			
Monogenea			
<i>Cacatuocotyle guaibensis</i> Gallas, Calegari-Marques e Amato, 2014	Pele	9/40	1,90 ± 1,17 (1-4)
<i>Characithecium costaricensis</i> (Price e Bussing, 1967)	Brânquias e pele	9/40	1,50 ± 0,53 (1-2)
<i>Characithecium</i> sp. Mendoza-Franco, Reina e Torchin, 2009 ^f	Brânquias	6/40	1
<i>Diaphorocleidus kabatai</i> (Molnar, Hanek e Fernando, 1974) Jogunoori, Kritsky e Venkatanarasaiah, 2004	Brânquias	14/40	2,07 ± 0,40 (1-6)
<i>Diaphorocleidus</i> sp.1 Jogunoori, Kritsky e Venkatanarasaiah (2004) ^f	Brânquias	6/40	1,08 ± 0,62 (1-2)
<i>Diaphorocleidus</i> sp.2 Jogunoori, Kritsky e Venkatanarasaiah (2004) ^f	Brânquias	4/40	1,54 ± 0,73 (1-2)
<i>Gyrodactylus</i> sp. Nordmann 1832	Pele	1/40	4
<i>Gyrodactylus neotropicalis</i> Kritsky e Fritts, 1970 [*]	Narinas, pele e brânquias	6/40	1,33 ± 0,21 (1-2)
Digenea			
Diplostomidae gen. sp.1 Poirier, 1886 (metacercária)	Olho (cristalino)	10/40	4,20 ± 1,20 (1-11)
Digenea gen sp.1 Carus, 1863 (metacercária)	Brânquias	5/40	4,40 ± 3,16 (1-17)
Cestoda			
Proteocephalidea gen. sp. Mola, 1928	Cavidade visceral	11/40	-

Continua...

...continuação da Tabela 1.

(plerocercóide) ^y			
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. Railliet e Henry, 1912 (larva)	Bexiga natatória, intestino, cavidade visceral, serosa do fígado e estômago	15/40	1,47 ± 0,17 (1-3)
<i>Paraseuratum</i> sp. Johnston e Mawson, 1940*	Intestino	2/40	1
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i> Travassos, Artigas e Pereira, 1928	Intestino	7/40	1,88 ± 0,34 (1-3)
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>saofranciscensis</i> (Moreira, Oliveira e Costa, 1994)*	Intestino	9/40	1,11 ± 0,11 (1-2)
Annelida			
Hirudinea gen. sp. Lamarck, 1818*	Brânquias	1/40	1
<i>Astyanax bockmanni</i>			
Monogenea			
<i>Characithecium costaricensis</i> *	Brânquias e pele	4/40	1
<i>Diaphorocleidus kabatai</i> *	Brânquias	1/40	1
Digenea			
<i>Clinostomum</i> sp. Leidy, 1856 (metacercária)*	Pele (encistado)	1/40	1
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	Olho (cristalino)	1/40	1
Digenea gen sp.1 (metacercária)	Brânquias	4/40	1,50 ± 0,50 (1-3)
Digenea gen sp.2 (metacercária)	Pele (encistado)	1/40	1
Cestoda			
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^y *	Cavidade visceral	6/40	-
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	Intestino, bexiga natatória, serosa do estômago e intestino	18/40	1,83 ± 0,33 (1-6)
Nematoda gen. sp.1 (larva) Rudolphi, 1808 (Lankester, 1877)	Intestino	1/40	2
Nematoda gen. sp.2	Intestino	1/40	1
<i>Procamallanus</i> sp. Baylis, 1923 (larva)*	Cavidade visceral	1/40	1
<i>Rhabdochona</i> sp.1 Railliet, 1916*	Intestino	1/40	1
<i>Astyanax fasciatus</i>			
Monogenea			
<i>Diaphorocleidus kabatai</i>	Brânquias	15/40	2,73 ± 0,71 (1-9)
<i>Cacatuocotyle guaibensis</i>	Pele	2/40	1,32 ± 0,42 (1-2)
<i>Characithecium costaricensis</i>	Brânquias e pele	12/40	1
<i>Diaphorocleidus</i> sp.1	Brânquias	4/40	2 ± 0,35 (1-4)

Continua...

...continuação da Tabela 1.

<i>Gyrodactylus</i> sp.	Brânquias e pele	2/40	2
<i>Gyrodactylus neotropicalis</i>	Pele	1/40	1
Digenea			
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	Olho (cristalino)	2/40	1
Digenea gen. sp.1 (metacercária)	Brânquias	5/40	1
Cestoda			
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^y	Cavidade visceral	9/40	-
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	Bexiga natatória, intestino, serosa do fígado e cavidade visceral	21/40	2,13 ± 0,53 (1-12)
Nematoda gen. sp.1 (larva)	Intestino	1/40	1
<i>Rhabdochona</i> sp.1	Intestino	1/40	1
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	Intestino	1/40	1
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>saofranciscensis</i> [*]	Intestino	1/40	1
Annelida			
Hirudinea gen. sp.	Brânquias	1/40	1
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>			
Monogenea			
<i>Tereancistrum</i> sp.1 Kritsky, Thatcher e Kayton, 1980 [£]	Brânquias e pele	6/24	2,50 ± 0,34 (2-4)
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. (larva) [*]	Intestino, bexiga natatória e cavidade visceral	4/40	1,75 ± 0,48 (1-3)
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>iheringi</i> Travassos, Artigas e Pereira, 1928 [*]	Intestino	4/40	1,75 ± 0,25 (1-2)
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i> [*]	Intestino	16/24	2,19 ± 0,48 (1-7)
<i>Procamallanus</i> sp. (larva) [*]	Intestino	5/24	5,20 ± 2,80 (1-16)
Arthropoda			
<i>Vaigamus</i> sp. Thatcher e Robertson, 1984 [*]	Narinas	1/24	0,08 ± 0,09 (0-2)
<i>Leporinus elongatus</i>			
Myxozoa			
<i>Henneguya</i> sp. Thélohan, 1892 [*]	Brânquias	1/22	-
<i>Myxobolus</i> sp. Bütschli, 1882 [*]	Brânquias	1/22	-
Monogenea			
<i>Jainus</i> sp.1 Kritsky e Krane, 1968 [£]	Brânquias	1/22	4
<i>Rhinoxenus arietinus</i> Kritsky, Boeger e	Narinas	3/22	1

Continua...

...continuação da Tabela 1.

Thatcher, 1988			
<i>Tereancistrum</i> sp.1	Brânquias	7/22	2,71 ± 0,64 (1-5)
<i>Tereancistrum</i> sp.2	Brânquias	4/22	1,50 ± 0,50 (1-3)
<i>Urocleidoides paradoxus</i> Kritsky, Thatcher e Boeger, 1986	Brânquias	1/22	1
<i>Urocleidoides</i> sp.1 Mizelle e Price, 1964 ^E	Brânquias	2/22	1
<i>Urocleidoides</i> sp.3 ^E	Brânquias e pele	18/22	14,11 ± 3,38 (1-50)
<i>Urocleidoides</i> sp.4 ^E	Brânquias	10/22	2,40 ± 0,45 (1-6)
Digenea			
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	Olho (cristalino)	2/22	1,50 ± 0,50 (1-2)
Cestoda			
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^{Y*}	Cavidade visceral	2/22	-
Nematoda			
<i>Contraecum</i> sp. (larva)	Intestino, bexiga natatória e serosa do fígado	1/22	1,25 ± 0,25 (1-2)
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>iheringi</i>	Intestino	7/22	2,43 ± 0,48 (1-4)
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	Intestino	19/22	4,32 ± 0,72 (1-12)
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	Intestino	3/22	1,33 ± 0,33 (1-2)
<i>Rhabdochona</i> sp.2 [*]	Intestino	1/22	23
Annelida			
Hirudinea gen. sp. [*]	Brânquias	1/22	1
Arthropoda			
<i>Vaigamus</i> sp. [*]	Narinas	6/22	2,67 ± 0,92 (1-7)
<i>Leporinus friderici</i>			
Myxozoa			
<i>Henneguya</i> sp.	Brânquias	6/40	-
Monogenea			
<i>Cacatuocotyle guaibensis</i> [*]	Pele	1/40	1
Dactylogyridae gen. sp. 1 Bychowsky, 1933	Brânquias e pele	13/40	1,54 ± 0,39 (1-6)
<i>Jainus</i> sp.1	Brânquias	27/40	5,53 ± 1,31 (1-30)
<i>Jainus</i> sp.2	Brânquias	31/40	17,38 ± 3,07 (1-55,8)
<i>Kritskyia eirasi</i> Guidelli, Takemoto e Pavanelli, 2003	Pele	3/40	1,67 ± 0,67 (1-3)
<i>Rhinoxenus arietinus</i>	Narinas	23/40	2,78 ± 0,65 (1-15)
<i>Tereancistrum</i> sp.1	Brânquias	22/40	3,14 ± 0,63 (1-12)
<i>Tereancistrum</i> sp.2	Brânquias	5/40	2,20 ± 0,74 (1-5)

Continua...

...continuação da Tabela 1.

<i>Urocleidoides paradoxus</i>	Brânquias	20/40	4,40 ± 1,04 (1-22)
<i>Urocleidoides</i> sp.1	Brânquias	20/40	3,63 ± 0,73 (1-13)
<i>Urocleidoides</i> sp.2 [£]	Brânquias	27/40	6,20 ± 0,75 (1-16)
Digenea			
<i>Austrodiplostomum</i> sp. Szidat e Nani, 1951 (metacercária)*	Olho (humor vítreo)	1/40	1
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)*	Olho (cristalino)	10/40	4,70 ± 1,63 (1-17)
Cestoda			
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^{¥*}	Cavidade visceral	2/40	-
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	Intestino, cavidade visceral e bexiga natatória	6/40	1,33 ± 0,33 (1-3)
<i>Rhabdochona</i> sp.2*	Intestino	1/40	2
Nematoda gen. sp.1	Mesentério	1/40	1
Nematoda gen. sp.3	Intestino	1/40	1
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	Intestino, cecos intestinais e estômago	36/40	12,78 ± 2,68 (1-69)
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	Intestino e cecos intestinais	7/40	3,26 ± 0,85 (1-6)
Annelida			
Hirudinea gen. sp.*	Brânquias	2/40	1
Arthropoda			
<i>Vaigamus</i> sp.*	Narinas e pele	16/40	5,50 ± 2,02 (1-34)
<i>Leporinus octofasciatus</i>			
Monogenea			
Dactylogyridae gen. sp.1	Brânquias e pele	2/17	1
<i>Jainus</i> sp.1*	Brânquias	7/17	2 ± 0,54 (1-4)
<i>Jainus</i> sp.2*	Brânquias	1/17	1
<i>Kritskyia eirasi</i> *	Pele	2/17	1,50 ± 0,50 (1-2)
<i>Rhinoxenus arietinus</i> *	Narinas	10/17	1,70 ± 0,21 (1-3)
<i>Protorhinoxenus prochilodi</i> Domingues e Boeger, 2002*	Narinas	1/17	1
<i>Urocleidoides paradoxus</i> *	Brânquias	7/17	3,57 ± 0,92 (1-7)
<i>Urocleidoides</i> sp.1*	Brânquias	6/17	1,33 ± 0,21 (1-2)
<i>Urocleidoides</i> sp.2*	Brânquias	5/17	1,80 ± 0,58 (1-4)
Digenea			
<i>Austrodiplostomum</i> sp. (metacercária)*	Olho (humor vítreo)	1/17	4
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	Olho (cristalino)	9/17	13,67 ± 4,05 (2-36)
Cestoda			

Continua...

...continuação da Tabela 1.

Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^{y*}	Cavidade visceral	1/17	-
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)*	Serosa do fígado e bexiga natatória	3/17	3 ± 1,08 (1-6)
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	Intestino	16/17	10,38 ± 2,87 (2-40)
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)*	Intestino	4/17	1
Arthropoda			
<i>Vaigamus</i> sp.*	Narinas e pele	5/17	7,60 ± 4,19 (1-23)
<i>Prochilodus lineatus</i>			
Myxozoa			
<i>Henneguya</i> sp.	Brânquias	5/17	-
<i>Myxobolus</i> sp.	Brânquias	2/17	-
Monogenea			
<i>Apedunculata discoidea</i> Cugliana, Cordeiro e Luque, 2009	Brânquias	33/40	12,64 ± 3,55 (1-82)
Dactylogyridae gen. sp.2	Narinas	6/40	9,33 ± 4,85 (1-31)
Dactylogyridae gen. sp.3	Narinas e pele	3/40	1,67 ± 0,33 (1-2)
Gyrodactylidae gen. sp.1	Brânquias	1/40	1
<i>Protorhinoxenus prochilodi</i>	Pele	1/40	2
<i>Rhinonastes pseudocapsaloideum</i> Kritsky, Thatcher e Boeger, 1988	Narinas e pele	23/40	2,61 ± 0,32 (1-6)
<i>Rhinoxenus curimbatae</i> Domingues e Boeger, 2005	Narinas	9/40	1,89 ± 0,46 (1-5)
<i>Rhinoxenus</i> sp. Kritsky, Boeger e Thatcher (1988) [£]	Narinas	1/40	1
<i>Tereancistrum curimba</i> Lizama, Takemoto e Pavanelli, 2004	Brânquias	8/40	1,61 ± 0,33 (1-3,47)
<i>Tereancistrum pirassununguensis</i> Cepeda, Ceccarelli e Luque, 2012	Brânquias	10/40	3,64 ± 0,60 (1-6)
<i>Tereancistrum toksonum</i> Lizama, Takemoto e Pavanelli, 2004	Brânquias	19/40	3,87 ± 0,88 (1-17)
<i>Tereancistrum</i> sp.3 [£]	Brânquias	1/40	1
<i>Tereancistrum</i> sp.4 [£]	Brânquias	9/40	2,07 ± 0,45 (1-4,63)
<i>Tereancistrum</i> sp.5 [£]	Brânquias	4/40	3,18 ± 1,33 (1,16-7)
<i>Tereancistrum</i> sp.6 [£]	Brânquias	15/40	3,46 ± 0,52 (1-8)
Digenea			
<i>Colocladorchis</i> sp. Thatcher, 1979	Intestino	6/40	1,50 ± 0,22 (1-2)
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	Olho (cristalino)	1/40	1
Digenea gen. sp.3 (metacercária)	Brânquias	2/40	1
Nematoda			

Continua...

...continuação da Tabela 1.

<i>Contracaecum</i> sp. (larva)*	Cavidade visceral	3/40	1
<i>Guyanema</i> sp. Petter, 1974*	Intestino	5/40	1
<i>Spinitectus asperus</i> Travassos, Artigos e Pereira, 1928	Estômago e intestino	6/40	1,50 ± 0,22 (1-2)
Annelida			
Hirudinea gen. sp.	Brânquias	10/40	1,30 ± 0,21 (1-3)
Arthropoda			
<i>Ergasilus</i> sp. Nordmann, 1832	Narinas, brânquias e pele	26/40	2,46 ± 0,29 (1-6)
Acanthocephala			
<i>Neoechinorhynchus curemai</i> Noronha, 1973	Intestino	30/40	34,83 ± 8,03 (1-218)
Schizodon nasutus			
Monogenea			
Dactylogyridae gen. sp. 4	Brânquias	6/40	1,89 ± 0,53 (1-4,36)
<i>Jainus</i> sp.2*	Brânquias	12/40	2,86 ± 0,63 (1-7,64)
<i>Kritskyia eirasi</i> *	Bexiga urinária	1/40	1
<i>Rhinoxenus arietinus</i> *	Narinas	27/40	4,19 ± 0,71 (1-15)
<i>Tereancistrum paranaensis</i> Karling, Lopes, Takemoto e Pavanelli, 2014*	Brânquias	1/40	1
<i>Tereancistrum</i> sp.2*	Brânquias	25/40	2,69 ± 0,31 (1-6)
<i>Urocleidoides paradoxus</i> *	Brânquias	3/40	1,53 ± 0,37 (1-2,25)
<i>Urocleidoides</i> sp.5*	Brânquias	23/40	2,76 ± 0,48 (1-8,73)
Digenea			
<i>Austrodiplostomum</i> sp. (metacercária)	Olho (humor vítreo)	2/40	3 ± 1 (2-4)
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	Olho (cristalino)	5/40	5,60 ± 2,96 (1-17)
Cestoda			
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide)*	Mesentério e serosa do fígado	2/40	-
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	Intestino	1/40	1
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	Intestino e cecos intestinais	8/40	1,75 ± 0,31 (1-3)
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	Intestino e cecos intestinais	4/40	1,50 ± 0,29 (1-2)
Acanthocephala			
<i>Neoechinorhynchus</i> sp. (Hamann, 1892)*	Intestino	2/40	1,50 ± 0,50 (1-2)
Annelida			
Hirudinea gen. sp.*	Brânquias	3/40	1

Continua...

...continuação da Tabela 1.

Arthropoda			
Ergasilidae gen. sp. Von Nordmann, 1832	Narinas, brânquias e pele	18/40	3,11 ± 0,74 (1-13)
<i>Steindachnerina insculpta</i>			
Monogenea			
<i>Anacanthoroides</i> sp. Kritsky e Thatcher, 1976	Brânquias e pele	20/40	3,20 ± 0,68 (1-11)
<i>Curvianchorathus</i> sp. Hanek, Molnar e Fernando, 1974*	Brânquias	1/40	1
Dactylogyridae gen. sp.5	Brânquias	3/40	4,69 ± 2,62 (1-9,75)
Dactylogyridae gen. sp.6	Narinas	4/40	1,50 ± 0,29 (1-2)
<i>Urocleidoides</i> sp.6	Brânquias	1/40	1,63
<i>Urocleidoides</i> sp.7	Brânquias	2/40	1,65 ± 0,02 (1,63-1,67)
Digenea			
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	Olho (cristalino)	1/40	1
Digenea gen. sp.2 (metacercária)	Nadadeiras	2/40	1
Digenea gen. sp.4 (metacercária)	Brânquias	9/40	1,67 ± 0,37 (1-4)
<i>Sphincterodiplostomum musculosum</i> (metacercária) Dubois, 1936	Olho	2/40	1,50 ± 0,50 (1-2)
Cestoda			
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^{ys} *	Mesentério	5/40	-
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)*	Intestino, cavidade visceral, bexiga natatória e mesentério	16/40	5,50 ± 1,35 (1-20)
<i>Cosmoxyinema vianai</i> Travassos, 1949	Intestino	7/40	2,14 ± 0,40 (1-4)
<i>Travnema travnema</i> Pereira, 1938	Intestino	19/40	1,84 ± 0,32 (1-6)
Acanthocephala			
Neoechinorhynchidae gen. sp. Ward, 1917	Intestino	6/40	1,50 ± 0,34 (1-3)
Ordem Gymnotiformes			
<i>Eigenmannia trilineata</i>			
Monogenea			
Dactylogyridae gen. sp.7*	Brânquias	1/7	2
Dactylogyridae gen. sp.8*	Brânquias	1/7	2
Digenea			
<i>Austrodiplostomum</i> sp. (metacercária)	Olho (humor vítreo) e brânquias	3/7	2,33 ± 0,88 (1-4)
Digenea gen. sp.5 (metacercária)	Brânquias	1/7	2
Nematoda			

Continua...

...continuação da Tabela 1.

<i>Contracaecum</i> sp. (larva)*	Cavidade visceral	4/7	2 ± 0,58 (1-3)
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i> *	Intestino	2/7	2 ± 1 (1-3)
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)*	Intestino e cavidade visceral	4/7	2,75 ± 1,18 (1-6)
<i>Gymnotus</i> cf. <i>sylvius</i>			
Monogenea			
<i>Urocleidoides</i> sp.8	Brânquias	1/7	11
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	Intestino	2/7	14 ± 6 (8-20)
Ordem Perciformes			
<i>Geophagus brasiliensis</i>			
Monogenea			
<i>Sciadichleitrum frequens</i> Bellay, Takemoto, Yamada e Pavanelli, 2008	Brânquias	18/40	12,72 ± 2,89 (1-41)
Digenea			
<i>Austrodiplostomum</i> sp. (metacercária)	Olho (humor vítreo)	5/40	3,60 ± 1,08 (1-7)
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	Olho (cristalino)	1/40	1
Diplostomidae gen sp.2 Poirier, 1886 (metacercária)	Brânquias	4/40	1,75 ± 0,48 (1-3)
Digenea gen. sp.2 (metacercária)	Nadadeiras	8/40	5,50 ± 1,78 (1-16)
Cestoda			
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^y	Cavidade visceral, serosa do fígado, mesentério, tecido externo do coração	29/31	-
Nematoda			
Capillariidae gen. sp. Railliet, 1915*	Serosa do fígado	1/31	6
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	Serosa do fígado, mesentério e intestino	14/31	2,07 ± 0,57 (1-9)
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	Intestino	2/31	4,50 ± 3,50 (1-8)
Anellida			
Hirudinea gen. sp.	Brânquias e pele	9/31	2,44 ± 0,73 (1-7)
Ordem Siluriformes			
<i>Hoplosternum littorale</i>			
Myxozoa			
<i>Henneguya</i> sp.	Brânquias	1/24	-
Monogenea			
Dactylogyridae gen. sp.9	Brânquias	7/24	3,86 ± 1,12 (1-9)
Gyrodactylidae gen. sp.2*	Pele	4/24	1
Digenea			

Continua...

...continuação da Tabela 1.

Digenea gen. sp.6 (metacercária)	Brânquias	2/24	1
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	Olho (cristalino e humor vítreo)	5/24	1,80 ± 0,49 (1-3)
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)*	Cavidade visceral	1/24	1
Nematoda gen. sp.4	Intestino	1/24	1
<i>Rhamdia quelen</i>			
Monogenea			
<i>Aphanoblastella juizforense</i> Carvalho, Tavares e Luque, 2009	Brânquias	7/23	5,92 ± 1,68 (1-13,8)
<i>Aphanoblastella</i> sp. Kritsky, Mendoza-Franco e Scholz, 2000	Brânquias	11/23	7,35 ± 2,11 (1-22)
<i>Scleroductus</i> sp. Jara e Cone, 1989	Brânquias	5/23	16,55 ± 8,13 (1-42)
Digenea			
<i>Austrodiplostomum</i> sp. (metacercária)*	Olho (humor vítreo)	2/23	1
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	Olho (cristalino)	3/23	1,67 ± 0,67 (1-3)
Cestoda			
<i>Proteocephallus</i> sp. Weinland, 1858	Intestino e estômago	1/23	2
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	Estômago, mesentério, gônadas, serosa do estômago	14/23	3 ± 0,75 (1-11)
<i>Cucullanus (Cucullanus)</i> sp. Müller, 1777	Intestino	1/23	1
Nematoda gen. sp.1	Mesentério	1/23	1
<i>Rhinodoras dorbignyi</i>			
Monogenea			
<i>Demidospermus</i> sp. Suriano, 1983 ^ε	Brânquias	17/23	3,65 ± 1,03 (1-18)
<i>Phanerothecium</i> sp. Kritsky e Thatcher, 1977*	Pele	2/23	1
Digenea			
<i>Austrodiplostomum</i> sp. (metacercária)*	Olho (humor vítreo)	1/23	1
Digenea gen. sp.7 (metacercária)*	Brânquias	2/23	2 ± 1 (1-3)
Nematoda			
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)*	Cavidade visceral e bexiga natatória	7/23	13,71 ± 8,22 (1-61)
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rarus</i> Travassos, Artigas e Pereira, 1928	Intestino	15/23	1,73 ± 0,27 (1-4)

Continua...

...continuação da Tabela 1.

<i>Rhabdochona</i> sp.3*	Intestino	2/23	2 ± 1 (1-3)
Annelida			
Hirudinea gen. sp.	Brânquias	2/23	1

^aValores apresentados como média ± erro padrão (amplitude). ^yNão foi possível realizar os cálculos de intensidade média de infecção, devido ao grande número de parasitas encontrados e por estarem em estágio inicial de desenvolvimento. ^{*}Primeiro relato de infecção/infestação. [£]Nova espécie.

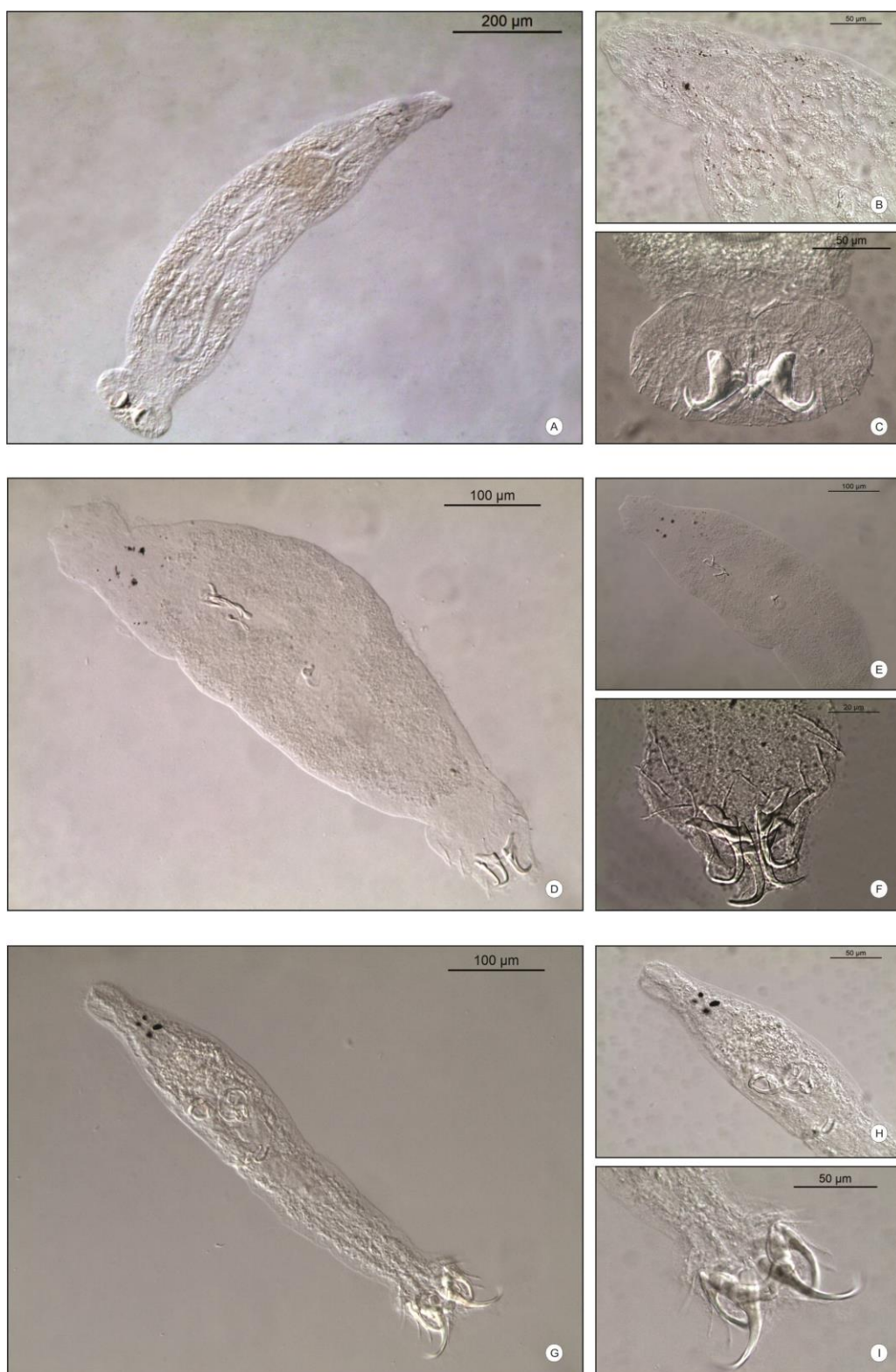


Figura 3. Monogenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Cacatuocotyle guaibensis* (vista total) encontrado em *Astyanax altiparanae*, B: Região anterior, C: Haptor; D: *Characithecium costaricensis* (vista total) encontrado em *Astyanax fasciatus*, E: Região anterior, F: Haptor; e G: *Characithecium* sp.(vista total) encontrado em encontrado em *A. altiparanae*, H: Região anterior, I: Haptor.

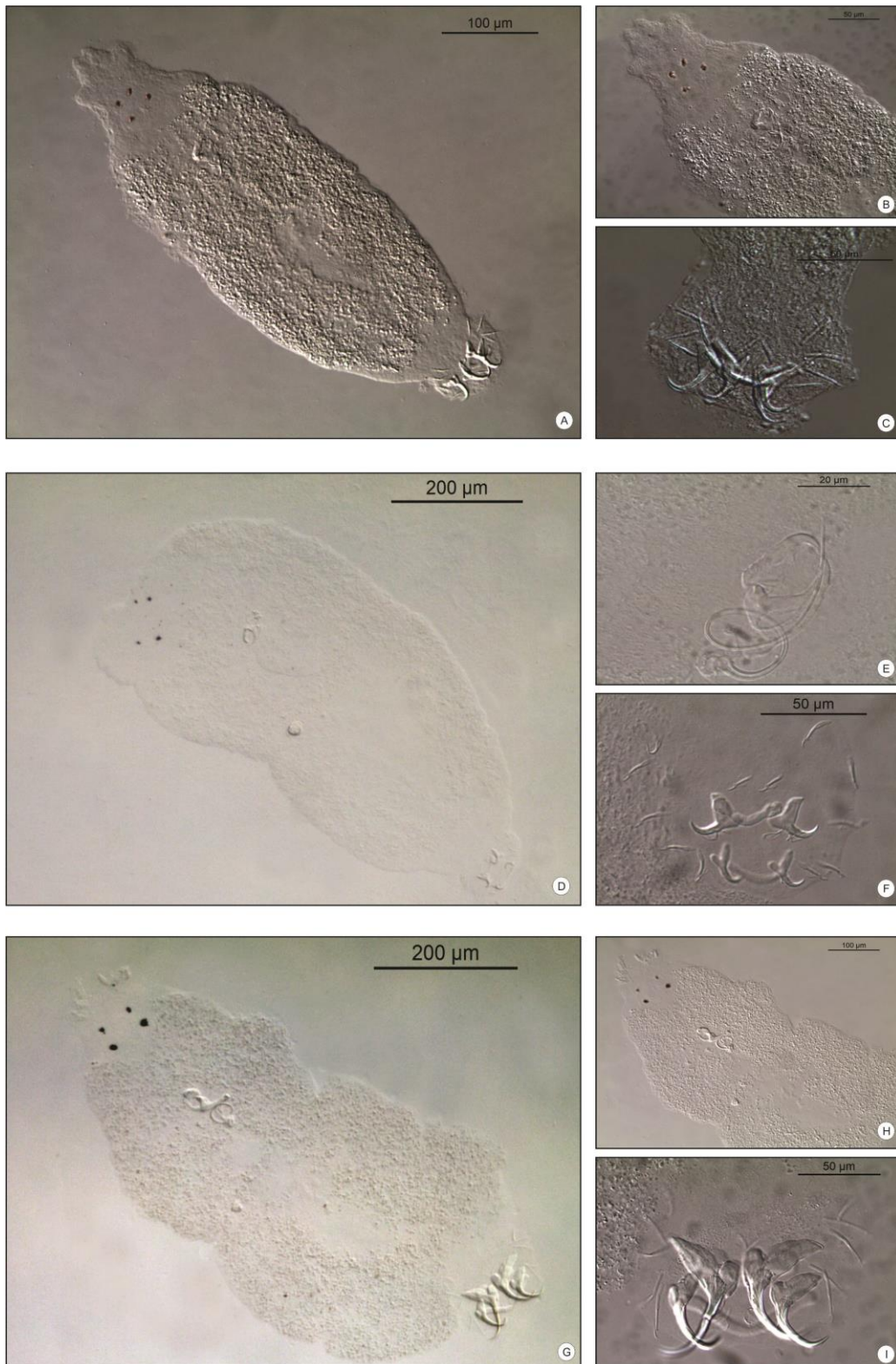


Figura 4. Monogênicos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Diaphorocleidus kabatai* (vista total) encontrado em *Astyanax bockmanni*, B: Região anterior, C: Haptor; D: *Diaphorocleidus* sp.1 (vista total) encontrado em *A. fasciatus*, E: Complexo copulatório, F: Haptor; G: *Diaphorocleidus* sp.2 (vista total) encontrado em *A. altiparanae*, H: Região anterior, I: Haptor.

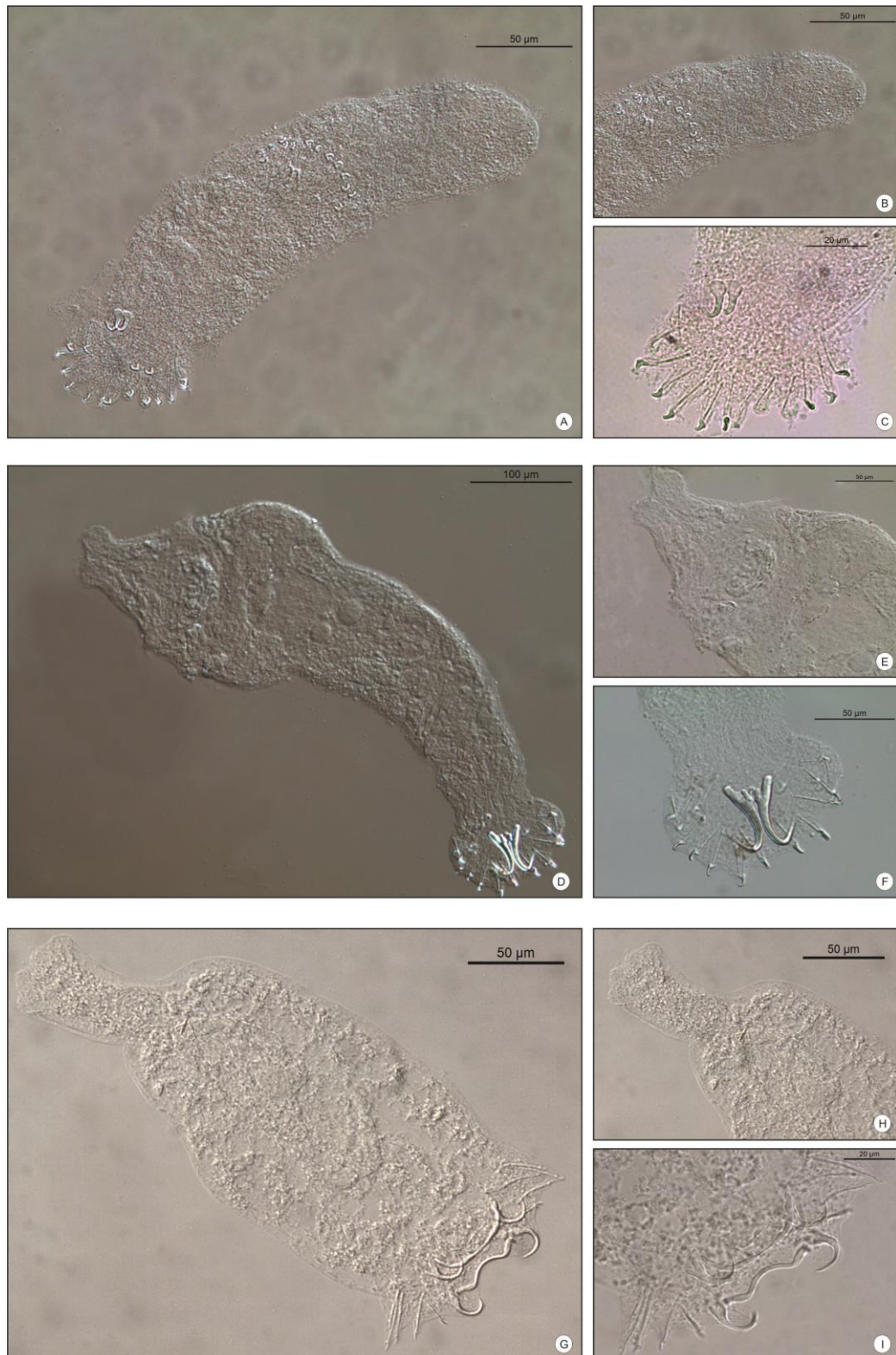


Figura 5. Monogenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Gyrodactylus* sp. (vista total) encontrado em *Astyanax fasciatus*, B: Região anterior, C: Haptor; D: *Gyrodactylus neotropicalis* (vista total) encontrado em *A. altiparanae*, E: Região anterior, F: Haptor; G: *Dactylogyridae* gen. sp. 1 (vista total) encontrado em *Leporinus friderici*, H: Região anterior, I: Haptor.

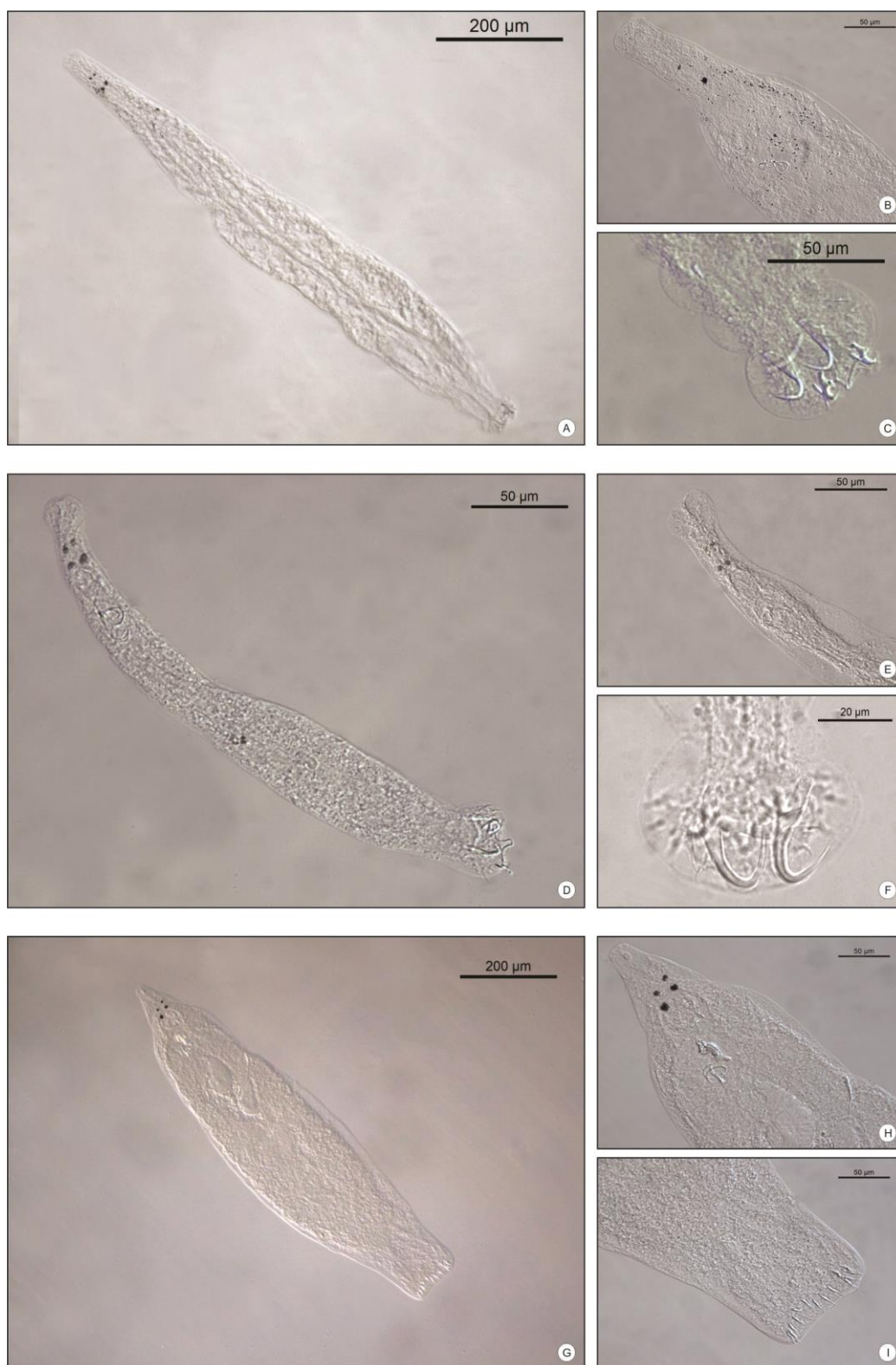


Figura 6. Monogenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Jainus* sp.1 (vista total) encontrado em *Leporinus elongatus*, B: Região anterior, C: Haptor; D: *Jainus* sp.2 (vista total) encontrado em *Leporinus octofasciatus*, E: Região anterior, F: Haptor; G: *Kritskyia eirasi* (vista total) encontrado em *Leporinus friderici*, H: Região anterior, I: Haptor.

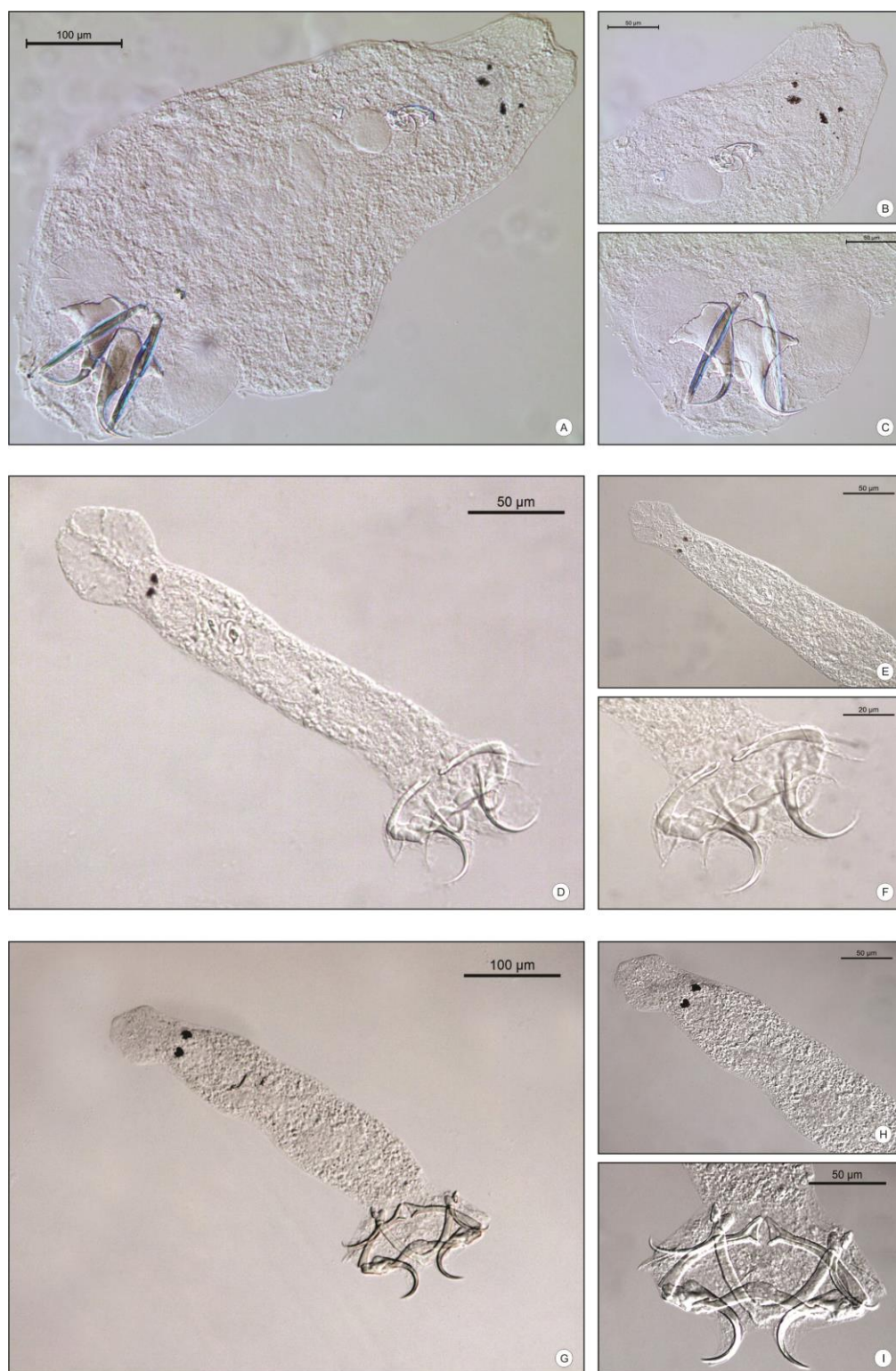


Figura 7. Monogênicos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Rhinaxenus arietinus* (vista total) encontrado em *Leporinus elongatus*, B: Região anterior, C: Haptor; D: *Tereancistrum* sp.1 (vista total), encontrado em *Leporinus amblyrhyncus*, E: Região anterior, F: Haptor; G: *Tereancistrum* sp.2 (vista total), encontrado em *Leporinus friderici*, H: Região anterior, I: Haptor.

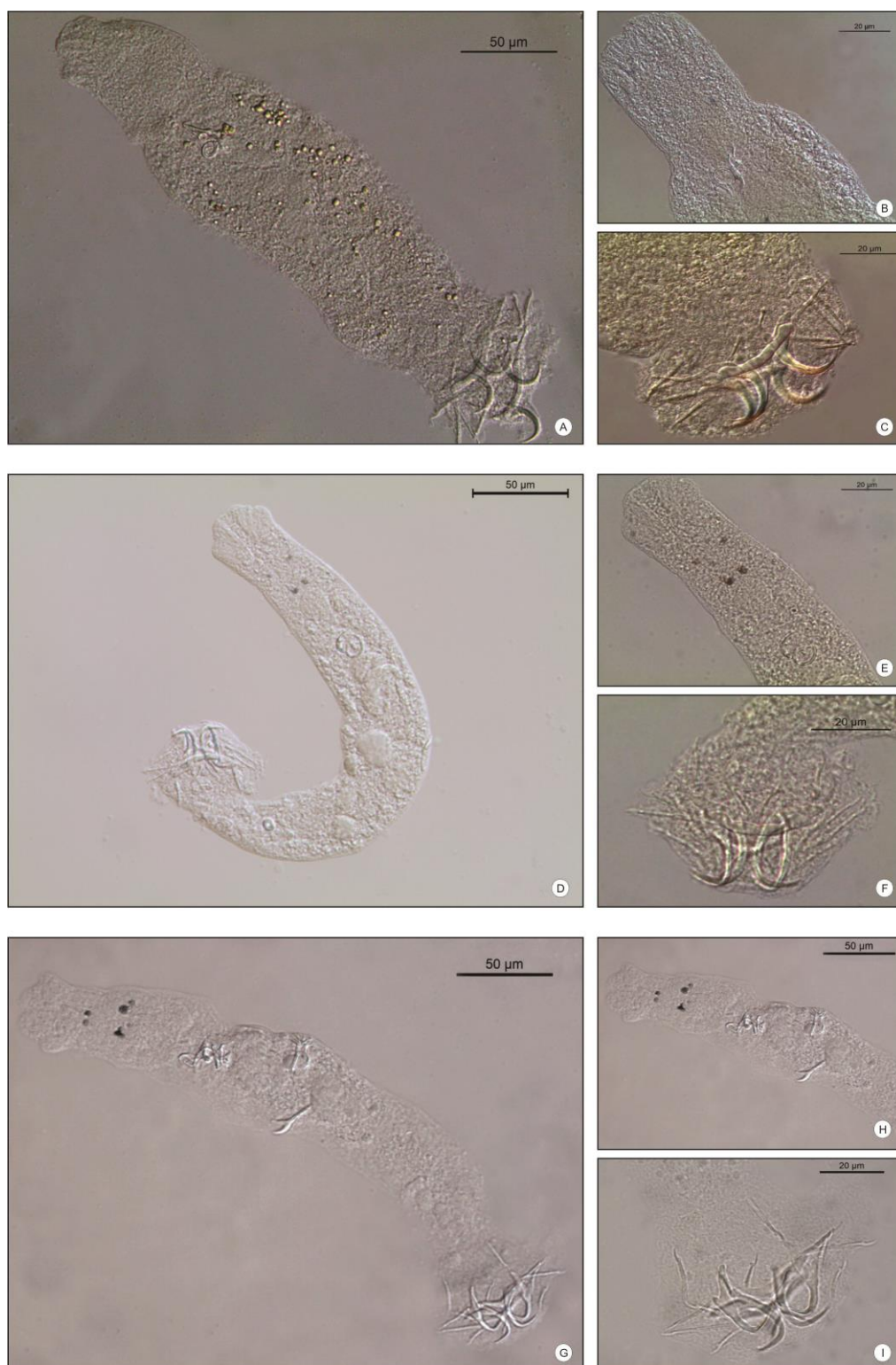


Figura 8. Monogenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Urocleidoides paradoxus* (vista total), encontrado em *Leporinus elongatus*, B: Região anterior, C: Haptor; D: *Urocleidoides* sp.1 (vista total), encontrado em *Leporinus octofasciatus*, E: Região anterior, F: Haptor; G: *Urocleidoides* sp.2 (vista total), encontrado em *Leporinus friderici*, H: Região anterior, I: Haptor.

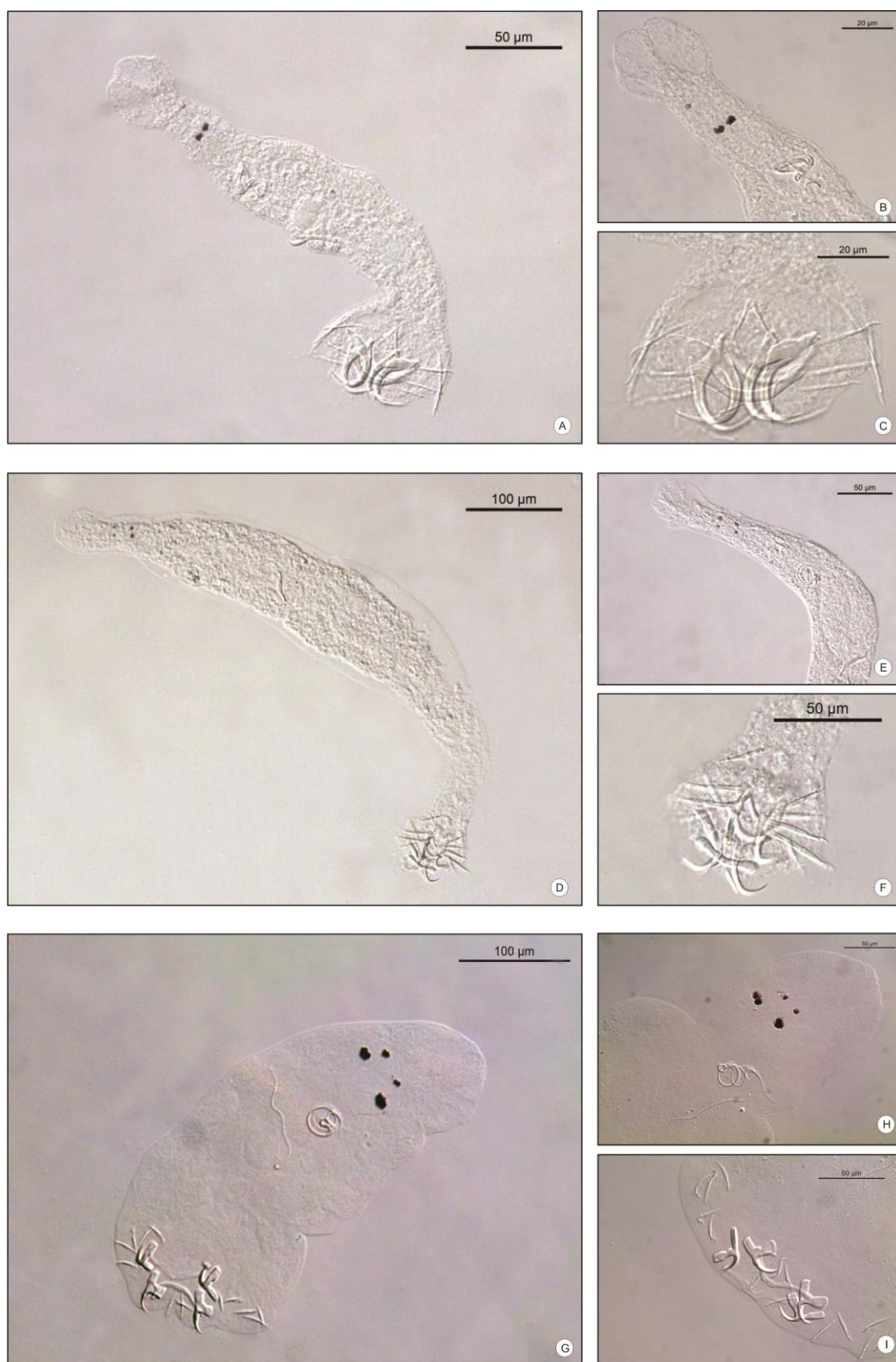


Figura 9. Monogenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Urocleidoides* sp. 3 (vista total), encontrado em *Leporinus elongatus*, B: Região anterior, C: Haptor; D: *Urocleidoides* sp. 4 (vista total), encontrado em *L. elongatus*, E: Região anterior, F: Haptor; G: *Apedunculata discoidea* (vista total), encontrado em *Prochilodus lineatus*, H: Região anterior, I: Haptor.

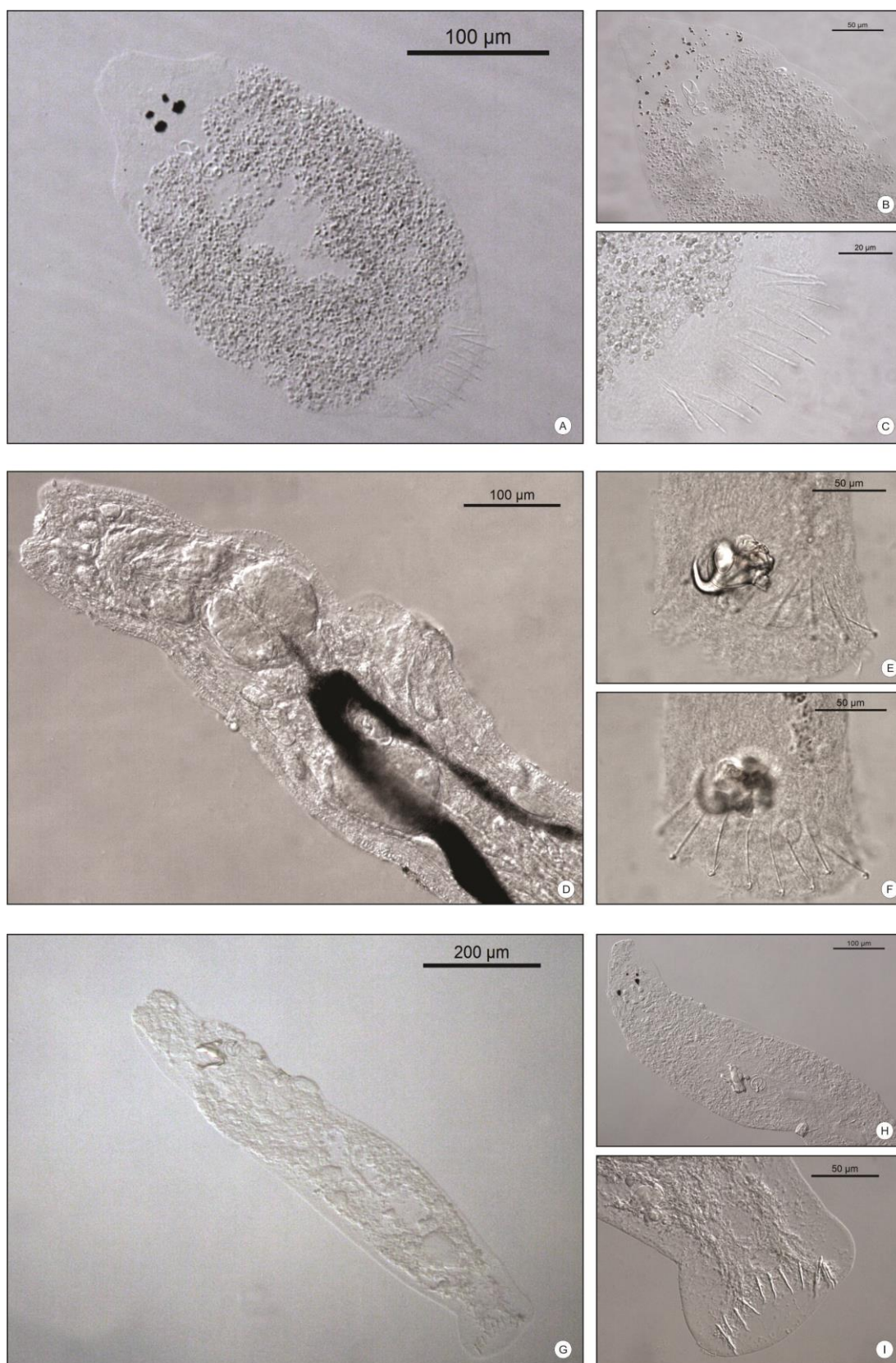


Figura 10. Monogenéticos encontrados em *Prochilodus lineatus*, provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: Dactylogyridae gen. sp. 2 (vista total), B: Região anterior, C: Haptor; D: Gyrodactylidae gen. sp.1 (região anterior), E e F: Haptor; G: *Kritskyia* sp. (vista total), H: Região anterior, I: Haptor.

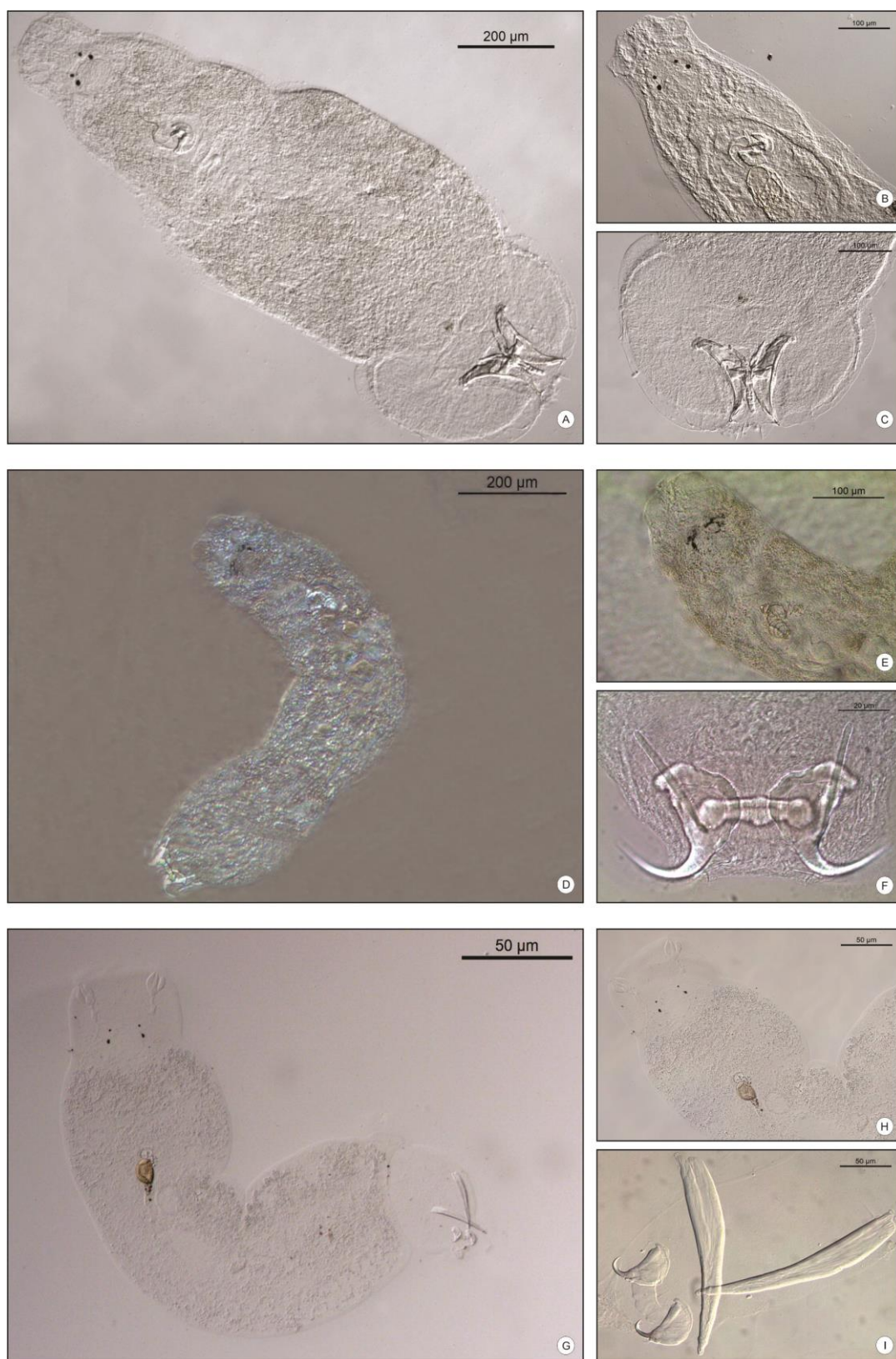


Figura 11. Monogenéticos encontrados em *Prochilodus lineatus*, provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Rhinonastes pseudocapsaloideum* (vista total), B: Região anterior, C: Haptor; D: *Rhinoxenus curimbatae* (vista total), E: Região anterior, F: Haptor; G: *Rhinoxenus* sp. (vista total), H: Região anterior, I: Haptor.

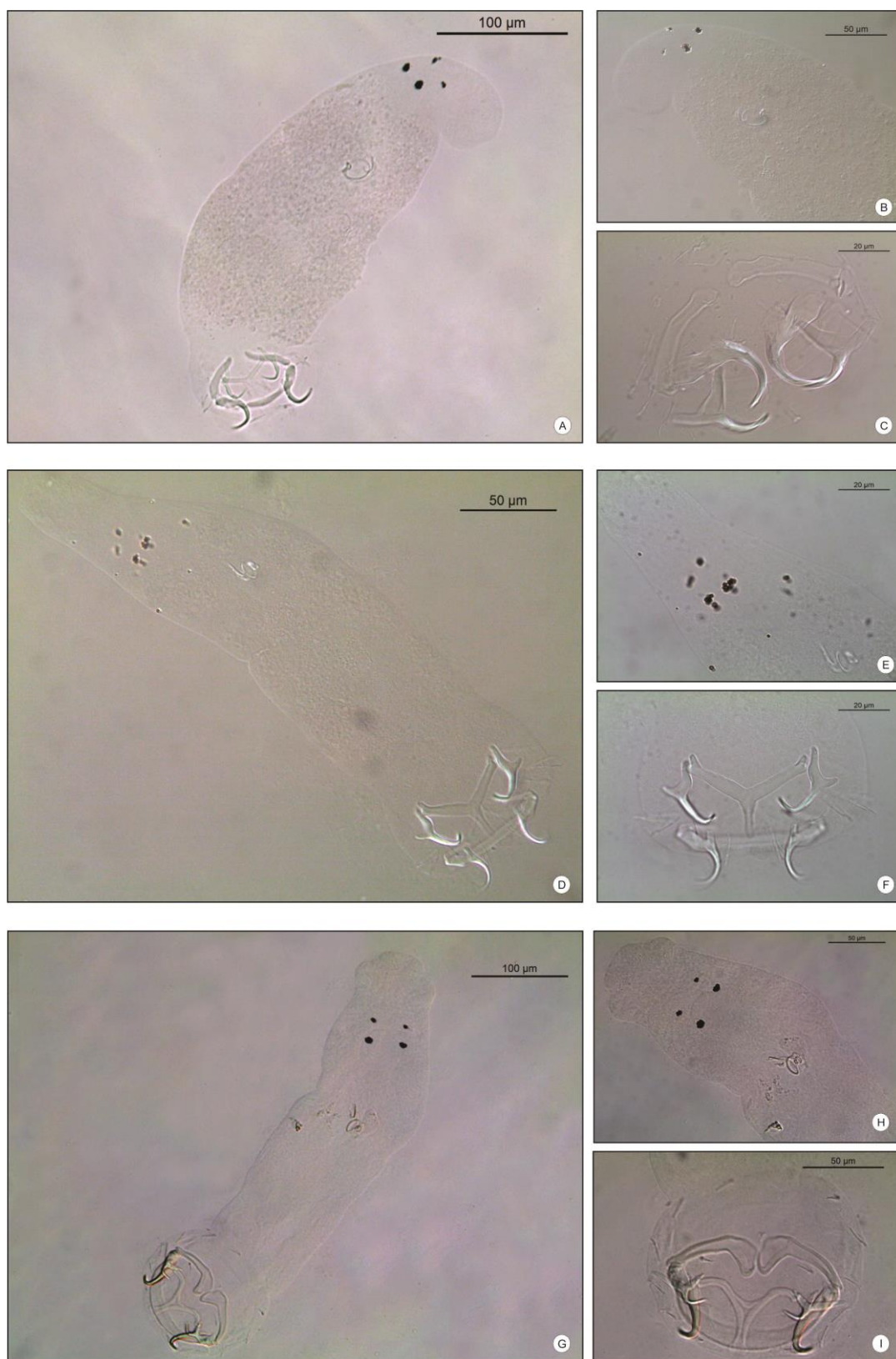


Figura 12. Monogênicos encontrados em *Prochilodus lineatus*, provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Tereancistrum curimba* (vista total), B: Região anterior, C: Haptor; D: *Tereancistrum pirassununguensis* (vista total), E: Região anterior, F: Haptor; G: *Tereancistrum toksonum* (vista total), H: Região anterior, I: Haptor.

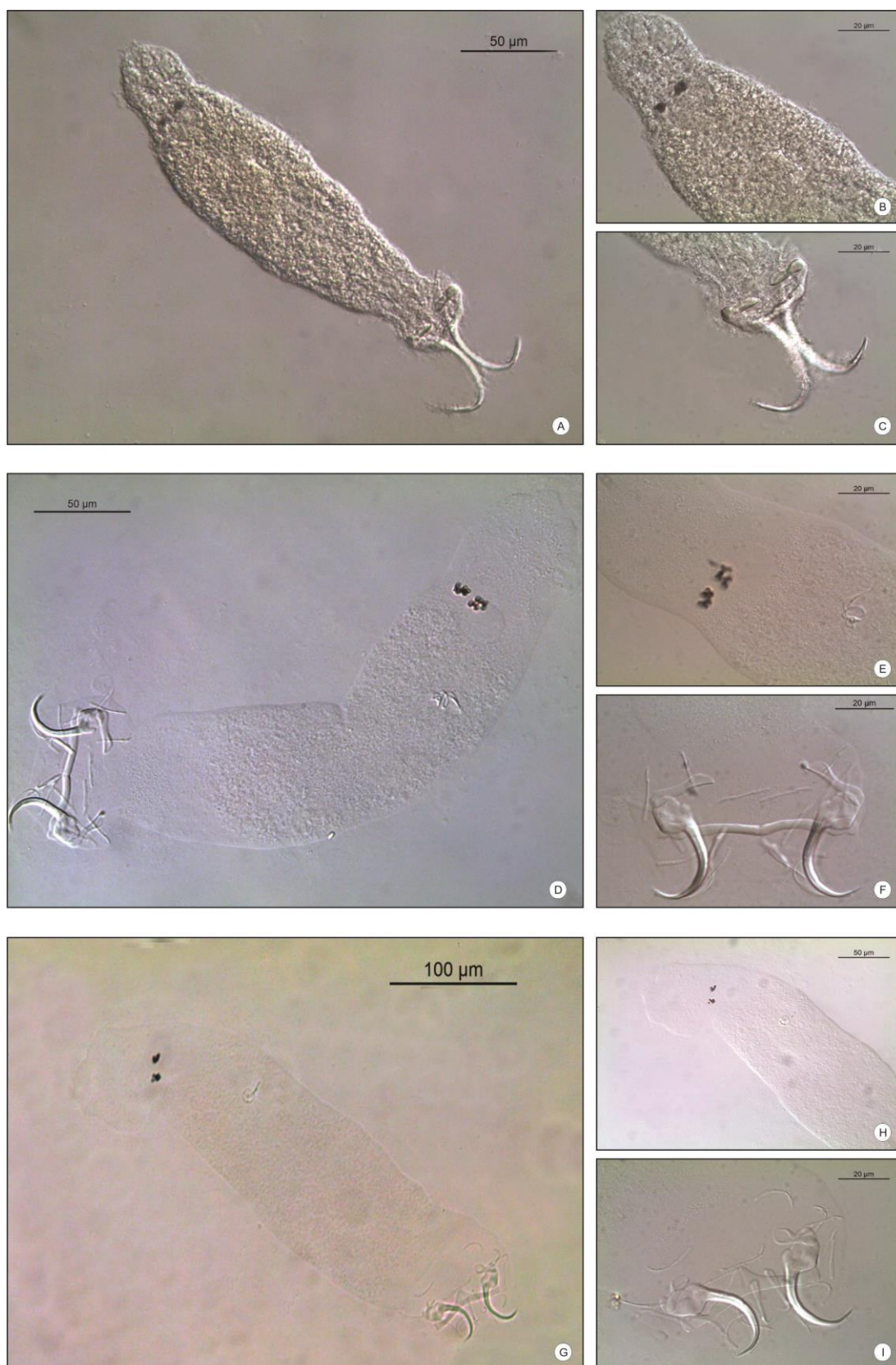


Figura 13. Monogenéticos encontrados em *Prochilodus lineatus*, provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Tereancistrum* sp. 3 (vista total), B: Região anterior, C: Haptor; D: *Tereancistrum* sp. 4 (vista total), E: Região anterior, F: Haptor; G: *Tereancistrum* sp. 5 (vista total), H: Região anterior, I: Haptor.

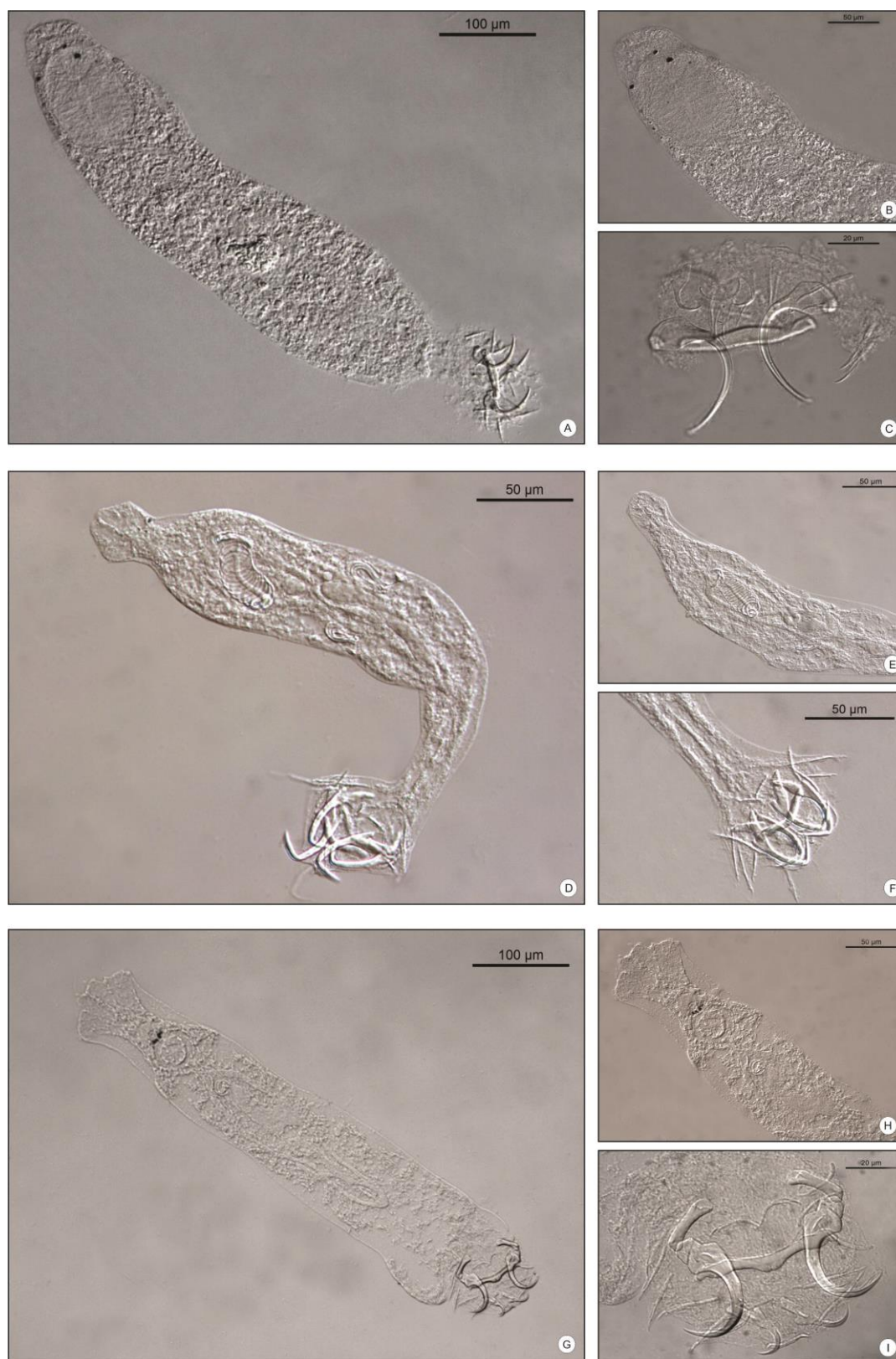


Figura 14. Monogenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Tereancistrum* sp. 6 (vista total), encontrado em *Prochilodus lineatus*, B: Região anterior, C: Haptor; D: Dactylogyridae gen. sp. 4 (vista total) encontrado em *Schizodon nasutus*, E: Região anterior, F: Haptor; G: *Tereancistrum paranaensis* (vista total), encontrado em *S. nasutus*, H: Região anterior, I: Haptor.

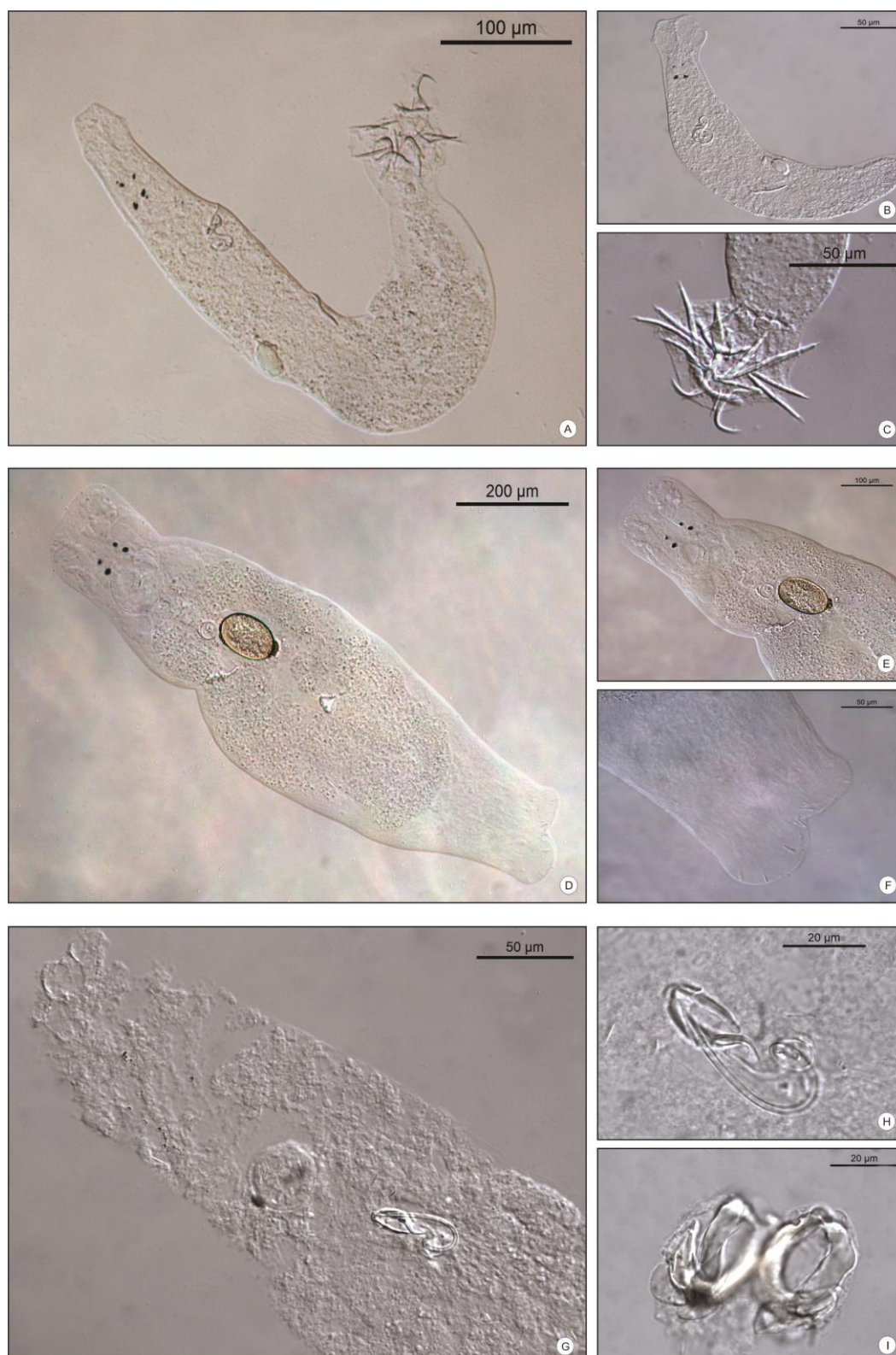


Figura 15. Monogenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Urocleidoides* sp.5 (vista total), encontrado em *Schizodon nasutus*, B: Região anterior, C: Haptor; D: *Anacanthoroides* sp. (vista total), encontrado em *Steindachnerina insculpta*, E: Região anterior, F: Haptor; G: *Curvianchoratus* sp. (região anterior), encontrado em *S. insculpta*, H: Complexo copulatório, I: Haptor.

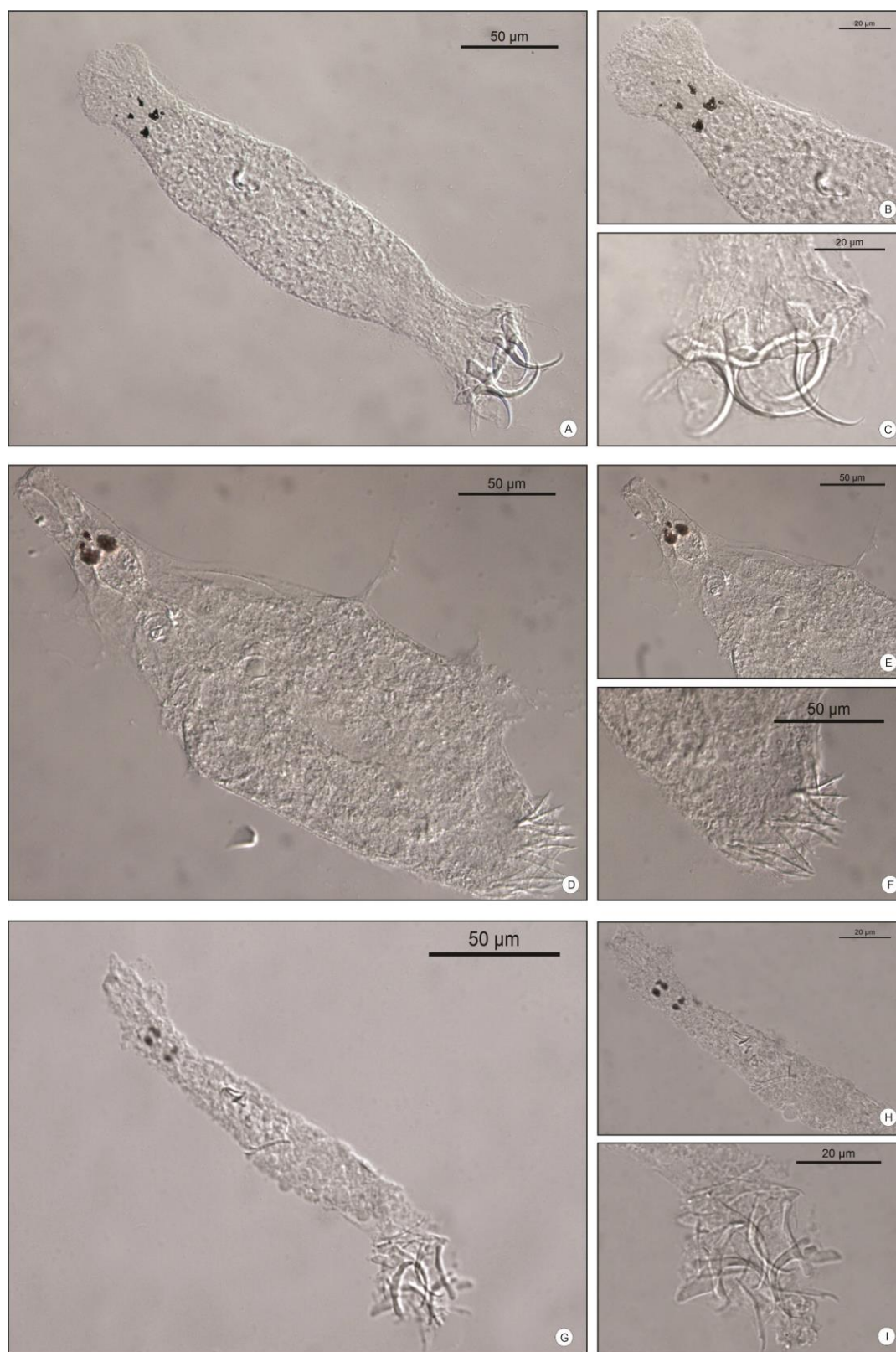


Figura 16. Monogenéticos encontrados em *Steindachnerina insculpta* provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Dactylogyridae* gen. sp.6 (vista total), B: Região anterior, C: Haptor; D: *Dactylogyridae* gen. sp.7 (vista total), E: Região anterior, F: Haptor; G: *Urocleidoides* sp.6 (vista total), H: Região anterior, I: Haptor.

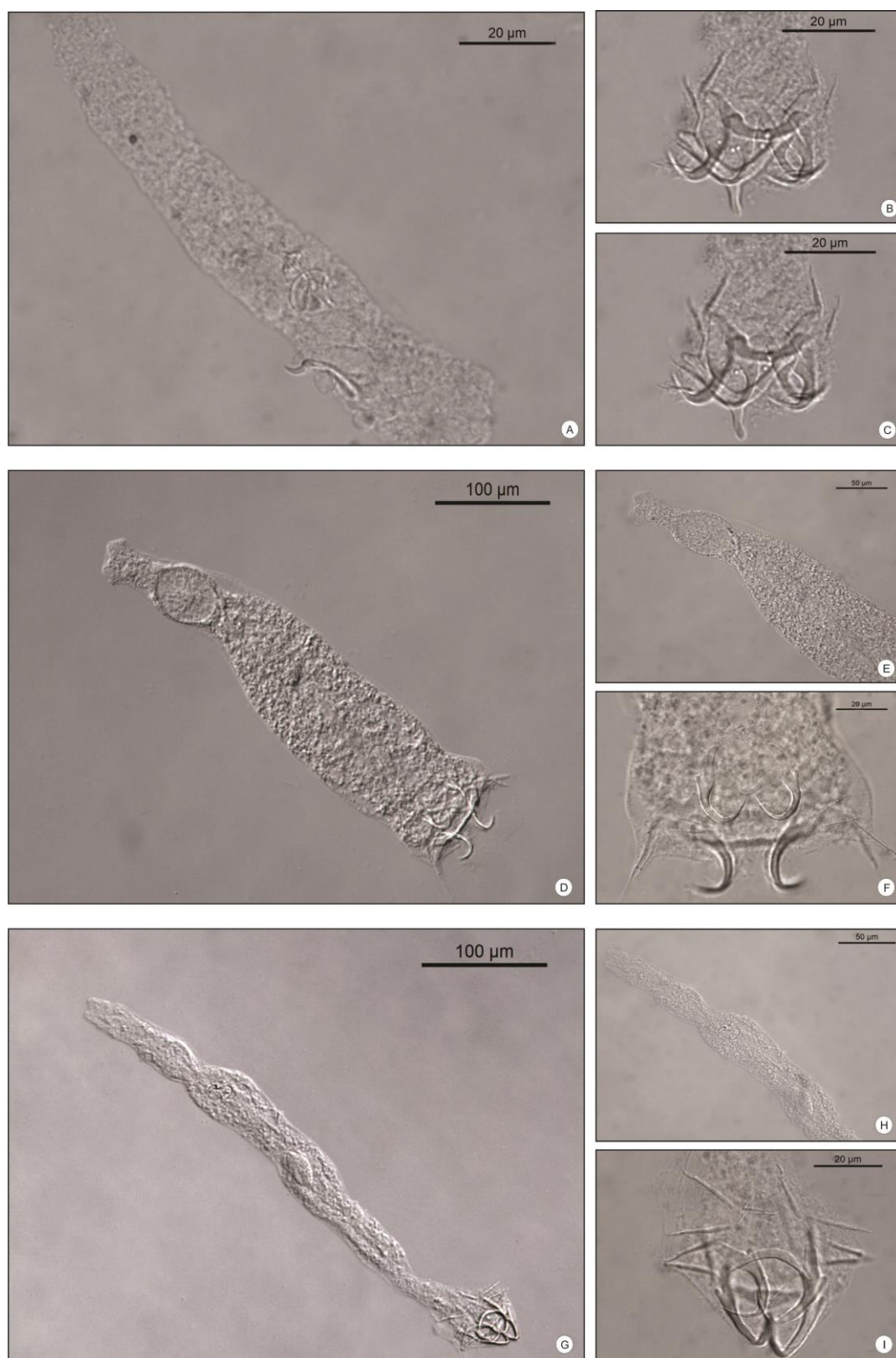


Figura 17. Monogenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Urocleidoides* sp.7 (região anterior), encontrado em *Steindachnerina insculpta*, B: região anterior, C: Haptor; D: Dactylogyridae gen. sp.7 (vista total), encontrado em *Eigenmania trilineata*, E: Região anterior, F: Haptor; G: Dactylogyridae gen. sp.8 (vista total), encontrado em *E. trilineata*, H: Região anterior, I: Haptor.

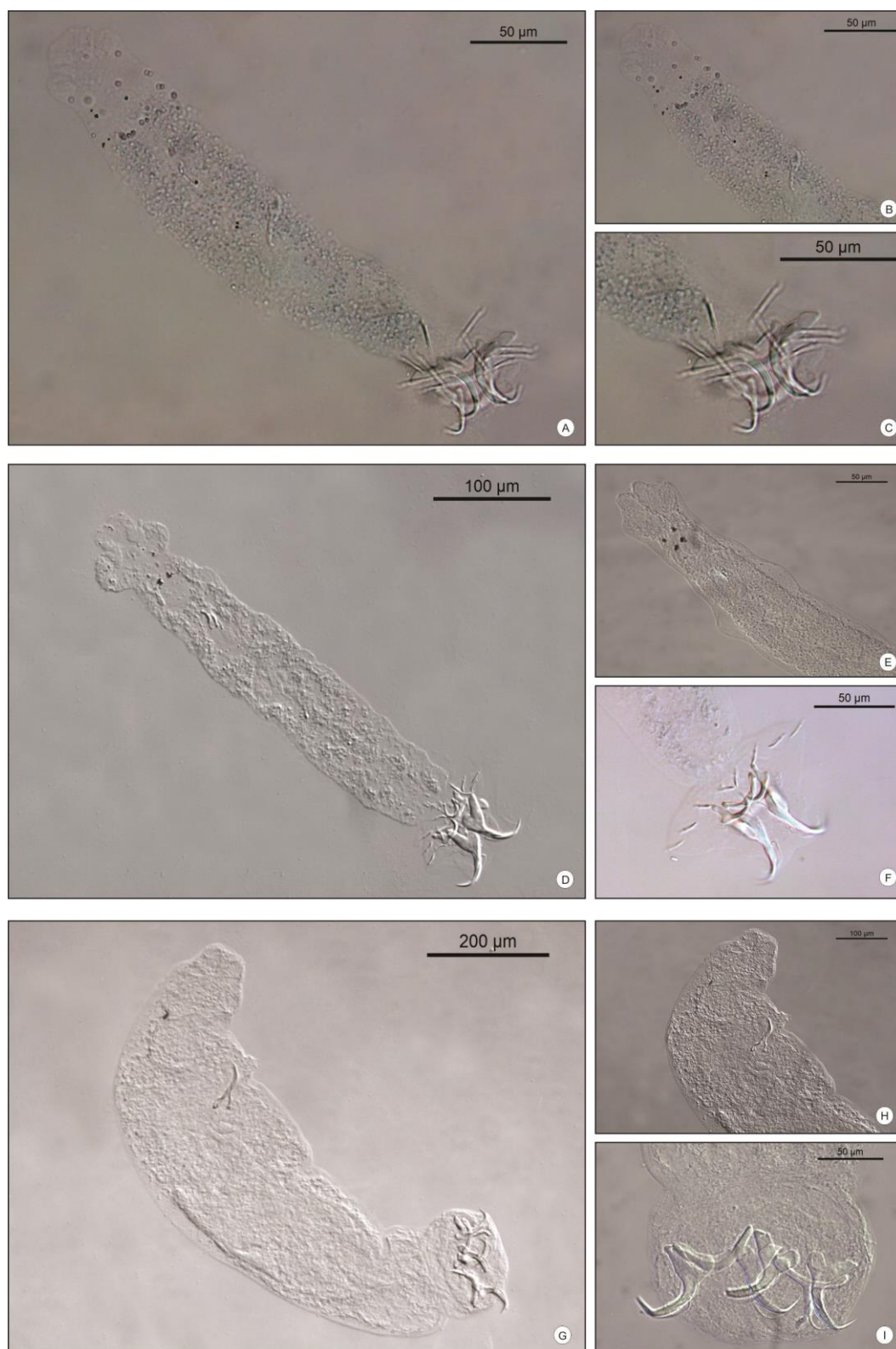


Figura 18. Monogenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Urocleidoides* sp.8 (vista total), encontrado em *Gymnotus* cf. *sylvius*, B: Região anterior, C: Haptor D: *Sciadichletrum frequens* (vista total), encontrado em *Geophagus brasiliensis*, E: Região anterior, F: Haptor; G: Dactylogyridae gen. sp.9 (vista total), encontrado em *Hoplosternum littorale*, H: Região anterior, I: Haptor.

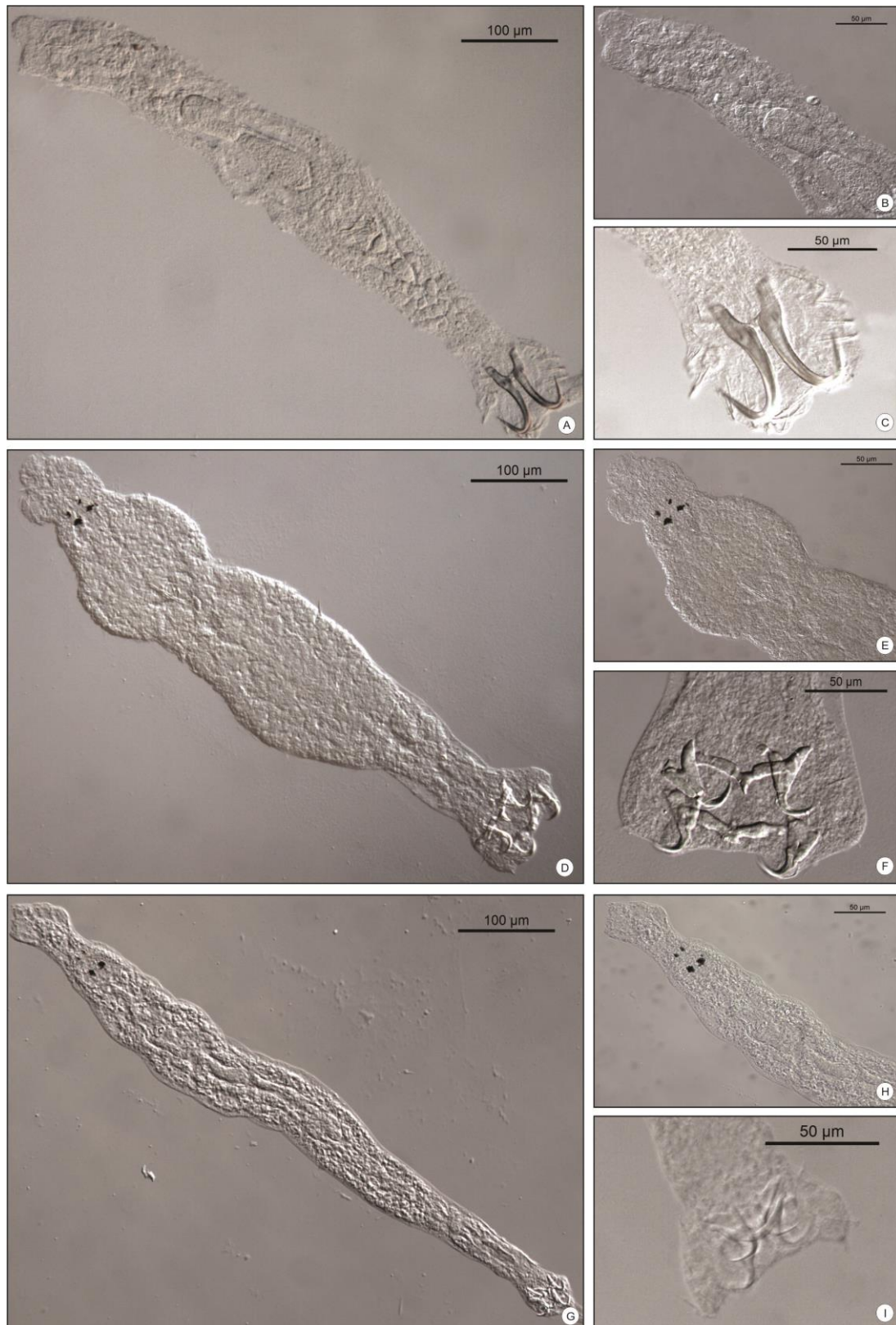


Figura 19. Monogenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: Gyrodactylidae gen. sp.2 (vista total), encontrado em *Hoplosternum littorale*, B: Região anterior, C: Haptor; D: *Aphanoblastella juizforense* (vista total), encontrado em *Rhamdia quelen*, E: Região anterior, F: Haptor; G: *Aphanoblastella* gen. sp. (vista total), encontrado em *R. quelen*, H: Região anterior, I: Haptor.

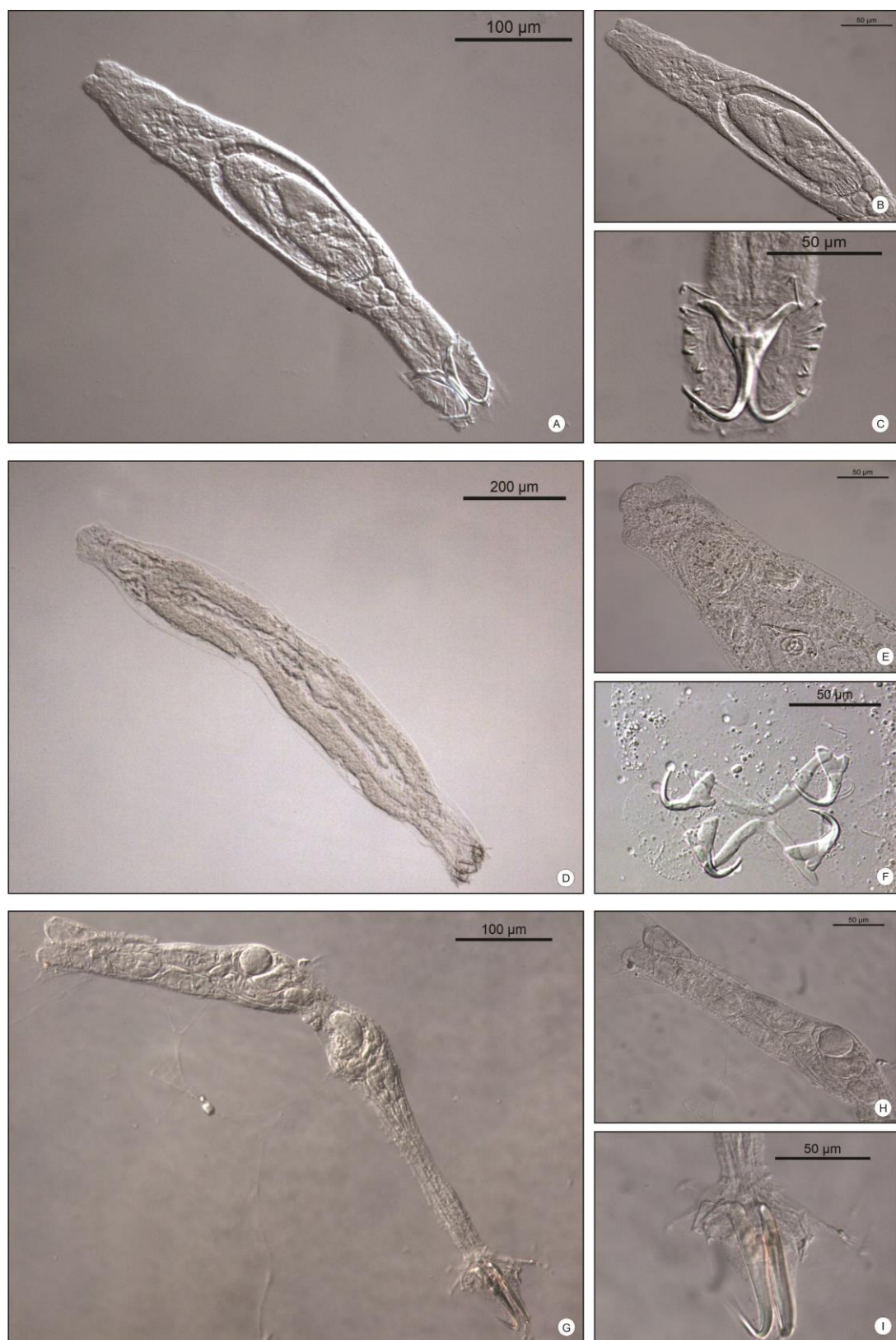


Figura 20. Monogenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Scleroductus* sp. (vista total), encontrado em *Rhamdia quelen*, B: Região anterior, C: Haptor; D: *Demidospermus* sp. (vista total), encontrado em *Rhinodoras dorbignyi*, E: Região anterior, F: Haptor; G: *Phanerothecium* sp. (vista total), encontrado em *R. dorbignyi*, H: Região anterior, I: Haptor.



Figura 21. *Contracaecum* sp. (larva) encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: Região anterior, encontrado em *Astyanax altiparanae*, B: Região posterior; C: Região anterior, encontrado em *Leporinus elongatus*, D: Região posterior; E: Região anterior, encontrado em *Geophagus brasiliensis*, F: Região posterior; G: Região anterior, encontrado em *Astyanax fasciatus*, H: Região posterior.

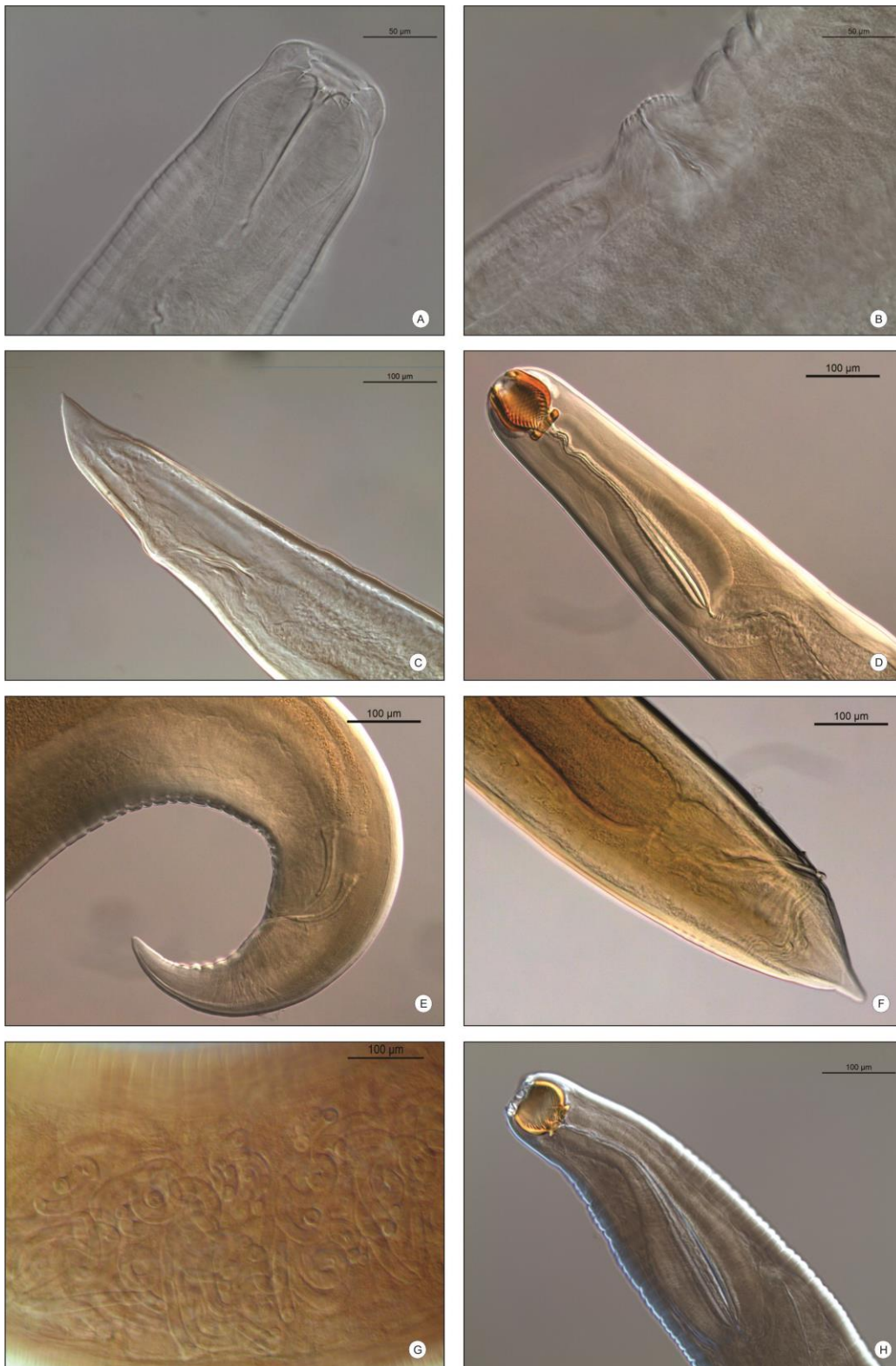


Figura 22. A: *Paraseuratum* sp. (região anterior da fêmea), encontrado em *Astyanax altiparanae*, B: Vulva, C: Região posterior; D: *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* (região anterior), encontrado em *Leporinus friderici*, E: Região posterior do macho, F: Região posterior da fêmea, G: Larvas no útero da fêmea; H: *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *saofranciscensis* (região anterior) encontrado em *A. altiparanae*.

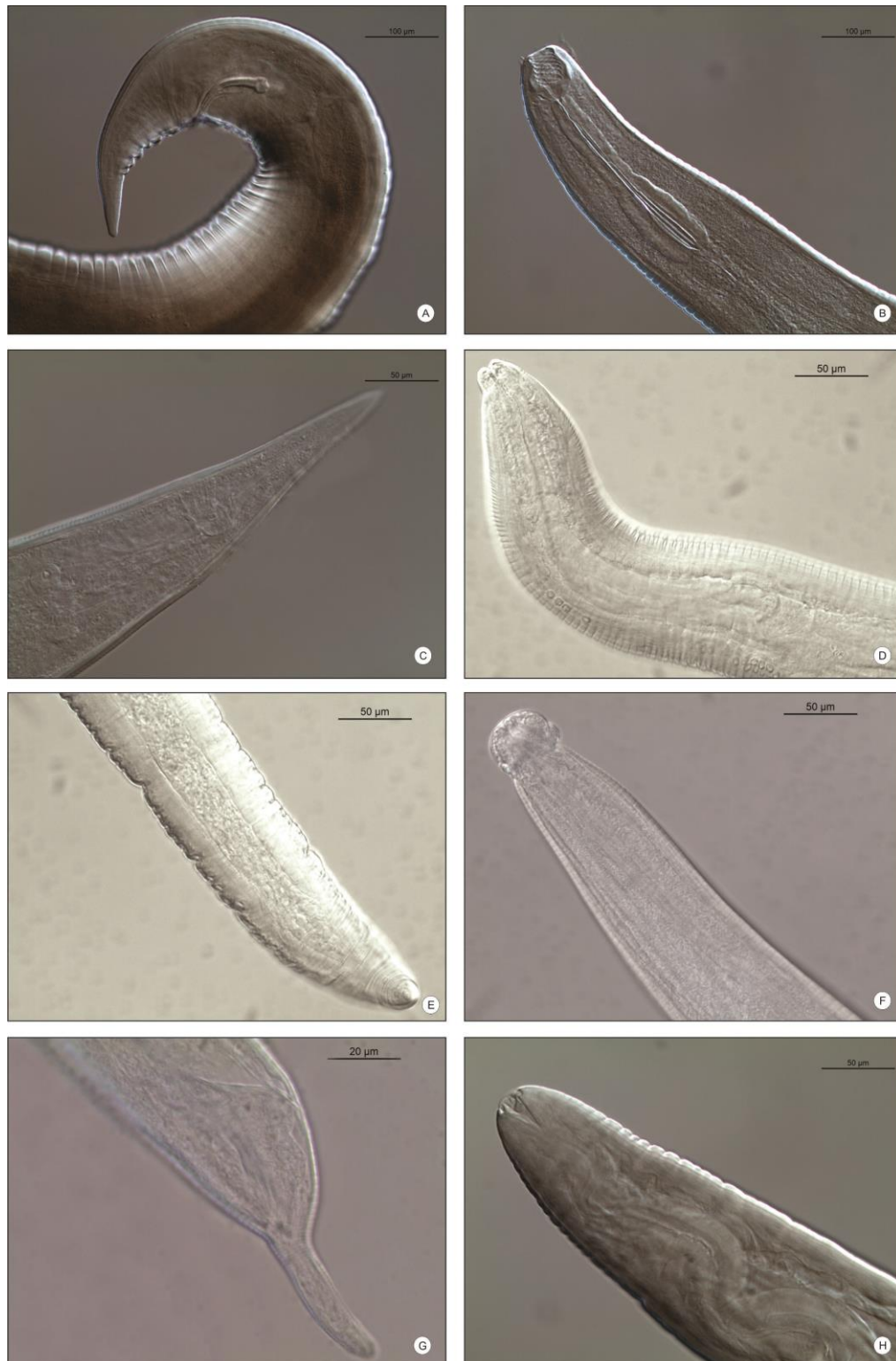


Figura 23. Nematoides encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Procammallanus* (*Spirocamallanus*) *saofranciscensis* encontrado em *Astyanax altiparanae* (região posterior do macho); B: *Procammallanus* sp. - larva (região anterior), encontrado em *Astyanax bockmanni*, C: Região posterior; D: Nematoda gen. sp.1 (região anterior), encontrado em *A. bockmanni*, E: Região posterior; F: Nematoda gen. sp.2 (região anterior), encontrado em *A. bockmanni*, G: Região posterior; H: *Rhabdochona* sp.1 (região anterior), encontrado em *Astyanax fasciatus*.

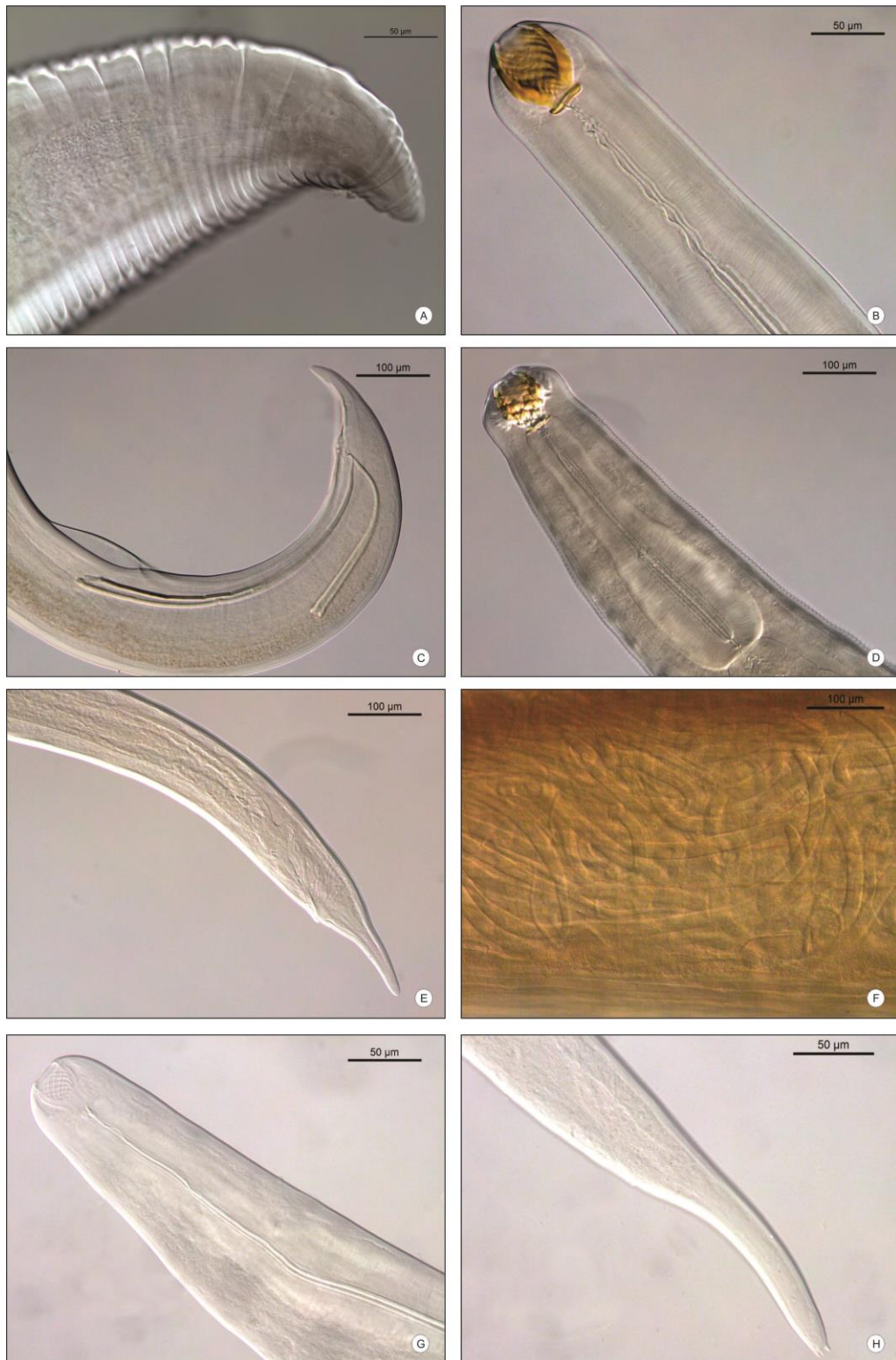


Figura 24. Nematoides encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Rhabdochona* sp.1 (região posterior), encontrado em *Astyanax fasciatus*; B: *Procammallanus* (*Spirocamallanus*) *iheringi* (região anterior do macho), encontrado em *Leporinus amblyrhynchus*; C: Região posterior do macho; D: Região anterior da fêmea; E: Região posterior da fêmea; F: Larvas no útero da fêmea; G: *Procammallanus* sp. - larva (região anterior), encontrado em *Leporinus octofasciatus*; H: Região posterior.

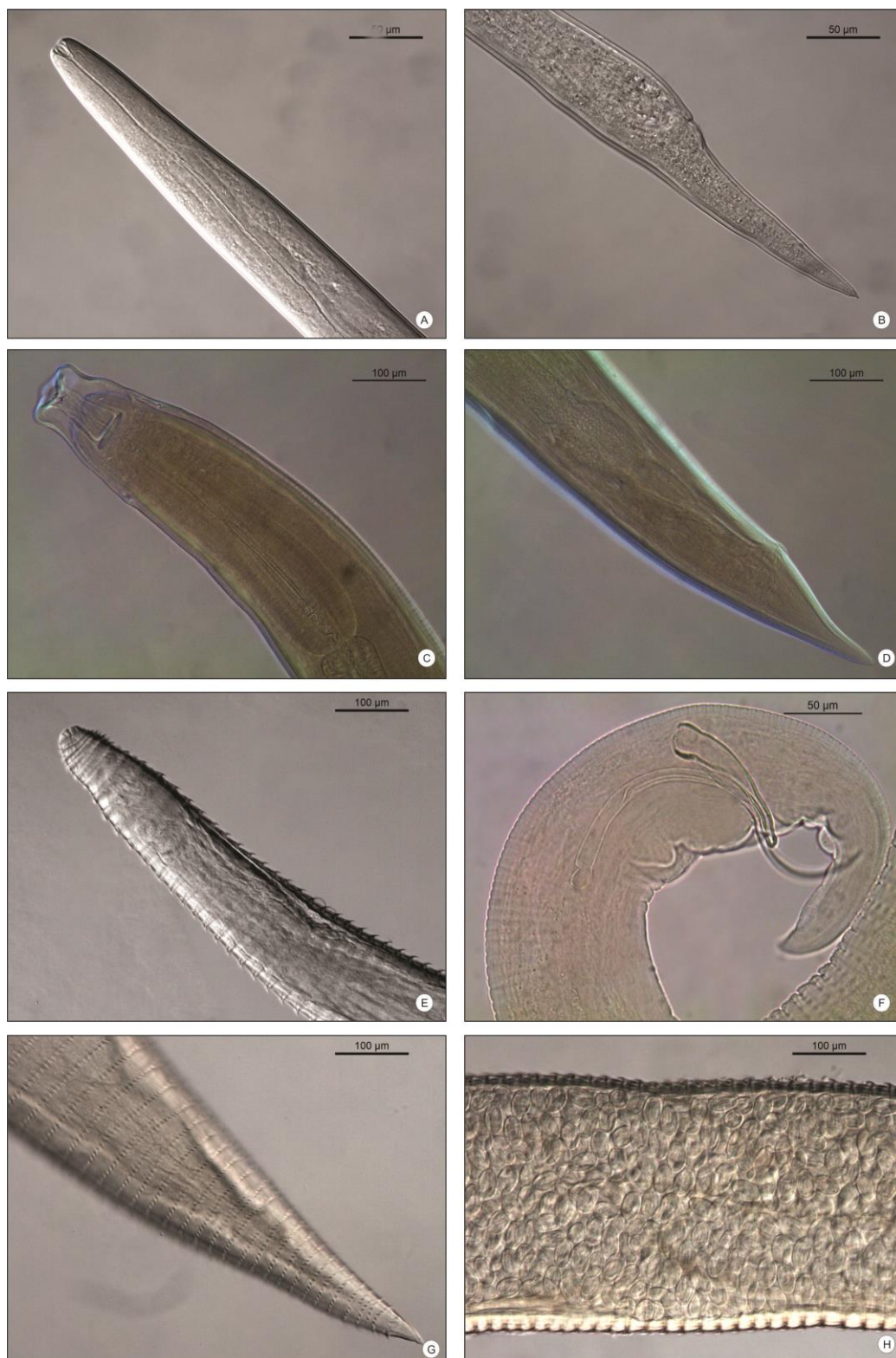


Figura 25. Nematoides encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Rhabdochona* sp.2 (região anterior) encontrado em *Leporinus friderici*, B: Região posterior. C: Nematoda gen. sp.3 (região anterior), encontrado em *Leporinus elongatus*, D: Região posterior. E: *Spinitectus asperus* encontrado em *Prochilodus lineatus*, F: Região posterior do macho, G: Região posterior da fêmea, H: Ovos no útero da fêmea.

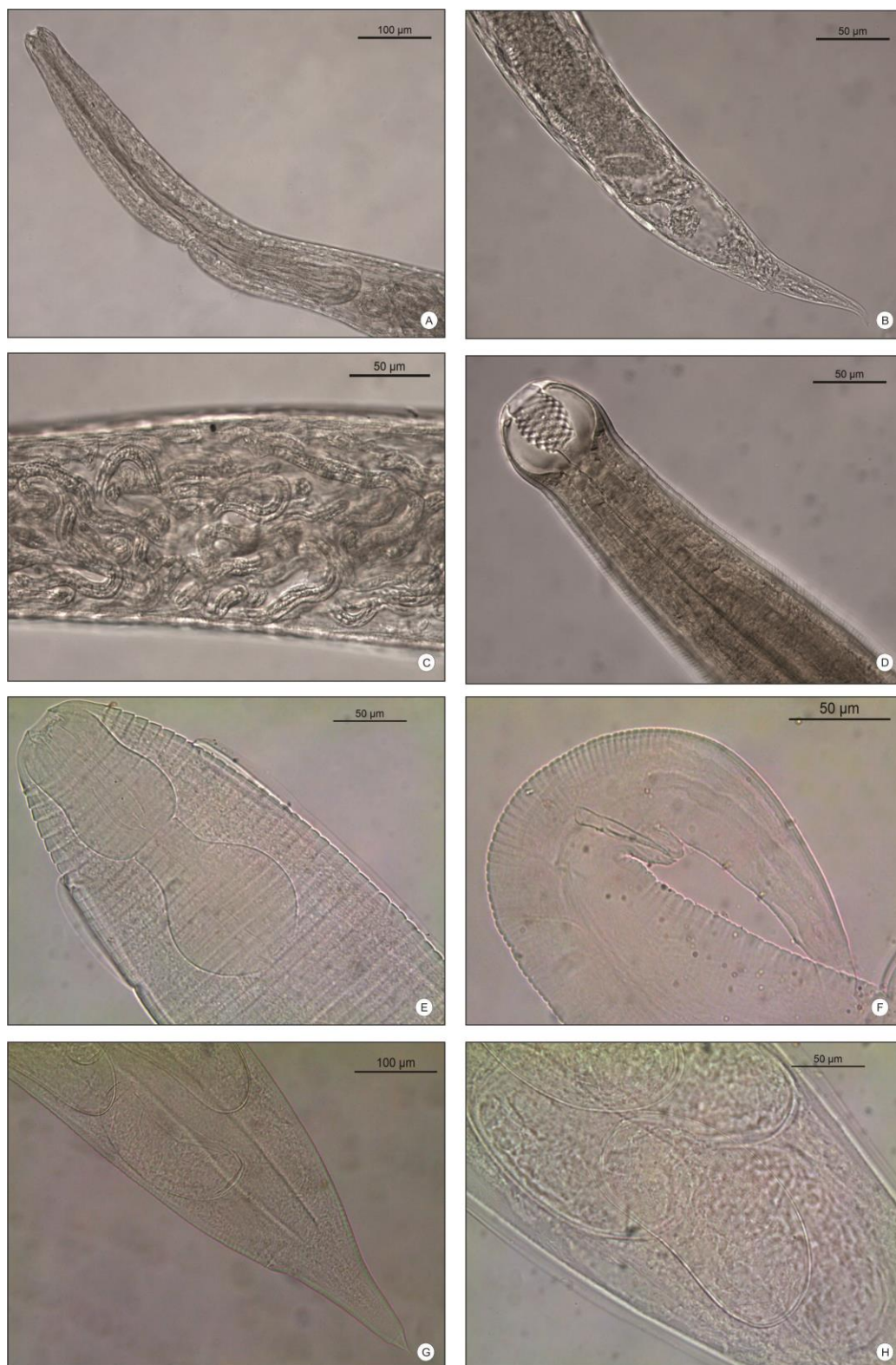


Figura 26. Nematoides encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Guyanema* sp. (região anterior), encontrado em *Prochilodus lineatus*, B: Região posterior, C: Larvas no útero da fêmea; D: *Procamlanus* sp. - larva (região anterior), encontrado em *Schizodon nasutus*; E: *Travnema travnema* (região anterior) encontrado em *Steindachnerina insculpta*, F: Região posterior do macho, G: Região posterior da fêmea, H: Ovos no útero da fêmea.

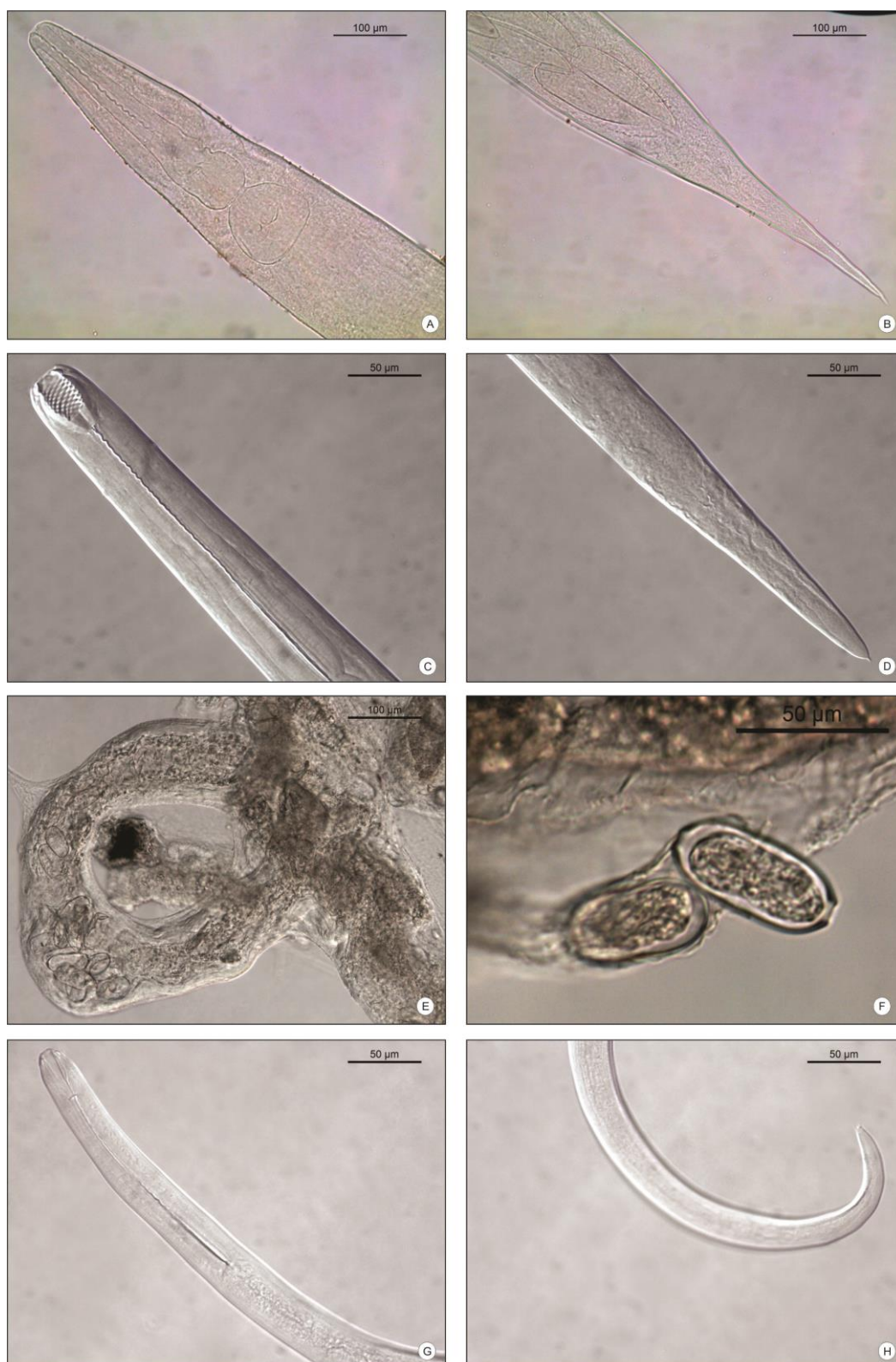


Figura 27. Nematoides encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Cosmoxyinema vianai* (região anterior), encontrado em *Steindachnerina insculpta*, B: Região posterior da fêmea; C: *Procamlanus* sp. - larva (região anterior), encontrado em *Eigenmania trilineata*, D: Região posterior; E: Capillariidae gen. sp. encontrado em *Geophagus brasiliensis*, F: Ovos no útero da fêmea; G: *Procamlanus* sp. - larva (região anterior), encontrado em *G. brasiliensis*, H: Região posterior.

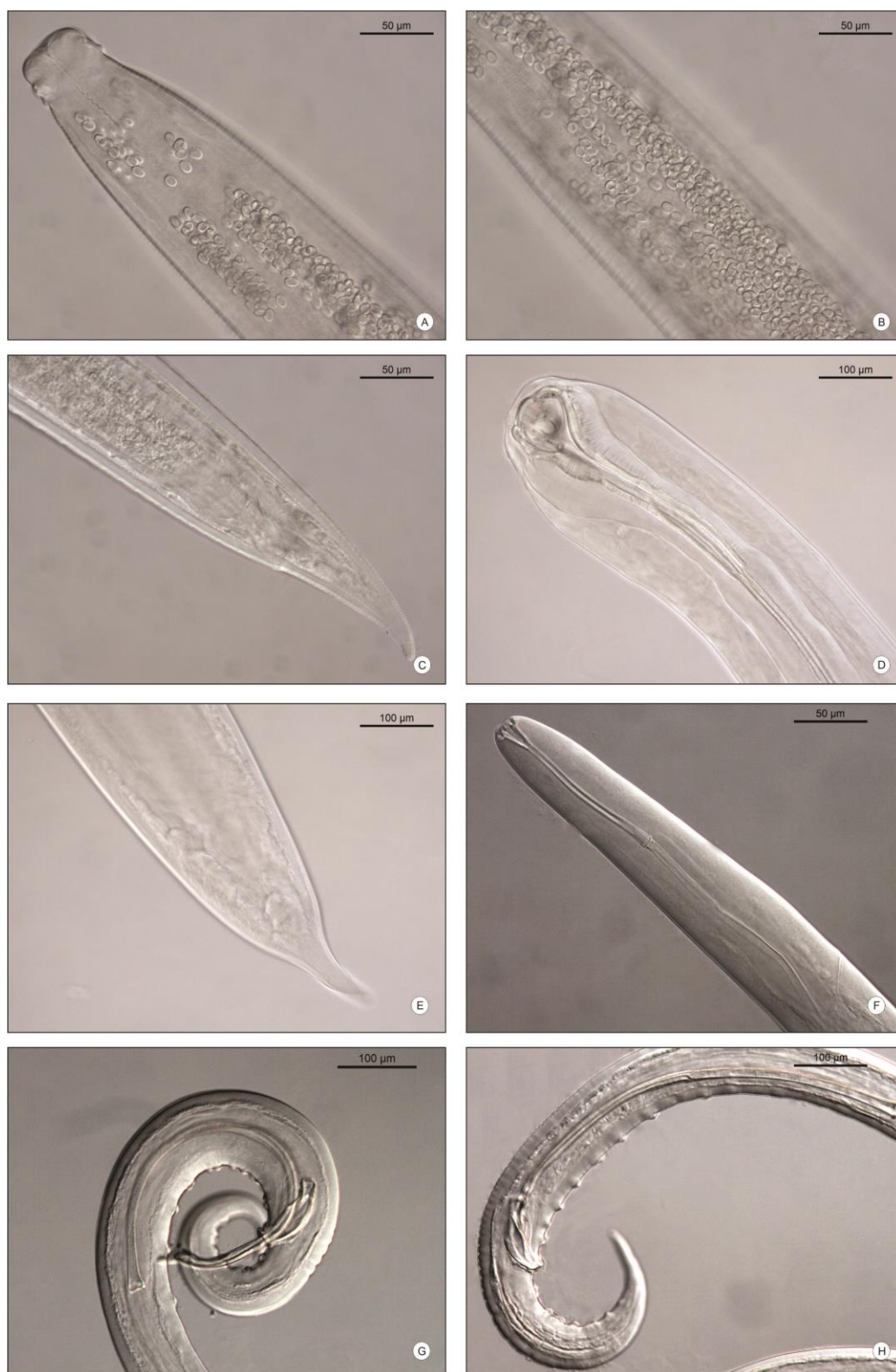


Figura 28. Nematoides encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A, B: Nematoda gen. sp.4 (região anterior), encontrado em *Hoplosternum littorale*, C: Região posterior; D: *Cucullanus* (*Cucullanus*) sp. (região anterior), encontrado em *Rhamdia quelen*, E: Região posterior; F: *Rhabdochona* sp.3 (região anterior) encontrado em *Rhinodoras dorbignyi*, G: Região posterior do macho, H: Região posterior do macho mostrando as papilas.

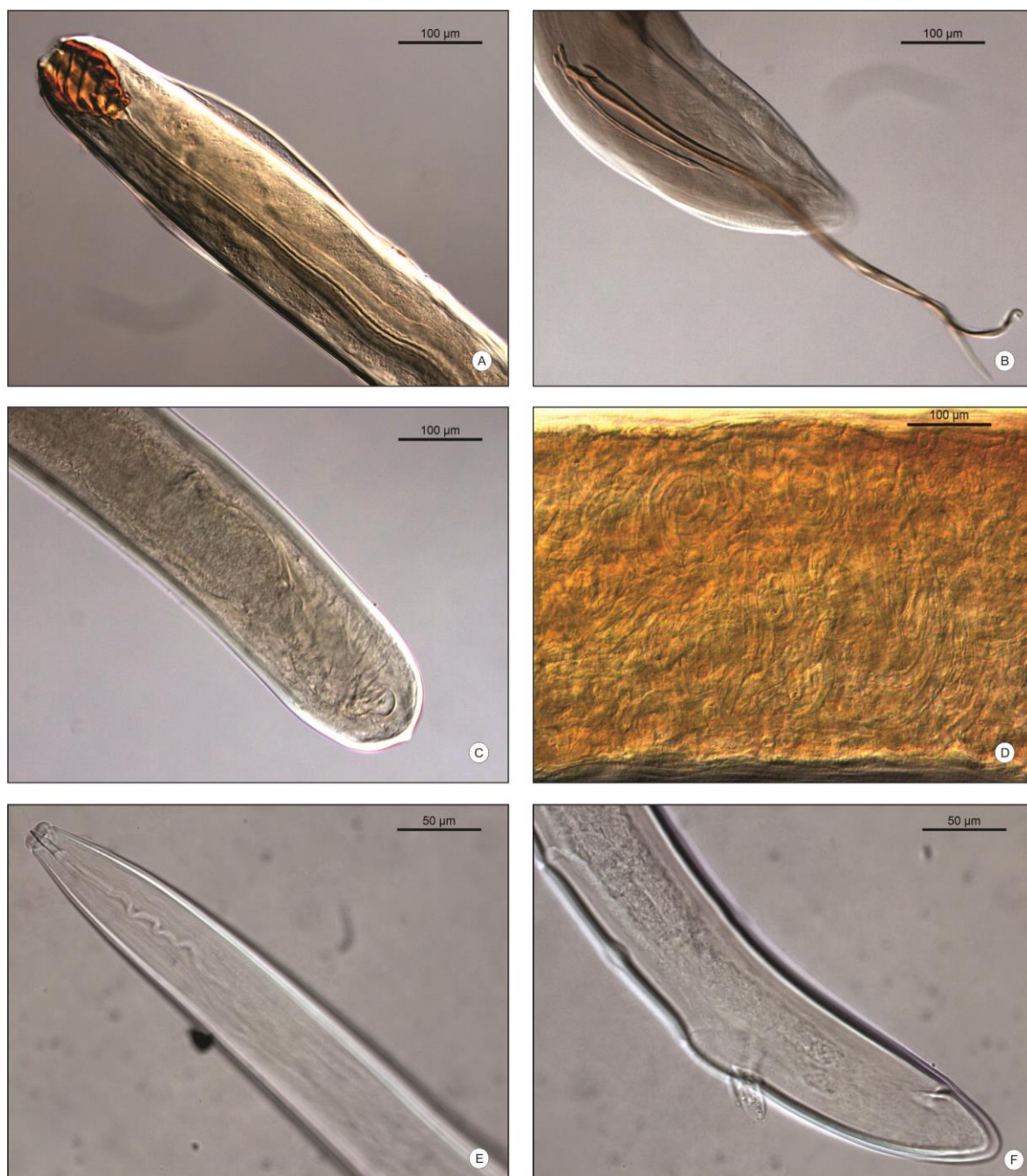


Figura 29. Nematoides encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Procamallanus (Spirocamallanus) rarus* (região anterior), encontrado em *Rhinodoras dorbignyi*, B: Região posterior do macho, C: Região posterior da fêmea; D: Larvas no útero da fêmea; E: Nematóide fitófago encontrado em *Hoplosternum littorale* (Região anterior), F: Região posterior.

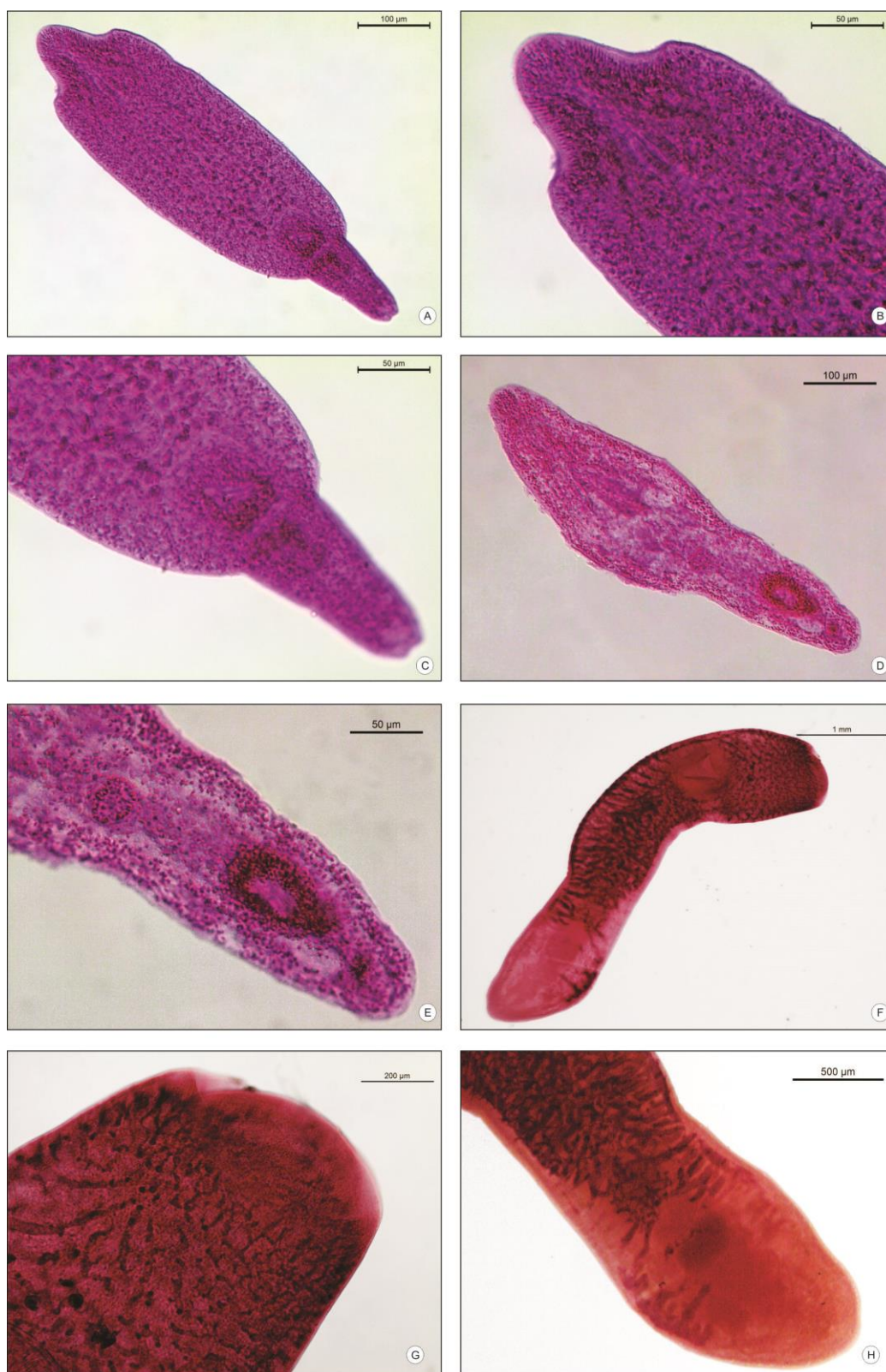


Figura 30. Digenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Tylodelphis* sp. (metacercária), encontrado em *Leporinus octofasciatus*, B: Região anterior, C: Região posterior; D: *Digena* gen. sp.1 (metacercária), encontrado em *Astyanax altiparanae*, E: Região posterior; F: *Clinostomum* sp. (metacercária), encontrado em *Astyanax bockmanni*; G: Região anterior; H: Região posterior.

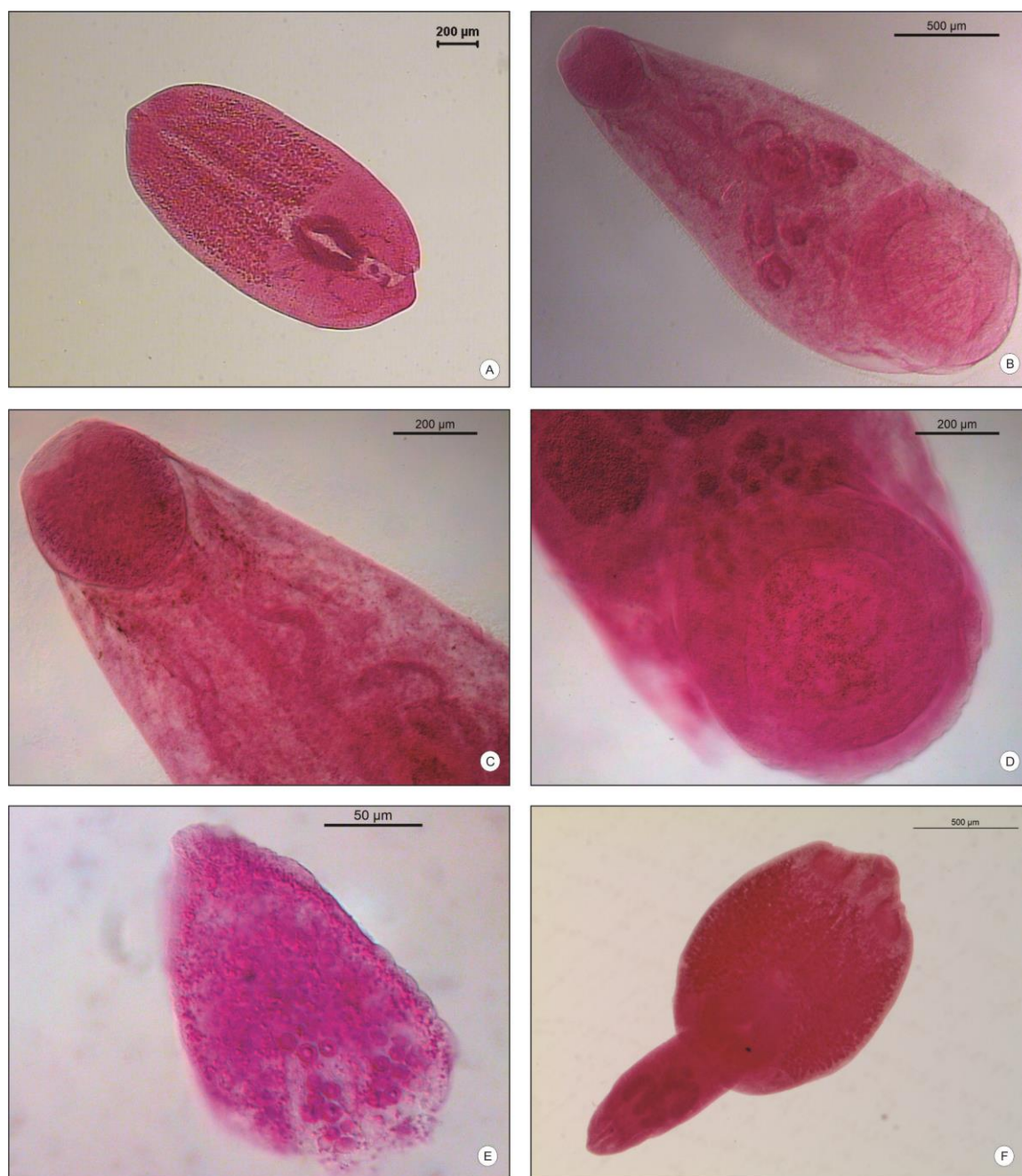


Figura 31. Digenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Austrodiplostomum* sp. (metacercária) encontrado em *Geophagus brasiliensis*, B: *Colocladorchis* sp. encontrado em *Prochilodus lineatus*, C: Região anterior, D: Região posterior; E: Digenea gen. sp.4 (metacercária) e F: *Sphincterodiplostomum musculosum* (metacercária), encontrados em *Steindachnerina insculpta*.

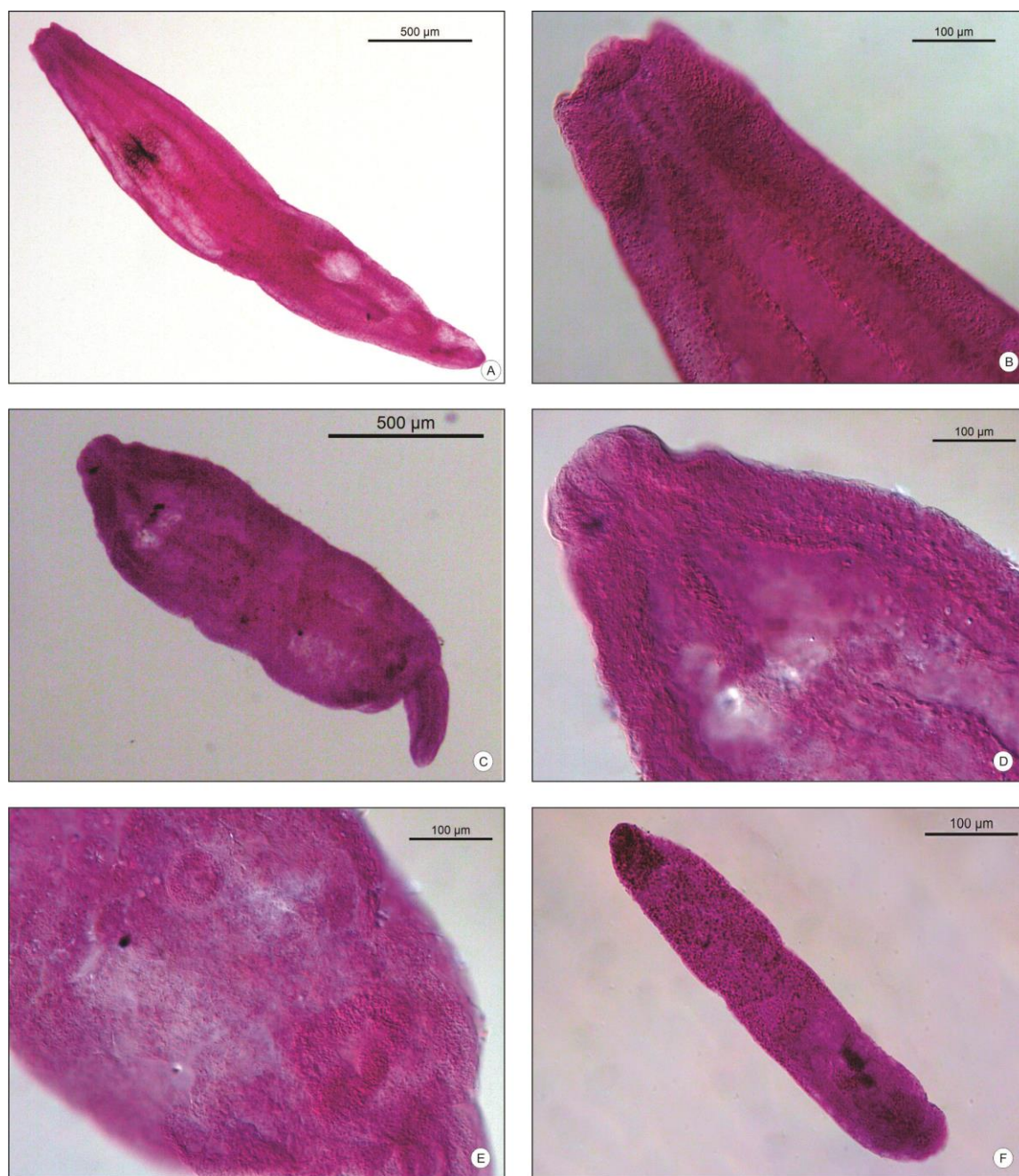


Figura 32. Digenéticos encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: Digenea gen. sp.5 (metacercária), encontrado em *Eigenmania trilineata* (vista total), B: Região anterior; C: Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária), encontrado em *Geophagus brasiliensis*, D: Região anterior, E: Região posterior; F: Digenea gen. sp.7 (metacercária), encontrado em *Rhinodoras dorbignyi*.

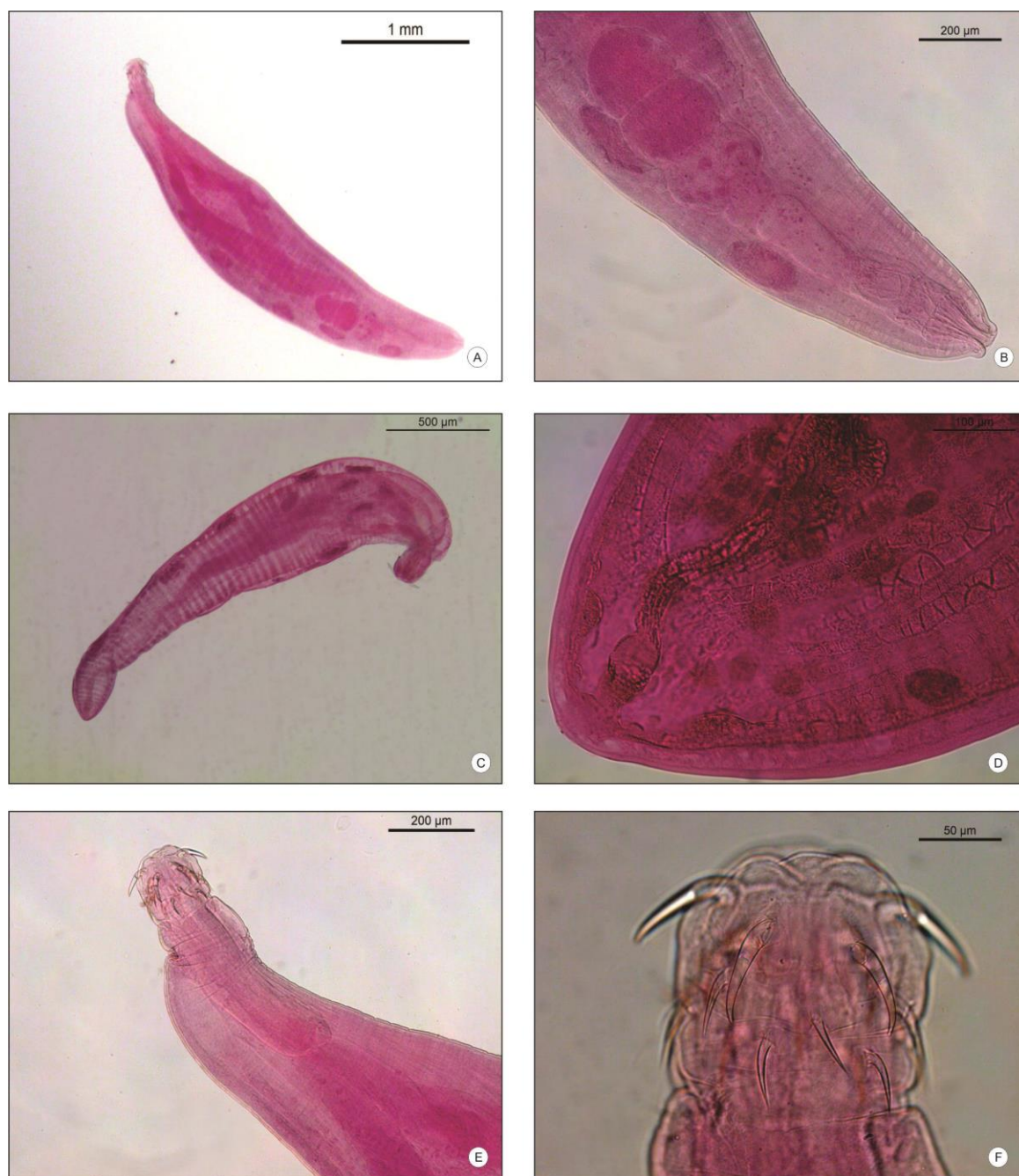


Figura 33. *Neoechinorhynchus curemai* encontrado em *Prochilodus lineatus* provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: Macho (vista total), B: Região posterior do macho, C: Fêmea (vista total), D: Região posterior da fêmea, E: Região anterior, F: Probóscide.

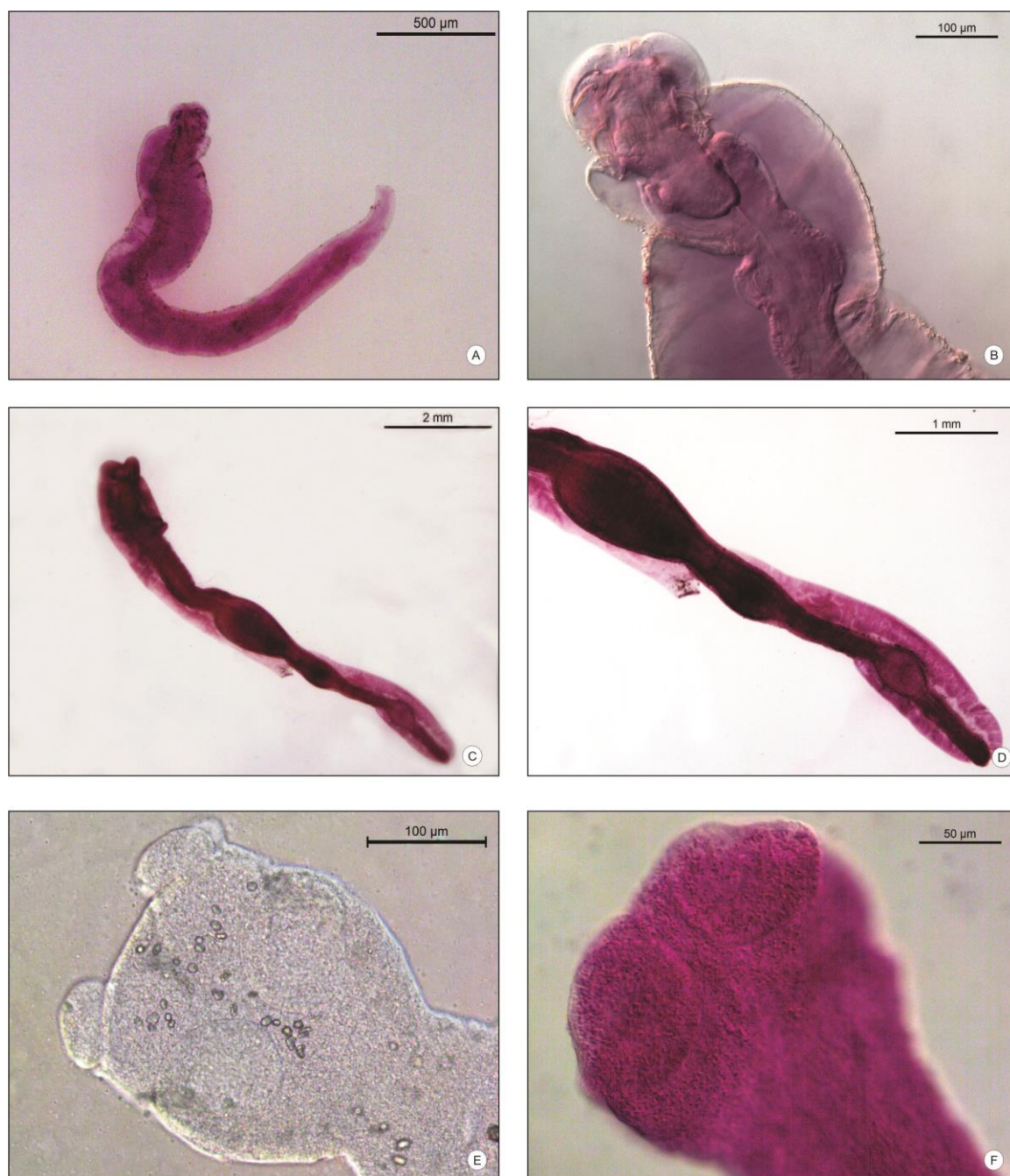


Figura 34. Parasitas encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Neoechinorhynchus* sp. (vista total), encontrado em *Schizodon nasutus*, B: Região anterior; C: *Neoechinorhynchidae* gen. sp. (vista total), encontrado em *Steindachnerina insculpta*; D: Região posterior; E: *Proteocephalidea* gen. sp. (plerocercóide), encontrado em *Astyanax bockmanni*, F: *Proteocephallus* sp. encontrado em *Rhamdia quelen*.

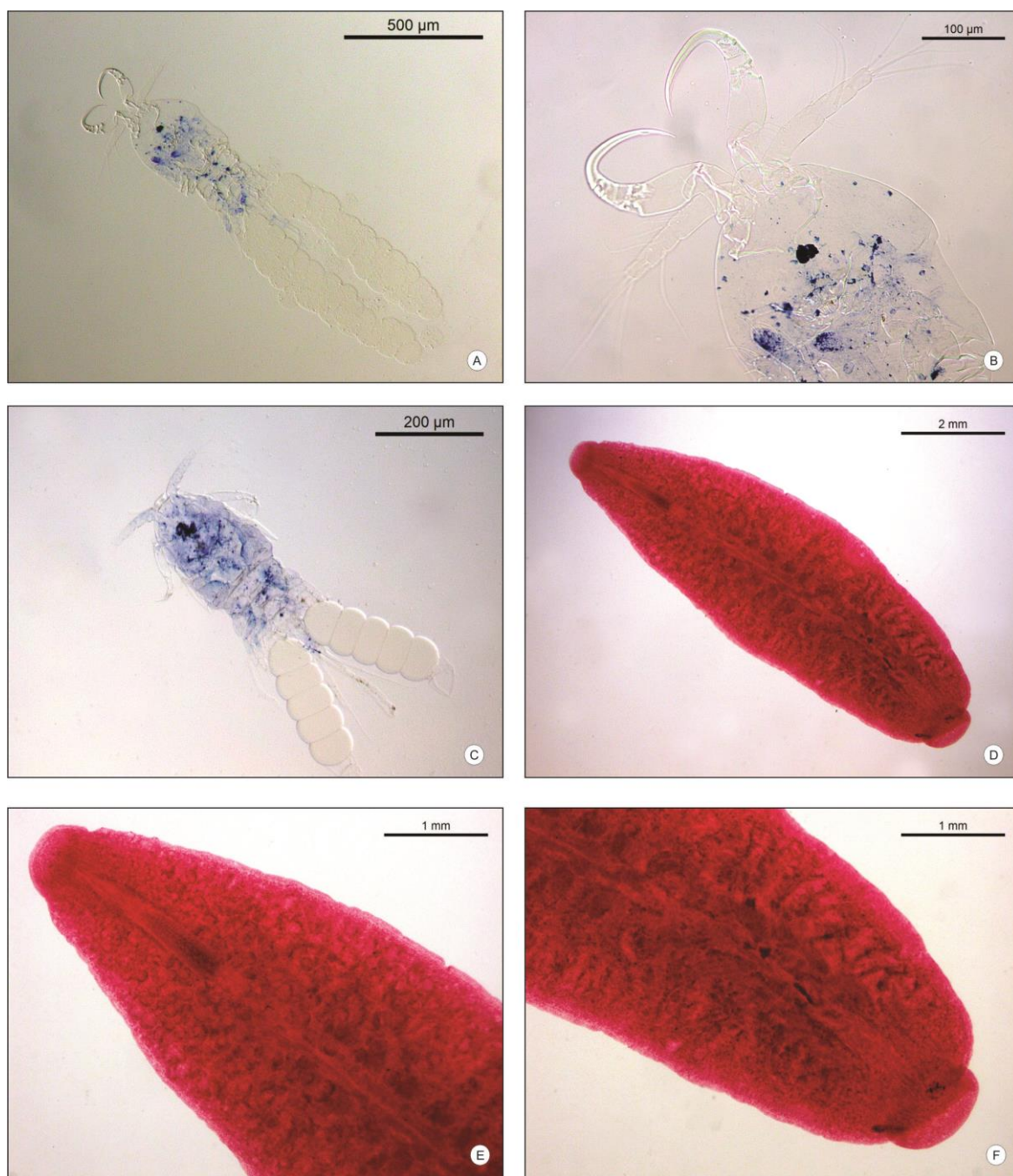


Figura 35. Parasitas encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Ergasilus* sp. (vista total), encontrado em *Prochilodus lineatus*; B: Região anterior; C: *Vaigamus* sp. (vista total), encontrado em *Leporinus elongatus*; D: Hirudinea gen. sp. (vista total), encontrado em *Geophagus brasiliensis*, E: Região anterior, F: Região posterior.



Figura 36. Mixozoários encontrados em peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim/SP, Brasil. A: *Myxobolus* sp. encontrado em *Leporinus elongatus*; B: *Myxobolus* sp. encontrado em *Prochilodus lineatus*, C: *Henneguya* sp. (rompimento de cisto presente nas brânquias) encontrado em *P. lineatus*, D: *Henneguya* sp. encontrado em *P. lineatus*.

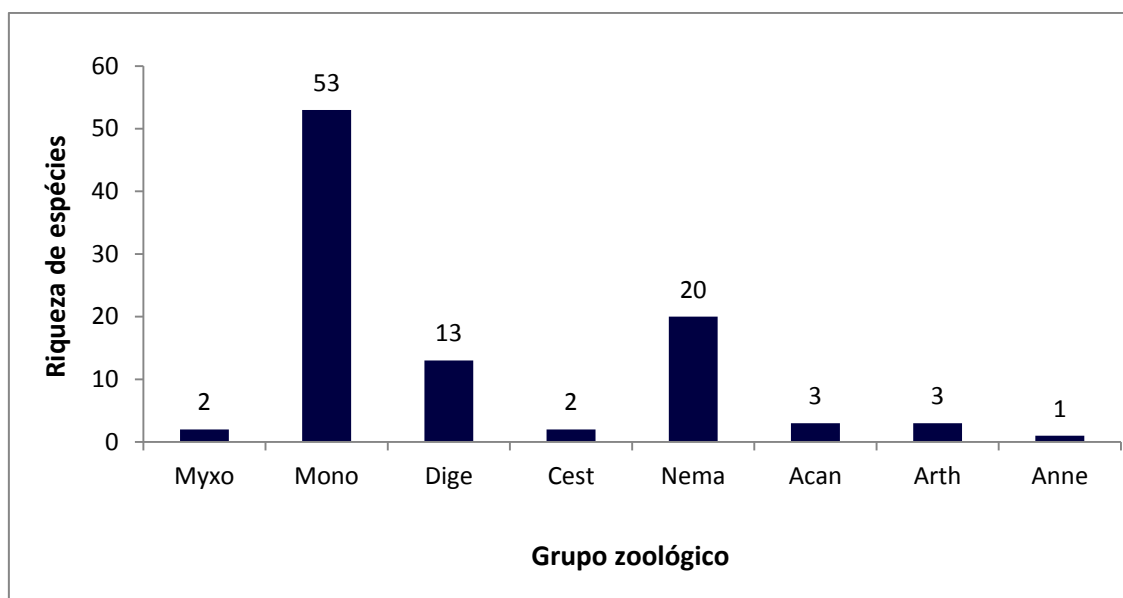


Figura 37. Riqueza de espécies, de acordo com o grupo zoológico, dos parasitas de peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil. Abreviações: Myxo=Myxozoa, Mono=Monogenea, Dige=Digenea, Cest=Cestoda, Nema=Nematoda, Acan=Acanthocephala, Arth=Arthropoda e Anne=Annelida.

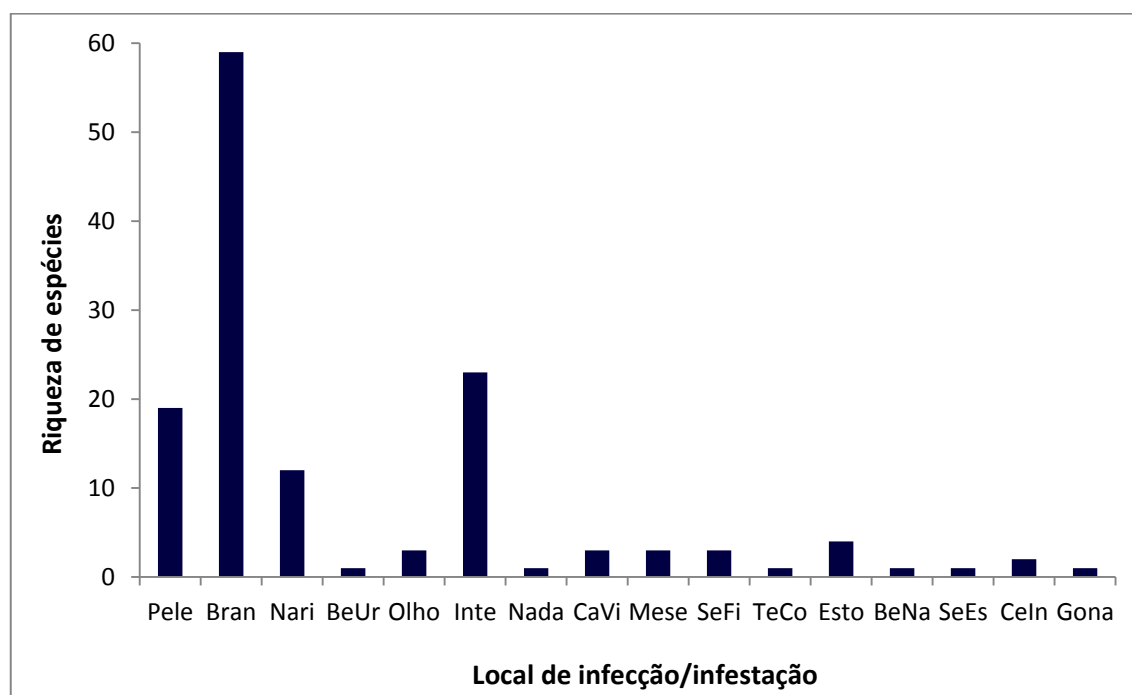


Figura 38. Riqueza de espécies, de acordo com o local de infecção/infestação, dos parasitas de peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil. Abreviações: Bran=Brânquias, Nari=Narinas, BeUr=Bexiga urinária, Inte=Intestino, Nada=Nadadeiras, CaVi=Cavidade visceral, Mese=Mesentério, SeFi=Serosa do fígado, TeCo=Tecido externo do coração, Esto=Estômago, BeNa=Bexiga natatória, SeEs=Serosa do estômago, CeIn=Cecos intestinais e Gona=Gônadas.

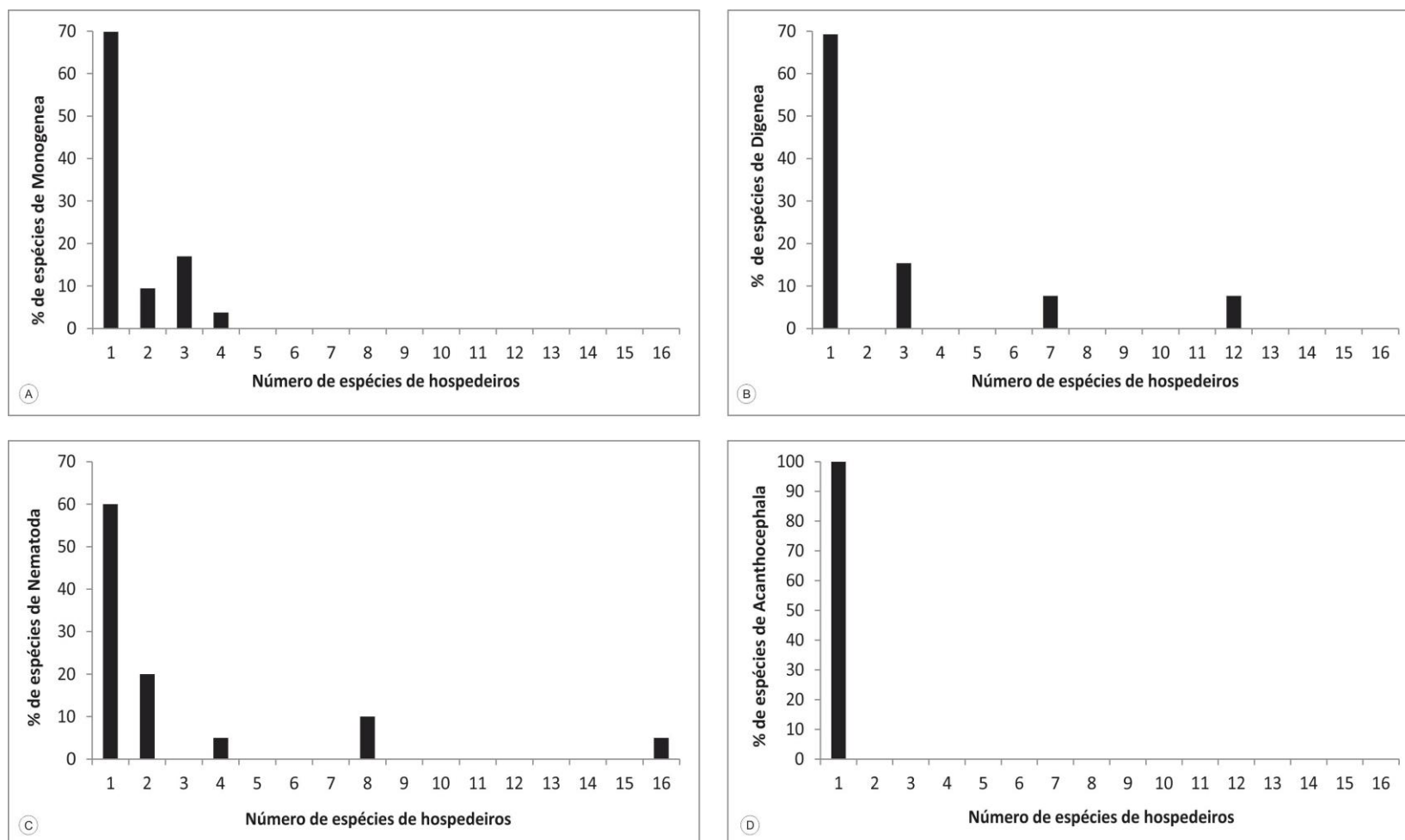


Figura 39. Frequência de distribuição do número de hospedeiros entre as espécies dos grupos de parasitas encontrados em peixes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil. Os resultados estão apresentados separadamente entre os *taxa* estudados. A: Monogenea (n=53), B: Digenea (n=13), C: Nematoda (n=20), D: Acanthocephala (n=3).

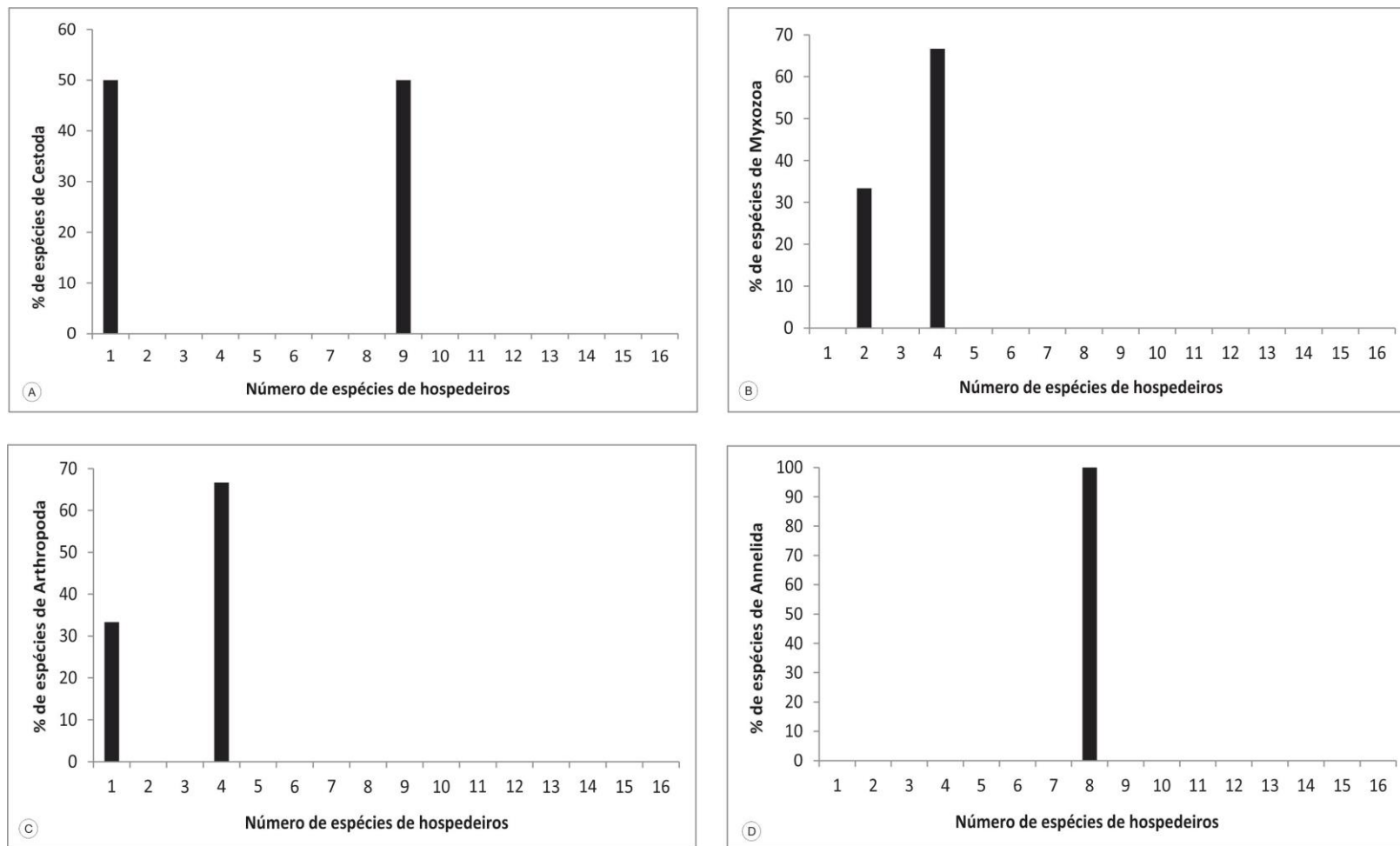


Figura 39 (continuação). Frequência de distribuição do número de hospedeiros entre as espécies dos principais grupos de parasitas encontrados em peixes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil. Os resultados estão apresentados separadamente entre os *taxa* estudados. A: Cestoda (n=2), B: Myxozoa (n=2), C: Arthropoda (n=3), D: Annelida (n=1).

DISCUSSÃO

Os monogenéticos apresentaram a maior riqueza de espécies entre os parasitas observados, sendo que 70% deles foram encontrados parasitando apenas uma espécie de hospedeiro. De acordo com Poulin (1992), estes helmintos claramente apresentam uma alta especificidade pelos hospedeiros, quando comparados a outros grupos de parasitas, indicando que eles provavelmente coevoluíram mais estritamente com os seus hospedeiros do que qualquer outro grupo de parasitas. Esta característica também pode estar relacionada ao fato de que os monogenéticos apresentam pontos de fixação mais restritos e exibem órgãos adesivos que são altamente especializados para determinadas áreas, principalmente nas brânquias de seus hospedeiros (POULIN, 1992).

A grande riqueza de espécies de monogenéticos observada pode estar relacionada ao fato de que estes parasitas são frequentemente encontrados em ambientes lênticos (como por exemplo, lagos e reservatórios de centrais hidrelétricas), uma vez que nesses ambientes a larva livre natante pode encontrar o seu hospedeiro com mais facilidade (LIZAMA; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2006). *Prochilodus lineatus* foi a espécie de peixe que apresentou um maior número de *taxa* de monogenéticos, sendo que os gêneros *Tereancistrum* Kritsky, Thatcher e Kayton, 1980 e *Rhinonastes* Kritsky, Thatcher e Boeger, 1988 encontrados nesse hospedeiro, são exemplos de parasitas típicos de habitats com pouco fluxo de água, uma vez que seus ovos não apresentam filamentos (LIZAMA; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2006).

No que se refere aos nematoides, todas as espécies de peixes estavam infectadas por larvas de *Contracaecum* sp., indicando sua baixa especificidade em relação ao hospedeiro intermediário.

De acordo com Moravec (1998), larvas de *Contracaecum* sp. podem ser encontradas em uma ampla variedade de espécies de peixes de água doce neotropicais pertencentes a diferentes famílias, tais como: Characidae, Curimatidae, Anostomidae, Erythrinidae, Prochilodontidae, Cyprinidae, entre outras. Os parasitas deste gênero apresentam-se distribuídos desde o Sul do Chile, Argentina, passando pelo Brasil e Venezuela, até o Sudeste do México (MADI; SILVA, 2005).

A especificidade dos nematoides parasitas de peixes com relação ao hospedeiro definitivo geralmente parecem ser maiores do que para os hospedeiros intermediários.

Ademais, a composição da fauna de nematoides de peixes é dependente de fatores geográficos, aliado às condições locais e fatores ecológicos, como a presença de hospedeiros intermediários (MORAVEC, 1998).

O ciclo de vida de *Contracaecum* sp. envolve invertebrados (geralmente copópodes) como primeiros hospedeiros intermediários, peixes como segundos hospedeiros intermediários (nos quais se desenvolve a larva de terceiro estágio) e aves e mamíferos piscívoros como hospedeiros definitivos (ANDERSON, 2000). O rio Sapucaí-Mirim provavelmente apresenta todas as condições e hospedeiros necessários ao desenvolvimento do ciclo de vida deste parasita.

As larvas de anisaquídeos também merecem particular atenção na área de saúde pública, devido ao seu potencial zoonótico. Elas podem causar a anisquiase, uma doença emergente que pode ser adquirida por humanos ao ingerir carne de peixe crua ou mal cozida, como por exemplo, sushi, sashimi ou ceviche (SAKANARI; MCKERROW, 1990). Nos peixes, essas larvas são frequentemente encontradas na cavidade intestinal ou aderidas aos órgãos internos, porém após a morte do hospedeiro, elas podem migrar para a musculatura (MARTINS; ONAKA; FENERICK, 2005). Várias espécies de peixes do rio Sapucaí-Mirim são utilizadas para consumo humano através da pesca artesanal, e embora a musculatura não tenha sido analisada neste estudo, a migração das larvas pode ocorrer se houver demora no congelamento destes peixes, indicando seu possível potencial zoonótico.

Nematoides do gênero *Procamallanus* sp. foram encontrados em quase todas as espécies de hospedeiros analisadas (69%). O ciclo de vida destes parasitas envolve peixes como hospedeiros definitivos, e microcrustáceos (como por exemplo, os copépodes) como hospedeiros intermediários, cuja abundância é favorecida em ambientes lânticos. Desta forma, as infecções por *Procamallanus* spp. são esperadas nas espécies de peixes que vivem em áreas alagadas de reservatórios de centrais hidrelétricas, devido ao aumento da disponibilidade de hospedeiros intermediários (MORAVEC, 1998; FELTRAN et al., 2004).

Apesar da especificidade dos nematoides parasitas de peixes geralmente serem maiores com relação ao hospedeiro definitivo (MORAVEC, 1998), há algumas exceções, como por exemplo, *P. (Spirocamallanus) inopinatus*. Esta espécie foi encontrada em oito dos 16 hospedeiros analisados e, de acordo com Moravec (1998), encontra-se amplamente

distribuída entre as espécies de peixes de água doce na América do Sul, sendo relatada em mais de 40 hospedeiros diferentes.

Fêmeas de Capillariidae gen. sp. Railliet, 1915 (apresentando ovos com larvas) foram encontradas encistadas na serosa do fígado de *G. brasiliensis*. Entretanto, como foram observadas em apenas um espécime e estavam densamente emaranhadas e envolvidas pelo tecido reacionário do hospedeiro, não foi possível sua identificação em nível de gênero ou espécie.

Na literatura, não há relatos da presença de Capillariidae em *G. brasiliensis*, porém há duas espécies que já foram encontradas parasitando o fígado de ciclídeos em outros países. *Capillaria (Hepatocapillaria) cichlasomae* Moravec, Scholz e Mendoza-Franco, 1995 foi encontrada em *Cichlasoma urophthalmus* (Günther, 1862) no México e *Schumanella petruschewskii* (Schulman, 1948) em *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) e outras espécies de peixes de diversas famílias na Europa (MORAVEC, 1998). De acordo com Simá, Moravec e Güemez (1996), a fêmea destas espécies de parasitas depositam os ovos sobre a parede do fígado e, juntamente com a reação inflamatória causada pela presença do parasita, podem ocasionar severos danos a esse órgão. Existe também a possibilidade de que *G. brasiliensis* não seja o hospedeiro habitual deste parasita, uma vez que foram encontradas em apenas em um único hospedeiro, necessitando desta forma, de futuros estudos para o esclarecimento desta questão.

Nematoides fitófagos foram encontrados no intestino de *P. lineatus*, *L. elongatus* e *H. littorale*, porém não foram incluídos na Tabela com a composição das espécies de parasitas. Hahn, Almeida e Luz (1997) relatam a presença desse grupo de helmintos como item alimentar de *H. littorale*, apresentando frequência de ocorrência de 9,06% na lagoa dos Patos e 9,93% na lagoa Guaraná, Alto rio Paraná, Brasil. Na literatura, são encontrados vários relatos de outras espécies de peixes que apresentam nematoides como item alimentar (ALMEIDA, FONSÊCA-GENEVOIS; VASCONCELOS-FILHO, 1997; ANDRIAN, SILVA; PERETTI, 2001; FAGUNDES; BEHR; KOTZIAN, 2008; TESK et al., 2014; ACOSTA; SILVA, 2015). Entretanto, estudos futuros devem ser conduzidos de forma a analisar se o encontro desses nematoides em peixes deve-se somente a dieta alimentar ou se este grupo de helmintos pode exercer alguma ação espoliativa nas espécies de peixes que foram encontradas.

Com relação aos digenéticos, a maioria foi encontrada no estágio larval (metacercária), estando presente em 14 dos 16 hospedeiros analisados. Não foi possível identificar a maioria delas até o nível de gênero ou espécie, devido ao estágio de desenvolvimento em que se encontravam. De acordo com Flores e Baccalá (1998), é difícil determinar as espécies de metacercárias devido ao número limitado de diferenças morfológicas entre elas, uma vez que a variação no tamanho dos seus órgãos não é proporcional e não correlacionada com a variação do tamanho do corpo. Além disso, as variações podem ser causadas por fatores bióticos e abióticos, e até mesmo a metodologia utilizada para sua fixação, preservação e processamento para análise em microscópio. Futuros estudos deverão ser conduzidos através do auxílio da biologia molecular, e poderão contribuir para a elucidação das espécies envolvidas no parasitismo por estas metacercárias.

Metacercárias de Diplostomidae gen. sp.1 infectaram grande parte dos hospedeiros, seguidas de *Austrodiplostomum* sp. Metacercárias de *Austrodiplostomum* sp. são frequentemente encontradas nos olhos de peixes de água doce, os quais são os segundos hospedeiros intermediários do seu ciclo de vida (RAMOS et al., 2013). No Brasil, há vários trabalhos relatando a presença deste gênero de metacercária em diversas espécies de peixes (SANTOS et al., 2002; MACHADO; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2005; YAMADA et al., 2008; TAKEMOTO et al., 2009; ZICA et al., 2009, 2011; PAES; CARVALHO; SILVA, 2010a, b; RAMOS et al., 2013). De acordo com Eiras (1994), a presença destes parasitas nos olhos pode causar cegueira ou prejudicar a visão, fazendo com que os peixes se tornem presas fáceis para a captura pelos hospedeiros definitivos (aves piscívoras).

As metacercárias de Diplostomidae gen. sp.1 encontradas neste estudo são intimamente relacionadas com as pertencentes ao gênero *Tylodelphis* sp. Entretanto, futuros estudos deverão ser conduzidos com o auxílio da biologia molecular para confirmar esta observação. No Brasil, há poucos relatos de *Tylodelphis* sp. parasitando peixes, sendo que há registros para as espécies: *A. altiparanae*, *Cyphocharax nagelli* (Steindachner, 1881), *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758, *Leporinus lacustres* Amaral Campos, 1945, *Potamotrygon falkneri* Castex e Maciel, 1963, *P. lineatus* e *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix e Agassiz, 1829) (EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2010). De acordo com Corrêa e Brasil-Sato (2008), as metacercárias de *Tylodelphis* sp. apresentam

comportamento similar as de *Diplostomum* sp. Szidat e Nani (1951) e *Austrodiplostomum* sp., podendo causar catarata e até morte dos peixes, uma vez que a cercária pode penetrar através de qualquer parte do corpo destes hospedeiros.

Representantes do filo Acanthocephala foram encontrados em apenas três espécies de peixes: *P. lineatus*, *S. nasutus* e *S. insculpta*. No intestino de *P. lineatus* foi observada a presença da espécie *Neoechinorhynchus curemai*. Martins et al. (2001) observaram através de análise histopatológica que esta espécie de acantocéfalo pode causar completa descamação do epitélio intestinal, com severa hiperplasia e hipertrofia das células caliciformes, juntamente associada a uma forte reação inflamatória na submucosa intestinal. No presente trabalho, não foi possível observar o grau de patogenicidade deste parasita, entretanto, é provável que tenham exercido ação espoliativa significativa em seus hospedeiros, pois foram encontrados em número elevado (mais de 200) em alguns espécimes de peixes.

O acantocéfalo encontrado em *S. insculpta* pertence à família Neoechinorhynchidae Ward, 1917, sendo que não foi possível identifica-lo em nível de espécie. Entretanto, há relatos na literatura das espécies *Goritocephalus plecostomorum* Nickol e Thatcher, 1971 e *Gorytocephalus spectabilis* (Machado, 1959) parasitando *Steindachnerina* spp. (SANTOS et al., 2008; ACOSTA et al., 2013).

Cestoides foram encontrados no estágio larval (plerocercoides) em nove espécies de peixes, sendo que somente em *R. quelen* foram encontrados na fase adulta. Os plerocercoides foram observados principalmente nas espécies: *A. altiparanae*, *A. bockmanii*, *A. fasciatus*, *G. brasiliensis* e *S. insculpta*, as quais servem de alimento para peixes carnívoros e piscívoros de maior porte, além de mamíferos, répteis e aves piscívoras (HAHN et al., 1997; NOVAKOWSKI; HAHN; FUGI, 2007). Desta forma, estes peixes apresentam um importante papel na cadeia alimentar, funcionando como um meio para algumas espécies de parasitas heteroxenos atingirem seus hospedeiros definitivos.

O principal local de infestação dos parasitas foram as brânquias, sendo que tal fato pode ser explicado devido principalmente a presença de diversas espécies de monogenéticos, seguidos de metacercárias de digenéticos, ergasilídeos, hirudíneos e mixozoários. A presença destes parasitas nas brânquias (com exceção das metacercárias e mixozoários que foram encontrados encistados) deve-se principalmente a presença de

estruturas de fixação, tais como: garras (nos ergasilídeos), ganchos e âncoras (nos monogenéticos) e ventosas (nos hirudíneos), as quais podem causar danos físicos diretos nos tecidos (THATCHER, 2006).

De acordo com Takemoto et al. (2009), para entender o papel da comunidade de parasitas em um ecossistema, primeiramente se faz necessário um conhecimento prévio da composição de espécies de parasitas, uma vez que as abordagens taxonômicas e sistemáticas são a chave para entender como os fatores bióticos e abióticos afetam as espécies, de modo que não é possível entender os efeitos sobre uma população sem o conhecimento da espécie.

Através do presente estudo, foi possível observar a presença de diversos *taxa* de parasitas, incluindo várias novas espécies e novos registros de hospedeiros e distribuição geográfica, representando desta forma uma importante contribuição ao conhecimento sobre a fauna parasitária de peixes brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, A. A.; QUEIROZ, J.; BRANDÃO, H.; CARVALHO, E. D.; SILVA, R. J. Helminths of *Steindachnerina insculpta* in two distinct stretches of the Taquari River, state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.22, n.4, p.539-547, 2013.
- ACOSTA, A. A.; SILVA, R. J. First record of *Hysterothylacium* sp. Moravec, Kohn et Fernandes, 1993 larvae (Nematoda: Anisakidae) infecting the ornamental fish *Hyphessobrycon eques* Steindachner, 1882 (Characiformes, Characidae). **Brazilian Journal of Biology**, v.75, n.3, p.638-642, 2015.
- ALBERTIN, L. L.; MAUAD, F. F. Utilização de simulação computacional no gerenciamento integrado da água na bacia do Sapucaí-Grande no Estado de São Paulo. **Minerva**, v.3, n.2, p.215-222. 2008.
- ALMEIDA, Z. S.; FONSÊCA-GENEVOIS, V.; VASCONCELOS-FILHO, A. L. Alimentação de *Achirus lineatus* (Teleostei, Pleuronectiforme: Achiridae) em Itapissuma-PE. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v.10, p.79-95, 1997.

- AMATO, J. F. R.; BOEGER, W. A.; AMATO, S. B. **Protocolos para laboratório – Coleta e processamento de parasitos de pescado**. Rio de Janeiro: Imprensa Universitária – UFRRJ, 1991. 81p.
- ANDERSON, R.C. **Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission**. 2nd ed. New York: CABI Publishing, 2000. 650 p.
- ANDRADE, C.M. **Meios e soluções comumente empregados em laboratórios**. Rio de Janeiro: Editora Universidade Rural, 2000. 353p.
- ANDRIAN, I. F.; SILVA, H. B. R.; PERETTI, D. Dieta de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characiformes, Characidae), da área de influência do reservatório de Corumbá, Estado de Goiás, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 23, n. 2, p. 435-440, 2001.
- AZEVEDO, R. K. **Biodiversidade das comunidades parasitárias dos peixes do Rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. 2010. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. A. A. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias (com chaves de identificação para os peixes da bacia do São Francisco)**. 3^a. ed. Brasília: Câmara dos Deputados/CODEVASF, 1988. 143 p.
- BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Rio de Janeiro: Museu Nacional Publisher, 2007. 195p.
- BUSH, A. O.; LAFFERTY, K. D.; LOTZ, J. M.; SHOSTAK, A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **Journal of Parasitology**, v.83, n.4, p.575-583. 1997.
- CASTRO R. M. C.; CASATTI, L.; SANTOS, H. F.; MELO, A. L. A.; MARTINS, L. S. F.; FERREIRA, K. M.; GIBRAN, F. Z.; BENINE, R. C.; CARVALHO, M.; RIBEIRO, A. C.; ABREU, T. X.; BOCKMANN, F. A.; PELIÇÃO, G. Z.; STOPIGLIA, R.; LANGEANI, F. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do rio Grande no Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v.4, n.1, p.1-12, 2004.

- CESÁRIO, V. V. **Estudo sobre a ictiofauna do rio Sapucaí-Mirim, afluyente da margem esquerda do rio Grande no Estado de São Paulo: composição, distribuição espacial e sazonalidade.** 2010. 71f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e recursos naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- COHEN, S. C.; JUSTO, M. C.; KOHN, A. **South American Monogenoidea parasites of fishes, amphibians and reptiles.** Rio de Janeiro: Oficina de livros, 2013. 663p.
- CORRÊA, R. F. S. S.; BRASIL-SATO, M. C. Digenea in the Surubim *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix and Agassiz, 1829) (Siluriformes: Pimelodidae) of the Upper São Francisco River, State of Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.6, p.1181-1185, 2008.
- EIRAS, J. C. **Elementos de ictioparasitologia.** Porto: Fundação Eng. Antônio de Almeida, 1994. 339 p.
- EIRAS, J.C., TAKEMOTO, R.M.; PAVANELLI, G.C. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes.** Maringá: Eduem, 2ª ed., 2006. 199p.
- EIRAS, J.C., TAKEMOTO, R.M.; PAVANELLI, G.C. **Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil.** Maringá: Clichetec, 2010. 333p.
- EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C.; ADRIANO, E. A. About the biodiversity of parasites of freshwater fish from Brazil. **Bulletin of the European Association of Fish Pathologists**, v.31, n.4, p.161-168, 2011.
- FAGUNDES, C. K.; BEHR, E. R.; KOTZIAN, C. B. Diet of *Iheringichthys labrosus* (Siluriformes, Pimelodidae) in the Ibicuí River, Southern Brazil. **Iheringia**, v.98, n.1, p.60-65, 2008.
- FELTRAN, R. B.; JÚNIOR, O. M.; PINESE, J. F.; TAKEMOTO, R. M. Prevalência, abundância, intensidade e amplitude de infecção de nematóides intestinais em *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) e *L. obtusidens* (Valenciennes, 1836) (Pisces, Anostomidae), na represa de Nova Ponte (Perdizes, MG). **Revista Brasileira de Zoociências**, v.6, n.2, p.169-179, 2004.

- FLORES, V.; BACCALÁ, N. Multivariate analyses in the taxonomy of two species of *Tylodelphys* Diesing, 1850 (Trematoda: Diplostomidae) from *Galaxias maculatus* (Teleostei: Galaxiidae). **Systematic Parasitology**, v.40, p.221–227, 1998.
- FROESE, R.; PAULY, D. **FishBase**. 2015. Disponível em: <www.fishbase.org> Acesso em: 17 dez. 2015.
- GIBSON, D. I.; MARGOLIS, L.; KABATA, Z. **Guide to the parasites of fishes of Canada**. Part 4. Trematoda. Ottawa: National Research Council of Canada, 1996. 382p.
- HAHN, N. S.; ALMEIDA, V. L. L.; LUZ, K. D. G. Alimentação e ciclo alimentar diário de *Hoplosternum littorale* (Hancock) (Siluriformes, Calllchthyidae) nas lagoas Guaraná e Patos da Planície do Alto Rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.14, n.1, p.57-64, 1997.
- JOLY, C. A.; HADDAD, C. F. B.; VERDADE, L. M.; OLIVEIRA, M. C.; BOLZANI, V. S.; BERLINCK, R. G. S. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. **Revista USP**, n.89, p.114-133, 2011.
- KLEIN, S.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R.; REIDEL, A.; SIGNOR, A.; SIGNOR, A.A. Utilização de produtos químicos no controle de *Ichthyophthirius multifiliis*, Fouquet (1876) em alevinos de surubim do Iguaçu *Steindachneridion* sp., Garavello (1991). **Semina: Ciências Agrárias**, v.25, p.51–58, 2004.
- KRISTSKY, D. C.; THATCHER, V. E.; BOEGER, V. A. Neotropical Monogenea. Revision of *Urocleidoides* (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae). **Proceedings of the Helminthological Society of Washington**, v.53, p.1-37. 1986.
- LANGEANI, F.; CORREA, R. M. C.; OYAKAWA, O. T.; SHIBATT, O. A.; PAVANELLI, C. S.; CASATTI, L. Diversidade da ictiofauna do Alto Paraná: composição atual e perspectivas futuras. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 7, n. 3, p.181-197, 2007.
- LEVÊQUE, C.; OBERDORFF, T.; PAUGY, D.; STIASSNY, M. L. J.; TEDESCO, P. A. Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. **Hydrobiologia**, n.595, p.545-567, 2008.

- LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. Biodiversity of Brazil: a synthesis of the current state of knowledge. In: Lewinsohn, T. M.; Prado, P. I. (Org.). **Biodiversidade brasileira: síntese do estado do conhecimento atual**. São Paulo: Contexto Acadêmica, 2002. p.139-144.
- LIZAMA, M. A. P.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Influence of the seasonal and environmental patterns and host reproduction on the metazoan parasites of *Prochilodus lineatus*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.49, n.4, p.611-622, 2006.
- MACHADO, P. M.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. *Diplostomum* (*Austrodiplostomum*) *compactum* (Lutz, 1928) (Platyhelminthes, Digenea) metacercariae in fish from the floodplain of the Upper Paraná River, Brazil. **Parasitology Research**, v.97, p.436–444, 2005.
- MADI, R. R.; SILVA, M. S. R. *Contracaecum* Railliet e Henry, 1912 (Nematoda, Anisakidae): o parasitismo relacionado à biologia de três espécies de peixes piscívoros no reservatório do Jaguari, SP. **Revista Brasileira de Zoociências**, v.7, n.1, p.15-24, 2005.
- MARCOGLIESE, D. J.; D. K. CONE. Parasite communities as indicators of ecosystem stress. **Parassitologia**, v.39, p.227–232. 1997.
- MARTINS, M. L.; FUJIMOTO, R. Y.; ANDRADE, P. M.; TAVARES-DIAS, M. Recent studies on *Neoechinorhynchus curemai* NORONHA, 1973 (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae), in *Prochilodus lineatus* Valenciennes, 1836, from Volta Grande Reservoir, MG, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.60, n.4, p.673-682, 2000.
- MARTINS, M. L.; MORAES, F. R.; FUJIMOTO, R. Y.; ONAKA, E. M.; QUINTANA, C. I. F. Prevalence and histopathology of *Neoechinorhynchus curemai* Noronha, 1973 (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) in *Prochilodus lineatus* valenciennes, 1836 from Volta Grande Reservoir, MG, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.61, n.3, p.517-522, 2001.
- MARTINS, M. L.; ONAKA, E. M.; FENERICK JR, J. Larval *Contracaecum* sp. (Nematoda: Anisakidae) in *Hoplias malabaricus* and *Hoplerethrinus unitaeniatus*

- (Osteichthyes: Erythrinidae) of economic importance in occidental marshlands of Maranhão, Brazil. **Veterinary Parasitology**, v.127, n.1, p.51–59, 2005.
- MORAVEC, F. **Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical region**. Czech Republic: Academia Praha, 1998. 464p.
- NELSON, J. S. **Fishes of the world**. 4^a ed. New York: John Wiley & Sons, 2006. 601p.
- NOVAKOWSKI, G. C.; HAHN, N.S.; FUGI, R. Alimentação de peixes piscívoros antes e após a formação do reservatório de Salto Caxias, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, v.7, n.2, p.149-154, 2007.
- PAES, J. V. K.; CARVALHO, E. D.; SILVA, R. J. Infection levels of *Austrodiplostomum compactum* (Digenea, Diplostomidae) metacercariae in *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Sciaenidae) from the Nova Avanhandava reservoir, São Paulo State, Brazil. **Journal of Helminthology**, v.84, p.284–291, 2010a.
- PAES, J. V. K.; CARVALHO, E. D.; SILVA, R. J. Infection by *Diplostomum* (*Austrodiplostomum*) *compactum* metacercariae in fishes from the Nova Avanhandava Reservoir, Tietê River, São Paulo, Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.32, p.273–278, 2010b.
- PARAGUASSÚ, A. R.; LUQUE, J. L. Metazoários parasitos de seis espécies de peixes do reservatório de Lajes, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.16, n.3, p.121-128. 2007.
- PERTIERRA, A. A. G. Redescription of *Proteocephalus bagri* and *P. rhamdiae* (Cestoda: Proteocephalidae), parasites of *Rhamdia quelen* (Siluriformes: Pimelodidae) from South America, with comments on morphological variation. **Folia Parasitologica**, v.49, p.55-66, 2002.
- POULIN, R. Determinants of host-specificity in parasites of freshwater fishes. **International Journal for Parasitology**, v. 22, n.6, p.753-758, 1992.
- POULIN, R.; MORAND, S. **Parasite Biodiversity**. Smithsonian Books: Washington, DC, 2004. 216p.

- RAMOS, I. P.; FRANCESCHINI, L.; ZAGO, A. C.; ZICA, E. O. P.; WUNDERLICH, A. C.; CARVALHO, E. D.; SILVA, R. J. New host records and a checklist of fishes infected with *Austrodiplostomum compactum* (Digenea: Diplostomidae) in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.22, n.4, p.511-518, 2013.
- REGO, A. A.; CHUBB, J. C.; PAVANELLI, G. C. Cestodes in South American freshwater teleost fishes: keys to genera and brief description of species. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.16, p.299-367, 1999.
- REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, J. C. J. (Org.) **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: Edipucrs, 2003. 742p.
- RESENDE, E. K. Bioecologia do curimbatá, *Prochilodus lineatus* no Pantanal do Miranda-Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.4, p.261-276, 1992.
- ROSA, R. S.; LIMA, F. C. T. **Os peixes brasileiros ameaçados de extinção**. Ministério do Meio Ambiente. 2015. 278p. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/vol_ii_peixes.pdf > Acesso em: 17 dez. 2015.
- SAKANARI, J. A.; MCKERROW, J. H. Identification of the secreted neutral proteases from *Anisakis simplex*. **Journal of Parasitology**, v.76, n.5, p.625-630, 1990.
- SANTOS, R. S.; PIMENTA, F. D. A.; MARTINS, M. L.; TAKAHASHI, H. K.; MARENGONI, N. G. Metacercárias de *Diplostomum* (*Austrodiplostomum*) *compactum* Lutz, 1928 (Digenea, Diplostomidae) em peixes do rio Paraná, Brasil: prevalência, sazonalidade e intensidade de infecção. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.24, p.475-480, 2002.
- SANTOS, C. P.; GIBSON, D. I.; TAVARES, L. E. R.; LUQUE, J. L. Checklist of Acanthocephala associated with the fishes of Brazil. **Zootaxa**, v.1938, p.1-22, 2008.
- SÃO PAULO (Estado). **Comitê da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhsmg/apresentacao>> Acesso em: 15 dez. 2015.

- SIMÁ, A. R.; MORAVEC, F.; GÜEMEZ, R. J. Pathogenic effects of the eggs of *Capillaria cichlasomae* (Nematoda: Capillariidea) in the liver of the cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Günther) in Mexico. **Journal of fish diseases**, n.19, p.175-178, 1996.
- SURES, B.; TARASCHEWSKI, H.; JACKWERTH, E. Comparative study of lead accumulation in different organs of perch (*Perca fluviatilis*) and its intestinal parasite *Acanthocephalus lucii*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.52, p.269–273. 1994.
- TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C.; LIZAMA, M. A. P.; LACERDA, A. C. F.; YAMADA, F. H.; MOREIRA, L. H. A.; CESCHINI, T. L.; BELLAY, S. Diversity of parasites of fish from the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.69, Suppl.2, p.691-705, 2009.
- TESK, A.; MATOS, L. S.; PARISOTTO, D. C.; CABECEIRA, F. G.; CARVALHO, L. N. Dieta do peixe elétrico *Gymnorhamphichthys petiti* Géry & Vu-Tântuê, 1964 (Rhamphichthyidae), em riachos da bacia do rio Teles Pires, Amazônia Meridional. **Bioscience Journal**, v.30, n.5, p.1573-1577, 2014.
- THATCHER, V. E. **Amazon fish parasites**. 2nd ed. Bulgaria: Pensoft. 2006. 508 p.
- WILLIAMS, H. H.; MACKENZIE, K.; MACCARTHY, A. M. Parasites as biological indicators of the population biology, migration, diet and phylogenetics of fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.2, p.144–176. 1992.
- YAMADA, F. H.; MOREIRA, L. H. A.; CESCHINI, T. L.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Novas ocorrências de metacercária de *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Platyhelminthes, Digenea) parasito de olhos de peixes da bacia do rio Paraná. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.17, p.163-166, 2008.
- ZICA, E. O. P.; SANTOS, K. R.; RAMOS, I. P.; ZANATTA, A. S.; CARVALHO, E. D.; SILVA, R. J. First case of an infection of the metacercariae of *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Digenea, Diplostomidae) in *Hypostomus regani* (Ihering, 1905) (Siluriformes: Loricariidae). **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v.4, p.35–38, 2009.

ZICA, E. O. P.; BRANDÃO, H.; ZAWADZKI, C. H.; NOBILE, A. B.; CARVALHO, E. D.; SILVA, R. J. The occurrence of *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Digenea: Diplostomidae) metacercariae in the eyes of loricariid fish (Siluriformes: Osteichthyes: Loricariidae) from Brazil. **Journal of Helminthology**, v.85, p.73–79, 2011.

Artigo 2

*Estrutura das comunidades de metazoários
parasitas de Characiformes provenientes do rio
Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil*



RESUMO

Descrever e explicar os padrões de estrutura das comunidades é um dos temas centrais da ecologia, sendo que numerosos estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de identificar os fatores ou padrões envolvidos na organização das comunidades de diversas espécies de organismos vivos. Nesse sentido, uma nova análise, chamada de árvore de regressão multivariada (MRT – *multivariate regression tree*) foi proposta e vem sendo utilizada para auxiliar no entendimento dos determinantes das abundâncias parasitárias. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a estrutura das comunidades de metazoários parasitas de peixes Characiformes procedentes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, bem como analisar, através da MRT, a abundância das comunidades de parasitas em escalas múltiplas e quantificar a importância relativa de cada fator testado, assim como o impacto dos principais fatores sobre os *taxa* dos parasitas. Durante o período de março de 2012 a julho de 2013, foram coletados 308 espécimes pertencentes a dez espécies de peixes Characiformes em quatro locais em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim. Observou-se que 90,59% dos espécimes estavam parasitados por pelo menos um *taxon* de metazoário parasita. Os parasitas encontrados pertenciam a oito diferentes grupos (Myxozoa, Monogenea, Digenea, Cestoda, Nematoda, Acantocephala, Arthropoda e Annelida), sendo coletado um total de 5.937 parasitas. Setenta e oito *taxa* de parasitas foram encontrados, sendo que a classe Monogenea foi o grupo que apresentou o maior número de espécies e a maior abundância relativa em todos os locais amostrados. Em uma escala global, as comunidades parasitárias estudadas apresentaram principalmente diferenças entre as espécies hospedeiras, embora pertencendo a mesma ordem ou família. O local de amostragem, o fator de condição e o tamanho do hospedeiro também influenciaram na distribuição da abundância parasitária de algumas espécies analisadas.

Palavras-chave: Árvore de regressão multivariada (MRT), Helmintos, Fator de condição (Kn), Monogenea, Nematoda, Digenea.

ABSTRACT

Describe and explain the community structure patterns is one of the central themes of ecology, and numerous studies have been conducted in order to identify factors or patterns involved in the organization of communities of several species of living organisms. In this sense, a new analysis, called multivariate regression tree (MRT) has been proposed and is being used to help in the understanding of parasite abundance determinants. Thus, this study aimed to evaluate the structure of metazoan parasites of Characiformes from the Sapucaí-Mirim River, Southeastern Brazil, and analyze with the help of MRT, the abundance of parasite communities at multiple scales and quantify the relative importance of each factor tested, as well as the impact of key factors on the parasite *taxa*. From March 2012 to July 2013 were collected 308 fish specimens belonging to ten Characiformes species from four sampling sites, in an area under the influence of Small Hydroelectric Power Plants in the Sapucaí-Mirim River. It was observed that 90.59% of fish specimens were parasitized by at least one metazoan parasite *taxon*. The parasites found belonged to eight different groups (Myxozoa, Monogenea, Digenea, Cestoda, Nematoda, Acantocephala, Arthropoda and Annelida) and a total of 5,937 parasites were collected and analyzed. Seventy-eight parasite *taxa* were found, and Monogenea was the group that had the highest number of species and the higher relative abundance in all sampled sites. In a global scale, the parasite communities studied showed mainly differences among the host species, although belonging to the same order or family. The sampling site, condition factor and the host body size also influenced the distribution of parasite abundance of some fish species analyzed.

Keywords: Multivariate regression trees (MRT), Helminths, Condition factor (Kn), Monogenea, Nematoda, Digenea.

INTRODUÇÃO

Descrever e explicar os padrões de estrutura das comunidades é um dos temas centrais da ecologia (CARNEY; DICK, 2000). Desta forma, numerosos estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de identificar os fatores ou padrões envolvidos na organização das comunidades de plantas e animais (MÍGUEZ-LOZANO et al., 2012).

Os parasitas se constituem de poderosos sistemas comparativos para análise da comunidade, principalmente devido a sua natureza hierárquica (AHO; BUSH, 1993), e têm sido utilizados como modelos no desenvolvimento de hipóteses sobre a estrutura de comunidades (CARNEY; DICK, 2000).

Os estudos sobre a estrutura de comunidades parasitárias permitem observar se os parasitas conformam comunidades interativas ou somente conglomerados de espécies, e quais são os fatores que podem determinar essas tendências. Os peixes, em muitos casos, permitem a estruturação de grandes bancos de dados, oferecendo a possibilidade de identificar e contar todas as espécies de parasitas e permitindo o uso de uma estatística consistente (LUQUE et al., 2013).

Durante as últimas décadas houve numerosas tentativas de identificar os principais determinantes das comunidades parasitárias em uma variedade de habitat, e diversas variáveis-chave têm sido elucidadas nas escalas de infracomunidade, comunidade componente, ou comunidade composta. Entretanto, apesar destes esforços, avaliações quantitativas multi-escala dos fatores que estruturam a riqueza das espécies, abundância, estrutura da comunidade e associações de espécies nas comunidades parasitárias têm sido de difícil compreensão (VIGNON; SASAL, 2010).

De forma a auxiliar no entendimento dos determinantes da abundância parasitária em contextos quantitativos multi-escala, uma análise recente, chamada de árvore de regressão multivariada (MRT – *multivariate regression tree*) foi proposta para auxiliar no entendimento destas variações, uma vez que quantifica a importância relativa de cada fator testado, assim como o impacto dos principais fatores sobre cada *taxon* de parasita (VIGNON; SASAL, 2010).

A árvore de regressão multivariada foi aplicada no presente estudo para as comunidades de metazoários parasitas de dez espécies de peixes Characiformes Regan,

1911. De acordo com Nelson (2006), essa ordem inclui espécies que apresentam uma grande diversidade morfológica e ecológica, sendo composta por 18 famílias com cerca de 270 gêneros e pelo menos 1.674 espécies. Todos os Characiformes habitam exclusivamente ambientes de água doce e se encontram distribuídos principalmente na região Neotropical (Sul da América do Norte, México, América Central e América do Sul), sendo encontrados também no continente africano (NELSON, 2006).

Esses peixes abrigam uma ampla e diversificada parasitofauna, que inclui representantes dos principais grupos de parasitas. Vários estudos têm fornecido dados a respeito da fauna parasitária de diversas espécies da ordem Characiformes (ABDALLAH; AZEVEDO; LUQUE, 2004; ABDALLAH; AZEVEDO; LUQUE, 2005; LIZAMA; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2005; GUIDELLI et al., 2006; TAKEMOTO et al., 2009; CESCHINI et al., 2010). Entretanto, estudos ecológicos determinando as particularidades e influência de fatores ambiental, espacial e biótico de peixes da ordem Characiformes ainda não foram realizados.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a estrutura das comunidades de metazoários parasitas de dez espécies de peixes da ordem Characiformes procedentes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, bem como analisar a abundância das comunidades de parasitas em escalas múltiplas e quantificar a importância relativa de cada fator testado, assim como o impacto dos principais fatores sobre os *taxa* dos parasitas.

MATERIAL E MÉTODOS

Hospedeiros estudados

Foram coletadas dez espécies de peixes da ordem Characiformes, pertencentes a quatro diferentes famílias: Characidae Buckup, 1998, Anostomidae Günther, 1864, Prochilodontidae Eigenmann, 1909 e Curimatidae Gill, 1858.

O número de espécimes analisados e os dados biométricos dos peixes coletados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Número de espécimes analisados (EA) e os dados biométricos observados em peixes Characiformes provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante o período de março de 2012 a julho de 2013.

Espécie	Peso (g)*	Comprimento total (cm)*	Comprimento padrão (cm)*	EA
Família Characidae				
<i>Astyanax altiparanae</i> Garutti & Britski, 2000	32,52 ± 23,4 (8,21 - 100,74)	11,72 ± 2,17 (8,6 - 15,2)	9,59 ± 1,9 (6,9 - 13,6)	40
<i>Astyanax bockmanni</i> Vari & Castro, 2007	10,05 ± 2,1 (6,67 - 14,97)	8,79 ± 0,45 (7,8 - 9,6)	7,04 ± 0,49 (6,1 - 9)	40
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	16,26 ± 8,17 (7,53 - 41,68)	10,62 ± 1,68 (8,2 - 14,5)	8,64 ± 1,28 (6,5 - 11,6)	40
Família Anostomidae				
<i>Leporinus amblyrhynchus</i> Garavelllo & Britski, 1987	44,22 ± 17,31 (18,72 - 101,93)	15,89 ± 2,04 (11,4 - 21,8)	13,33 ± 1,76 (11,5 - 18,5)	24
<i>Leporinus elongatus</i> Valenciennes, 1850	432,83 ± 157,56 (37,06 - 744,84)	31,07 ± 4,98 (14,3 - 40)	25,05 ± 4,26 (12 - 33,5)	22
<i>Leporinus friderici</i> (Bloch, 1794)	318,11 ± 191,19 (34,73 - 752,95)	28,12 ± 4,72 (17,2 - 37)	23,12 ± 4,59 (12,7 - 31,8)	40
<i>Leporinus octofasciatus</i> Steindachner, 1915	154,41 ± 71,97 (51,63 - 263,16)	22,39 ± 3,79 (16,5 - 27,5)	18,5 ± 3,09 (13,5 - 22,2)	17
<i>Schizodon nasutus</i> Kner, 1858	178,09 ± 112,44 (17,74 - 430,28)	22,43 ± 0,90 (11,40 - 30,50)	20,11 ± 0,73 (9,50 - 28,80)	40
Família Prochilodontidae				
<i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes, 1837)	694,39 ± 482,01 (85,94 - 2719,69)	33,83 ± 5,82 (25,7 - 50,5)	28,41 ± 5,89 (15,1 - 45)	40
Família Curimatidae				
<i>Steindachnerina insculpta</i> (Fernández-Yépez, 1948)	33,64 ± 11,24 (17,5 - 58,13)	13,8 ± 1,16 (11,5 - 15,8)	11,5 ± 1,07 (9,5 - 13,5)	40

*Valores apresentados como média ± desvio padrão (amplitude).

Procedimentos no campo

As coletas foram realizadas no rio Sapucaí-Mirim, em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro), próximo aos municípios de Guará e São Joaquim da Barra, Estado de São Paulo, Brasil (20°26'12.5"S 47°53'18.59"W) (Figuras 1 e 2). Os peixes foram capturados em oito pontos, porém como alguns locais de amostragem apresentavam características similares por causa da sua proximidade, eles foram agrupados em quatro pontos (Figura 3):

a) *Ponto 1*: montante e intermediário da PCH Palmeiras.

- b) *Ponto 2*: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera.
- c) *Ponto 3*: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro.
- d) *Ponto 4*: jusante da PCH Retiro.

As coletas foram realizadas durante o período de dois anos, em épocas sazonais diferentes (período seco: junho a agosto de 2012 e 2013, e período chuvoso: março a abril de 2012 e 2013).

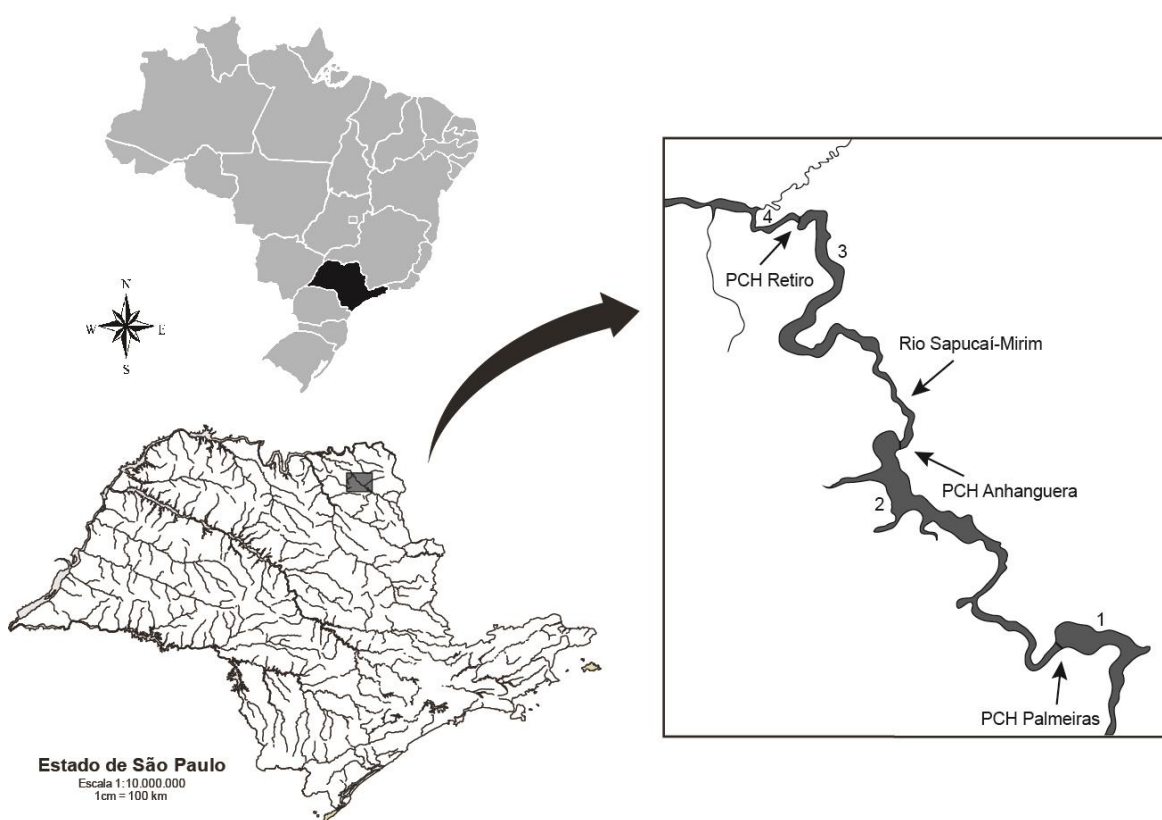


Figura 1. Mapa do Brasil destacando o Estado de São Paulo e as áreas de amostragem entre as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) Palmeiras, Anhanguera, e Retiro no rio Sapucaí-Mirim (20°26'12.5"S 47°53'18.59"W). Ponto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras; Ponto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera; Ponto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro; e Ponto 4: jusante da PCH Retiro.

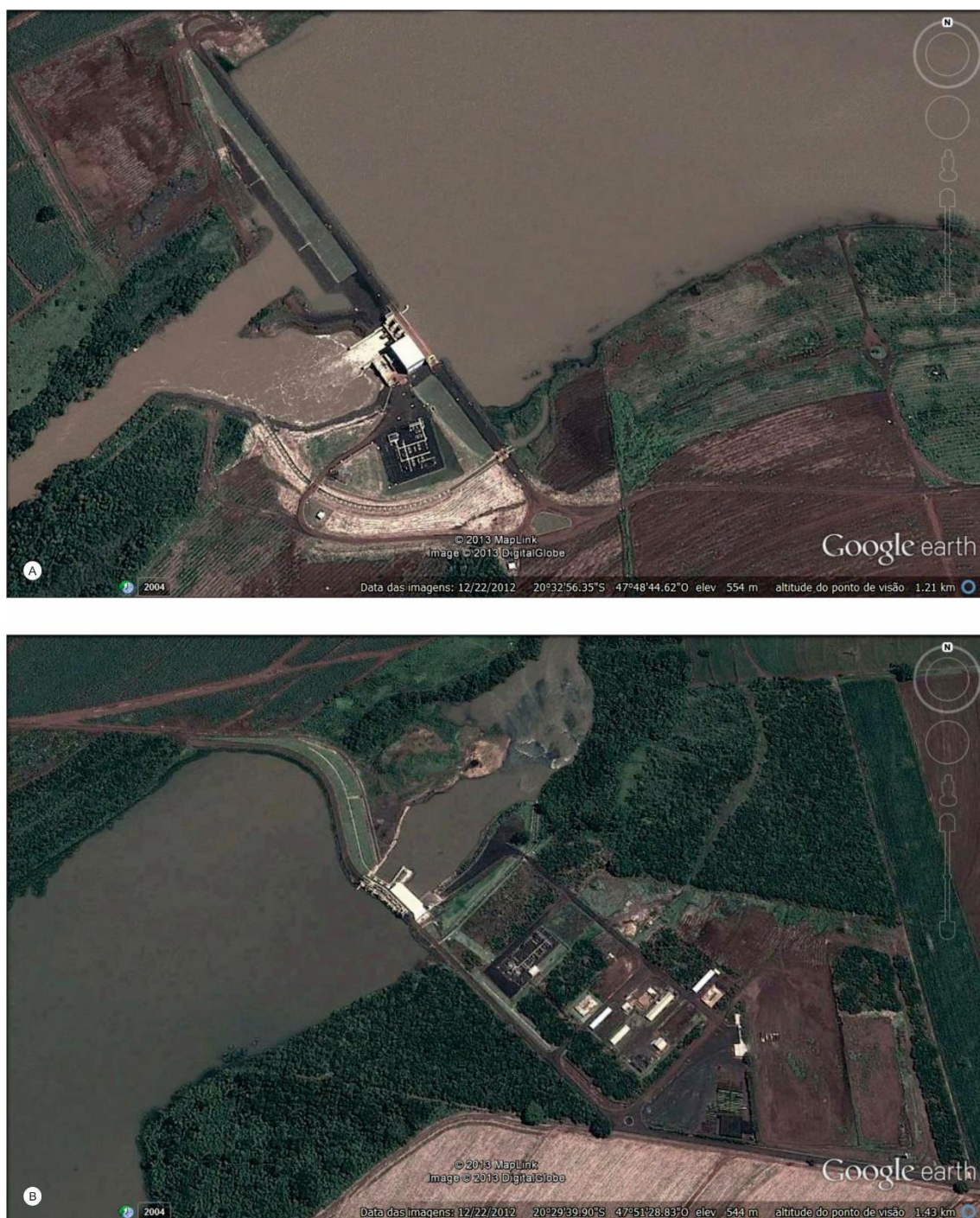


Figura 2. Reservatórios das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) localizadas no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil. A: PCH Retiro ($20^{\circ}26'12.5''S$ $47^{\circ}53'18.59''W$) e B: PCH Anhanguera ($20^{\circ}29'38.38''S$ $47^{\circ}51'33.11''W$).



Figura 2 (continuação). Reservatórios das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) localizadas no rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil. C: PCH Palmeiras ($20^{\circ}32'57.33''S$ $47^{\circ}48'47.26''W$) e D: Localização das três PCHs.

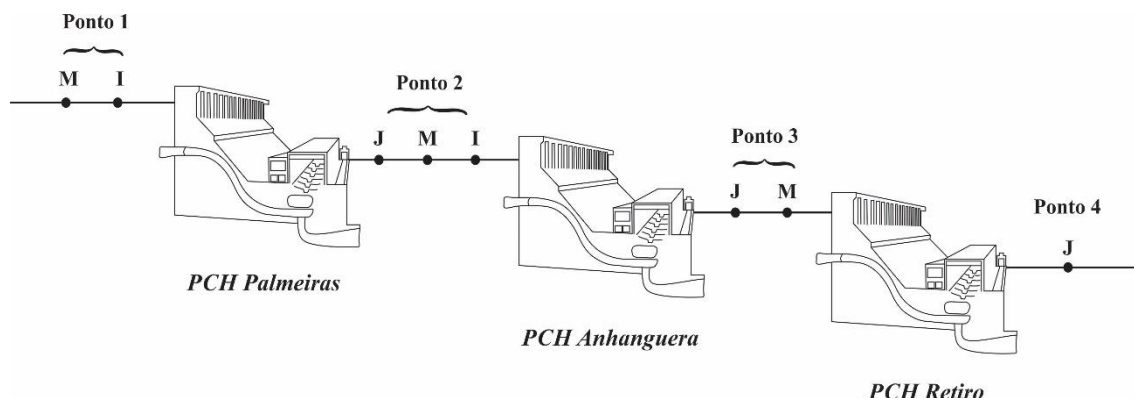


Figura 3. Pontos de coleta no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) Palmeiras, Anhanguera e Retiro. Abreviações: M = montante, I = intermediário, J = jusante; Ponto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras; Ponto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera; Ponto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro; Ponto 4: jusante da PCH Retiro.

Os peixes foram coletados através de pesca experimental padronizada, utilizando-se redes de espera de monofilamento de *nylon*, com malhagens entre 30 a 180 mm entre nós, ficando expostas entre as 17:00 e 7:00 horas do dia consecutivo, totalizando 14 horas de exposição.

Coletas não padronizadas, efetuadas com o uso de outros aparatos (tarrafas, peneiras e redes de arrastão manual), foram feitas junto às margens visando complementar as amostragens com as redes de espera.

Imediatamente após a coleta, os peixes foram individualizados em sacos plásticos e mantidos sob congelamento para o transporte até o Laboratório de Parasitologia de Animais Silvestres (LAPAS), pertencente ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), *campus* de Botucatu/SP.

Os peixes foram coletados através de licença permanente para coleta de material zoológico junto ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO 13794-1).

A identificação das espécies de peixes foi feita de acordo com as suas características morfológicas e merísticas, com base nos trabalhos de Britski, Sato e Rosa (1988); Reis, Kullander e Ferraris (2003); Castro et al. (2004); Nelson (2006) e Langeani et al. (2007).

Processamento e análise parasitológica

Os peixes foram submetidos a biometria, para anotação do peso (g) e comprimentos total e padrão (cm), sendo posteriormente necropsiados de acordo com técnicas propostas por Eiras, Takemoto e Pavanelli (2006).

Toda a superfície do corpo dos peixes foi examinada e posteriormente lavada com água para a localização de possíveis parasitas. As narinas de cada peixe também foram lavadas com água com essa mesma finalidade. As brânquias foram retiradas e transferidas para um vidro, sendo o volume do frasco completado com álcool etílico 70° GL e armazenado para posterior análise em microscópio estereoscópico (modificado de EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2006).

Os monogenéticos encontrados foram fixados em álcool etílico 70° GL e amostras destes parasitas foram estudadas através de montagens *in toto* coradas com tricrômico de Gomori. Para o estudo das estruturas esclerotizadas (ganchos, âncoras e barras do haptor e complexo copulatório), alguns espécimes foram montados em meio de Hoyer ou Grey & Wess (KRITSKY; THATCHER; BOEGER, 1986).

Posteriormente, os demais órgãos foram retirados (estômago, intestino, bexiga natatória, coração, fígado, rins, olhos e bexiga urinária) e examinados em microscópio estereoscópico para a coleta de endoparasitas.

Os nematoides foram coletados e fixados em álcool etílico 70° GL. Para verificar as estruturas de valor sistemático, amostras destes parasitas foram submetidas à diafanização pelo lactofenol de Amann (ANDRADE, 2000).

Os digenéticos, cestoides e hirudíneos foram coletados, comprimidos entre lâmina e lamínula e imersos em álcool etílico 70° GL a frio, sendo posteriormente conservados em nesta mesma substância (modificado de AMATO; BOEGER; AMATO, 1991). Os acantocéfalos foram coletados e fixados em álcool etílico 70° GL.

Para a análise das estruturas de valor sistemático, amostras destes parasitas foram coradas pela técnica do carmim clorídrico e diafanizados com eugenol.

Os cestoides (plerocercoides) foram coletados e conservados em álcool etílico 70° GL.

Os copépodes foram coletados e fixados em álcool etílico 70° GL, sendo que alguns espécimes foram montados em meio de Grey & Wess (EIRAS; TAKEMONTO; PAVANELLI, 2006).

Fotomicrografias e morfometria de estruturas de valor sistemático dos parasitas foram obtidos através de sistema computadorizado por análise de imagens com contraste por interferência diferencial (DIC) - LAS V3 (Leica Application Suite).

Material-tipo e espécimes representativos das espécies de parasitas foram depositados na Coleção Helminológica do Instituto de Biociências (CHIBB), Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus de Botucatu, São Paulo, Brasil.

Para a identificação dos espécimes e diagnóstico dos parasitas, uma vasta literatura incluindo livros e artigos científicos foram consultados, sendo que as principais referências foram: Cohen, Justo e Kohn (2013) para os monogenoides; Moravec (1998) para os nematoides; Gibson, Margolis e Kabata (1996) para os trematódeos; Rego, Chubb e Pavanelli (1999) e Pertierra (2002) para os cestoides; Martins et al. (2000) e Santos et al. (2008) para os acantocéfalos; e Thatcher (2006) para os ergasilídeos e hirudíneos.

Análise da qualidade da água

Para a caracterização limnológica dos trechos estudados, foram coletadas amostras de água em cada ponto onde foram amostrados os peixes.

As variáveis físico-químicas da água foram avaliadas *in situ*, tais como: a transparência, obtida pelo desaparecimento visual do disco de Secchi (m); o oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), a temperatura ($^{\circ}\text{C}$), a condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) e o pH, obtidos com o auxílio de uma sonda multiparâmetros portátil Horiba (modelo U-52).

Na camada superficial da coluna d'água (aproximadamente 0,20 m) foram coletadas amostras com garrafa Van Dorn para efetuar a análise dos seguintes parâmetros: nutrientes (fósforo total e amônia) e clorofila-*a*. Estas amostras foram analisadas posteriormente no laboratório Bioagri Ambiental Ltda., localizado no município de Piracicaba, Estado de São Paulo e devidamente certificado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

Para a determinação do teor de clorofila-*a* (biomassa fitoplanctônica), as amostras foram identificadas e filtradas utilizando-se membranas Millipore AP40 e bomba de filtração a vácuo, para a retenção do material correspondente a um volume conhecido de água (500 a 1000 ml). Após a filtração, os filtros foram envolvidos em papel alumínio e mantidos em freezer (-20°C) até o processamento em laboratório. As determinações foram feitas por espectrofotometria segundo o princípio metodológico de Talling e Driver (1963), utilizando-se como solvente acetona 90% a frio e maceração manual dos filtros.

Para a determinação do fósforo total e amônia, foram recolhidas amostras de água em garrafas de polietileno, sendo mantidas em freezer (-20°C) até o seu processamento no laboratório. As análises foram feitas de acordo com a metodologia do *American Public Health Association* (APHA, 2002).

Análise estatística

A análise de componentes principais (PCA) foi usada para avaliar os parâmetros limnológicos, sendo definidas 16 amostras a partir da combinação do ano (2012 ou 2013), estação (seca ou chuvosa) e local de amostragem (1, 2, 3 ou 4). Os dados foram padronizados de forma a linearizar a relação e minimizar a influência de *outliers*.

Os cálculos de prevalência, intensidade e abundância de cada componente das comunidades parasitárias foram calculados de acordo com Bush et al. (1997).

Para o cálculo do fator de condição, foi feita a curva da relação entre peso total (Wt) e o comprimento padrão (Ls) dos espécimes de cada espécie de peixe analisada, conforme Le Cren (1951), utilizando-se de um gráfico de dispersão das variáveis (peso e comprimento). A relação Wt/Ls foi ajustada por uma equação exponencial do tipo Wt

= $a.Ls^b$, onde a constante a (coeficiente linear) indica o bem estar do peixe, e o parâmetro b (coeficiente angular) expressa o tipo de crescimento da espécie (SANTOS 1978; BENEDITO-CECÍLIO; AGOSTINHO, 1992; ORSI; CARVALHO; FORESTI, 2004). Estes coeficientes foram utilizados nas estimativas dos valores teoricamente esperados de peso do corpo (We) através da fórmula: $We = a.Lt^b$, sendo posteriormente calculado o fator de condição relativo (Kn) através do quociente entre o peso observado e o peso teoricamente esperado para um dado comprimento ($Kn = Wt / We$).

As árvores de regressão multivariada (*Multivariate regression trees* - MRT) foram utilizadas para analisar a abundância das comunidades de parasitas em múltiplas escalas e quantificar a importância relativa de cada fator testado, assim como o impacto dos principais fatores sobre cada *taxon* de parasita. A contribuição relativa de cada um dos principais *taxa* de parasitas (Monogenea, Digenea, Nematoda, Acanthocephala e Arthropoda) também foi avaliada (VIGNON; SASAL, 2010).

As análises multivariadas foram feitas com os parasitas mais comuns (prevalência $\geq 10\%$), de forma a eliminar possíveis infecções acidentais e também para simplificar a interpretação dos resultados (BUSH; AHO; KENNEDY, 1990). Além disso, as larvas de cestóides Proteocephalidea gen. sp. não foram incluídas nas análises, uma vez que não se procedeu a contagem do número de parasitas por hospedeiro devido ao grande número encontrado e por estarem em um estágio inicial de desenvolvimento.

Seis fatores foram utilizados como variáveis explicativas para a abundância dos parasitas, tais como: espécie hospedeira, fator de condição relativo (Kn), estação (seca ou chuvosa), peso corporal dos hospedeiros, local de coleta (1, 2, 3 e 4) e ano (2012 e 2013). O peso foi padronizado de forma a linearizar a relação e minimizar a influência de *outliers*.

Primeiramente, foi feita uma árvore incluindo todas as espécies de parasitas consideradas na análise, e que descreve as principais interações entre os principais fatores (escala global). Posteriormente, foi feita uma análise subsequente em uma escala menor (no nível de hospedeiro - *Prochilodus lineatus*), gerando uma sub-árvore (indicada pelas linhas pontilhadas no esquema da árvore).

De acordo com as divisões geradas pela árvore global, foram considerados cinco níveis para os cálculos de influência (ou contribuição) relativa: escala global; escala

espécie de hospedeiro – *Astyanax altiparanae*, *Astyanax bockmanni*, *Astyanas fasciatus* e *Steindachnerina insculpta*; escala espécie de hospedeiro – *Leporinus amblyrhynchus*, *Leporinus elongatus*, *Leporinus friderici*, *Leporinus octofasciatus*, *Prochilodus lineatus* e *Schizodon nasutus*; escala espécie de hospedeiro – *L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici*, *L. octofasciatus* e *S. nasutus*; e escala espécie de hospedeiro – *P. lineatus*.

Estas análises foram realizadas utilizando os pacotes mvpart, mvabund, vegan, e lme4 do programa estatístico R (THERNEAU et al., 2004), sendo editadas para uma melhor interpretação através do programa CorelDRAW X6 (Corel Corporation, Canadá).

A comparação da intensidade média de infecção/infestação (IMI) de acordo com os principais fatores gerados a partir da árvore de regressão multivariada para algumas espécies de peixes analisadas foram feitas através do teste de Mann-Whitney (*U*), com o auxílio do programa estatístico SigmaStat 3.1 (Systat Software Inc., California, USA), adotando o nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Análise da qualidade da água

Os dados sobre a qualidade da água mensurados nos locais de amostragem nas áreas sob a influência das PCHs Palmeiras, Anhanguera e Retiro durante os períodos chuvoso e seco (2012 e 2013) são indicados nas Tabelas 2 e 3, e nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

A pluviosidade e a temperatura da água foram maiores durante a estação chuvosa (março e dezembro) nos dois anos amostrados, e este padrão pode ser confirmado pela PCA (Figura 7). A transparência da água foi maior em todos os pontos no período seco (setembro), tanto no ano de 2012 como no de 2013.

O pH apresentou-se variável no ano de 2012, onde menores valores foram observados em alguns pontos na estação seca (junho - pontos 3 e 4) e chuvosa (dezembro - ponto 2). Já no ano de 2013, o pH apresentou-se estável durante todos os meses. Nos dois anos amostrados, a condutividade elétrica foi maior no período seco (setembro) em todos os pontos.

Com relação ao fósforo total, maiores valores foram observados durante o período seco (pontos 1, 2 e 4) de 2012. No ano de 2013, foram observados maiores valores no período chuvoso (março) no ponto 1, e no período seco (junho) no ponto 2.

A concentração de amônia foi maior durante o período seco no ponto 4 (setembro de 2012), e nos pontos 2 e 3 (junho de 2013). Na Figura 7, observa-se que tanto a amônia quanto o fósforo total tendem a apresentar concentrações mais altas na maioria dos locais amostrados durante a estação seca.

A clorofila-*a* apresentou valores maiores durante a estação chuvosa no ponto 2 (março) de 2012, e principalmente no ponto 1 (março) 2013, sendo que este padrão pode ser observado na PCA (Figura 7).

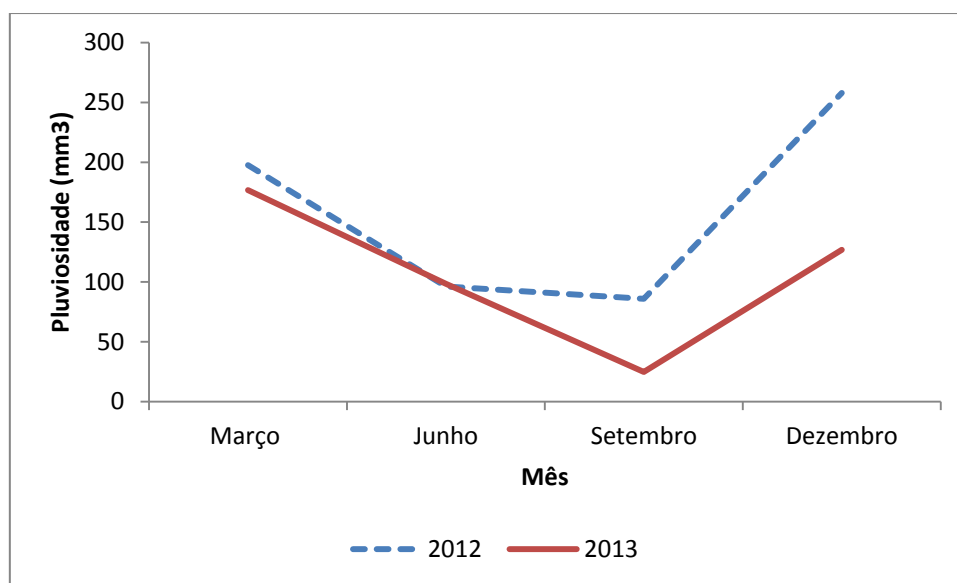


Figura 4. Variação da pluviosidade mensurada em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante os meses de março, junho, setembro e dezembro de 2012 e 2013.

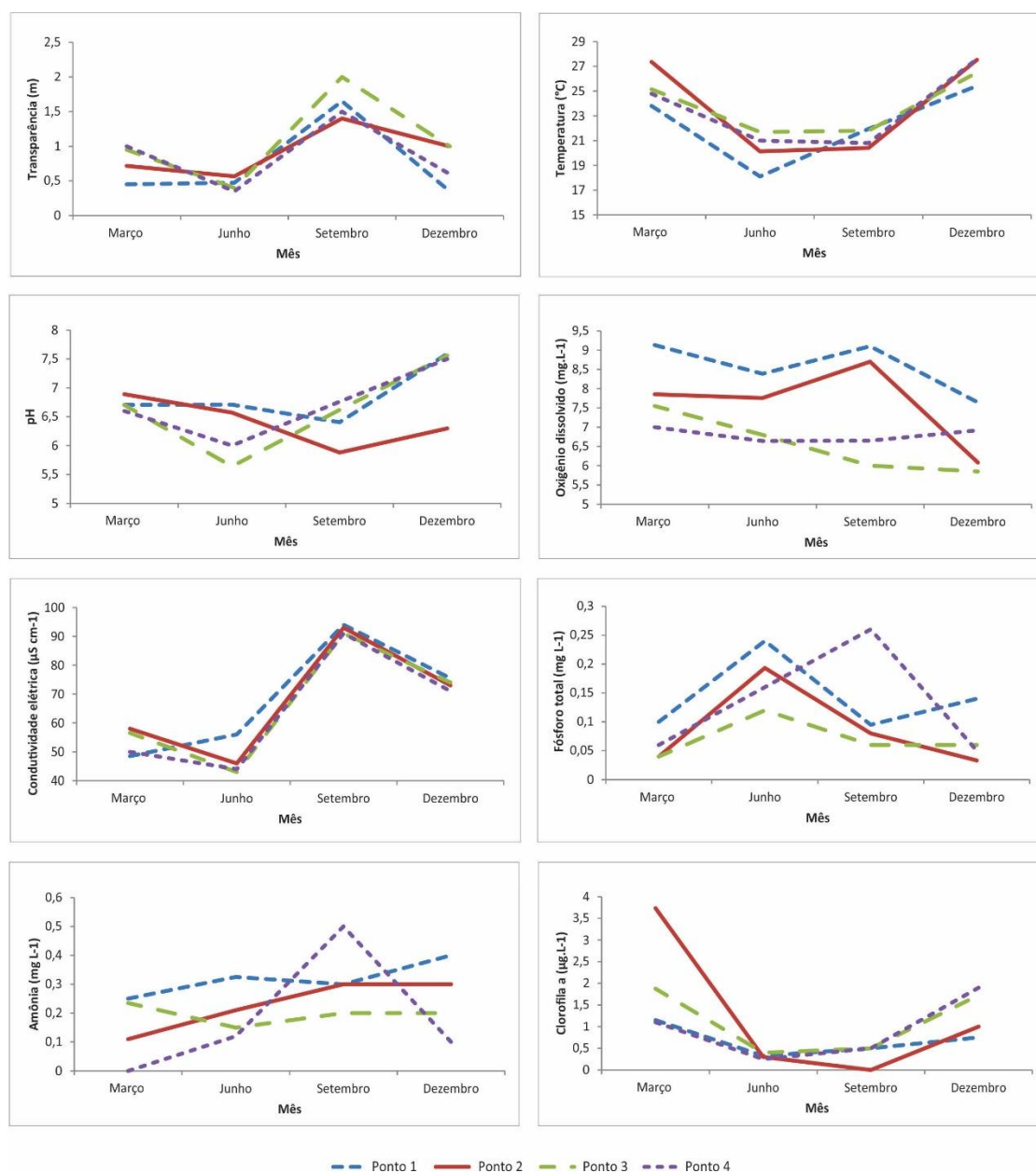


Figura 5. Variação dos parâmetros limnológicos e físico-químicos da água mensurados *in situ* em quatro locais de amostragem em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante os meses de março, junho, setembro e dezembro de 2012. Ponto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras, Ponto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera, Ponto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro, e Ponto 4: jusante da PCH Retiro.

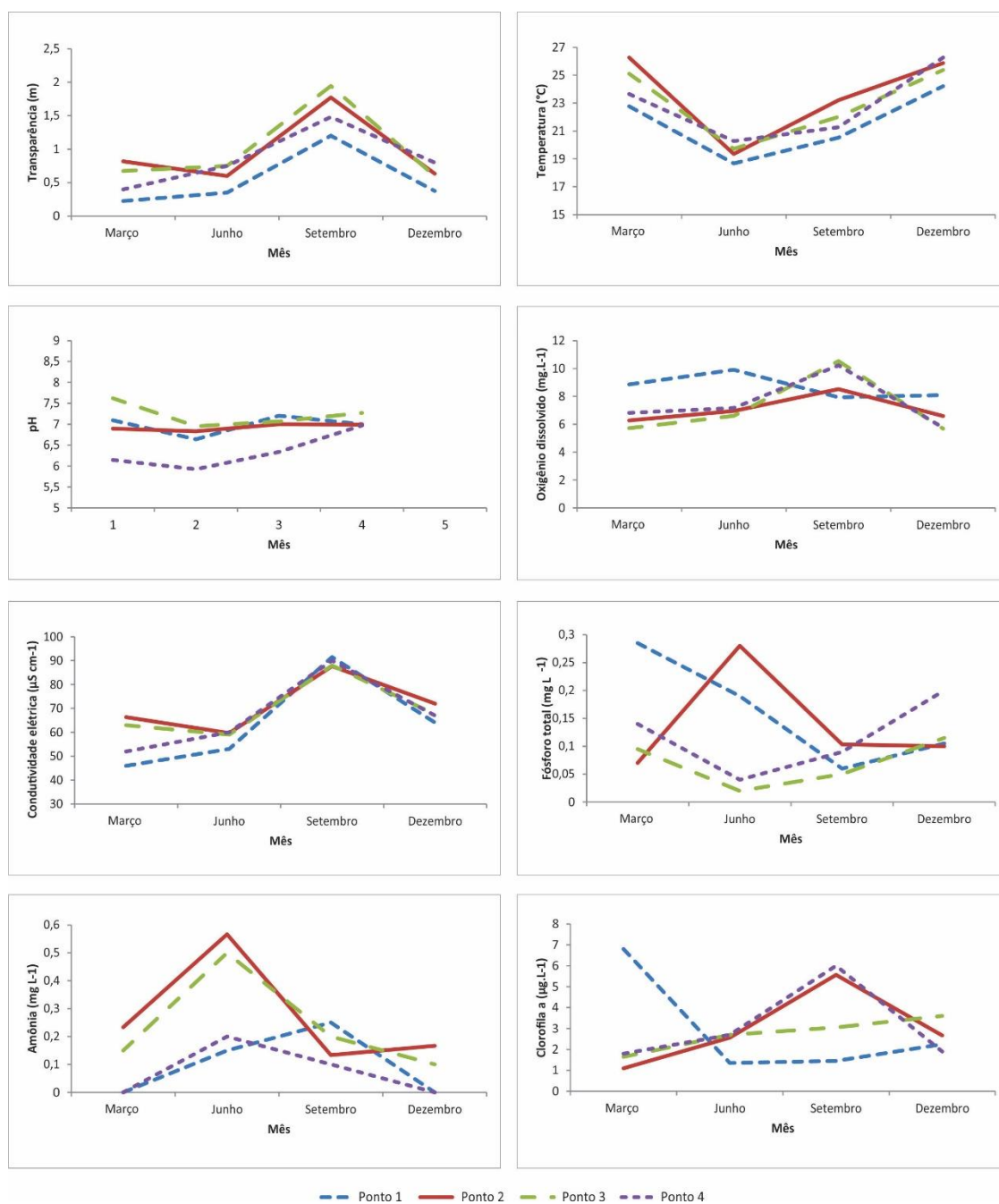


Figura 6. Variação dos parâmetros limnológicos e físico-químicos da água mensurados *in situ* em quatro locais de amostragem em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante os meses de março, junho, setembro e dezembro de 2013. Ponto 1: montante da PCH Palmeiras, Ponto 2: montante da PCH Anhanguera, Ponto 3: jusante da PCH Anhanguera, e Ponto 4: jusante da PCH Retiro.

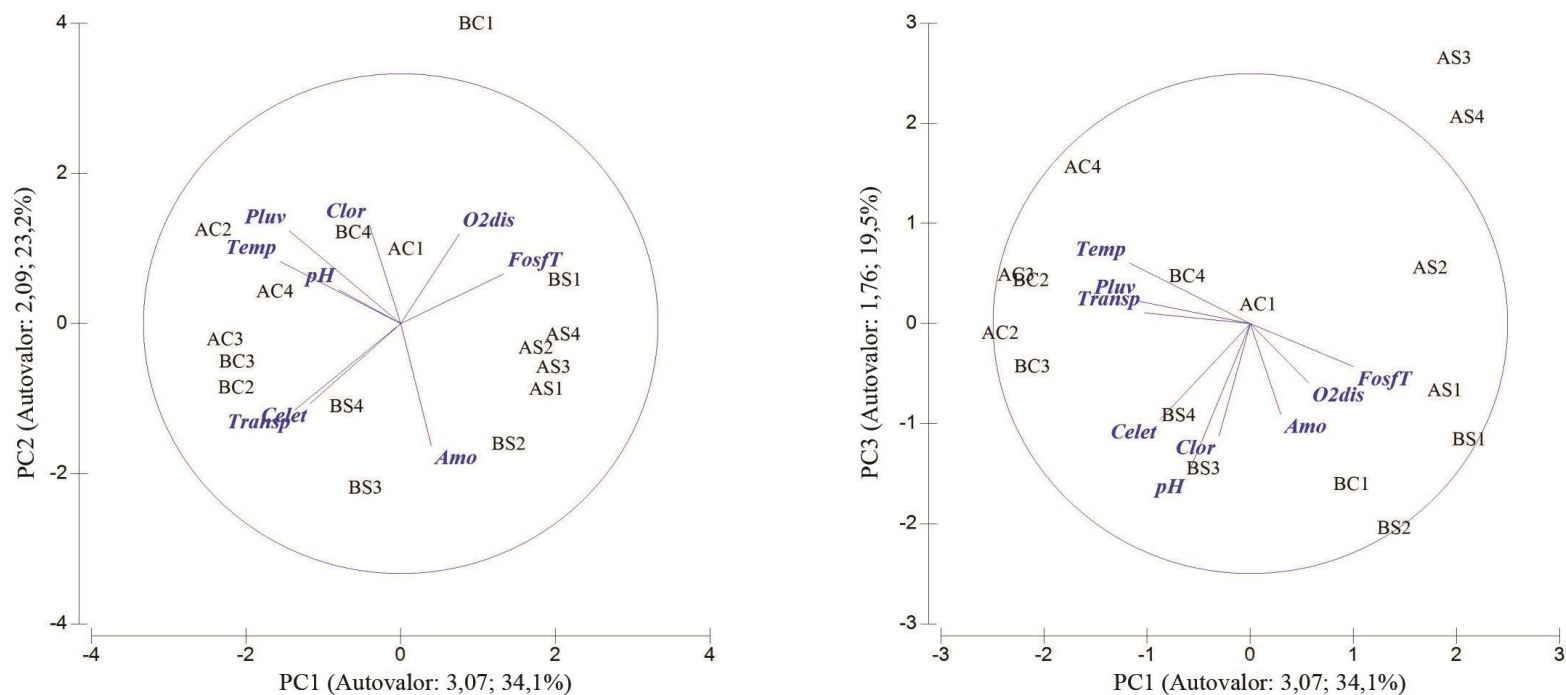


Figura 7. Análise de Componentes Principais (PCA) com plotagem bidimensional (PC1 vs PC2; PC1 vs PC3), dos parâmetros limnológicos e físico-químicos da água obtidos de quatro locais de amostragem (pontos 1-4) em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil. Abreviações: AS1 = 2012, período seco, ponto 1; AC1 = 2012, período chuvoso, ponto 1; BS1= 2013, período seco, ponto 1; BC1 = 2013, período chuvoso, ponto 1; AS2 = 2012, período seco, ponto 2; AC2 = 2012, período chuvoso, ponto 2; BS2 = 2013, período seco, ponto 2; BC2 = 2013, período chuvoso, ponto 2; AS3 = 2012, período seco, ponto 3; AC3 = 2012, período chuvoso, ponto 3; BS3 = 2013, período seco, ponto 3; BC3 = 2013, período chuvoso, ponto 3; AS4 = 2012, período seco, ponto 4; AC4 = 2012, período chuvoso, ponto 4; BS4 = 2013, período seco, ponto 4; BC4 = 2013, período chuvoso, ponto 4; Trans = Transparência; Temp = Temperatura; O₂D = Oxigênio dissolvido; C.elet = Condutividade elétrica; Fosf = Fósforo total; Amô = Amônia; Clor = Clorofila-*a*; Pluv = Pluviosidade. [(Interpretação - PC1: Transp; Temp; C.elet; FosfT; Pluv); (PC2: Transp; O₂D; Amô; Clor; Pluv); (PC3: pH; C.elet; clor)].

Tabela 2. Parâmetros limnológicos mensurados em quatro locais de amostragem em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante as estações chuvosa (março e dezembro) e seca (junho e setembro) de 2012.

Ponto	Mês	Parâmetros							
		Transparência (m)	Temperatura (°C)	pH	Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	Fósforo total (mg.L ⁻¹)	Amônia (mg.L ⁻¹)	Clorofila- <i>a</i> (mg.L ⁻¹)
1 ^ε	Março	0,40 ± 0,07 (0,40-0,50)	23,80 ± 0,10 (23,70-23,90)	6,70 ± 0,50 (6,3-7,0)	9,10 ± 0,20 (8,90-9,30)	48,50 ± 14,80 (38-59)	0,10 ± 0,02 (0,08-0,10)	0,20 ± 0,01 (0,20-0,30)	1,10 ± 0,07 (1,10-1,20)
	Junho	0,50 ± 0,03 (0,4-0,5)	18,10 ± 0,10 (23,70-23,90)	6,70 ± 0,10 (6,60-6,80)	8,40 ± 0,70 (7,80-8,90)	56 ± 1,40 (55-57)	0,20 ± 0,20 (0,04-0,40)	0,30 ± 0,02 (0,30-0,30)	0,30 ± 0,10 (0,20-0,40)
	Setembro	1,60 ± 0,07 (1,60-1,70)	22 ± 0,90 (21,30-22,50)	6,40 ± 0,10 (6,30-6,40)	6,40 ± 0,10 (6,30-6,40)	94 ± 4,20 (91-97)	0,10 ± 0,01 (0,09-0,10)	0,30 ± 0,10 (0,20-0,40)	0,50 ± 0,10 (0,40-0,60)
	Dezembro	0,30 ± 0,07 (0,30-0,40)	25,40 ± 0,20 (25,30-25,50)	7,60 ± 0,04 (7,50-7,60)	7,60 ± 0,04 (7,50-7,60)	75,50 ± 3,50 (73-78)	0,10 ± 0,05 (0,10-0,20)	0,40	0,70 ± 0,20 (0,60-0,90)
2 ^α	Março	0,70 ± 0,20 (0,50-0,80)	27,40 ± 2,10 (25-29,10)	6,90 ± 0,20 (6,60-7)	7,80 ± 1,60 (6-8,90)	58 ± 4,60 (53,0-62)	0,04 ± 0,01 (0,03-0,05)	0,10 ± 0,07 (0,10-0,20)	3,70 ± 0,60 (3,10-4,40)
	Junho	0,60 ± 0,05 (0,50-0,60)	20,10 ± 0,20 (19,90-20,40)	6,60 ± 0,30 (6,30-6,90)	7,70 ± 0,40 (7,30-8,10)	46 ± 2 (44-48)	0,20 ± 0,20 (0,03-0,40)	0,20 ± 0,03 (0,10-0,20)	0,30 ± 0,20 (0,10-0,50)
	Setembro	1,40	20,40	5,90	8,70	93	0,10	0,30	-
	Dezembro	1	27,50 ± 0,50 (26,90-27,90)	6,30 ± 0,60 (5,70-6,9)	6,10 ± 0,40 (5,80-6,50)	73 ± 2,60 (70-75)	0,03 ± 0,01 (0,02-0,05)	0,30 ± 0,10 (0,20-0,40)	1 ± 0,40 (0,50-1,30)
3 ^λ	Março	0,90 ± 0,30 (0,70-1,20)	25,10 ± 1,30 (24,20-26,10)	6,70 ± 0,50 (6,30-7)	7,50 ± 0,20 (7,40-7,70)	56,50 ± 7,80 (51-62)	0,04 ± 0,01 (0,03-0,05)	0,20 ± 0,20 (0,10-0,30)	1,90 ± 1,60 (0,70-3)
	Junho	0,40	21,70	5,60	6,80	43	0,10	0,10	0,40
	Setembro	2	21,80	6,60	6	91	0,10	0,20	0,50
	Dezembro	1	26,50	7,60	5,80 ± 0,07 (5,80-5,90)	74	0,10	0,20	1,70
4 ^δ	Março	1	24,80	6,60	7	50	0,10	0	1,10
	Junho	0,30	21	6	6,60	44	0,20	0,10	0,20
	Setembro	1,50	20,80	6,80	6,70	91	0,30	0,50	0,50
	Dezembro	0,60	27,60	7,50	6,90	71	0,10	0,10	1,90

*Valor médio da pluviosidade (mm³) para todos os pontos em 2012: Março: 197,6 (0,2-48,8); Junho: 96,2 (0,8-44,6); Setembro: 85,9 (0,2-40,1); Dezembro: 258 (0,3-46,9). ^εPonto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras; ^αPonto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera; ^λPonto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro; ^δPonto 4: jusante da PCH Retiro (veja os pontos na Figura 1).

Tabela 3. Parâmetros limnológicos mensurados em quatro locais de amostragem em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante as estações chuvosa (março e dezembro) e seca (junho e setembro) de 2013.

Ponto	Mês	Parâmetros							
		Transparência (m)	Temperatura (°C)	pH	Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	Fósforo total (mg.L ⁻¹)	Amônia (mg.L ⁻¹)	Clorofila-a (mg.L ⁻¹)
1 ^ε	Março	0,23 ± 0,04 (0,20-0,25)	22,74	7,10	8,86 ± 0,54 (8,48-9,24)	46	0,29 ± 0,19 (0,15-0,42)	< 0,10	6,80 ± 1,41 (5,80-7,80)
	Junho	0,35	18,66	6,80	9,91 ± 1,92 (8,55-11,26)	53 ± 1,41 (52-54)	0,19	0,15 ± 0,07 (0,10-0,20)	1,35 ± 0,07 (1,30-1,40)
	Setembro	1,20	20,53 ± 0,94 (19,86-21,19)	7,60	7,93 ± 0,40 (7,65-8,21)	91,50 ± 0,71 (91-92)	0,06	0,25 ± 0,07 (0,20-0,30)	1,45 ± 0,07 (1,40-1,50)
	Dezembro	0,38 ± 0,04 (0,35-0,40)	24,14	6,07	8,09 ± 0,40 (7,80-8,37)	64	0,11 ± 0,02 (0,09-0,12)	< 0,10	2,25 ± 0,64 (1,80-2,70)
2 ^α	Março	0,82 ± 0,32 (0,45-1)	26,26 ± 2,66 (23,10-27,90)	6,64 ± 0,40 (6,19-6,93)	6,27 ± 0,32 (5,90-6,50)	66,33 ± 10,02 (55-74)	0,07 ± 0,05 (0,03-0,13)	0,23 ± 0,15 (0,10-0,40)	1,10 ± 0,17 (1-1,30)
	Junho	0,60 ± 0,17 (0,50-0,80)	19,35 ± 0,41 (19-19,80)	6,83 ± 0,05 (6,77-6,87)	6,95 ± 0,50 (6,40-7,36)	59,67 ± 2,52 (57-62)	0,28 ± 0,42 (0,03-0,76)	0,57 ± 0,45 (0,10-1)	2,57 ± 1,08 (1,80-3,80)
	Setembro	1,77 ± 0,07 (1,70-1,84)	23,21 ± 0,94 (22,22-24,10)	6,95 ± 0,36 (6,73-7,37)	8,52 ± 0,93 (7,64-9,50)	87,67 ± 1,53 (86-89)	0,10 ± 0,03 (0,08-0,14)	0,13 ± 0,06 (0,10-0,20)	5,57 ± 3,27 (1,80-7,60)
	Dezembro	0,63 ± 0,15 (0,50-0,80)	26,26 ± 2,66 (23,10-27,90)	5,92 ± 0,27 (5,63-6,17)	6,59 ± 0,68 (6,10-7,36)	72 ± 8,54 (64-81)	0,10 ± 0,06 (0,05-0,17)	0,20 ± 0,10 (0,10-0,30)	2,67 ± 1,24 (1,90-4,10)
3 ^λ	Março	0,68 ± 0,46 (0,35-1)	25,11 ± 1,97 (23,71-26,50)	7,21 ± 0,50 (6,85-7,56)	5,72 ± 0,26 (5,52-5,90)	73 ± 15,56 (52-74)	0,10 ± 0,05 (0,06-0,13)	0,15 ± 0,07 (0,10-0,20)	1,65 ± 0,21 (1,50-1,80)
	Junho	0,75	19,70	7	6,60	59	0,02	0,50	2,70 ± 0,14 (2,60-2,80)
	Setembro	1,94	22	7,07	10,50	88	0,05	0,20	3
	Dezembro	0,60 ± 0,14 (0,50-0,70)	25,37 ± 0,52 (25-25,74)	6,34 ± 0,55 (5,95-6,73)	5,67 ± 0,16 (5,57-5,80)	67,50 ± 0,71 (67-68)	0,12 ± 0,04 (0,09-0,14)	0,10	3,60 ± 3,25 (1,30-5,90)
4 ^δ	Março	0,40	23,65	7	6,81	52	0,14	< 0,10	1,80
	Junho	0,75	20,28	6,99	7,16	60	0,04	0,20	2,70
	Setembro	1,48	21,27	7,27	10,22	90	0,09	0,10	6
	Dezembro	0,80	26,26	6,97	5,75	67	0,20	< 0,10	1,90

*Valor médio da pluviosidade (mm³) para todos os pontos em 2012: Março: 176,80 (0,20-52,70); Junho: 98,50 (0,50-46,80); Setembro: 24,80 (1,20-9,60); Dezembro: 126,90 (0,10-18,70). ^εPonto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras; ^αPonto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera; ^λPonto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro; ^δPonto 4: jusante da PCH Retiro (veja os pontos na Figura 1).

Parâmetros parasitológicos e descrição das comunidades

Um total de 343 espécimes pertencentes a dez espécies de peixes Characiformes foi analisado (Tabela 4), sendo que 311 (90,67%) estavam parasitados por pelo menos um *taxon* de metazoário parasita.

Ao total, 5.937 espécimes de parasitas foram recuperados de diferentes órgãos dos hospedeiros (brânquias, pele, narinas, intestino, cecos intestinais, cavidade visceral, serosa do fígado e estômago, bexiga natatória, olhos, mesentério e estômago).

Foram encontrados 78 *taxa* de parasitas (Tabela 4), sendo que a classe Monogenea Carus, 1863 foi o grupo que apresentou o maior número de espécies (44), seguido de Nematoda Diesing, 1861 (15), Digenea Carus, 1863 (9), Acanthocephala Kohltreuther, 1771 (3), Arthropoda von Siebold, 1848 (3), Anellida Lamarck, 1809 (3), Myxozoa Grassé, 1970 (2) e Cestoda van Beneden, 1849 (1).

A maior abundância relativa também foi apresentada pelos monogenéticos, com relação aos demais *taxa*, em todos os locais de amostragem, principalmente no ponto 4 (Tabela 5).

Na árvore de regressão multivariada, todos os fatores utilizados na análise foram informativos em ao menos uma escala (Figuras 8 e 9A). Na escala global, a variação na abundância dos parasitas foi explicada principalmente pela espécie de hospedeiro ($R^2 = 39,70\%$), seguido pelo fator de condição ($R^2 = 5,39\%$), estação ($R^2 = 2,23\%$) e local de amostragem ($R^2 = 1,42\%$).

Na escala considerando *Astyanax altiparanae* Garutti e Britski, 2000, *Astyanax bockmanni* Vari e Castro, 2007, *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819) e *Steindachnerina insculpta* (Fernández-Yépez, 1948) (Figura 9B), o fator de condição foi o maior fator determinante, apresentando contribuição relativa de 70,37%, seguida da espécie de hospedeiro (27,10%). Os peixes com menor fator de condição apresentaram intensidade média de infecção/infestação menor do que aqueles com fator de condição mais alto (Tabela 6).

Na escala considerando *Leporinus amblyrhynchus* Garavello e Britski, 1987, *Leporinus elongatus* Valenciennes, 1850, *Leporinus friderici* (Bloch, 1794), *Leporinus octofasciatus* Steindachner, 1915, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) e

Schizodon nasutus Kner, 1858 (Figura 9C), a variação na abundância dos parasitas foi explicada principalmente pela espécie de hospedeiro, apresentando contribuição relativa de 89,06%, seguido do local de amostragem (5,29%) e estação (4,09%).

Na escala considerando *L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici*, *L. octofasciatus* e *S. nasutus* (Figura 9D), a variação na abundância dos parasitas foi explicada principalmente pela espécie de hospedeiro, apresentando contribuição relativa de 84,33%, seguido do local de amostragem (9,27%) e estação (7,15%).

Na escala considerando *P. lineatus* (Figura 9E), a variação foi explicada principalmente pelo local de amostragem, apresentando contribuição relativa de 44,88%, tamanho do hospedeiro (21,30%), estação (20,08%), e ano (13,76%). Os peixes dos locais de amostragem 1 e 2 apresentaram intensidade média de infecção/infestação e número total de parasitas coletados maiores do que os locais 3 e 4. As espécies com tamanho maior apresentaram intensidade média de infecção/infestação e número total de parasitas coletados mais altos do que os peixes de tamanho menor (Tabela 6).

As demais divisões apresentadas na árvore apresentaram valores baixos de variância explicada (R^2).

Os acantocéfalos foram os mais sensíveis com relação ao fator espécie de hospedeiro (Figura 10).

Tabela 4. Espécies de parasitas encontradas, prevalência (P), intensidade média de infecção/infestação (IMI), abundância média (AM) e local de infecção/infestação (LI) dos parasitas de peixes coletados no rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil.

Hospedeiro	P (%)	IMI*	AM*	LI
Characiformes				
<i>Astyanax altiparanae</i>				
Monogenea				
<i>Cacatuocotyle guaibensis</i> Gallas, Calegari-Marques e Amato, 2014	22,50	1,90 ± 1,17 (1-4)	0,43 ± 0,15 (0-4)	Pele
<i>Characithecium costaricensis</i> (Price e Bussing, 1967)	25	1,50 ± 0,53 (1-2)	0,38 ± 0,71 (0-2)	Brânquias e pele
<i>Characithecium</i> sp. Mendoza-Franco, Reina e Torchin, 2009	15	1	0,15 ± 0,36 (0-1)	Brânquias
<i>Diaphorocleidus kabatai</i> (Molnar, Hanek e Fernando, 1974) Jogunoori, Kritsky, e Venkatanarasaiah, 2004	35	2,07 ± 0,40 (1-6)	0,73 ± 1,32 (0-6)	Brânquias
<i>Diaphorocleidus</i> sp.1 Jogunoori, Kritsky e Venkatanarasaiah (2004)	7,50	1,08 ± 0,62 (1-2)	0,43 ± 1,04 (0-2)	Brânquias
<i>Diaphorocleidus</i> sp.2	5	1,54 ± 0,73 (1-2)	0,73 ± 1,32 (0-2)	Brânquias
<i>Gyrodactylus</i> sp. Nordmann 1832	2,50	4	0,10 ± 0,10 (0-4)	Pele
<i>Gyrodactylus neotropicalis</i> Kritsky e Fritts, 1970	15	1,33 ± 0,21 (1-2)	0,20 ± 0,08 (0-2)	Narinas, pele e brânquias
Digenea				
Diplostomidae gen. sp. Poirier, 1886 (metacercária)	25	4,20 ± 1,20 (1-11)	1,05 ± 2,59 (0-11)	Olho (cristalino)
Digenea gen sp.1 Carus, 1863 (metacercária)	12,50	4,40 ± 3,16 (1-17)	0,55 ± 0,43 (0-17)	Brânquias
Cestoda				
Proteocephalidea gen. sp. Mola, 1928 (plerocercóide) [†]	27,50	-	-	Cavidade visceral
Nematoda				
<i>Contracaecum</i> sp. Railliet e Henry, 1912 (larva)	37,50	1,47 ± 0,17 (1-3)	0,55 ± 0,13 (0-3)	Bexiga natatória, intestino, cavidade visceral, serosa do fígado e estômago
<i>Paraseuratum</i> sp. Johnston e Mawson, 1940	5	1	0,05 ± 0,03 (0-1)	Intestino
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i> Travassos, Artigas e Pereira,	17,50	1,88 ± 0,34 (1-3)	0,33 ± 0,13 (0-3)	Intestino

Continua...

...continuação da Tabela 4.

1928				
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>saofranciscensis</i> (Moreira, Oliveira e Costa, 1994)	22,50	1,11 ± 0,11 (1-2)	0,25 ± 0,08 (0-2)	Intestino
Annelida				
Hirudinea gen. sp. Lamarck, 1818	2,50	1	0,05 ± 0,03 (0-1)	Brânquias
<i>Astyanax bockmanni</i>				
Monogenea				
<i>Characithecium costaricensis</i>	10	1	0,10 ± 0,05 (0-1)	Brânquias e pele
<i>Diaphorocleidus kabatai</i>	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Brânquias
Digenea				
<i>Clinostomum</i> sp. Leidy, 1856 (metacercária)	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Pele (encistado)
Diplostomidae gen. sp. (metacercária)	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Olho (cristalino)
Digenea gen. sp.1 (metacercária).	10	1,50 ± 0,50 (1-3)	0,15 ± 0,08 (0-3)	Brânquias
Digenea gen sp. 2 (metacercária)	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Pele (encistado)
Cestoda				
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^y	15	-	-	Cavidade visceral
Nematoda				
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	45	1,83 ± 0,33 (1-6)	0,83 ± 0,21 (0-6)	Intestino, bexiga natatória, serosa do estômago e intestino
Nematoda gen. sp.1 (larva) Rudolphi, 1808 (Lankester, 1877)	2,50	2	0,05 ± 0,05 (0-2)	Intestino
Nematoda gen. sp.2	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Intestino
<i>Procamallanus</i> sp. Baylis, 1923 (larva)	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Cavidade visceral
<i>Rhabdochona</i> sp.1 Railliet, 1916	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Intestino
<i>Astyanax fasciatus</i>				
Monogenea				
<i>Diaphorocleidus kabatai</i>	37,50	2,73 ± 0,71 (1-9)	1,03 ± 0,30 (0-9)	Brânquias
<i>Diaphorocleidus</i> sp.1	7,50	1,32 ± 0,42 (1-2)	0,33 ± 1,45 (0-2)	Brânquias
<i>Cacatuocotyle guaibensis</i>	5	1	0,05 ± 0,03	Pele

Continua...

...continuação da Tabela 4.

			(0-1)	
<i>Characithecium costaricensis</i>	30	2 ± 0,35 (1-4)	0,60 ± 0,18 (0-4)	Brânquias e pele
<i>Gyrodactylus</i> sp.	5	2	0,10 ± 0,07 (0-2)	Brânquias e pele
<i>Gyrodactylus neotropicalis</i>	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Pele
Digenea				
Diplostomidae gen. sp. (metacercária)	5	1	0,05 ± 0,03 (0-1)	Olho (cristalino)
Digenea gen sp.1 (metacercária)	12,50	1	0,13 ± 0,05 (0-1)	Brânquias
Cestoda				
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^y	22,50	-	-	Cavidade visceral
Nematoda				
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	52,50	2,13 ± 0,53 (1-12)	1,13 ± 0,33 (0-12)	Bexiga natatória, intestino, serosa do fígado e cavidade visceral
Nematoda gen. sp.1 (larva)	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Intestino
<i>Rhabdochona</i> sp. 1	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Intestino
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Intestino
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>saofranciscensis</i>	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Intestino
Annelida				
Hirudinea gen. sp.	2,50	1	0,05 ± 0,03 (0-1)	Brânquias
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>				
Monogenea				
<i>Tereancistrum</i> sp. 1 Kritsky, Thatcher e Kayton, 1980	25	2,50 ± 0,34 (2-4)	0,63 ± 0,24 (0-4)	Brânquias e pele
Nematoda				
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	10	1,75 ± 0,48 (1-3)	0,29 ± 0,15 (0-3)	Intestino, bexiga natatória e cavidade visceral
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>iheringi</i> Travassos, Artigas e Pereira, 1928	16,67	1,75 ± 0,25 (1-2)	0,29 ± 0,14 (0-2)	Intestino
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	66,67	2,19 ± 0,48 (1-7)	1,46 ± 0,38 (0-7)	Intestino
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	20,83	5,20 ± 2,80	1,08 ± 0,69	Intestino

Continua...

...continuação da Tabela 4.

		(1-16)	(0-16)	
Arthropoda				
<i>Vaigamus</i> sp. Thatcher e Robertson, 1984	4,55	0,08 ± 0,09 (0-2)	2	Narinas
Leporinus elongatus				
Myxozoa				
<i>Henneguya</i> sp. Thélohan, 1892	4,17	-	-	Brânquias
<i>Myxobolus</i> sp. Bütschli, 1882	4,17	-	-	Brânquias
Monogenea				
<i>Jainus</i> sp.1 Kritsky e Krane, 1968	4,55	4	0,18 ± 0,18 (0-4)	Brânquias
<i>Rhinoxenus arietinus</i> Kritsky, Boeger e Thatcher, 1988	13,64	1	0,14 ± 0,07 (0-1)	Narinas
<i>Tereancistrum</i> sp.1	31,82	2,71 ± 0,64 (1-5)	0,86 ± 0,34 (0-5)	Brânquias
<i>Tereancistrum</i> sp.2	18,18	1,50 ± 0,50 (1-3)	0,27 ± 0,15 (0-3)	Brânquias
<i>Urocleidoides paradoxus</i> Kritsky, Thatcher e Boeger, 1986	4,55	1	0,05 ± 0,05 (0-1)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.1 Mizelle and Price, 1964	9,09	1	0,09 ± 0,06 (0-1)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.3	81,82	14,11 ± 3,38 (1-50)	11,55 ± 3 (0-50)	Brânquias e pele
<i>Urocleidoides</i> sp.4	45,45	2,4 ± 0,45 (1-6)	1,09 ± 0,33 (0-6)	Brânquias
Digenea				
Diplostomidae gen. sp. (metacercária)	9,09	1,5 ± 0,50 (1-2)	0,14 ± 0,10 (0-2)	Olho (cristalino)
Cestoda				
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^y	9,09	-	-	Cavidade visceral
Nematoda				
<i>Contraecum</i> sp. (larva)	18,18	1,25 ± 0,25 (1-2)	0,23 ± 0,11 (0-2)	Intestino, bexiga natatória e serosa do fígado
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>iheringi</i>	31,82	2,43 ± 0,48 (1-4)	0,77 ± 0,29 (0-4)	Intestino
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	86,36	4,32 ± 0,72 (1-12)	3,73 ± 0,70 (0-12)	Intestino
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	13,64	1,33 ± 0,33 (1-2)	0,18 ± 0,11 (0-2)	Intestino
<i>Rhabdochona</i> sp. 2	4,55	23	1,05 ± 1,05 (0-23)	Intestino
Annelida				
Hirudinea gen. sp.	4,55	1	0,05 ± 0,05	Brânquias

Continua...

...continuação da Tabela 4.

(0-1)				
Arthropoda				
<i>Vaigamus</i> sp. Thatcher & Robertson, 1984	27,27	2,67 ± 0,92 (1-7)	0,76 ± 0,35 (0-7)	Narinas
Leporinus friderici				
Myxozoa				
<i>Henneguya</i> sp.	15	-	-	Brânquias
Monogenea				
<i>Cacatuocotyle guaibensis</i>	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Pele
Dactylogyridae gen. sp.1 Bychowsky, 1933	32,50	1,54 ± 0,39 (1-6)	0,50 ± 0,17 (0-6)	Brânquias e pele
<i>Jainus</i> sp.1	67,50	5,53 ± 1,31 (1-30)	3,73 ± 0,97 (0-30)	Brânquias
<i>Jainus</i> sp.2	77,50	17,38 ± 3,07 (1-55,8)	13,47 ± 2,64 (0-55,80)	Brânquias
<i>Kritskyia eirasi</i> Guidelli, Takemoto e Pavanelli, 2003	7,50	1,67 ± 0,67 (1-3)	0,13 ± 0,08 (0-3)	Pele
<i>Rhinoxenus arietinus</i>	57,50	2,78 ± 0,65 (1-15)	1,60 ± 0,43 (0-15)	Narinas
<i>Tereancistrum</i> sp.1	55	3,14 ± 0,63 (1-12)	1,73 ± 0,43 (0-12)	Brânquias
<i>Tereancistrum</i> sp.2	12,50	2,2 ± 0,74 (1-5)	0,28 ± 0,14 (0-5)	Brânquias
<i>Urocleidoides paradoxus</i>	50	4,40 ± 1,04 (1-22)	2,20 ± 0,62 (0-22)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.1	50	3,63 ± 0,73 (1-13)	1,82 ± 0,46 (0-13)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.2	67,50	6,20 ± 0,75 (1-16)	4,18 ± 0,68 (0-16)	Brânquias
Digenea				
<i>Austrodiplostomum</i> sp. Szidat e Nani, 1951 (metacercária)	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Olho (humor vítreo)
Diplostomidae gen. sp. (metacercária)	25	4,70 ± 1,63 (1-17)	1,18 ± 0,51 (0-17)	Olho (cristalino)
Cestoda				
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^s	5	-	-	Cavidade visceral
Nematoda				
<i>Contraecaecum</i> sp. (larva)	15	1,33 ± 0,33 (1-3)	0,20 ± 0,09 (0-3)	Intestino, cavidade visceral e bexiga natatória
<i>Rhabdochona</i> sp.2	2,50	2	0,05 ± 0,05 (0-2)	Intestino
Nematoda gen. sp.1	2,50	1	0,03 ± 0,03	Mesentério

Continua...

...continuação da Tabela 4.

			(0-1)	
Nematoda gen. sp.3	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Intestino
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	90	12,78 ± 2,68 (1-69)	11,51 ± 2,48 (0-69)	Intestino, cecos intestinais e estômago
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	17,50	3,26 ± 0,85 (1-6)	0,57 ± 0,24 (0-6)	Intestino e cecos intestinais
Annelida				
Hirudinea gen. sp.	5	1	0,05 ± 0,03 (0-1)	Brânquias
Arthropoda				
<i>Vaigamus</i> sp. Thatcher & Robertson, 1984	40	5,50 ± 2,02 (1-34)	2,20 ± 0,90 (0-34)	Narinas e pele
<i>Leporinus octofasciatus</i>				
Monogenea				
Dactylogyridae gen. sp.1	11,76	1	0,12 ± 0,08 (0-1)	Brânquias e pele
<i>Jainus</i> sp.1	41,18	2 ± 0,54 (1-4)	0,82 ± 0,32 (0-4)	Brânquias
<i>Jainus</i> sp.2	5,88	1	0,06 ± 0,06 (0-1)	Brânquias
<i>Kritskyia eirasi</i>	11,76	1,50 ± 0,50 (1-2)	0,18 ± 0,13 (0-2)	Pele
<i>Rhinoxenus arietinus</i>	58,82	1,70 ± 0,21 (1-3)	1 ± 0,24 (0-3)	Narinas
<i>Protorhinoxenus prochilodi</i> Domingues e Boeger, 2002	5,88	1	0,06 ± 0,06 (0-1)	Narinas
<i>Urocleidoides paradoxus</i>	41,18	3,57 ± 0,92 (1-7)	1,47 ± 0,57 (0-7)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.1	35,29	1,33 ± 0,21 (1-2)	0,47 ± 0,17 (0-2)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.2	29,41	1,8 ± 0,58 (1-4)	0,53 ± 0,26 (0-4)	Brânquias
Digenea				
<i>Austrodiplostomum</i> sp. (metacercária)	5,88	4	0,24 ± 0,24 (0-4)	Olho (humor vítreo)
Diplostomidae gen. sp. (metacercária)	52,94	13,67 ± 4,05 (2-36)	8,20 ± 2,97 (0-36)	Olho (cristalino)
Cestoda				
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^y	5,88	-	-	Cavidade visceral
Nematoda				
<i>Contraecaecum</i> sp. (larva)	17,65	3 ± 1,08 (1-6)	0,67 ± 0,37 (0-6)	Serosa do fígado e bexiga natatória
<i>Procamallanus</i>	94,12	10,38 ±	9,77 ± 2,76	Intestino

Continua...

...continuação da Tabela 4.

<i>(Spirocamallanus) inopinatus</i>		2,87 (2-40)	(0-40)	
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	23,53	1	0,24 ± 0,11 (0-1)	Intestino
Arthropoda				
<i>Vaigamus</i> sp.	29,41	7,60 ± 4,19 (1-23)	2,24 ± 1,43 (0-23)	Narinas e pele
<i>Prochilodus lineatus</i>				
Myxozoa				
<i>Henneguya</i> sp.	12,50	-	-	Brânquias
<i>Myxobolus</i> sp.	5	-	-	Brânquias
Monogenea				
<i>Apedunculata discoidea</i> Cugliana, Cordeiro e Luque, 2009	82,50	12,64 ± 3,55 (1-82)	10,42 ± 3,02 (0-82)	Brânquias
Dactylogyridae gen. sp.2	15	9,33 ± 4,85 (1-31)	1,40 ± 0,89 (0-31)	Narinas
Dactylogyridae gen. sp.3	7,50	1,67 ± 0,33 (1-2)	0,13 ± 0,07 (0-2)	Narinas e pele
Gyrodactylidae gen. sp.1	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Brânquias
<i>Protorhinoxenus prochilodi</i>	2,50	2	0,05 ± 0,05 (0-2)	Pele
<i>Rhinonastes</i> <i>pseudocapsaloideum</i> Kritsky, Thatcher e Boeger, 1988	57,50	2,61 ± 0,32 (1-6)	1,50 ± 0,28 (0-6)	Narinas e pele
<i>Rhinoxenus curimbatae</i> Domingues e Boeger, 2005	22,50	1,89 ± 0,46 (1-5)	0,43 ± 0,16 (0-5)	Narinas
<i>Rhinoxenus</i> sp. Kritsky, Boeger e Thatcher (1988)	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Narinas
<i>Tereancistrum curimba</i> Lizama, Takemoto e Pavanelli, 2004	20	1,61 ± 0,33 (1-3,47)	0,32 ± 0,12 (0-3,47)	Brânquias
<i>Tereancistrum</i> <i>pirassununguensis</i> Cepeda, Ceccarelli e Luque, 2012	25	3,64 ± 0,60 (1-6)	0,91 ± 0,29 (0-6)	Brânquias
<i>Tereancistrum toksonum</i> Lizama, Takemoto e Pavanelli, 2004	47,50	3,87 ± 0,88 (1-17)	1,84 ± 0,52 (0-17)	Brânquias
<i>Tereancistrum</i> sp.3	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Brânquias
<i>Tereancistrum</i> sp.4	22,50	2,07 ± 0,45 (1-4,63)	0,47 ± 0,17 (0-4,63)	Brânquias
<i>Tereancistrum</i> sp.5	10	3,18 ± 1,33 (1,16-7)	0,32 ± 0,19 (0-7)	Brânquias
<i>Tereancistrum</i> sp.6	37,50	3,46 ± 0,52 (1-8)	1,30 ± 0,33 (0-8)	Brânquias
Digenea				
<i>Colocladorchis</i> sp. Thatcher,	15	1,5 ± 0,22	0,23 ± 0,09	Intestino

Continua...

...continuação da Tabela 4.

1979		(1-2)	(0-2)	
Diplostomidae gen. sp. (metacercária)	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Olho (cristalino)
Digenea gen. sp.3 (metacercária)	5	1	0,05 ± 0,03 (0-1)	Brânquias
Nematoda				
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	7,50	1	0,08 ± 0,04 (0-1)	Cavidade visceral
<i>Guyanema</i> sp. Petter, 1974	12,50	1	0,13 ± 0,05 (0-1)	Intestino
<i>Spinitectus asperus</i> Travassos, Artigos e Pereira, 1928	15	1,50 ± 0,22 (1-2)	0,23 ± 0,09 (0-2)	Estômago e intestino
Annelida				
Hirudinea gen. sp.	25	1,30 ± 0,21 (1-3)	0,33 ± 0,66 (0-30)	Brânquias
Arthropoda				
<i>Ergasilus</i> sp. Nordmann, 1832	65	2,46 ± 0,29 (1-6)	1,60 ± 0,27 (0-6)	Narinas, brânquias e pele
Acanthocephala				
<i>Neoechinorhynchus curemai</i> Noronha, 1973	75	34,83 ± 8,03 (1- 218)	26,13 ± 6,47 (0-218)	Intestino
Schizodon nasutus				
Monogenea				
Dactylogyridae gen. sp.4	15	1,89 ± 0,53 (1-4,36)	0,28 ± 0,13 (0-4,36)	Brânquias
<i>Jainus</i> sp.2	30	2,86 ± 0,63 (1-7,64)	0,86 ± 0,28 (0-7,64)	Brânquias
<i>Kritskyia eirasi</i>	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Bexiga urinária
<i>Rhinoxenus arietinus</i>	67,50	4,19 ± 0,71 (1-15)	2,82 ± 0,57 (0-15)	Narinas
<i>Tereancistrum paranaensis</i> Karling, Lopes, Takemoto e Pavanelli, 2014	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Brânquias
<i>Tereancistrum</i> sp.2	62,50	2,69 ± 0,31 (1-6)	1,68 ± 0,28 (0-6)	Brânquias
<i>Urocleidoides paradoxus</i>	7,50	1,53 ± 0,37 (1-2,25)	0,12 ± 0,43 (0-2,25)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.5	57,50	2,76 ± 0,48 (1-8,73)	1,59 ± 0,35 (0-8,73)	Brânquias
Digenea				
<i>Austrodiplostomum</i> sp. (metacercária)	5	3 ± 1 (2-4)	0,15 ± 0,11 (0-4)	Olho (humor vítreo)
Diplostomidae gen. sp. (metacercária)	12,50	5,60 ± 2,96 (1-17)	0,70 ± 0,45 (0-17)	Olho (cristalino)

Continua...

...continuação da Tabela 4.

Cestoda				
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^y	5	-	-	Mesentério e serosa do fígado
Nematoda				
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Intestino
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	20	1,75 ± 0,31 (1-3)	0,35 ± 0,13 (0-3)	Intestino e cecos intestinais
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	10	1,50 ± 0,29 (1-2)	0,15 ± 0,08 (0-2)	Intestino e cecos intestinais
Acanthocephala				
<i>Neoechinorhynchus</i> sp. (Hamann, 1892) *	5	1,50 ± 0,50 (1-2)	0,08 ± 0,06 (0-2)	Intestino
Annelida				
Hirudinea gen. sp.	7,50	1	0,08 ± 0,04 (0-1)	Brânquias
Arthropoda				
Ergasilidae gen. sp. Von Nordmann, 1832	45	3,11 ± 0,74 (1-13)	1,40 ± 0,41 (0-13)	Narinas, brânquias e pele
<i>Steindachnerina insculpta</i>				
Monogenea				
<i>Anacanthoroides</i> sp. Kritsky e Thatcher, 1976	50	3,20 ± 0,68 (1-11)	1,60 ± 0,42 (0-11)	Brânquias e pele
<i>Curvianchorathus</i> sp. Hanek, Molnar e Fernando, 1974	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Brânquias
Dactylogyridae gen. sp. 5	7,50	4,69 ± 2,62 (1-9,75)	0,35 ± 0,26 (0-9,75)	Brânquias
Dactylogyridae gen. sp. 6	10	1,50 ± 0,29 (1-2)	0,15 ± 0,08 (0-2)	Narinas
<i>Urocleidoides</i> sp.6	2,50	1,63	0,04 ± 0,04 (0-1,63)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.7	5	1,65 ± 0,02 (1,63-1,67)	0,08 ± 0,06 (0-1,67)	Brânquias
Digenea				
Diplostomidae gen. sp. (metacercária)	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Olho (cristalino)
Digenea gen. sp.2 (metacercária)	5,88	1	0,06 ± 0,04 (0-1)	Nadadeiras
Digenea gen. sp.4 (metacercária)	22,50	1,67 ± 0,37 (1-4)	0,38 ± 0,14 (0-4)	Brânquias
<i>Sphincterodiplostomum musculosum</i> (metacercária) Dubois, 1936	5	1,50 ± 0,50 (1-2)	0,08 ± 0,06 (0-2)	Olho
Cestoda				
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^y	12,50	-	-	Mesentério

Continua...

...continuação da Tabela 4.

Nematoda				
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	40	5,50 ± 1,35 (1-20)	2,20 ± 0,68 (0-20)	Intestino, cavidade visceral, bexiga natatória e mesentério
<i>Cosmoxynema vianai</i> Travassos, 1949	17,50	2,14 ± 0,40 (1-4)	0,38 ± 0,15 (0-4)	Intestino
<i>Travnema travnema</i> Pereira, 1938	47,50	1,84 ± 0,32 (1-6)	0,88 ± 0,21 (0-6)	Intestino
Acanthocephala				
<i>Neoechinorhynchidae</i> gen. sp. Ward, 1917	15	1,50 ± 0,34 (1-3)	0,23 ± 0,10 (0-3)	Intestino

*Valores apresentados como média ± erro padrão (amplitude). ³Não foi possível realizar os cálculos de intensidade média de infecção e abundância média, devido ao grande número de parasitas encontrados e por estarem em estágio inicial de desenvolvimento.

Tabela 5. Número de parasitas coletados e abundância relativa (%) de cada grupo de parasitas de peixes Characiformes (*Astyanax altiparanae*, *Astyanax bockmanni*, *Astyanax fasciatus*, *Leporinus amblyrhynchus*, *Leporinus elongatus*, *Leporinus friderici*, *Leporinus octofasciatus*, *Prochilodus lineatus*, *Schizodon nasutus* e *Steindachnerina insculpta*) em quatro locais de amostragem em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil.

Abundância relativa (%)	Locais de amostragem			
	1	2	3	4
Monogenéticos	46,58	36,49	63,85	84,27
Larvas de digenéticos	6,58	6,83	1,54	2,10
Digenéticos adultos	0,25	0,20	0	0
Larvas de nematoides	11,33	3,59	0,77	3,27
Nematoides adultos	5,50	22,25	13,31	8,65
Acantocéfalos	25,33	23,74	12,31	0,62
Hirudíneos	0,58	0,27	2,31	0,23
Ergasilídeos	3,83	6,66	1,92	0,86
Total de parasitas coletados	1.200	3.004	260	1.284

Ponto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras, n=81; Ponto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera, n=147; Ponto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro, n=17; Ponto 4: jusante da PCH Retiro, n=98 (veja os pontos na Figura 1).

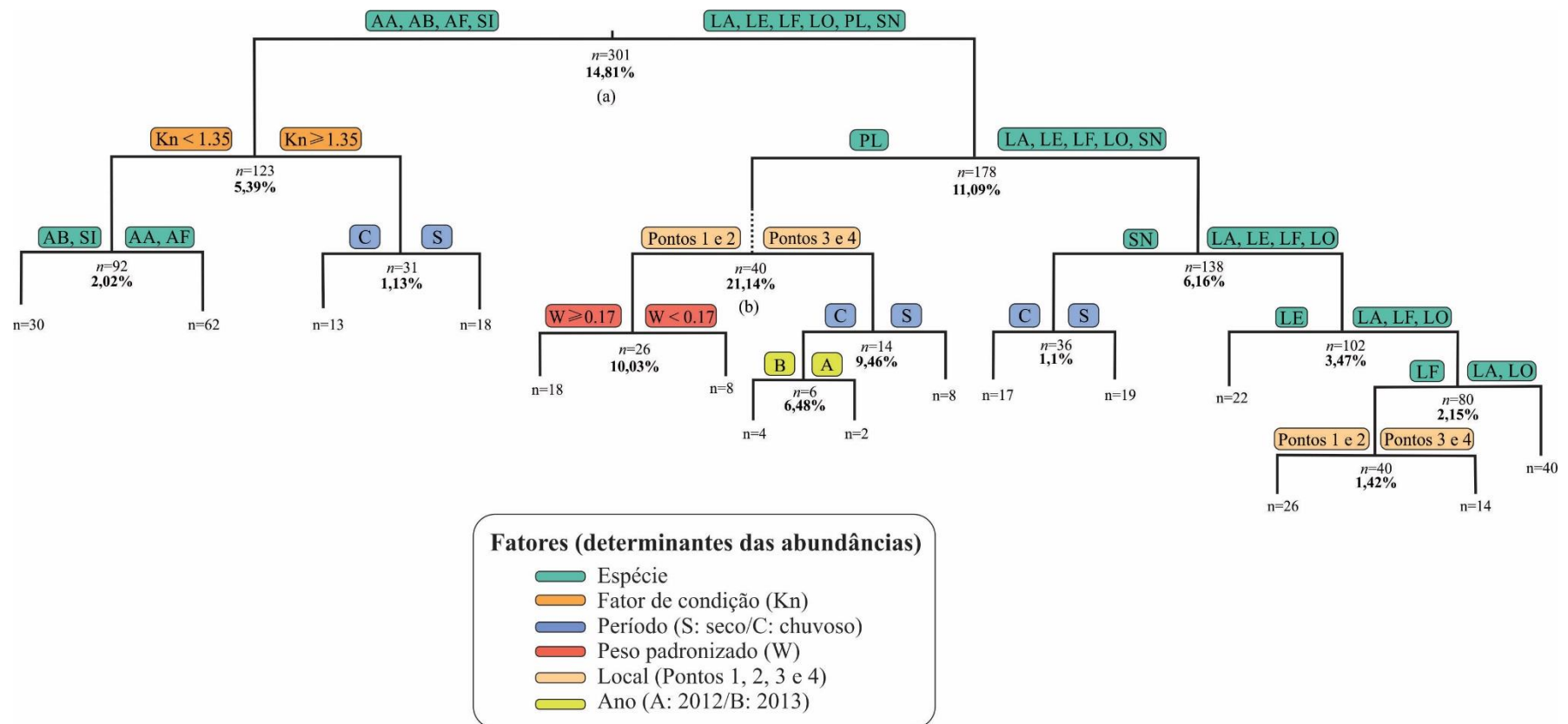


Figura 8. Árvore de regressão multivariada (MRT) descrevendo as principais interações entre os fatores em uma escala global (linhas contínuas – árvore a) e em uma sub-árvore subsequente (linhas pontilhadas – árvore b), obtida para os parasitas de peixes Characiformes coletados em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no Sapucaí-Mirim River, Sudeste do Brasil. Variância explicada – R^2 : (a) 0,49 e (b) 0,47. Erro: (a) 0,49 e (b) 0,53. A linha pontilhada refere-se a árvore derivada. Abreviações: AA: *Astyanax altiparanae*, AB: *Astyanax bockmanni*, AF: *Astyanax fasciatus*, LA: *Leporinus amblyrhynchus*, LE: *Leporinus elongatus*, LF: *Leporinus friderici*, LO: *Leporinus octofasciatus*, PL: *Prochilodus lineatus*, SN: *Schizodon nasutus*, e SI: *Steindachnerina insculpta*.

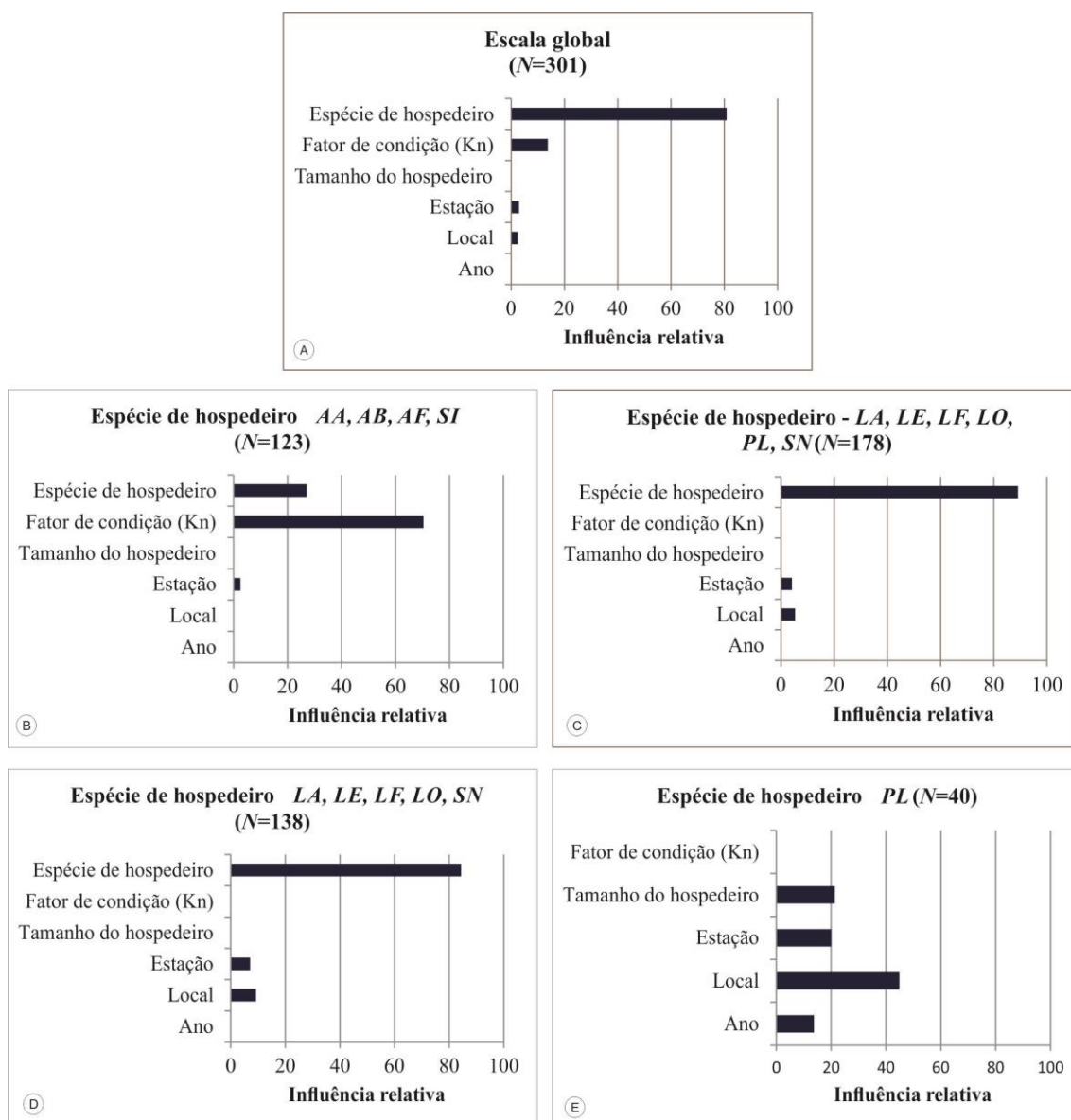


Figura 9. Influência relativa (ou contribuição) dos principais fatores sobre as abundâncias dos parasitas de peixes Characiformes em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil. (A) Escala global; (B) Escala espécie de hospedeiro – *Astyanax altiparanae*, *Astyanax bockmanni*, *Astyanax fasciatus* e *Steindachnerina insculpta*; (C) Escala espécie de hospedeiro – *Leporinus amblyrhynchus*, *Leporinus elongatus*, *Leporinus friderici*, *Leporinus octofasciatus*, *Prochilodus lineatus* e *Schizodon nasutus*; (D) Escala espécie de hospedeiro – *L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici*, *L. octofasciatus* e *S. nasutus*; (E) Escala espécie de hospedeiro – *P. lineatus*.

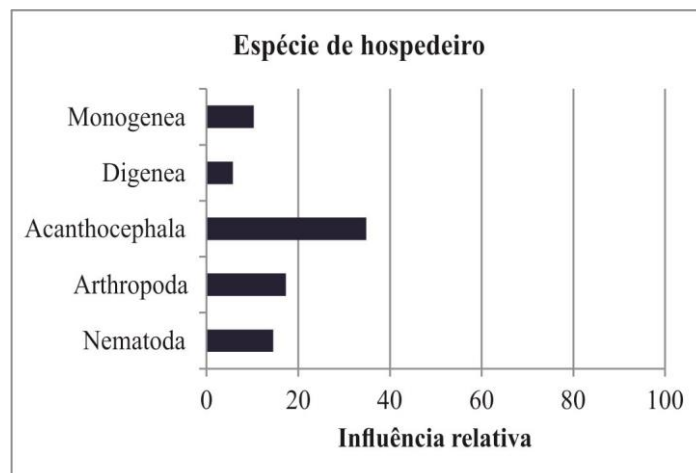


Figura 10. Influência relativa (ou contribuição) da espécie hospedeira sobre os cinco *taxa* mais abundantes de parasitas de peixes Characiformes em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil.

Tabela 6. Comparação da intensidade média de infecção/infestação (IMI) e número total de parasitas encontrados (NTP) de acordo com os principais fatores gerados a partir da árvore de regressão multivariada para algumas espécies de peixes Characiformes coletados em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no Sapucaí-Mirim River, Sudeste do Brasil.

Espécie(s)	Fator	IMI*	NTP
AA, AB, AF, SI	Kn < 1,35	4,21 ± 0,51 (1-22) ^a	388
	Kn ≥ 1,35	5,9 ± 0,87 (1-20) ^b	171
PL	Pontos 1 e 2	55,38 ± 9,67 (13-219) ^a	1440
	Pontos 3 e 4	32,57 ± 6,85 (13-99) ^b	456
PL	W < 0,17	36,25 ± 16,29 (13-147) ^a	290
	W ≥ 0,17	63,89 ± 11,67 (15-219) ^b	1150

*Valores apresentados como média ± erro padrão (amplitude). Abreviações - AA: *Astyanax altiparanae*; AB: *Astyanax bockmanni*; AF: *Astyanax fasciatus*; PL: *Prochilodus lineatus*; Kn: fator de condição; W: peso padronizado; Ponto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras; Ponto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera; Ponto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro; Ponto 4: jusante da PCH Retiro; Peso real: W < 0,17 = 417,83 ± 29,68 (367,43-456,55) g; W ≥ 0,17 = 829,36 ± 263,68 (448,52-1272,84) g. Letras diferentes: diferença estatística significativa ($P < 0,05$).

DISCUSSÃO

Apesar da fauna parasitária de diversas espécies de peixes Characiformes terem sido estudadas em alguns rios brasileiros (ABDALLAH; AZEVEDO; LUQUE, 2004; ABDALLAH; AZEVEDO; LUQUE, 2005; LIZAMA; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2005; GUIDELLI et al., 2006; TAKEMOTO et al., 2009; CESCHINI et al., 2010), o presente trabalho representa a primeira análise para identificar os determinantes das abundâncias de parasitas considerando múltiplos fatores (bióticos e abióticos).

O grupo taxonômico dos monogenéticos foi o mais representativo para os Characiformes avaliados, uma vez que estes parasitas apresentaram a maior riqueza de espécies e foram os mais abundantes em todos os locais amostrados, principalmente nos pontos 3 e 4. De acordo com Thatcher (2006), os peixes Characiformes apresentam a maior abundância de espécies de monogenéticos. Ademais, diversos fatores podem interferir nos níveis de parasitismo por monogenéticos em peixes, sendo um deles o fato de habitarem ambientes lênticos (como por exemplo, lagos e reservatórios de centrais hidrelétricas), uma vez que parasitas de ciclo direto são favorecidos nesses ambientes (TAKEMOTO et al., 2013). Aliado a isso, também há o fato de que a maioria das espécies avaliadas neste estudo (como *A. altiparanae*, *A. fasciatus*, *P. lineatus*, *L. friderici* e *L. octofasciatus*) apresenta o hábito de formar cardumes (RESENDE, 1992; SUZUKI; ORSI, 2008) como forma principalmente de evitar predadores (JUANES; BUCKEL; SCHARF, 2002), o que pode também facilitar a infecção por parasitas de ciclo monoxênico como os monogenéticos.

Apesar da baixa abundância relativa, digenéticos e acantocéfalos foram encontrados principalmente nos locais de amostragem 1 e 2, o que pode ter sido favorecido pela presença dos hospedeiros intermediários destes parasitas nestes locais. Ademais, estes pontos apresentaram em certas épocas do ano valores mais altos de fósforo total, clorofila-*a* e amônia quando comparados aos demais.

Os compostos nitrogenados, especialmente nitratos, são usualmente derivados de fertilizantes agrícolas utilizados na agricultura, e podem ser carregados pela chuva para dentro do rio. O excesso de fosfato e formas nitrogenadas pode levar a um aumento da matéria orgânica dos sistemas aquáticos (CETESB, 2009), que por sua vez pode contribuir para aumentar a população de moluscos, hospedeiros intermediários dos

trematódeos digenéticos (MADI, 2005). De acordo com Poulin (2007), as características do habitat também são por vezes correlacionadas com a composição ou a riqueza das comunidades componentes, uma vez que elas podem refletir a ação dos mecanismos causais, como por exemplo, as características físico-químicas da água.

No presente estudo, alta heterogeneidade foi observada na composição das comunidades de peixes Characiformes, uma vez que em uma escala global grande parte da variação observada esteve relacionada com as diferenças entre as espécies de hospedeiros. Apesar de pertencerem a mesma ordem, os peixes analisados apresentam diferenças de tamanho, habitat, hábito alimentar, taxa metabólica, comportamento e várias outras características da história de vida que podem influenciar na composição e riqueza das espécies de parasitas (POULIN, 2007).

Contudo, algumas espécies de parasitas apresentaram-se específicas para peixes do mesmo gênero (como *Astyanax* spp.), ou família (Anostomidae), principalmente com relação aos monogenéticos. De acordo com Thatcher (2006), embora existam evidências de que os monogenéticos apresentem um amplo espectro de espécies hospedeiras, a maioria mostra relativamente elevada especificidade ao hospedeiro, ocorrendo em uma única espécie de peixe ou em espécies intimamente relacionadas.

Com relação a *P. lineatus* e *S. insculpta*, a fauna parasitária apresentada por estes hospedeiros foi diferente dos demais, uma vez que foram representantes únicos de seus respectivos gêneros e famílias neste estudo.

As três espécies de *Astyanax* e *S. insculpta* foram agrupadas em uma mesma escala, sendo que o fator de condição foi o principal fator determinante da variação na abundância dos parasitas, seguida pela espécie de hospedeiro. Analisando-se os dados de acordo com a divisão gerada na árvore de regressão multivariada, os peixes com menor fator de condição apresentaram intensidade média de infecção/infestação menor do que aqueles com fator de condição mais alto.

O fator de condição é uma medida ou indicador quantitativo do grau de higidez e bem-estar dos peixes, refletindo condições alimentares recentes e sendo calculada através da relação peso-comprimento (LE CREN, 1951). O fator de condição relativo consiste na relação entre o peso observado e o peso esperado dos peixes (LE CREN, 1951).

Alguns autores encontraram relação negativa entre o fator de condição e a presença ou a abundância de parasitas, ou seja, peixes com fator de condição menor foram mais parasitados (RANZANI-PAIVA; SILVA-SOUZA, 2004; YAMADA; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2008; GUIDELLI et al., 2011). Entretanto, outros estudos apresentaram relações positivas entre o fator de condição e as taxas de parasitismo (ISAAC et al., 2004; LIZAMA; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2006; GUIDELLI et al., 2011). Desta forma, estudos adicionais são necessários para observar se o fator de condição pode apresentar de fato relações com o grau de parasitismo em peixes.

As espécies *L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici*, *L. octofasciatus*, *P. lineatus* e *S. nasutus* foram agrupadas em outra escala, sendo que a variação na abundância dos parasitas foi explicada principalmente pela espécie de hospedeiro. Estes peixes pertencem a duas diferentes famílias, sendo que *Leporinus* spp. e *S. nasutus* pertencem a família Anostomidae e *P. lineatus* a família Prochilodontidae, fato este que possivelmente gerou as duas próximas divisões observadas na árvore de regressão, uma vez que possuem faunas parasitárias bastante distintas.

Na escala considerando *L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici*, *L. octofasciatus* e *S. nasutus*, a variação na abundância dos parasitas foi explicada principalmente pela espécie de hospedeiro. Os peixes do gênero *Leporinus* apresentaram mais semelhanças em relação à composição parasitária, uma vez que a próxima divisão na árvore separou estes peixes da espécie *S. nasutus*. Apesar de pertencerem a mesma família, algumas características inerentes às espécies podem ter feito com que houvesse influência na composição das espécies de parasitas, como o hábito alimentar, por exemplo, uma vez que *Leporinus* spp. apresentam geralmente dieta onívora e *S. nasutus* dieta herbívora.

Na escala considerando *P. lineatus*, a variação na abundância dos parasitas foi explicada principalmente pelo local de amostragem, seguida pelo tamanho do hospedeiro. Analisando-se os dados de acordo com a divisão gerada na árvore de regressão multivariada, os peixes dos locais de amostragem 1 e 2 apresentaram intensidade média de infecção/infestação e número total de parasitas coletados maiores do que os locais 3 e 4.

Em determinadas épocas do ano, os valores de fósforo total, amônia e clorofila-*a* foram maiores nos locais de amostragem 1 e 2, principalmente neste último. Como mencionado anteriormente, o fósforo e a amônia podem contribuir com o aumento de matéria orgânica e beneficiar o ciclo de vida de algumas espécies de parasitas. Ademais, de acordo com Poulin (2007), os processos locais são influências importantes se uma espécie de parasita deve ou não se estabelecer, pois em geral, as características físicas ou biológicas do habitat, combinados com vários eventos históricos que levam a ganhos ou perdas de espécies de parasitas, irão determinar a riqueza e a abundância de espécies de parasitas local e moldar a evolução das comunidades componentes (POULIN, 2007).

O tamanho do hospedeiro também apresentou influência na abundância dos parasitas de *P. lineatus*, sendo que os espécimes com tamanho maior apresentaram intensidade média de infecção/infestação e número total de parasitas coletados mais altos do que os peixes com tamanho menor.

De acordo com Poulin (2007), espécies hospedeiras de grande porte (como é o caso de *P. lineatus*) podem proporcionar mais espaço e outros recursos, e, possivelmente, uma maior diversidade de nichos para os parasitas. Desta forma, eles são mais propensos a ser colonizados por estes organismos, uma vez que eles consomem uma quantidade maior de presas que podem abrigar estágios larvais, e apresentam uma maior área de superfície externa para o contato com estágios infectantes. Ademais, esta espécie de peixe apresenta hábito alimentar iliófago, podendo ingerir itens como lodo e detritos orgânicos do sedimento (MORAES; BARBOLA; GUEDES, 1997), os quais podem conter organismos (como os moluscos, por exemplo) que funcionam como hospedeiros intermediários de determinados grupos de parasitas.

Os acantocéfalos foram os mais sensíveis com relação ao fator espécie de hospedeiro, e isso pode estar relacionado ao fato de terem sido encontrados parasitando apenas três das dez espécies de Characiformes analisadas (*P. lineatus*, *S. nasutus* e *S. insculpta*), aliado ao fato de que cada espécie de acantocéfalo parasitou apenas uma espécie de hospedeiro.

A busca por causas que são responsáveis pelos padrões de distribuição de espécies em sistemas naturais é essencialmente importante na ciência ecológica, e estabelecer relações entre a distribuição das espécies e características ambientais é uma

abordagem que vem sendo amplamente utilizada (PERES-NETO et al., 2006). Desta forma, este estudo tentou contribuir com este conceito, sendo que as comunidades parasitárias estudadas apresentaram principalmente diferenças entre as espécies hospedeiras, embora pertencendo a mesma ordem ou família. O local de amostragem, o fator de condição e o tamanho do hospedeiro também parecem tem influenciado na distribuição de abundância parasitária de algumas espécies analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLAH, V. D.; AZEVEDO, R. K.; LUQUE, J. L. Metazoários parasitos dos lambaris *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), *A. paraguayae* Eigenmann, 1908 e *Oligosarcus hepsetus* (CUVIER, 1829) (Osteichthyes: Characidae), do rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.13, n.2, p.57-63, 2004.
- ABDALLAH, V. D.; AZEVEDO, R. K.; LUQUE, J. L. Ecologia da comunidade de metazoários parasitos do sairú *Cyphocharax gilbert* (Quoy e Gaimard, 1824) (Characiformes: Curimatidae) do rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.14, n.4, p.154-159, 2005.
- AHO, J. M.; BUSH, A. O. Community Richness in Parasites of Some Freshwater Fishes from North America. In: RICKLEFS, R. E.; SCHLUTER, D. (Org.) **Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives**. United States of America: The University of Chicago Press, 1993. p.185-193.
- AMATO, J. F. R.; BOEGER, W. A.; AMATO, S. B. **Protocolos para laboratório – Coleta e processamento de parasitos de pescado**. Rio de Janeiro: Imprensa Universitária – UFRRJ, 1991. 81p.
- ANDRADE, C.M. **Meios e soluções comumente empregados em laboratórios**. Rio de Janeiro: Editora Universidade Rural, 2000. 353p.
- APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. 2002.

- BENEDITO-CECÍLIO, E.; AGOSTINHO, A. A. Estrutura de populações de peixes do reservatório de Segredo. In: Agostinho, A. A.; Gomes L. C. (Org.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Eduem: Maringá, 1997, p.113-119.
- BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. A. A. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias (com chaves de identificação para os peixes da bacia do São Francisco)**. 3ª. ed. Brasília: Câmara dos Deputados/CODEVASF, 1988. 143 p.
- BUSH, A. O.; AHO J. M.; KENNEDY, C. R. Ecological versus phylogenetic determinants of helminth parasite community richness. **Evolutionary Ecology**, v.4, p.1-20. 1990.
- BUSH, A. O.; LAFFERTY, K. D.; LOTZ, J. M.; SHOSTAK, A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **Journal of Parasitology**, Canadá, v.83, n.4, p. 575-583. 1997.
- CARNEY, J. P.; DICK, T. A. Helminth communities of yellow perch (*Perca flavescens* (Mitchill): determinants of pattern. **Canadian Journal of Zoology**, v.78, p.538–555, 2000.
- CASTRO R. M. C.; CASATTI, L.; SANTOS, H. F.; MELO, A. L. A.; MARTINS, L. S. F.; FERREIRA, K. M.; GIBRAN, F. Z.; BENINE, R. C.; CARVALHO, M.; RIBEIRO, A. C.; ABREU, T. X.; BOCKMANN, F. A.; PELIÇÃO, G. Z.; STOPIGLIA, R.; LANGEANI, F. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do rio Grande no Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v.4, n.1, p.1-12, 2004.
- CESCHINI, T. L.; TAKEMOTO, R. M.; YAMADA, F. H.; MOREIRA, L. H. A.; PAVANELLI, G. C. Metazoan parasite community of *Steindachnerina brevipinna* (Curimatidae) from Southern Brazil. **Helminthologia**, v.47, n.3, p.164-169, 2010.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo, 2009. 43p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

- CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **PRIMER v6: User manual/tutorial**. Plymouth, U.K.: PRIMER-E, 2006. 115p.
- COHEN, S. C.; JUSTO, M. C.; KOHN, A. **South American Monogeneoidea parasites of fishes, amphibians and reptiles**. Rio de Janeiro: Oficina de livros, 2013. 663p.
- EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes**. Maringá: Eduem, 2ª ed., 2006. 199p.
- GIBSON, D. I.; MARGOLIS, L.; KABATA, Z. **Guide to the parasites of fishes of Canada. Part 4. Trematoda**. Ottawa: National Research Council of Canada, 1996. 382p.
- GUIDELLI, G.; TAVECHIO, W. L. G.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Fauna parasitária de *Leporinus lacustris* e *Leporinus friderici* (Characiformes, Anostomidae) da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.28, n.3, p.281-290, 2006.
- GUIDELLI, G.; TAVECHIO, W. L. G.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Relative condition factor and parasitism in anostomid fishes from the floodplain of the Upper Paraná River, Brazil. **Veterinary Parasitology**, v.177, p.145-151, 2011.
- ISAAC, A.; GUIDELLI, G. M.; FRANÇA, J. G.; PAVANELLI, G. C. Composição e estrutura das infracomunidades endoparasitárias de *Gymnotus* spp. (Pisces: Gymnotidae) do rio Baía, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.26, n.4, p.453-462, 2004.
- JUANES, F.; BUCKEL, J. A.; SCHARF, F. S. Feeding Ecology of Piscivorous Fishes. In: HART, P. J. B; REYNOLDS, J. D. (Orgs.) **Handbook of fish biology and fisheries**. Vol.1. UK: Blackwell Publishing, 2002. p.267-283.
- KRISTSKY, D. C.; THATCHER, V. E.; BOEGER, V. A. Neotropical Monogenea. Revision of *Urocleidoides* (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae). **Proceedings of the Helminthological Society of Washington**, v.53, p.1-37. 1986.
- LANGEANI, F.; CASTRO, R. M. C.; OYAKAWA, O. T.; SHIBATTA, O. A.; PAVANELLI, C. S.; CASATTI, L. Diversidade da ictiofauna do alto rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. **Biota Neotropica**, v.7, n.3, p.1-17, 2007.

- LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch *Perca fluviatilis*. **Journal of Animal Ecology**, v.20, p.201-219, 1951.
- LIZAMA, M. A. P.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Influence of host sex and age on infracommunities of metazoan parasites of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Prochilodontidae) of the Upper Paraná River Floodplain, Brazil. **Parasite**, v.12, p.299-304, 2005.
- LIZAMA, M. A. P.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Parasitism influence on the hepato, splenosomatic and weight/length relation and relative condition factor of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Prochilodontidae) of the upper Paraná river floodplain, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.15, n.3, p.116-122, 2006.
- LUQUE, J. L.; LACERDA, A. C.; LIZAMA, M. A. P.; BELLAY, S.; TAKEMOTO, R. M. Aspectos ecológicos. In: PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J. C. (Org.) **Parasitologia de peixes de água doce no Brasil**, Maringá: Eduem, 2013, p.452.
- MADI, R. R. **Utilização dos helmintos parasitos de *Geophagus brasiliensis* Quoy & Gaimard, 1824) (Cichlidae; Perciformes) como indicadores ambientais**. 2005. 110p. Thesis (Doctorate) - Universidade de Campinas – Unicamp, Campinas, SP, 2005. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code¼vtls000359415>>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- MARTINS, M. L.; FUJIMOTO, R. Y.; ANDRADE, P. M.; TAVARES-DIAS, M. Recent studies on *Neoechinorhynchus curemai* NORONHA, 1973 (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae), in *Prochilodus lineatus* Valenciennes, 1836, from Volta Grande Reservoir, MG, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.60, n.4, p.673-682, 2000.
- MÍGUEZ-LOZANO, R.; PARDO-CARRANZA, T. V.; BLASCO-COSTA, I.; BALBUENA, J. A. Spatial Structure of Helminth Communities in the Golden Grey Mullet, *Liza aurata* (Actinopterygii: Mugilidae), from the Western Mediterranean. **Journal of Parasitology**, v.98, n.5, p.904-912, 2012.

- MORAES, M. F. P. G.; BARBOLA, I. F.; GUEDES, E. A. C. Alimentação e relações morfológicas com o aparelho digestivo do "curimbatá", *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) (Osteichthyes, Prochilodontidae), de uma lagoa do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.14, n.1, p.169-180, 1997.
- MORAVEC, F. **Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical region**. Czech Republic: Academia Praha, 1998. 464p.
- NELSON, J. S. **Fishes of the world**. 4^a ed. New York: John Wiley & Sons, 2006. 601p.
- ORSI, M. L.; CARVALHO, E. D.; FORESTI, F. Biologia populacional de *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski (Teleostei, Characidae) do médio Rio Paranapanema, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.21, p.207-218, 2004.
- PERES-NETO, P. R.; LEGENDRE, P.; DRAY, S.; BORCARD, D. Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. **Ecology**, v.87, n.10, 2006, p.2614-2625, 2006.
- PERTIERRA, A. A. G. Redescription of *Proteocephalus bagri* and *P. rhamdiae* (Cestoda: Proteocephalidae), parasites of *Rhamdia quelen* (Siluriformes: Pimelodidae) from South America, with comments on morphological variation. **Folia Parasitologica**, v.49, p.55-66, 2002.
- POULIN, R. **Evolutionary Ecology of Parasites**. 2^a ed. New Jersey: Princeton University Press, 2007. 332p.
- RANZANI-PAIVA, M. J. T.; SILVA-SOUZA, A. T. Co-infestation of gills by different parasite groups in the mullet, *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae): effects on relative condition factor. **Brazilian Journal of Biology**, v.64, p.677-682, 2004.
- REGO, A. A.; CHUBB, J. C.; PAVANELLI, G. C. Cestodes in South American freshwater teleost fishes: keys to genera and brief description of species. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.16, p.299-367, 1999.

- REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, J. C. J. (Org.) **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: Edipucrs, 2003. 742p.
- RESENDE, E. K. Bioecologia do curimatá, *Prochilodus lineatus* no Pantanal do Miranda-Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.4, p.261-276, 1992.
- SANTOS, E. P. **Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura**. EDUSP: São Paulo, 1978. 129p.
- SANTOS, C. P.; GIBSON, D. I.; TAVARES, L. E. R.; LUQUE, J. L. Checklist of Acanthocephala associated with the fishes of Brazil. **Zootaxa**, v.1938, p.1-22, 2008.
- SUZUKI, F. M.; ORSI, M. L. Formação de cardumes por *Astyanax altiparanae* (Teleostei: Characidae) no Rio Congonhas, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.25, n.3, p.566-569, 2008.
- TALLING, J. F.; DRIVER, D. Some problems in the estimation of chlorophyll-*a* in phytoplankton. In: **Proceedings, Conference of primary productivity measurements in marine and freshwater**. Hawaii: USAEE, 1963. p.142-146.
- TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C.; LIZAMA, M. A. P.; LACERDA, A. C. F.; YAMADA, F. H.; MOREIRA, L. H. A.; CESCHINI, T. L.; BELLAY, S. Diversity of parasites of fish from the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.69, Suppl.2, p.691-705, 2009.
- TAKEMOTO, R. M.; LUQUE, J. L.; BELLAY, S.; LONGHINI, C. E.; GRAÇA, R. J. Monogenea. In: PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J. C. **Parasitologia de peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Eduem, 2013. p.273-299.
- THATCHER, V. E. **Amazon fish parasites**. 2nd ed. Bulgaria: Pensoft. 2006. 508 p.
- THERNEAU, T. M.; ATKINSON, B.; RIPLEY, B.; OKSANEN, J.; DE'ATH, G. The mvpart package. In: DE'ATH, G. (Ed.). **Multivariate Partitioning**. R Package Version 1.2-6. 2004. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

VIGNON, M.; SASAL, P. Multiscale determinants of parasite abundance: a quantitative hierarchical approach for coral reef fishes. **International Journal for Parasitology**, v.40, p.443-451, 2010.

YAMADA, F. H.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Relação entre fator de condição relativo (Kn) e abundância de ectoparasitos de brânquias, em duas espécies de ciclídeos da bacia do rio Paraná, Brasil do rio Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.30, n.2, p.213-217, 2008.

Artigo 3

*Estrutura espacial das comunidades de
metazoários parasitas de quatro espécies do
gênero Leporinus (Characiformes: Anostomidae)
provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do
Brasil*

RESUMO

Leporinus constitui-se o gênero mais diverso entre os anostomídeos, apresentando 87 espécies. Apesar de serem encontrados trabalhos na literatura sobre a fauna parasitária de algumas espécies deste gênero, estudos ecológicos quantificando a influência das principais classes de fatores (ambiental, espacial e biótico) na estrutura da comunidade ainda não foram realizados. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a estrutura das comunidades de metazoários parasitas de quatro espécies de peixes do gênero *Leporinus* procedentes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, bem como determinar a contribuição dos fatores ambiental, espacial e do hospedeiro para a variação da composição das infracomunidades de parasitas. Durante o período de março de 2012 a julho de 2013, foram coletados 103 espécimes pertencentes a quatro espécies de *Leporinus* (*L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici* e *L. octofasciatus*), em quatro locais em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim. Quatro taxa de metazoários parasitas foram comuns às quatro comunidades analisadas. *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* foi o parasita que apresentou a maior dominância relativa média nas comunidades de *L. friderici*, *L. amblyrhynchus* e *L. octofasciatus*. *Urocleidoides* sp.3 foi a espécie que apresentou maior dominância relativa média e frequência de dominância na comunidade dos parasitas de *L. elongatus*. Todas as espécies de parasitas de *L. amblyrhynchus*, *L. friderici* e *L. elongatus*, e a maioria das espécies de *L. octofasciatus*, apresentaram o padrão típico de distribuição agregada. As comunidades de metazoários parasitas estudadas apresentaram principalmente diferenças entre as espécies hospedeiras, embora pertencendo ao mesmo gênero. O local de amostragem, embora com uma menor porcentagem da variação explicada, parece ter influenciado na distribuição da abundância parasitária entre as espécies analisadas.

Palavras-chave: Método do particionamento da variação, NMDS, Helmintos, Monogenea, Camallanidae, Digenea.

ABSTRACT

Leporinus is the most diverse genus among anostomids, with 87 species. Despite we can found in the literature some papers about the parasite fauna of some species of this genus, ecological studies quantifying the influence of the key factors (environmental, spatial and biotic) in their community structure have not yet been made. Thus, this study aimed to evaluate the structure of metazoan parasite communities of four species of *Leporinus* from the Sapucaí-Mirim River, Southeastern Brazil, as well as determine the contribution of environmental, spatial and host factors to the variation in the composition of parasite infracommunities. From March 2012 to July 2013, 103 fish specimens of four *Leporinus* species (*L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici* and *L. octofasciatus*) at four sampling sites in an area under the influence of Small Hydroelectric Power Plants in the Sapucaí-Mirim River were collected. Four metazoan parasite taxa were common to the four communities analyzed. *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* was the parasite with the highest mean relative dominance in the communities of *L. friderici*, *L. amblyrhynchus*, and *L. octofasciatus*. *Urocleidoides* sp.3 was the species with the highest mean relative dominance and dominance frequency in the parasite community of *L. elongatus*. All parasite species of *L. amblyrhynchus*, *L. friderici* and *L. elongatus*, and the majority species of *L. octofasciatus* showed the typical pattern of aggregated distribution. The metazoan parasite communities primarily showed differences among the host species, although belonging to the same genus. The sampling site, although with a smaller percentage of the explained variance, seems to have influenced in the distribution of parasite abundance among the fish species analyzed.

Keywords: Variation partitioning method, NMDS, Helminths, Monogenea, Camallanidae, Digenea.

INTRODUÇÃO

As espécies de peixes da família Anostomidae Günther, 1864 encontram-se amplamente distribuídas, desde o Sul da América Central até as regiões tropicais e sub-temperadas da América do Sul (NELSON, 2006). Os anostomídeos são peixes fusiformes, incluindo espécies que variam de 10 a 80 cm. A maioria é conhecida pelo seu hábito de alimentação em uma posição inclinada, sendo que se constituem de uma parte significativa da biomassa de peixes nos diversos habitats aquáticos (GARAVELLO; BRITSKI, 2003).

Doze gêneros e um total de 137 espécies são conhecidos entre os anostomídeos, sendo que o gênero *Leporinus* Agassiz, 1829 é o mais diverso, apresentando 87 espécies (NELSON, 2006). *Leporinus* spp. encontram-se distribuídos desde Trinidad até o Rio La Plata na Argentina, sendo que suas espécies são exploradas na pesca comercial e de subsistência, como um importante item alimentar para os habitantes da América do Sul (GARAVELLO; BRITSKI, 2003).

Leporinus amblyrhynchus Garavello & Britski, 1987, conhecido popularmente como “Chimbore”, é nativo da bacia do rio Paraná no Brasil; *Leporinus elongatus* Valenciennes, 1850, conhecido popularmente como “piapara”, encontra-se distribuído nas bacias dos rios Paraná e São Francisco no Brasil, e La Plata na Argentina; *Leporinus friderici* (Bloch, 1794), conhecido popularmente como “Araçu ou piau cabeça gorda”, distribui-se nas bacias dos rios Suriname e Amazônia (Brasil, Guiana Francesa, Guiana, Suriname e Trinidad e Tobago); e *Leporinus octofasciatus* Steindachner, 1915, conhecido popularmente como “Ferreirinha”, encontra-se distribuído no rio Cubatão (Estado de Santa Catarina) e na bacia do rio Paraná (GARAVELLO; BRITSKI, 2003).

Os peixes podem ser hospedeiros de parasitas taxonomicamente diversos (LAGRUE et al., 2011), uma vez que a aquisição de patógenos e parasitas é facilitada no ambiente aquático (KLEIN et al., 2004).

Os parasitas se constituem de poderosos sistemas comparativos para análise da comunidade, principalmente devido a sua natureza hierárquica (AHO; BUSH, 1993), e têm sido utilizados como modelos no desenvolvimento de hipóteses sobre a estrutura de comunidades (CARNEY; DICK, 2000).

As causas da estruturação das comunidades estão geralmente relacionadas às variáveis ambientais e bióticas, porém essas duas classes de fatores podem ter influência de alguns aspectos complementares, tais como: eventos históricos, entradas de energia auxiliar ou distúrbios de vários tipos (BORCARD; LEGENDRE, 1994).

De acordo com Borcard, Legendre e Drapeau (1992), a estruturação espacial das comunidades naturais apresenta claramente o problema da quantificação da contribuição relativa dos diferentes fatores, e cujas interações muitas vezes resultam em um efeito sobreposto no espaço, tornando-se difícil desta forma avaliar a contribuição de cada fator para a estrutura da comunidade em uma área.

Entretanto, um método amplamente utilizado para o estudo de comunidades de organismos de vida livre, chamado de método do particionamento da variação (*variation partitioning method*), está começando a ser utilizado para organismos parasitas (MÍGUEZ-LOZANO et al., 2012; SANTANA-PIÑEROS; PECH; VIDAL-MARTÍNEZ, 2012). Este método permite a quantificação da influência das principais classes de fatores (ambiental, espacial e biótico isolados, e também através de uma combinação entre eles) na estrutura da comunidade (MÍGUEZ-LOZANO et al., 2012).

Apesar de serem encontrados trabalhos na literatura sobre a fauna parasitária de algumas espécies de *Leporinus* (CASAL; MATOS; AZEVEDO, 2003; FELTRAN et al., 2004; GUIDELLI et al., 2006; GUIDELLI et al., 2011; KOHN; FERNANDES, 1987; KOHN; GOMES; MOTTA, 1968), estudos desta natureza ainda não foram realizados em peixes deste gênero.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a estrutura das comunidades de metazoários parasitas de quatro espécies de peixes do gênero *Leporinus* procedentes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, bem como determinar a contribuição dos fatores ambiental, espacial e do hospedeiro para a variação da composição das infracomunidades de parasitas.

MATERIAL E MÉTODOS

Hospedeiros estudados e procedimentos no campo

Foram coletadas quatro espécies de peixes pertencentes ao gênero *Leporinus*, sendo que os seus dados biométricos e o número de espécimes analisados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Número de espécimes analisados (EA) e os dados biométricos observados em quatro espécies do gênero *Leporinus* provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante o período de março de 2012 a julho de 2013.

Espécie	Peso (g)*	Comprimento total (cm)*	Comprimento padrão (cm)*	EA
<i>Leporinus amblyrhynchus</i> Garavello & Britski, 1987	44,22 ± 17,31 (18,72 - 101,93)	15,89 ± 2,04 (11,4 - 21,8)	13,33 ± 1,76 (11,5 - 18,5)	24
<i>Leporinus elongatus</i> Valenciennes, 1850	432,83 ± 157,56 (37,06 - 744,84)	31,07 ± 4,98 (14,3 - 40)	25,05 ± 4,26 (12 - 33,5)	22
<i>Leporinus friderici</i> (Bloch, 1794)	318,11 ± 191,19 (34,73 - 752,95)	28,12 ± 4,72 (17,2 - 37)	23,12 ± 4,59 (12,7 - 31,8)	40
<i>Leporinus octofasciatus</i> Steindachner, 1915	154,41 ± 71,97 (51,63 - 263,16)	22,39 ± 3,79 (16,5 - 27,5)	18,5 ± 3,09 (13,5 - 22,2)	17

*Valores apresentados como média ± desvio padrão (amplitude).

As coletas foram realizadas no rio Sapucaí-Mirim, em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro), próximo aos municípios de Guará e São Joaquim da Barra, Estado de São Paulo, Brasil (20°26'12.5"S 47°53'18.59"W). Os peixes foram capturados em oito pontos, porém como alguns locais de amostragem apresentavam características similares por causa da sua proximidade, eles foram agrupados em quatro pontos (Figura 1):

- Ponto 1:* montante e intermediário da PCH Palmeiras.
- Ponto 2:* jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera.
- Ponto 3:* jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro.
- Ponto 4:* jusante da PCH Retiro.

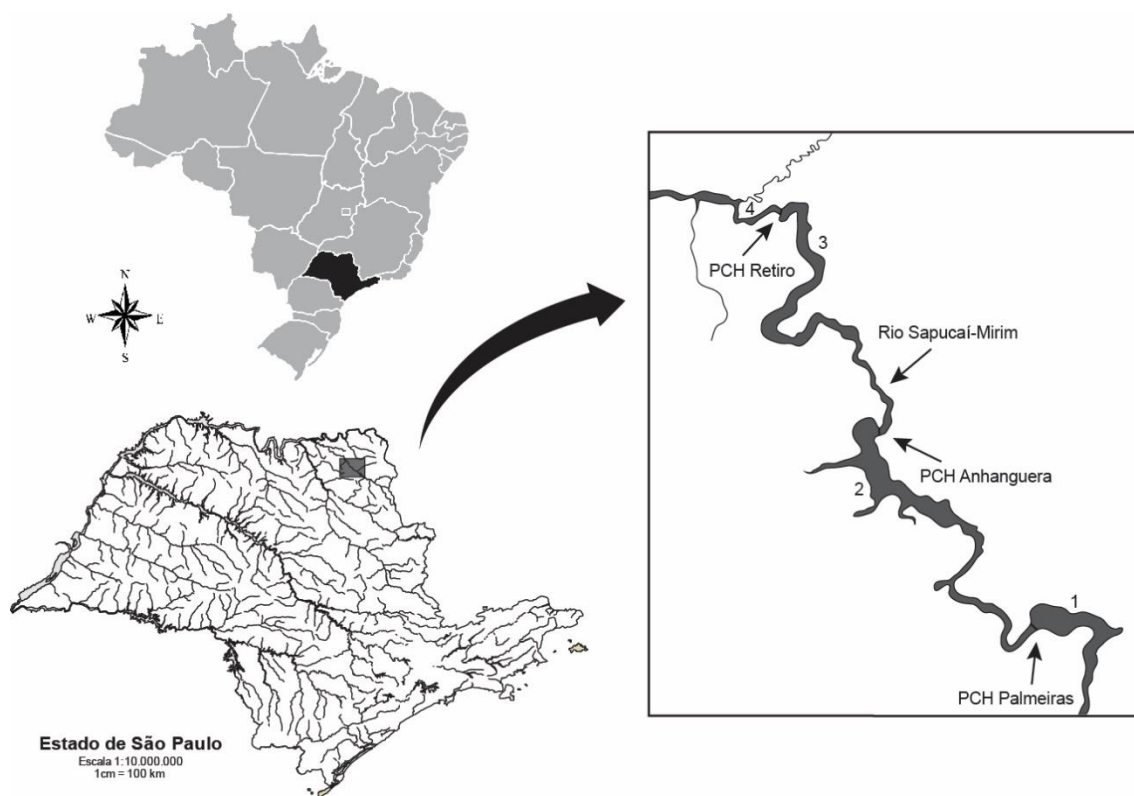


Figura 1. Mapa do Brasil destacando o Estado de São Paulo e as áreas de amostragem entre as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) Palmeiras, Anhanguera, e Retiro no rio Sapucaí-Mirim ($20^{\circ}26'12.5''\text{S}$ $47^{\circ}53'18.59''\text{W}$). Ponto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras; Ponto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera; Ponto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro; e Ponto 4: jusante da PCH Retiro.

As coletas foram realizadas durante o período de dois anos, em épocas sazonais diferentes (período seco: junho a agosto de 2012 e 2013, e período chuvoso: março a abril de 2012 e 2013).

Os peixes foram coletados através de pesca experimental padronizada, utilizando-se redes de espera de monofilamento de *nylon*, com malhagens entre 30 a 180 mm entre nós, ficando expostas entre as 17:00 e 7:00 horas do dia consecutivo, totalizando 14 horas de exposição.

Coletas não padronizadas, efetuadas com o uso de outros aparatos (tarrafas, peneiras e redes de arrastão manual), foram feitas junto às margens visando complementar as amostragens com as redes de espera.

Os peixes foram coletados através de licença permanente para coleta de material zoológico junto ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO 13794-1).

Imediatamente após a coleta, os peixes foram individualizados em sacos plásticos e mantidos sob congelamento para o transporte até o Laboratório de Parasitologia de Animais Silvestres (LAPAS), pertencente ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), *campus* de Botucatu/SP.

Processamento e análise parasitológica

Os peixes foram submetidos a biometria, para anotação do peso (g) e comprimentos total e padrão (cm), sendo posteriormente necropsiados de acordo com técnicas propostas por Eiras, Takemoto e Pavanelli (2006).

Toda a superfície do corpo dos peixes foi examinada e posteriormente lavada com água para a localização de possíveis parasitas. As narinas de cada peixe também foram lavadas com água com essa mesma finalidade. As brânquias foram retiradas e transferidas para um vidro, sendo o volume do frasco completado com álcool etílico 70° GL e armazenado para posterior análise em microscópio estereoscópico (modificado de EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2006).

Os monogenéticos encontrados foram fixados em álcool etílico 70° GL e amostras destes parasitas foram estudadas através de montagens *in toto* coradas com tricrômico de Gomori. Para o estudo das estruturas esclerotizadas (ganchos, âncoras e barras do haptor e complexo copulatório), alguns espécimes foram montados em meio de Hoyer ou Grey & Wess (KRITSKY; THATCHER; BOEGER, 1986).

Posteriormente, os demais órgãos foram retirados (estômago, intestino, bexiga natatória, coração, fígado, rins, olhos e bexiga urinária) e examinados em microscópio estereoscópico para a coleta de endoparasitas.

Os nematoides foram coletados e fixados em álcool etílico 70° GL. Para verificar as estruturas de valor sistemático, amostras destes parasitas foram submetidas à diafanização pelo lactofenol de Amann (ANDRADE, 2000).

Os digenéticos e hirudíneos foram coletados, comprimidos entre lâmina e lamínula e imersos em álcool etílico 70° GL a frio, sendo posteriormente conservados em álcool etílico 70° GL (modificado de AMATO; BOEGER; AMATO, 1991). Para a análise das estruturas de valor sistemático, amostras destes parasitas foram coradas pela técnica do carmim clorídrico e diafanizados com eugenol.

Os cestoides (plerocercoides) foram coletados e conservados em álcool etílico 70° GL.

Os copépodes foram coletados e fixados em álcool etílico 70° GL, sendo que alguns espécimes foram montados em meio de Grey & Wess (EIRAS; TAKEMONTO; PAVANELLI, 2006).

Fotomicrografias e morfometria de estruturas de valor sistemático dos parasitas foram obtidos através de sistema computadorizado por análise de imagens com contraste por interferência diferencial (DIC) - LAS V3 (Leica Application Suite).

Material-tipo e espécimes representativos das espécies de parasitas foram depositados na Coleção Helminológica do Instituto de Biociências (CHIBB), Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus de Botucatu, São Paulo, Brasil.

Foram consultados livros e artigos científicos para a identificação dos espécimes e diagnóstico dos parasitas, sendo que as principais referências foram: Cohen, Justo e Kohn (2013) para os monogenéticos; Moravec (1998) para os nematoides; Rego, Chubb e Pavanelli para os cestoides (1999); e Thatcher (2006) para os ergasilídeos e hirudíneos.

Análise da qualidade da água

Para a caracterização limnológica dos trechos estudados, foram coletadas amostras de água em cada ponto onde foram amostrados os peixes.

As variáveis físico-químicas da água foram avaliadas *in situ*, tais como: a transparência, obtida pelo desaparecimento visual do disco de Secchi (m); o oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), a temperatura ($^{\circ}\text{C}$), a condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) e o pH, obtidos com o auxílio de uma sonda multiparâmetros portátil Horiba (modelo U-52).

Na camada superficial da coluna d'água (aproximadamente 0,20 m) foram coletadas amostras com garrafa Van Dorn para efetuar a análise dos seguintes parâmetros: nutrientes (fósforo total e amônia) e clorofila-*a*. Estas amostras foram analisadas posteriormente no laboratório Bioagri Ambiental Ltda., localizado no município de Piracicaba, Estado de São Paulo e devidamente certificado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

Para a determinação do teor de clorofila-*a* (biomassa fitoplancônica), as amostras foram identificadas e filtradas utilizando-se membranas Millipore AP40 e bomba de filtração a vácuo, para a retenção do material correspondente a um volume conhecido de água (500 a 1000 ml). Após a filtração, os filtros foram envolvidos em papel alumínio e mantidos em freezer (-20°C) até o processamento em laboratório. As determinações foram feitas por espectrofotometria segundo o princípio metodológico de Talling e Driver (1963), utilizando-se como solvente acetona 90% a frio e maceração manual dos filtros.

Para a determinação do fósforo total e amônia, foram recolhidas amostras de água em garrafas de polietileno, sendo mantidas em freezer (-20°C) até o seu processamento no laboratório. As análises foram feitas de acordo com a metodologia do *American Public Health Association* (APHA, 2002).

Análise estatística

A análise de componentes principais (PCA) foi usada para avaliar os parâmetros limnológicos, sendo definidas 16 amostras a partir da combinação do ano (2012 ou 2013), estação (seca ou chuvosa) e local de amostragem (1, 2, 3 ou 4). Os dados foram padronizados de forma a linearizar a relação e minimizar a influência de *outliers*.

Os dados de prevalência (P), abundância média (AM) e intensidade média de infecção (IMI) dos parasitas foram calculados de acordo com Bush et al. (1997), e os de frequência de dominância e dominância relativa média de acordo com Rohde, Hayward e Heap (1995).

O índice de discrepância (POULIN, 1993) foi utilizado para cada espécie de parasita em cada comunidade parasitária para determinar seus padrões de distribuição,

sendo calculados com o auxílio do programa *Quantitative Parasitology* 3.0 (RÓZSA; REICZIGEL; MAJOROS, 2000).

A diversidade de espécies de parasitas para cada comunidade parasitária foi calculada utilizando-se o índice de Brillouin (H) com logaritmo na base e . Juntamente com a riqueza e a equitabilidade, foram calculados com o auxílio do programa MVSP (*Multi-Variate Statistical Package* 3.13, Kovach Computing Services, Anglesey, Wales, UK).

Para o cálculo do fator de condição, foi feita a curva da relação entre peso total (Wt) e o comprimento padrão (Ls) dos espécimes de cada espécie de peixe analisada, conforme Le Cren (1951), utilizando-se de um gráfico de dispersão das variáveis (peso e comprimento). A relação Wt/Ls foi ajustada por uma equação exponencial do tipo $Wt = a.Ls^b$, onde a constante a (coeficiente linear) indica o bem estar do peixe, e o parâmetro b (coeficiente angular) expressa o tipo de crescimento da espécie (SANTOS 1978; BENEDITO-CECÍLIO; AGOSTINHO, 1992; ORSI; CARVALHO; FORESTI, 2004). Estes coeficientes foram utilizados nas estimativas dos valores teoricamente esperados de peso do corpo (We) através da fórmula: $We = a.Lt^b$, sendo posteriormente calculado o fator de condição relativo (Kn) através do quociente entre o peso observado e o peso teoricamente esperado para um dado comprimento ($Kn = Wt / We$).

O escalonamento multidimensional não métrico (*Non-metric multidimensional scaling* - NMDS) baseado no índice de similaridade de Bray-Curtis foi utilizado para obter uma ordenação das infracomunidades de acordo com sua importância relativa nas abundâncias parasitárias. A análise foi feita usando 100 inicializações aleatórias com configurações bi-dimensionais (2D) e tri-dimensionais (3D), com o objetivo de encontrar a melhor ordenação. Foram utilizadas duas diferentes transformações nos dados de abundância parasitária, com o objetivo de reduzir a contribuição das espécies dominantes, tais como: raiz-quadrada e raiz-quarta. Todos os métodos produziram resultados similares, mas foi escolhido aquele que forneceu a melhor qualidade de ordenação (avaliada pelo valor do *stress* e pelo gráfico de *Sheppard*).

A análise de variância multivariada permutacional (*Permutational multivariate analysis of variance* - PERMANOVA) baseada na dissimilaridade de Bray-Curtis (para os dados da matriz transformada em raiz-quadrada e raiz-quarta) foi feita com o

objetivo de avaliar a contribuição das potenciais variáveis explicativas baseadas no espaço (área de amostragem), tempo (ano e estação de coleta), espécie de hospedeiro, tamanho do corpo (peso corporal), e fator de condição (Kn), na variação da abundância das infracomunidades dos metazoários parasitas.

A PERMANOVA foi feita considerando o ano como fator aleatório; estação, área de amostragem e espécie de hospedeiro como fatores fixos; e peso corporal e Kn como covariáveis. O peso corporal foi padronizado de forma a linearizar a relação e minimizar a influência de *outliers*.

Os termos que produziram elevados valores de P ($P > 0,25$) ou variação negativa dos componentes foram removidos ou sequencialmente agrupados (*pooled*) com termos que apresentaram médias dos quadrados esperadas equivalentes, sendo após isso o termo do componente de variação definido para zero. Este procedimento foi feito até que todos os componentes produzidos por cada termo remanescente no modelo fossem positivos e significativos ($P < 0.05$) (ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008).

Como o tamanho das amostras apresentavam tamanhos diferentes, sendo alguns menores do que outros, foi utilizado a soma dos quadrados do tipo III, o qual tende a ser mais conservativo em modelos desbalanceados (ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008).

As distâncias entre os centroides das amostras foram feitas através da análise de coordenadas principais (*Principal component analysis* - PCO) de forma a auxiliar na visualização do peso relativo dos componentes de variação explicada por cada fator ao final do modelo da PERMANOVA (ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008).

O teste permutacional para a homogeneidade da dispersão multivariada (*Permutational tests for homogeneity of multivariate dispersion* - PERMDISP) foi aplicado para testar diferenças na dispersão entre os grupos formados por fatores cujos efeitos foram significativos na PERMANOVA. Um resultado significativo para um dado fator na PERMANOVA poderia significar que os grupos diferem na sua localização, dispersão ou alguma combinação dos dois (ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008). As análises de PERMANOVA e o PERMDISP foram baseados em 1.000 permutações das matrizes de dissimilaridade.

As análises multivariadas foram feitas com as espécies de parasitas mais comuns (prevalência $\geq 10\%$), de forma a eliminar possíveis infecções acidentais e também para simplificar a interpretação dos resultados (BUSH; AHO; KENNEDY, 1990). As larvas de cestoides *Proteocephalidea* gen. sp. não foram incluídas nas análises multivariadas, uma vez que não se procedeu a contagem do número de parasitas por hospedeiro devido ao grande número encontrado e por estarem em um estágio inicial de desenvolvimento.

As análises de NMDS e PCA foram feitas através do programa PRIMER v6 (CLARKE; GORLEY, 2006), e as análises da PCO, PERMANOVA, e PERMDISP com o programa PERMANOVA+ for PRIMER (ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008).

RESULTADOS

Análise da qualidade da água

Os dados sobre a qualidade da água mensurados nos locais de amostragem nas áreas sob a influência das PCHs Palmeiras, Anhanguera e Retiro durante os períodos chuvoso e seco (2012 e 2013) são indicados nas Tabelas 2 e 3, e nas Figuras 2 a 5.

A pluviosidade e a temperatura da água foram maiores durante a estação chuvosa (março e dezembro) nos dois anos amostrados, e este padrão pode ser confirmado pela PCA (Figura 5). A transparência da água foi maior em todos os pontos no período seco (setembro), tanto no ano de 2012 como no de 2013.

O pH apresentou-se variável no ano de 2012, onde menores valores foram observados em alguns pontos na estação seca (junho - pontos 3 e 4) e chuvosa (dezembro - ponto 2). Já no ano de 2013, o pH apresentou-se estável durante todos os meses. Nos dois anos amostrados, a condutividade elétrica foi maior no período seco (setembro) em todos os pontos.

Com relação ao fósforo total, maiores valores foram observados durante o período seco (pontos 1, 2 e 4) de 2012. No ano de 2013, foram observados maiores valores no período chuvoso (março) no ponto 1, e no período seco (junho) no ponto 2.

A concentração de amônia foi maior durante o período seco no ponto 4 (setembro de 2012), e nos pontos 2 e 3 (junho de 2013). Na Figura 5, observa-se que tanto a amônia quanto o fósforo total tendem a apresentar concentrações mais altas na maioria dos locais amostrados durante a estação seca.

A clorofila-*a* apresentou valores maiores durante a estação chuvosa no ponto 2 (março) de 2012, e principalmente no ponto 1 (março) 2013, sendo que este padrão pode ser observado na PCA (Figura 5).

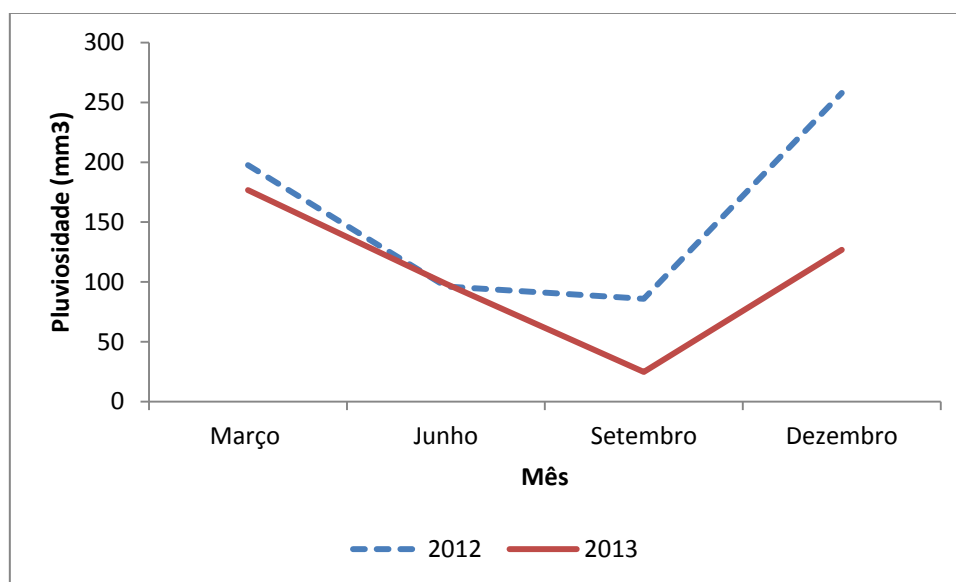


Figura 2. Variação da pluviosidade mensurada em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante os meses de março, junho, setembro e dezembro de 2012 e 2013.

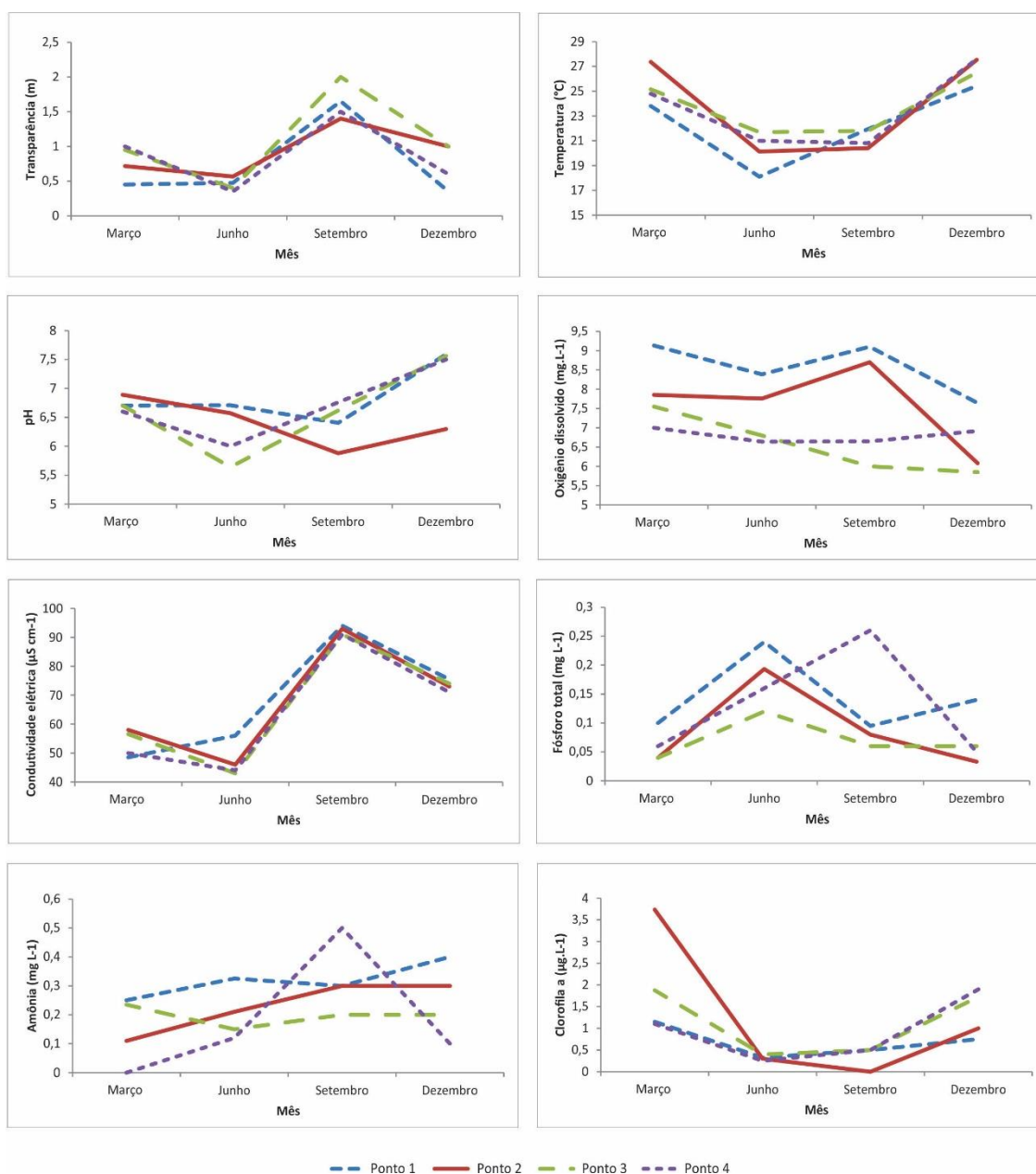


Figura 3. Variação dos parâmetros limnológicos e físico-químicos da água mensurados *in situ* em quatro locais de amostragem em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante os meses de março, junho, setembro e dezembro de 2012. Ponto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras; Ponto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera; Ponto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro; e Ponto 4: jusante da PCH Retiro.

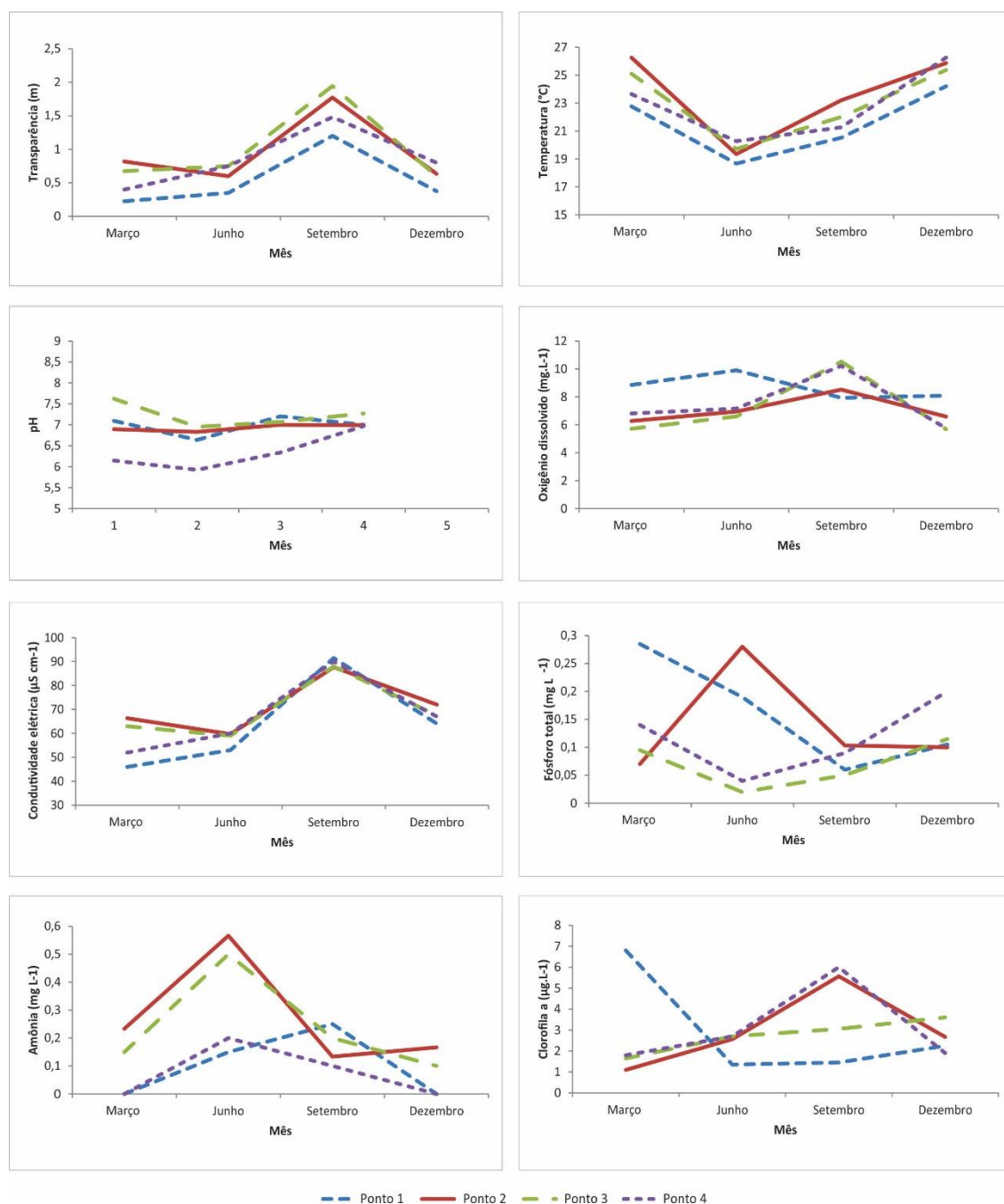


Figura 4. Variação dos parâmetros limnológicos e físico-químicos da água mensurados *in situ* em quatro locais de amostragem em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante os meses de março, junho, setembro e dezembro de 2013. Ponto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras; Ponto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera; Ponto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro; e Ponto 4: jusante da PCH Retiro.

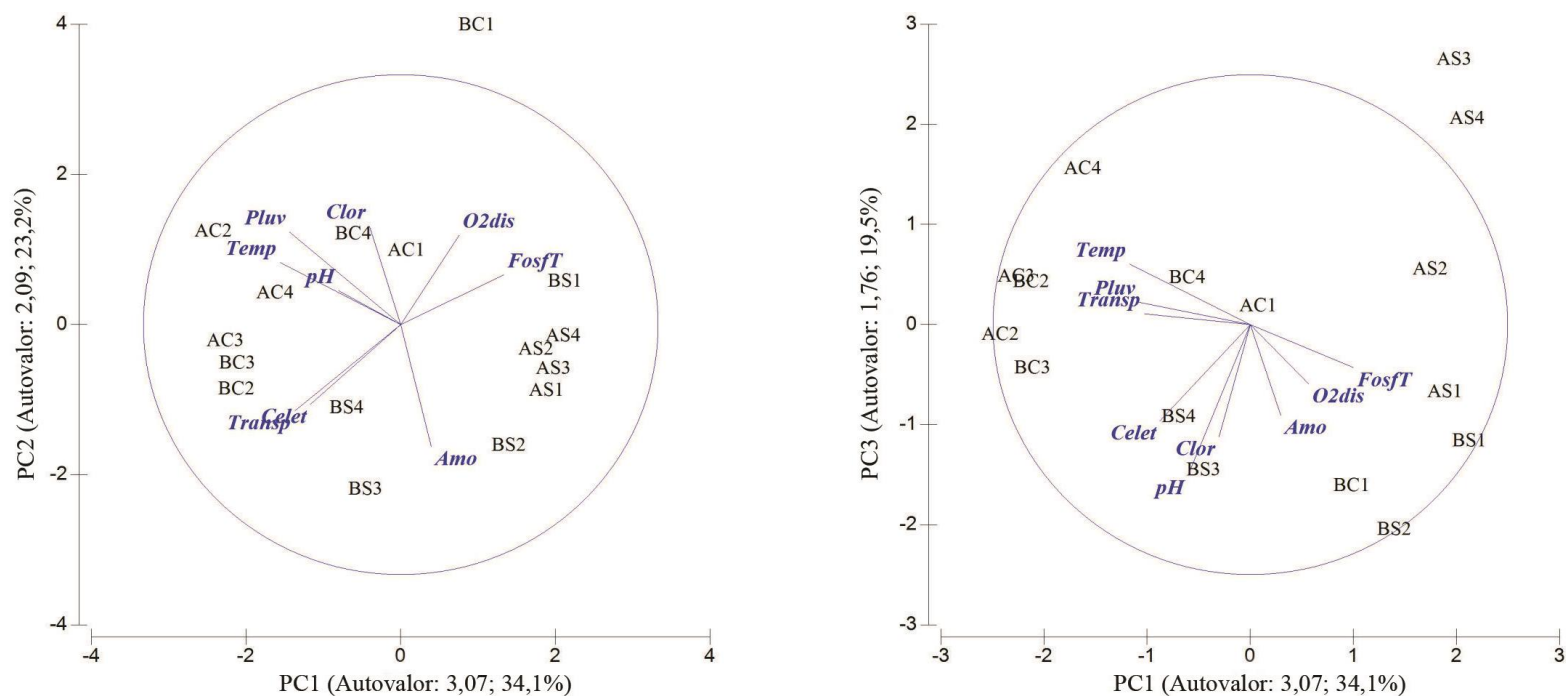


Figura 5. Análise de Componentes Principais (PCA) com plotagem bidimensional (PC1 vs PC2; PC1 vs PC3), dos parâmetros limnológicos e físico-químicos da água obtidos de quatro locais de amostragem (pontos 1-4) em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil. Abreviações: AS1 = 2012, período seco, ponto 1; AC1 = 2012, período chuvoso, ponto 1; BS1= 2013, período seco, ponto 1; BC1 = 2013, período chuvoso, ponto 1; AS2 = 2012, período seco, ponto 2; AC2 = 2012, período chuvoso, ponto 2; BS2 = 2013, período seco, ponto 2; BC2 = 2013, período chuvoso, ponto 2; AS3 = 2012, período seco, ponto 3; AC3 = 2012, período chuvoso, ponto 3; BS3 = 2013, período seco, ponto 3; BC3 = 2013, período chuvoso, ponto 3; AS4 = 2012, período seco, ponto 4; AC4 = 2012, período chuvoso, ponto 4; BS4 = 2013, período seco, ponto 4; BC4 = 2013, período chuvoso, ponto 4; Trans = Transparência; Temp = Temperatura; O₂D = Oxigênio dissolvido; Celet = Condutividade elétrica; Fosf = Fósforo total; Amônia = Amônia; Clor = Clorofila-*a*; Pluv = Pluviosidade. [(Interpretação - PC1: Transp; Temp; C.elet; FosfT; Pluv); (PC2: Transp; O₂D; Amônia; Clor; Pluv); (PC3: pH; C.elet; clor)].

Tabela 2. Parâmetros limnológicos mensurados em quatro locais de amostragem em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante as estações chuvosa (março e dezembro) e seca (junho e setembro) de 2012.

Ponto	Mês	Parâmetros							
		Transparência (m)	Temperatura (°C)	pH	Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	Fósforo total (mg.L ⁻¹)	Amônia (mg.L ⁻¹)	Clorofila- <i>a</i> (mg.L ⁻¹)
1 ^ε	Março	0,40 ± 0,07 (0,40-0,50)	23,80 ± 0,10 (23,70-23,90)	6,70 ± 0,50 (6,3-7,0)	9,10 ± 0,20 (8,90-9,30)	48,50 ± 14,80 (38-59)	0,10 ± 0,02 (0,08-0,10)	0,20 ± 0,01 (0,20-0,30)	1,10 ± 0,07 (1,10-1,20)
	Junho	0,50 ± 0,03 (0,4-0,5)	18,10 ± 0,10 (23,70-23,90)	6,70 ± 0,10 (6,60-6,80)	8,40 ± 0,70 (7,80-8,90)	56 ± 1,40 (55-57)	0,20 ± 0,20 (0,04-0,40)	0,30 ± 0,02 (0,30-0,30)	0,30 ± 0,10 (0,20-0,40)
	Setembro	1,60 ± 0,07 (1,60-1,70)	22 ± 0,90 (21,30-22,50)	6,40 ± 0,10 (6,30-6,40)	6,40 ± 0,10 (6,30-6,40)	94 ± 4,20 (91-97)	0,10 ± 0,01 (0,09-0,10)	0,30 ± 0,10 (0,20-0,40)	0,50 ± 0,10 (0,40-0,60)
	Dezembro	0,30 ± 0,07 (0,30-0,40)	25,40 ± 0,20 (25,30-25,50)	7,60 ± 0,04 (7,50-7,60)	7,60 ± 0,04 (7,50-7,60)	75,50 ± 3,50 (73-78)	0,10 ± 0,05 (0,10-0,20)	0,40	0,70 ± 0,20 (0,60-0,90)
2 ^α	Março	0,70 ± 0,20 (0,50-0,80)	27,40 ± 2,10 (25-29,10)	6,90 ± 0,20 (6,60-7)	7,80 ± 1,60 (6-8,90)	58 ± 4,60 (53,0-62)	0,04 ± 0,01 (0,03-0,05)	0,10 ± 0,07 (0,10-0,20)	3,70 ± 0,60 (3,10-4,40)
	Junho	0,60 ± 0,05 (0,50-0,60)	20,10 ± 0,20 (19,90-20,40)	6,60 ± 0,30 (6,30-6,90)	7,70 ± 0,40 (7,30-8,10)	46 ± 2 (44-48)	0,20 ± 0,20 (0,03-0,40)	0,20 ± 0,03 (0,10-0,20)	0,30 ± 0,20 (0,10-0,50)
	Setembro	1,40	20,40	5,90	8,70	93	0,10	0,30	-
	Dezembro	1	27,50 ± 0,50 (26,90-27,90)	6,30 ± 0,60 (5,70-6,9)	6,10 ± 0,40 (5,80-6,50)	73 ± 2,60 (70-75)	0,03 ± 0,01 (0,02-0,05)	0,30 ± 0,10 (0,20-0,40)	1 ± 0,40 (0,50-1,30)
3 ^λ	Março	0,90 ± 0,30 (0,70-1,20)	25,10 ± 1,30 (24,20-26,10)	6,70 ± 0,50 (6,30-7)	7,50 ± 0,20 (7,40-7,70)	56,50 ± 7,80 (51-62)	0,04 ± 0,01 (0,03-0,05)	0,20 ± 0,20 (0,10-0,30)	1,90 ± 1,60 (0,70-3)
	Junho	0,40	21,70	5,60	6,80	43	0,10	0,10	0,40
	Setembro	2	21,80	6,60	6	91	0,10	0,20	0,50
	Dezembro	1	26,50	7,60	5,80 ± 0,07 (5,80-5,90)	74	0,10	0,20	1,70
4 ^δ	Março	1	24,80	6,60	7	50	0,10	0	1,10
	Junho	0,30	21	6	6,60	44	0,20	0,10	0,20
	Setembro	1,50	20,80	6,80	6,70	91	0,30	0,50	0,50
	Dezembro	0,60	27,60	7,50	6,90	71	0,10	0,10	1,90

*Valor médio da pluviosidade (mm³) para todos os pontos em 2012: Março: 197,6 (0,2-48,8); Junho: 96,2 (0,8-44,6); Setembro: 85,9 (0,2-40,1); Dezembro: 258 (0,3-46,9). ^εPonto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras; ^αPonto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera; ^λPonto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro; ^δPonto 4: jusante da PCH Retiro (veja os pontos na Figura 1).

Tabela 3. Parâmetros limnológicos mensurados em quatro locais de amostragem em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs (Palmeiras, Anhanguera e Retiro) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, durante as estações chuvosa (março e dezembro) e seca (junho e setembro) de 2013.

Ponto	Mês	Parâmetros							
		Transparência (m)	Temperatura (°C)	pH	Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	Fósforo total (mg.L ⁻¹)	Amônia (mg.L ⁻¹)	Clorofila-a (mg.L ⁻¹)
1 ^ε	Março	0,23 ± 0,04 (0,20-0,25)	22,74	7,10	8,86 ± 0,54 (8,48-9,24)	46	0,29 ± 0,19 (0,15-0,42)	<0,10	6,80 ± 1,41 (5,80-7,80)
	Junho	0,35	18,66	6,80	9,91 ± 1,92 (8,55-11,26)	53 ± 1,41 (52-54)	0,19	0,15 ± 0,07 (0,10-0,20)	1,35 ± 0,07 (1,30-1,40)
	Setembro	1,20	20,53 ± 0,94 (19,86-21,19)	7,60	7,93 ± 0,40 (7,65-8,21)	91,50 ± 0,71 (91-92)	0,06	0,25 ± 0,07 (0,20-0,30)	1,45 ± 0,07 (1,40-1,50)
	Dezembro	0,38 ± 0,04 (0,35-0,40)	24,14	6,07	8,09 ± 0,40 (7,80-8,37)	64	0,11 ± 0,02 (0,09-0,12)	<0,10	2,25 ± 0,64 (1,80-2,70)
2 ^α	Março	0,82 ± 0,32 (0,45-1)	26,26 ± 2,66 (23,10-27,90)	6,64 ± 0,40 (6,19-6,93)	6,27 ± 0,32 (5,90-6,50)	66,33 ± 10,02 (55-74)	0,07 ± 0,05 (0,03-0,13)	0,23 ± 0,15 (0,10-0,40)	1,10 ± 0,17 (1-1,30)
	Junho	0,60 ± 0,17 (0,50-0,80)	19,35 ± 0,41 (19-19,80)	6,83 ± 0,05 (6,77-6,87)	6,95 ± 0,50 (6,40-7,36)	59,67 ± 2,52 (57-62)	0,28 ± 0,42 (0,03-0,76)	0,57 ± 0,45 (0,10-1)	2,57 ± 1,08 (1,80-3,80)
	Setembro	1,77 ± 0,07 (1,70-1,84)	23,21 ± 0,94 (22,22-24,10)	6,95 ± 0,36 (6,73-7,37)	8,52 ± 0,93 (7,64-9,50)	87,67 ± 1,53 (86-89)	0,10 ± 0,03 (0,08-0,14)	0,13 ± 0,06 (0,10-0,20)	5,57 ± 3,27 (1,80-7,60)
	Dezembro	0,63 ± 0,15 (0,50-0,80)	26,26 ± 2,66 (23,10-27,90)	5,92 ± 0,27 (5,63-6,17)	6,59 ± 0,68 (6,10-7,36)	72 ± 8,54 (64-81)	0,10 ± 0,06 (0,05-0,17)	0,20 ± 0,10 (0,10-0,30)	2,67 ± 1,24 (1,90-4,10)
3 ^λ	Março	0,68 ± 0,46 (0,35-1)	25,11 ± 1,97 (23,71-26,50)	7,21 ± 0,50 (6,85-7,56)	5,72 ± 0,26 (5,52-5,90)	73 ± 15,56 (52-74)	0,10 ± 0,05 (0,06-0,13)	0,15 ± 0,07 (0,10-0,20)	1,65 ± 0,21 (1,50-1,80)
	Junho	0,75	19,70	7	6,60	59	0,02	0,50	2,70 ± 0,14 (2,60-2,80)
	Setembro	1,94	22	7,07	10,50	88	0,05	0,20	3
	Dezembro	0,60 ± 0,14 (0,50-0,70)	25,37 ± 0,52 (25-25,74)	6,34 ± 0,55 (5,95-6,73)	5,67 ± 0,16 (5,57-5,80)	67,50 ± 0,71 (67-68)	0,12 ± 0,04 (0,09-0,14)	0,10	3,60 ± 3,25 (1,30-5,90)
4 ^δ	Março	0,40	23,65	7	6,81	52	0,14	< 0,10	1,80
	Junho	0,75	20,28	6,99	7,16	60	0,04	0,20	2,70
	Setembro	1,48	21,27	7,27	10,22	90	0,09	0,10	6
	Dezembro	0,80	26,26	6,97	5,75	67	0,20	< 0,10	1,90

*Valor médio da pluviosidade (mm³) para todos os pontos em 2012: Março: 176,80 (0,20-52,70); Junho: 98,50 (0,50-46,80); Setembro: 24,80 (1,20-9,60); Dezembro: 126,90 (0,10-18,70). ^εPonto 1: montante e intermediário da PCH Palmeiras; ^αPonto 2: jusante da PCH Palmeiras, montante e intermediário da PCH Anhanguera; ^λPonto 3: jusante da PCH Anhanguera e montante da PCH Retiro; ^δPonto 4: jusante da PCH Retiro (veja os pontos na Figura 1).

Parâmetros parasitológicos e descrição das comunidades

Um total de 103 espécimes de pertencentes a quatro espécies do gênero *Leporinus* foi analisado, sendo que 102 (99,03%) estavam parasitados por pelo menos um *taxon* de metazoário parasita. Vinte e oito *taxa* de parasitas foram encontrados (Tabela 4), sendo que a classe Monogenea Carus, 1863 foi o grupo que apresentou o maior número de espécies (14), seguido de Nematoda Diesing, 1861 (7), Digenea Carus, 1863 (2), Myxozoa Grassé, 1970 (2), Cestoda van Beneden, 1849 (1), Arthropoda von Siebold, 1848 (1) e Anellida Lamarck, 1809 (1).

Foram coletados 2.802 espécimes de parasitas, sendo 92 em *L. amblyrhynchus* ($P = 95,83\%$, $IMI = 4 \pm 1,07$ (1-25) e $AM = 3,83 \pm 1,04$ (0-25)), 465 em *L. elongatus* ($P = 100\%$, IMI e $AM = 21,14 \pm 3,92$ (4-69)), 1819 em *L. friderici* ($P = 100\%$, IMI e $AM = 45,47 \pm 5,15$ (1-123)) e 426 em *L. octofasciatus* ($P = 100\%$, IMI e $AM = 25,06 \pm 4,79$ (5-69)).

Quatro *taxa* de metazoários parasitas foram comuns às quatro comunidades analisadas (*Contracaecum* sp. Railliet & Henry, 1912 (larva), *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* Travassos, Artigas e Pereira, 1928, *Procamallanus* sp. Baylis, 1923 (larva) e *Vaigamus* sp. Thatcher e Robertson, 1984) e sete *taxa* foram comuns a pelo menos três comunidades (*Tereancistrum* sp.1 Kritsky, Thatcher e Kayton, 1980, *Jainus* sp.1 Kritsky e Krane, 1968, *Urocleidoides* sp.1 Mizelle e Price, 1964, *Urocleidoides paradoxus* Kritsky, Thatcher e Boeger, 1986, *Rhinoxenus arietinus* Kritsky, Boeger e Thatcher, 1988, Diplostomidae gen. sp.1 Poirier, 1886 (metacercária) e Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide)).

Procamallanus (*Spirocamallanus*) *inopinatus* foi o parasita que apresentou a maior dominância relativa média nas comunidades de *L. friderici*, *L. amblyrhynchus* e *L. octofasciatus*, apresentando também a maior frequência de dominância nestas duas últimas comunidades. *Urocleidoides* sp.3 foi a espécie que apresentou maior dominância relativa média e frequência de dominância na comunidade dos parasitas de *L. elongatus* (Tabela 5).

Todas as espécies de parasitas de *L. amblyrhynchus*, *L. friderici* e *L. elongatus*, e a maioria das espécies de *L. octofasciatus*, apresentaram o padrão típico de distribuição

agregada. *Rhinoxenus arietinus* apresentou tendência ao padrão de distribuição regular na comunidade de *L. octofasciatus* (Tabela 5).

A comunidade de parasitas de *L. friderici* foi a que apresentou maior diversidade e riqueza de espécies, seguida de *L. octofasciatus*, *L. elongatus* e *L. amblyrhynchus*. A equitabilidade foi semelhante para *L. friderici*, *L. octofasciatus* e *L. elongatus*, apresentando menor valor na comunidade de *L. amblyrhynchus* (Tabela 6).

Os monogenéticos foram os parasitas que apresentaram a maior abundância relativa nos locais de amostragem 1, 2 e 4, e os nematoides adultos no local 3 (Tabela 7).

Estrutura espacial das infracomunidades e comunidades componentes

As infracomunidades de *L. amblyrhynchus* e *L. elongatus* tenderam a ocorrer mais próximas no gráfico da NMDS, assim como as de *L. friderici* e *L. octofasciatus* (Figura 6A). A correlação das espécies com os eixos da NMDS indicaram que a abundância de *Tereancistrum* sp.1 apresentou tendência positivamente associada com *L. amblyrhynchus*; *Urocleidoides* sp.3 apresentou tendência de maiores abundâncias nas infracomunidades de *L. elongatus*; *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *iheringi* Travassos, Artigas e Pereira, 1928 tendeu a ser positivamente associado com *L. amblyrhynchus* e *L. elongatus*; e *Jainus* sp.1 Kritsky e Krane, 1968, *Jainus* sp.2, *U. paradoxus*, *Urocleidoides* sp.1, *Urocleidoides* sp.2, *P. (Spirocamallanus) inopinatus*, e *Diplostomidae* gen. sp.1, tenderam a apresentar maiores abundâncias nas infracomunidades de *L. friderici* e *L. octofasciatus*.

As infracomunidades do local de amostragem 2 tenderam a ficar mais próximas e ocorreram na parte inferior do gráfico da NMDS em relação às outras amostras (Figura 6B). A correlação das espécies com os eixos da NMDS indicaram que a abundância de *Tereancistrum* sp.1 tendeu a ser positivamente associada com o local de amostragem 4; *Urocleidoides* sp.3 e *P. (Spirocamallanus) iheringi* tenderam a apresentar maiores abundâncias nas infracomunidades dos locais 2, 3 e 4; e *Jainus* sp.1, *Jainus* sp.2, *U. paradoxus*, *Urocleidoides* sp.1, e *Urocleidoides* sp.2 tenderam a apresentar maiores abundâncias nas infracomunidades dos locais 1, 2 e 4.

Considerando a estação, as infracomunidades do período chuvoso tenderam a ocorrer do lado esquerdo do gráfico da NMDS, enquanto que aquelas do período seco foram mais frequentemente observadas do lado direito (Figura 6C). A correlação das espécies com os eixos da NMDS indicou que a abundância de *Tereancistrum* sp.1, *Urocleidoides* sp.3, e *P. (Spirocamallanus) iheringi* tenderam a ser positivamente associadas com o período seco; e *Jainus* sp.1, *Jainus* sp.2, *U. paradoxus*, *Urocleidoides* sp.1 e *Urocleidoides* sp.2 tenderam a apresentar maiores abundâncias nas infracomunidades do período chuvoso.

As infracomunidades do ano de 2012 tenderam a ocorrer do lado direito do gráfico da NMDS, enquanto que aquelas do ano de 2013 foram mais frequentemente observadas do lado esquerdo (Figura 6D). A correlação das espécies com os eixos da NMDS indicou que a abundância de *Urocleidoides* sp.3 e *P. (Spirocamallanus) iheringi* tenderam a ser positivamente associadas com o ano de 2012; e *Tereancistrum* sp.1, *Jainus* sp.1, *Jainus* sp.2, *U. paradoxus*, *Urocleidoides* sp.1 e *Urocleidoides* sp.2 tenderam a mostrar maiores abundâncias nas infracomunidades de 2013.

A maior parcela da variação explicada foi atribuída a diferenças entre os indivíduos (17,18% - variação residual na Tabela 8), seguida pela espécie de hospedeiro (10,72%), cujo efeito foi significativo na PERMANOVA. Os efeitos do local de amostragem e tamanho do hospedeiro (peso corporal) foram significativos, apesar de terem apresentado baixa contribuição para a variação (Tabela 8). A dispersão multivariada (PERMDISP) entre as infracomunidades testadas não diferiram significativamente.

A ordenação dos centroides da PCO separaram as amostras em dois grupos principais: *L. friderici* e *L. octofasciatus*, e *L. amblyrhynchus* e *L. elongatus* (Figura 7).

Tabela 4. Prevalência (P), intensidade média de infecção/infestação (IMI), abundância média (AM) e local de infecção/infestação (LI) dos parasitas de quatro espécies do gênero *Leporinus* (*L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici* e *L. octofasciatus*) coletados no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil.

	P (%)	IMI*	AM*	LI
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>				
Monogenea				
<i>Tereancistrum</i> sp. 1 Kritsky, Thatcher & Kayton, 1980	25	2,50 ± 0,34 (2-4)	0,63 ± 0,24 (0-4)	Brânquias e pele
Nematoda				
<i>Contracaecum</i> sp. (larva) Railliet & Henry, 1912 (larva)	10	1,75 ± 0,48 (1-3)	0,29 ± 0,15 (0-3)	Intestino, bexiga natatória e cavidade visceral
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>iheringi</i> Travassos, Artigas e Pereira, 1928	16,67	1,75 ± 0,25 (1-2)	0,29 ± 0,14 (0-2)	Intestino
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i> Travassos, Artigas e Pereira, 1928	66,67	2,19 ± 0,48 (1-7)	1,46 ± 0,38 (0-7)	Intestino
<i>Procamallanus</i> sp. Baylis, 1923 (larva)	20,83	5,20 ± 2,80 (1-16)	1,08 ± 0,69 (0-16)	Intestino
Arthropoda				
<i>Vaigamus</i> sp. Thatcher e Robertson, 1984	4,55	0,08 ± 0,09 (0-2)	2	Narinas
<i>Leporinus elongatus</i>				
Myxozoa				
<i>Henneguya</i> sp. Thélohan, 1892	4,17	-	-	Brânquias
<i>Myxobolus</i> sp. Bütschli, 1882	4,17	-	-	Brânquias
Monogenea				
<i>Jainus</i> sp.1 Kritsky e Krane, 1968	4,55	4	0,18 ± 0,18 (0-4)	Brânquias
<i>Rhinoxenus arietinus</i> Kritsky, Boeger e Thatcher, 1988	13,64	1	0,14 ± 0,07 (0-1)	Narinas
<i>Tereancistrum</i> sp.1	31,82	2,71 ± 0,64 (1-5)	0,86 ± 0,34 (0-5)	Brânquias
<i>Tereancistrum</i> sp.2	18,18	1,50 ± 0,50 (1-3)	0,27 ± 0,15 (0-3)	Brânquias
<i>Urocleidoides paradoxus</i> Kritsky, Thatcher e Boeger, 1986	4,55	1	0,05 ± 0,05 (0-1)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.1 Mizelle and Price, 1964	9,09	1	0,09 ± 0,06 (0-1)	Brânquias

Continua...

...continuação da Tabela 4.

<i>Urocleidoides</i> sp.3	81,82	14,11 ± 3,38 (1-50)	11,55 ± 3 (0-50)	Brânquias e pele
<i>Urocleidoides</i> sp.4	45,45	2,40 ± 0,45 (1-6)	1,09 ± 0,33 (0-6)	Brânquias
Digenea				
Diplostomidae gen. sp.1 Poirier, 1886 (metacercária)	9,09	1,5 ± 0,50 (1-2)	0,14 ± 0,10 (0-2)	Olho (cristalino)
Cestoda				
Proteocephalidea gen. sp. (pleroцерcoide) ^s	9,09	-	-	Cavidade visceral
Nematoda				
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	18,18	1,25 ± 0,25 (1-2)	0,23 ± 0,11 (0-2)	Intestino, bexiga natatória e serosa do fígado
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>iheringi</i>	31,82	2,43 ± 0,48 (1-4)	0,77 ± 0,29 (0-4)	Intestino
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	86,36	4,32 ± 0,72 (1-12)	3,73 ± 0,70 (0-12)	Intestino
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	13,64	1,33 ± 0,33 (1-2)	0,18 ± 0,11 (0-2)	Intestino
<i>Rhabdochona</i> sp. Railliet, 1916	4,55	23	1,05 ± 1,05 (0-23)	Intestino
Annelida				
Hirudinea gen. sp. Lamarck, 1818	4,55	1	0,05 ± 0,05 (0-1)	Brânquias
Arthropoda				
<i>Vaigamus</i> sp.	27,27	2,67 ± 0,92 (1-7)	0,76 ± 0,35 (0-7)	Narinas
<i>Leporinus friderici</i>				
Myxozoa				
<i>Henneguya</i> sp.	15	-	-	Brânquias
Monogenea				
<i>Cacatuocotyle guaibensis</i> Gallas, Calegari-Marques e Amato, 2014	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Pele
Dactylogyridae gen. sp. Bychowsky, 1933	32,50	1,54 ± 0,39 (1-6)	0,50 ± 0,17 (0-6)	Brânquias e pele
<i>Jainus</i> sp.1	67,50	5,53 ± 1,31 (1-30)	3,73 ± 0,97 (0-30)	Brânquias
<i>Jainus</i> sp.2	77,50	17,38 ± 3,07 (1-55,8)	13,47 ± 2,64 (0-55,80)	Brânquias
<i>Kritskyia eirasi</i> Guidelli, Takemoto e Pavanelli, 2003	7,50	1,67 ± 0,67 (1-3)	0,13 ± 0,08 (0-3)	Pele
<i>Rhinoxenus arietinus</i>	57,50	2,78 ± 0,65 (1-15)	1,60 ± 0,43 (0-15)	Narinas

Continua...

...continuação da Tabela 4.

<i>Tereancistrum</i> sp.1	55	3,14 ± 0,63 (1-12)	1,73 ± 0,43 (0-12)	Brânquias
<i>Tereancistrum</i> sp.2	12,50	2,2 ± 0,74 (1-5)	0,28 ± 0,14 (0-5)	Brânquias
<i>Urocleidoides paradoxus</i>	50	4,40 ± 1,04 (1-22)	2,20 ± 0,62 (0-22)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.1	50	3,63 ± 0,73 (1-13)	1,82 ± 0,46 (0-13)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.2	67,50	6,20 ± 0,75 (1-16)	4,18 ± 0,68 (0-16)	Brânquias
Digenea				
<i>Austrodiplostomum</i> sp. Szidat e Nani, 1951 (metacercária)	2,50	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Olho (humor vítreo)
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	25	4,70 ± 1,63 (1-17)	1,18 ± 0,51 (0-17)	Olho (cristalino)
Cestoda				
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^y	5	-	-	Cavidade visceral
Nematoda				
<i>Contraecum</i> sp. (larva)	15	1,33 ± 0,33 (1-3)	0,20 ± 0,09 (0-3)	Intestino, cavidade visceral e bexiga natatória
<i>Rhabdochona</i> sp.	2,50	2	0,05 ± 0,05 (0-2)	Intestino
Nematoda gen. sp.1	2,5	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Mesentério
Nematoda gen. sp.2	2,5	1	0,03 ± 0,03 (0-1)	Intestino
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	90	12,78 ± 2,68 (1-69)	11,51 ± 2,48 (0-69)	Intestino, cecos intestinais e estômago
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	17,5	3,26 ± 0,85 (1-6)	0,57 ± 0,24 (0-6)	Intestino e cecos intestinais
Annelida				
Hirudinea gen. sp.	5	1	0,05 ± 0,03 (0-1)	Brânquias
Arthropoda				
<i>Vaigamus</i> sp.	40	5,50 ± 2,02 (1-34)	2,20 ± 0,90 (0-34)	Narinas e pele
<i>Leporinus octofasciatus</i>				
Monogenea				
Dactylogyridae gen. sp.	11,76	1	0,12 ± 0,08 (0-1)	Brânquias e pele
<i>Jainus</i> sp.1	41,18	2 ± 0,54 (1-4)	0,82 ± 0,32 (0-4)	Brânquias
<i>Jainus</i> sp.2	5,88	1	0,06 ± 0,06	Brânquias

Continua...

...continuação da Tabela 4.

			(0-1)	
<i>Kritskyia eirasi</i>	11,76	1,50 ± 0,50 (1-2)	0,18 ± 0,13 (0-2)	Pele
<i>Rhinoxenus arietinus</i>	58,82	1,70 ± 0,21 (1-3)	1 ± 0,24 (0-3)	Narinas
<i>Protorhinoxenus prochilodi</i> Domingues e Boeger, 2002	5,88	1	0,06 ± 0,06 (0-1)	Narinas
<i>Urocleidoides paradoxus</i>	41,18	3,57 ± 0,92 (1-7)	1,47 ± 0,57 (0-7)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.1	35,29	1,33 ± 0,21 (1-2)	0,47 ± 0,17 (0-2)	Brânquias
<i>Urocleidoides</i> sp.2	29,41	1,8 ± 0,58 (1-4)	0,53 ± 0,26 (0-4)	Brânquias
Digenea				
<i>Austrodiplostomum</i> sp. (metacercária)	5,88	4	0,24 ± 0,24 (0-4)	Olho (humor vítreo)
Diplostomidae gen. sp.1 (metacercária)	52,94	13,67 ± 4,05 (2-36)	8,20 ± 2,97 (0-36)	Olho (cristalino)
Cestoda				
Proteocephalidea gen. sp. (plerocercóide) ^y	5,88	-	-	Cavidade visceral
Nematoda				
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	17,65	3 ± 1,08 (1-6)	0,67 ± 0,37 (0-6)	Serosa do fígado e bexiga natatória
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	94,12	10,38 ± 2,87 (2-40)	9,77 ± 2,76 (0-40)	Intestino
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	23,53	1	0,24 ± 0,11 (0-1)	Intestino
Arthropoda				
<i>Vaigamus</i> sp.	29,41	7,60 ± 4,19 (1-23)	2,24 ± 1,43 (0-23)	Narinas e pele

*Valores apresentados como média ± erro padrão (amplitude). ^yNão foi possível realizar os cálculos de intensidade média de infecção e abundância média, devido ao grande número de parasitas encontrados e por estarem em estágio inicial de desenvolvimento.

Tabela 5. Dominância relativa média (DRM), frequência de dominância (FD), frequência de dominância compartilhada com uma ou mais espécies (FDC) e índice de discrepância (ID) dos parasitas de quatro espécies do gênero *Leporinus* (*L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici* e *L. octofasciatus*) coletados no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil.

Parasitas	DRM*	FD	FDC	ID
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>				
<i>Tereancistrum</i> sp. 1 Kritsky, Thatcher & Kayton, 1980	0,12 ± 0,23 (0-0,67)	3	1	0,76
<i>Contracaecum</i> sp. (larva) Railliet & Henry, 1912	0,10 ± 0,29 (0-1)	2	0	0,85
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>iheringi</i> Travassos, Artigas e Pereira, 1928	0,12 ± 0,30 (0-1)	2	0	0,81
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i> Travassos, Artigas e Pereira, 1928	0,54 ± 0,45 (0-1)	11	2	0,58
<i>Procamallanus</i> sp. Baylis, 1923 (larva)	0,12 ± 0,25 (0-0,75)	3	1	0,87
<i>Leporinus elongatus</i>				
<i>Rhinoxenus arietinus</i> Kritsky, Boeger e Thatcher, 1988	0,01 ± 0,03 (0-0,11)	0	0	0,82
<i>Tereancistrum</i> sp.1	0,04 ± 0,07 (0-0,25)	0	0	0,73
<i>Tereancistrum</i> sp.2	0,03 ± 0,08 (0-0,33)	0	1	0,82
<i>Urocleidoides</i> sp.1 Mizelle and Price, 1964	0,008 ± 0,03 (0-0,11)	0	0	0,91
<i>Urocleidoides</i> sp.3	0,44 ± 0,28 (0-0,79)	14	0	0,56
<i>Urocleidoides</i> sp.4	0,05 ± 0,1 (0-0,43)	1	0	0,62
<i>Tylodelphys</i> sp. Diesing, 1850 (metacercária)	0,01 ± 0,06 (0-0,29)	0	0	0,88
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	0,01± 0,04 (0-0,13)	0	0	0,82
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>iheringi</i>	0,06 ± 0,14 (0-0,57)	1	0	0,72
<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i>	0,26± 0,21 (0-0,8)	3	1	0,41
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	0,02 ± 0,07 (0-0,33)	0	1	0,84
Ergasilidae gen. sp. von Nordmann, 1832	0,06 ± 0,17 (0-0,78)	1	0	0,78
<i>Leporinus friderici</i>				
Dactylogyridae gen. sp. Bychowsky, 1933	0,01 ± 0,02 (0-0,08)	0	0	0,75
<i>Jainus</i> sp.1 Kritsky e Krane, 1968	0,07 ± 0,09 (0-0,38)	0	2	0,68
<i>Jainus</i> sp.2	0,23 ± 0,22 (0-0,66)	13	3	0,61

Continua...

...continuação da Tabela 5.

<i>Rhinoxenus arietinus</i>	0,05± 0,08 (0-0,3)	1	1	0,68
<i>Tereancistrum</i> sp.1	0,04 ± 0,06 (0-0,28)	1	0	0,67
<i>Tereancistrum</i> sp.2	0,003 ± 0,09 (0-0,04)	0	0	0,89
<i>Urocleidoides paradoxus</i>	0,04 ± 0,05 (0-0,23)	0	1	0,71
<i>Urocleidoides</i> sp.1	0,04 ± 0,06 (0-0,2)	0	0	0,69
<i>Urocleidoides</i> sp.2	0, 008 ± 0,08 (0-0,32)	0	0	0,54
<i>Tylodelphys</i> sp. (metacercária)	0,02 ± 0,06 (0-0,29)	1	1	0,85
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	0,005 ± 0,02 (0-0,09)	0	0	0,88
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	0,32± 0,31 (0-1)	16	1	0,58
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	0,01 ± 0,03 (0-0,17)	0	0	0,88
Ergasilidae gen. sp.	0,09 ± 0,21 (0-1)	4	2	0,81
<i>Leporinus octofasciatus</i>				
<i>Jainus</i> sp.1	0,04 ± 0,06 (0-0,18)	0	1	0,66
<i>Rhinoxenus arietinus</i>	0,08± 0,1 (0-0,33)	0	0	0,47
<i>Urocleidoides paradoxus</i>	0,06 ± 0,11 (0-0,33)	0	1	0,68
<i>Urocleidoides</i> sp.1	0,02 ± 0,04 (0-0,1)	0	0	0,65
<i>Urocleidoides</i> sp.2	0,02 ± 0,05 (0-0,18)	0	0	0,74
<i>Tylodelphys</i> sp. (metacercária)	0,24 ± 0,24 (0-0,86)	5	1	0,68
<i>Contracaecum</i> sp. (larva)	0,03 ± 0,07 (0-0,25)	0	1	0,81
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	0,43± 0,31 (0-0,95)	9	2	0,50
<i>Procamallanus</i> sp. (larva)	0,02 ± 0,06 (0-0,2)	0	0	0,71
Ergasilidae gen. sp.	0,06 ± 0,12 (0-0,34)	1	0	0,81

*Valores apresentados como média ± desvio padrão (amplitude).

Tabela 6. Índice de diversidade de Brillouin (H), equitabilidade e riqueza de espécies de parasitas coletados de quatro espécies de peixes do gênero *Leporinus* (*L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici* e *L. octofasciatus*) provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil.

	<i>Leporinus amblyrhynchus</i>	<i>Leporinus elongatus</i>	<i>Leporinus friderici</i>	<i>Leporinus octofasciatus</i>
Diversidade (H)*	$0,20 \pm 0,28$ (0-0,87)	$0,77 \pm 0,20$ (0,42-1,14)	$1,13 \pm 0,49$ (0-1,84)	$0,84 \pm 0,44$ (0,18-1,51)
Equitabilidade*	$0,36 \pm 0,46$ (0-1)	$0,76 \pm 0,17$ (0,5-1)	$0,70 \pm 0,23$ (0-1)	$0,73 \pm 0,24$ (0,18-1)
Riqueza*	$1,5 \pm 0,89$ (0-4)	$4,05 \pm 1,43$ (2-7)	$6,83 \pm 2,98$ (1-14)	$4,65 \pm 2,42$ (2-10)

*Valores apresentados como média $\pm$ desvio padrão (amplitude).

Tabela 7. Número de parasitas coletados e abundância relativa (%) de cada grupo de parasitas de quatro espécies do gênero *Leporinus* (*L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici* e *L. octofasciatus*) em quatro locais de amostragem em uma área sob a influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil.

Abundância relativa (%)	Locais de amostragem			
	1	2	3	4
Monogenéticos	70,66	40,78	30,36	85,36
Larvas de digenéticos	5,79	8,94	0	0
Digenéticos adultos	0	0	0	1,99
Larvas de nematoides	1,93	4,21	0	1,76
Nematoides adultos	13,51	38,35	69,64	10,89
Hirudíneos	0,77	0,18	0	0
Ergasilídeos	7,34	7,53	0	0
Total de parasitas coletados	259	1.633	56	854

Ponto 1: montante da PCH Palmeiras, n=10; Ponto 2: montante da PCH Anhanguera, n=53; Ponto 3: jusante da PCH Anhanguera, n=9; Ponto 4: jusante da PCH Retiro, n=31 (veja os pontos na Figura 1).

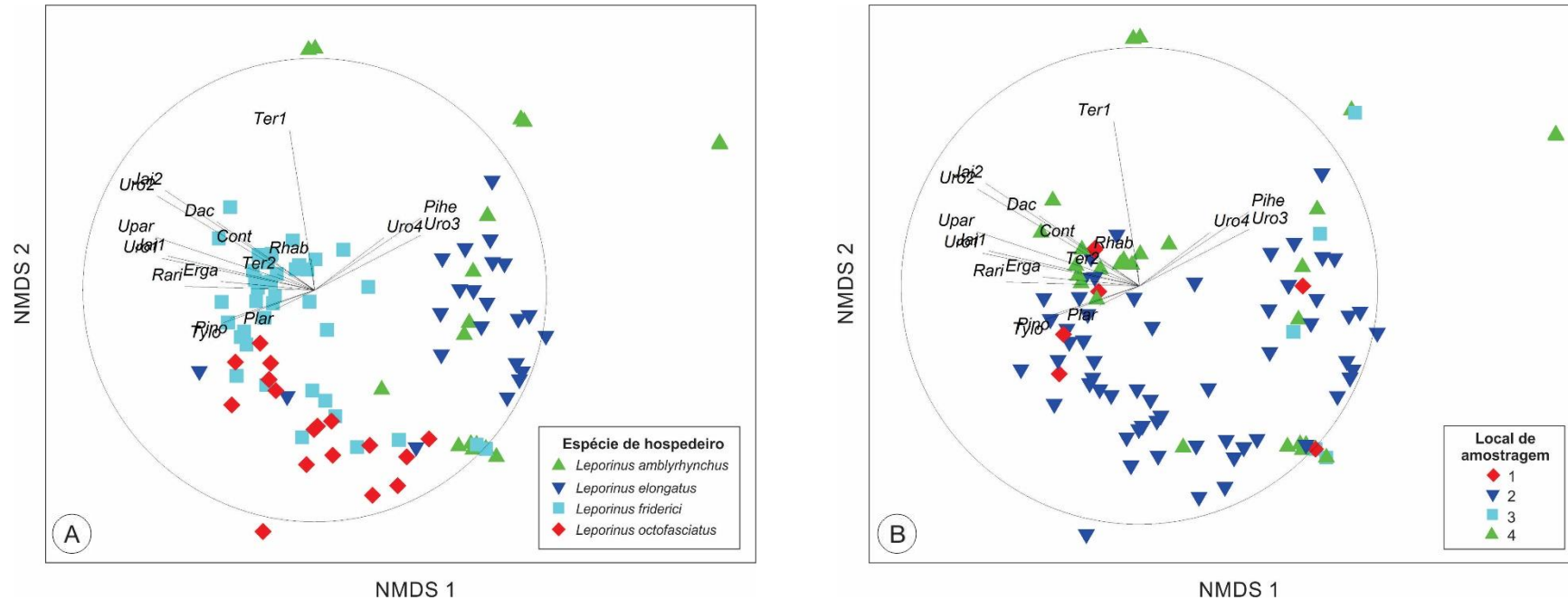


Figura 6. Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) nos dois primeiros eixos de uma solução tri-dimensional de 102 infracomunidades de metazoários parasitas coletados de quatro espécies de peixes do gênero *Leporinus* (*L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici* e *L. octofasciatus*) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil. A: considerando a espécie de hospedeiro, e B: o local de amostragem. Baseado na similaridade de Bray-Curtis dos dados de abundância parasitária transformados em raiz-quarta (stress = 0,13). Os vetores são correlações de Spearman das abundâncias das espécies de parasitas com os eixos da NMDS (o círculo representa correlação igual a um). Abreviações - Cont: *Contracaecum* sp., Dac: *Dactylogyridae* gen. sp., Tyl: *Tylodelphys* sp., Erga: *Ergasilidae*, Jai1: *Jainus* sp.1, Jai2: *Jainus* sp.2, Pino: *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus*, Pihe: *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *iheringi*, Plar: *Procamallanus* sp. (larva), Rari: *Rhinoxenus arietinus*, Rhab: *Rhabdochona* sp., Ter1: *Tereancistrum* sp.1, Ter2: *Tereancistrum* sp.2, Upar: *Urocleidoides paradoxus*, Uro1: *Urocleidoides* sp.1, Uro2: *Urocleidoides* sp.2, Uro3: *Urocleidoides* sp.3, Uro4: *Urocleidoides* sp.4.

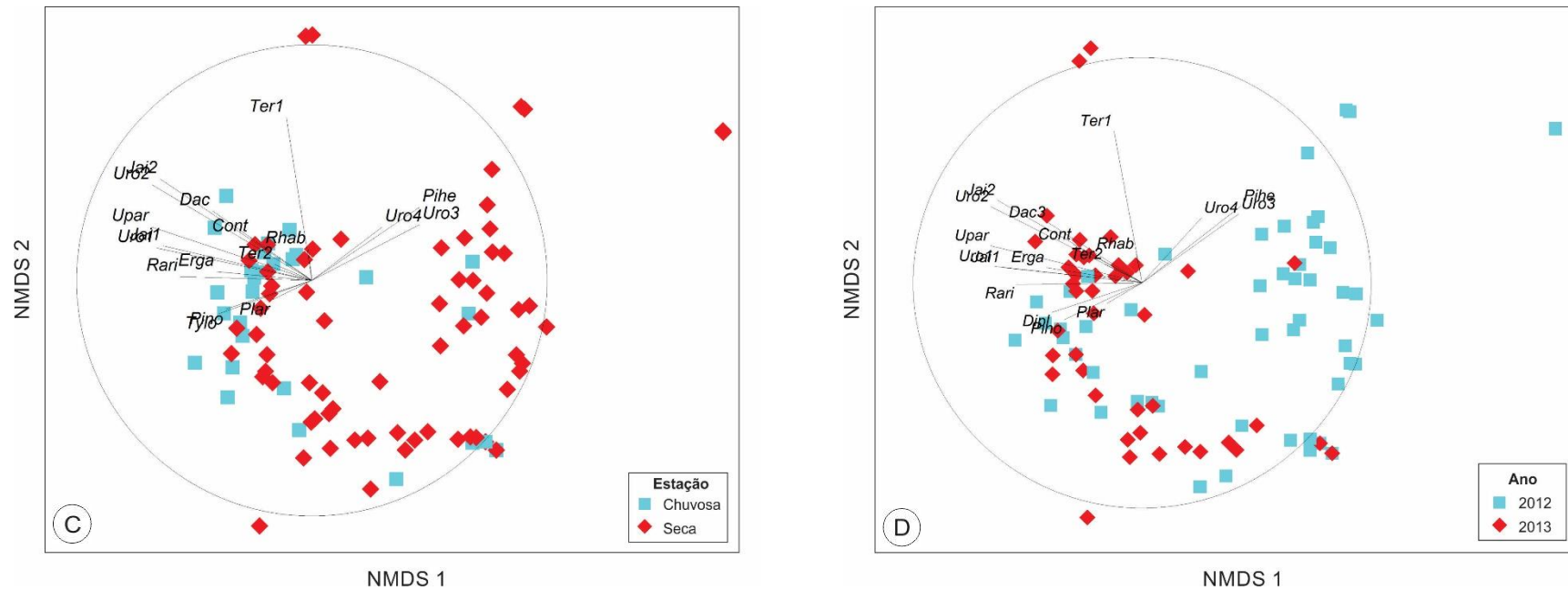


Figura 6 (continuação). Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) nos dois primeiros eixos de uma solução tri-dimensional de 102 infracomunidades de metazoários parasitas coletados de quatro espécies de peixes do gênero *Leporinus* (*L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici* e *L. octofasciatus*) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil. C: considerando a estação, e D: o ano. Baseado na similaridade de Bray-Curtis dos dados de abundância parasitária transformados em raiz-quarta ($stress = 0,13$). Os vetores são correlações de Spearman das abundâncias das espécies de parasitas com os eixos da NMDS (o círculo representa correlação igual a um). Abreviações - Cont: *Contracaecum* sp., Dac: Dactylogyridae gen. sp., Tyl: *Tylodelphys* sp., Erga: Ergasilidae, Jai1: *Jainus* sp.1, Jai2: *Jainus* sp.2, Pino: *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus*, Pihe: *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *iheringi*, Plar: *Procamallanus* sp. (larva), Rari: *Rhinoxenus arietinus*, Rhab: *Rhabdochona* sp., Ter1: *Tereancistrum* sp.1, Ter2: *Tereancistrum* sp.2, Upar: *Urocleidoides paradoxus*, Uro1: *Urocleidoides* sp.1, Uro2: *Urocleidoides* sp.2, Uro3: *Urocleidoides* sp.3, Uro4: *Urocleidoides* sp.4.

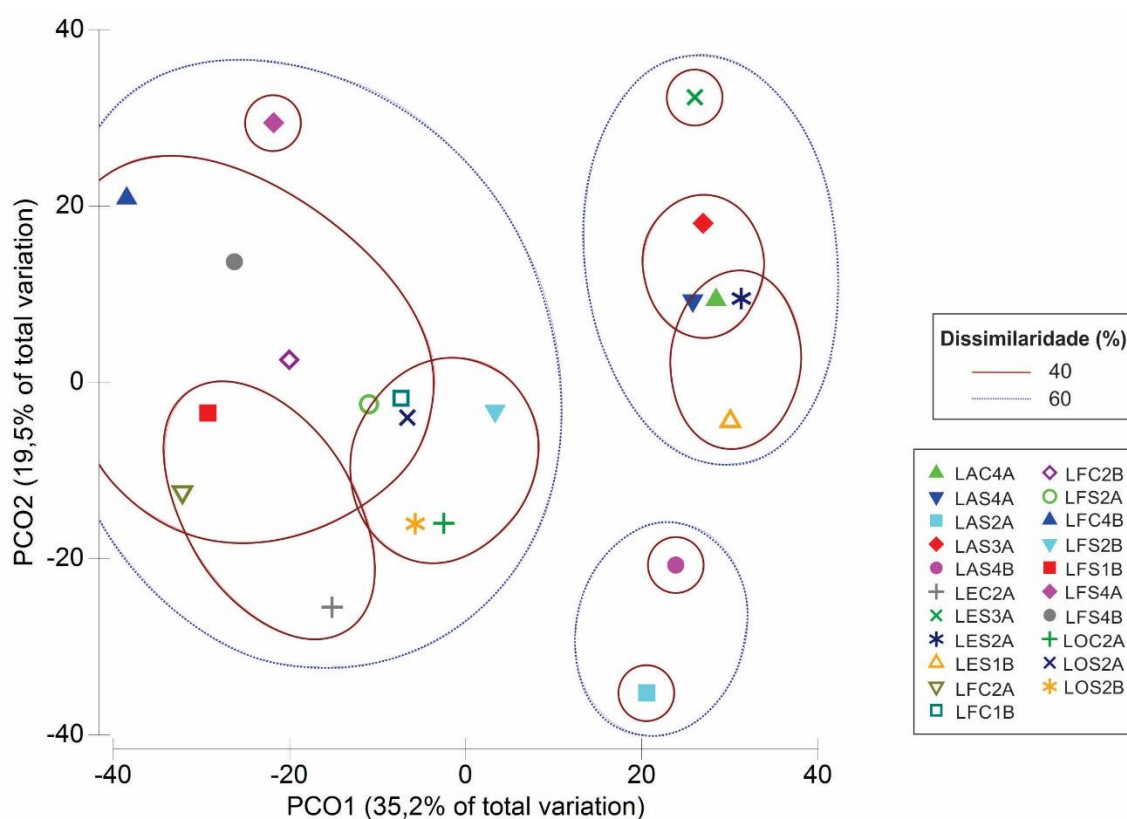


Figura 7. Análise de coordenadas principais (PCO) dos centroides de 21 amostras definidas por ano, local, estação e espécie de hospedeiro baseado na dissimilaridade de Bray-Curtis dos dados de abundância parasitária transformados em raiz-quarta, de quatro espécies do gênero *Leporinus* (*L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici* e *L. octofasciatus*) coletados no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil. Abreviações - LAC4A: *L. amblyrhynchus*, chuvoso, ponto 4, 2012; LAS4A: *L. amblyrhynchus*, seco, ponto 4, 2012; LAS2A: *L. amblyrhynchus*, seco, ponto 2, 2012; LAS3A: *L. amblyrhynchus*, seco, ponto 3, 2012; LAS4B: *L. amblyrhynchus*, seco, ponto 4, 2013; LEC2A: *L. elongatus*, chuvoso, ponto 2, 2012; LES3A: *L. elongatus*, seco, ponto 2, 2012; LES2A: *L. elongatus*, seco, ponto 2, 2012; LES1B: *L. elongatus*, seco, ponto 1, 2013; LFC2A: *L. friderici*, chuvoso, ponto 2, 2012; LFC1B: *L. friderici*, chuvoso, ponto 1, 2013; LFC2B: *L. friderici*, chuvoso, ponto 2, 2013; LFS2A: *L. friderici*, seco, ponto 2, 2012; LFC4B: *L. friderici*, chuvoso, ponto 4, 2013; LFS2B: *L. friderici*, seco, ponto 2, 2013; LFS1B: *L. friderici*, seco, ponto 1, 2013; LFS4A: *L. friderici*, seco, ponto 4, 2012; LFS4B: *L. friderici*, seco, ponto 4, 2013; LOS2A: *L. octofasciatus*, chuvoso, ponto 2, 2012; LOS2A: *L. octofasciatus*, seco, ponto 2, 2012; LOS2B: *L. octofasciatus*, seco, ponto 2, 2013.

Tabela 8. Efeitos explicando a variação na abundância de 17 espécies de parasitas coletados de quatro espécies do gênero *Leporinus* (*L. amblyrhynchus*, *L. elongatus*, *L. friderici* e *L. octofasciatus*) no rio Sapucaí-Mirim, Sudeste do Brasil, através da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), baseado na dissimilaridade de Bray-Curtis para a matriz de abundância parasitária transformada em raiz-quarta. O teste permutacional para a homogeneidade da dispersão multivariada (PERMDISP) foi aplicado para testar diferenças na dispersão entre os grupos formados por fatores cujos efeitos foram significativos na PERMANOVA.

Efeitos	PERMANOVA		PERMDISP <i>F</i>
	Pseudo- <i>F</i>	Variação dos componentes (%)	
Peso corporal (padronizado)	3.02*	0.45	-
Local de amostragem	2.38*	2.75	2.89 n.s.
Estação	1.11	0.06	-
Espécie de hospedeiro	9.87*	10.72	2.61 n.s.
Ano	1.40	0.34	-
Fator de condição (Kn)	1.30	0.08	-
Resíduo	-	17.18	-

* $P < 0,05$; n.s.: não significativo ($P > 0,05$).

DISCUSSÃO

Os monogenéticos foram os parasitas mais abundantes na maioria dos locais avaliados, com exceção do local 3, no qual os nematoides adultos foram os espécimes mais representativos. Nos locais de amostragem 1, 2 e 4, nematoides adultos foram o segundo *taxa* mais representativo.

De acordo com Takemoto et al. (2013), diversos fatores podem interferir nos níveis de parasitismo por monogenéticos em peixes, sendo um deles o fato de habitarem ambientes lênticos (como por exemplo, lagos e reservatórios de centrais hidrelétricas), uma vez que parasitas de ciclo direto são favorecidos nesses ambientes. Aliado a isso, também há o fato de que as espécies do gênero *Leporinus* apresentam o hábito de formar cardumes que migram por razões reprodutivas e de subsistência (POMPEU; MARTINEZ, 2006; RESENDE, 1992), o que pode também facilitar a infecção por parasitas de ciclo direto, como os monogenéticos.

Nematoides adultos foram representados principalmente por espécimes do gênero *Procamallanus*, sendo que *P. (Spirocamallanus) inopinatus* foi encontrado nas quatro comunidades de peixes avaliadas e apresentou a maior dominância relativa média em três delas. De acordo com Moravec (1998), os anostomídeos são frequentemente infectados por parasitas da família Camallanidae. Além disso, infecções por *Procamallanus* spp. são esperadas em peixes vivendo em áreas alagadas como reservatórios de usinas hidrelétricas (ambientes lênticos), devido ao aumento da disponibilidade de hospedeiros intermediários (microcrustáceos) (MORAVEC, 1998; FELTRAN et al., 2004).

O padrão de distribuição agregado, apresentado por todas as espécies de parasitas de *L. amblyrhynchus*, *L. friderici*, e *L. elongatus*, e a maioria das espécies de *L. octofasciatus* neste estudo, consiste de uma característica comum das infecções em hospedeiros vertebrados e invertebrados (ZUBEN, 1997). Desta forma, muitos hospedeiros abrigaram poucos parasitas, enquanto que somente uma pequena parcela dos hospedeiros abrigou a maior proporção da população de parasitas (ZUBEN, 1997). Muitas forças biológicas operam para moldar a distribuição dos parasitas entre os hospedeiros, e as causas do padrão agregado de distribuição são diversas e variadas, uma vez que elas usualmente ocorrem associadas com a variação na susceptibilidade a infecção dentro da população hospedeira (ANDERSON, 1993; POULIN, 2007). Esta variabilidade pode ser devida a diferenças na agregação espacial de estágios infectantes, ao comportamento do hospedeiro ou a diferenças na habilidade dos hospedeiros de apresentar uma resposta imunológica efetiva à invasão pelo parasita (devido a experiências anteriores de infecção, a presença de outras espécies de parasitas dentro do hospedeiro ou constituição genética) (ANDERSON, 1993). Os hospedeiros com infecções maciças são muitas vezes predispostos a este estado por fatores envolvendo componentes genéticos, comportamentais e ambientais ainda indeterminados (ANDERSON, 1993).

Rhinoxenus arietinus foi o único parasita que apresentou tendência à distribuição regular, na comunidade de *L. octofasciatus*. Baixa intensidade de infestação foi verificada para este monogenético, ocorrendo geralmente apenas um único espécime em cada hospedeiro, o que poderia ter contribuído para o padrão de distribuição observado. De acordo com Poulin (2007), o padrão de distribuição agregado dos parasitas não é

universal, sendo que há algumas exceções ao padrão geral. Populações de algumas espécies de parasitas que são distribuídas uniformemente entre os seus hospedeiros ocorrem em alguns *taxa* típicos de parasitas, como por exemplo, o copépode *Leposphillus labrei* Hesse, 1866, parasita de peixes da família Labridae, os quais abrigam na sua maioria apenas um único copépode (POULIN, 2007).

A comunidade de parasitas de *L. friderici* foi a que apresentou maior diversidade e riqueza de espécies, seguida de *L. octofasciatus*, *L. elongatus* e *L. amblyrhynchus*. Guidelli et al. (2006) realizaram um estudo com a fauna parasitária de *L. friderici* proveniente da planície de inundação ao alto rio Paraná, Brasil, e encontraram um valor menor do índice de diversidade de Brillouin ($0,13 \pm 0,14$) do que o presente estudo. Para as comunidades dos demais peixes analisados, não há dados na literatura sobre este mesmo índice.

No presente estudo, alta heterogeneidade foi observada na composição das comunidades componentes e infracomunidades das quatro espécies do gênero *Leporinus* analisadas através da PERMANOVA. Tal fato poderia indicar que a variação na composição das espécies de parasitas foi desprovida de padrão espacial significativo, ou seja, aleatória (LEGENDRE et al., 2005). Entretanto, a análise sugere que grande parte da variação observada pode ser devido a diferenças entre as espécies de peixes. Houve diferenças no nível de comunidade componente, observada através da PCO, na qual as infracomunidades de *L. amblyrhynchus* e *L. elongatus* tendem a ser mais similares, assim como as de *L. friderici* e *L. octofasciatus*. A abundância de algumas espécies de parasitas apresentou relação com esta similaridade observada entre estes dois grupos de hospedeiros (*P. (Spirocamallanus) iheringi* em *L. amblyrhynchus* e *L. elongatus*; e *P. (Spirocamallanus) inopinatus*, *Tylodelphys* sp., *R. arietinus*, *U. paradoxus*, *Urocleidoides* sp.1, *Urocleidoides* sp.2, *Jainus* sp.1 e *Jainus* sp.2 em *L. friderici* e *L. octofasciatus*).

Diferenças entre a susceptibilidade a determinadas espécies de parasitas por hospedeiros do mesmo gênero podem ocorrer, como observado por Knopf e Mahnke (2004), os quais observaram que o desenvolvimento do nematoide *Anguillicola crassus* Kuwahara, Niimi e Hagaki, 1974 foi significativamente menor em *Anguilla japonica* Temminck e Schlegel, 1846, quando comparado com *Anguilla anguilla* (Linnaeus,

1758). Guidelli et al. (2006), comparando a fauna parasitária de *Leporinus lacustris* Amaral Campos, 1945 e *L. friderici*, observaram que seis taxa diferiram significativamente em abundância nestas espécies hospedeiras.

Diferenças na composição da dieta e na estruturação dos nichos entre as quatro espécies analisadas também poderiam ter favorecido nas diferenças observadas entre estes hospedeiros. Durães, Pompeu e Godinho (2001), em um estudo sobre as mudanças ocorridas na alimentação de peixes durante a formação do reservatório Nova Ponte (Estado de Minas Gerais, Brasil), observaram que os pares de espécies *L. amblyrhynchus* - *L. elongatus*, e *L. friderici* - *L. octofasciatus* apresentaram valor elevado de sobreposição de nichos alimentares em pelo menos um período de coleta. Com relação a *L. amblyrhynchus* - *L. elongatus*, as variações do índice de sobreposição estiveram ligadas diretamente à variação da proporção de dípteros na dieta, uma vez que ambas as espécies apresentam boca posicionada subinferiormente, equipando-as para a tomada de alimento no substrato. Em relação ao par *L. friderici* - *L. octofasciatus*, observou-se que a sobreposição entre estas duas espécies foi bastante elevada no início do enchimento do reservatório, quando ambas consumiram grande quantidade de insetos terrestres. Estas duas espécies também possuem bocas com morfologia similar entre si, posicionadas terminalmente e próprias para a alimentação na coluna d'água.

Apesar da baixa variância explicada, as análises apontaram para diferenças entre os locais de amostragem, principalmente do local 2 com relação aos demais. Tal fato pode estar relacionado a quantidade de peixes coletados no ponto 2, que foi maior do que nos demais pontos. Ademais, também foram observados em determinadas épocas do ano valores de fósforo total, amônia e clorofila-*a* mais altos nos locais 1-2 (especialmente o 2), o que pode ter contribuído para o aumento da matéria orgânica e beneficiado o ciclo de vida de algumas espécies de parasitas.

As comunidades de metazoários parasitas estudadas apresentaram principalmente diferenças entre as espécies hospedeiras, embora pertencendo ao mesmo gênero. O local de amostragem, embora com uma menor porcentagem da variação explicada, parece ter influenciado na distribuição de abundância parasitária entre as espécies analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHO, J. M.; BUSH, A. O. Community Richness in Parasites of Some Freshwater Fishes from North America. In: RICKLEFS, R. E.; SCHLUTER, D. (Org.) **Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives**. United States of America: The University of Chicago Press, 1993. p.185-193.
- AMATO, J. F. R.; BOEGER, W. A. & AMATO, S. B. **Protocolos para laboratório – Coleta e processamento de parasitos de pescado**. Rio de Janeiro: Imprensa Universitária – UFRRJ, 1991. 81p.
- ANDERSON, R. M. Epidemiology. In: COX, F. E. G. (Org.) **Modern parasitology: a textbook of parasitology**. 2^a ed. Oxford: Blackwell Publishing, 1993. P.75–116.
- ANDERSON, R.; GORLEY, N.; CLARKE, K. R. **PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods**. Plymouth, U.K.: PRIMER-E, 2008. 214p.
- ANDRADE, C.M. **Meios e soluções comumente empregados em laboratórios**. Rio de Janeiro: Editora Universidade Rural, 2000. 353p.
- APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. 2002.
- BENEDITO-CECÍLIO, E.; AGOSTINHO, A. A. Estrutura de populações de peixes do reservatório de Segredo. In: Agostinho, A. A.; Gomes L. C. (Org.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Eduem: Maringá, 1997, p.113-119.
- BORCARD, D.; LEGENDRE, P. Environmental control and spatial structure in ecological communities: An example using oribatid mites (Acari, Oribatei). **Environmental and Ecological Statistics**, v.1, p.37–61, 1994.
- BORCARD, D.; LEGENDRE, P.; DRAPEAU, P. Partialling out the spatial component of ecological variation. **Ecology**, v.73, p.1045–1055, 1992.
- BUSH, A. O.; AHO J. M.; KENNEDY. C.R. Ecological versus phylogenetic determinants of helminth parasite community richness. **Evolutionary Ecology**, v.4, p.1-20. 1990.

- BUSH, A. O.; LAFFERTY, K.D.; LOTZ, J.M.; SHOSTAK, AW. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **Journal of Parasitology**, Canadá, v.83, n.4, p. 575-583. 1997.
- CARNEY, J. P.; DICK, T. A. Helminth communities of yellow perch (*Perca flavescens* (Mitchill)): determinants of pattern. **Canadian Journal of Zoology**, v.78, p.538–555, 2000.
- CASAL, G.; MATOS, E.; AZEVEDO, C. Light and electron microscopic study of the myxosporean, *Henneguya friderici* n. sp. from the Amazonian teleostean fish, *Leporinus friderici*. **Parasitology**, v.126, n.4, p.313-319, 2003.
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **PRIMER v6: User manual/tutorial**. Plymouth, U.K.: PRIMER-E, 2006. 115p.
- COHEN, S. C.; JUSTO, M. C.; KOHN, A. **South American Monogenoidea parasites of fishes, amphibians and reptiles**. Rio de Janeiro: Oficina de livros, 2013. 663p.
- DURÃES, R.; POMPEU, P. S.; GODINHO, A. L. Alimentação de quatro espécies de *Leporinus* (Characiformes, Anostomidae) durante a formação de um reservatório no Sudeste do Brasil. **Iheringia**, v.90, p.183-191, 2001.
- EIRAS, J.C., TAKEMOTO, R.M. & PAVANELLI, G.C. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes**. Maringá: Eduem, 2ª ed., 2006. 199p.
- FELTRAN, R. B.; JÚNIOR, O. M.; PINESE, J. F.; TAKEMOTO, R. M. Prevalência, abundância, intensidade e amplitude de infecção de nematoides intestinais em *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) e *L. obtusidens* (Valenciennes, 1836) (Pisces, Anostomidae), na represa de Nova Ponte (Perdizes, MG). **Revista Brasileira de Zoociências**, v.6, n.2, p.169-179, 2004.
- GARAVELLO, J. C.; BRITSKI, H. A. **Family Anostomidae**. In: REIS, R. E., KULLANDER, S. O. & FERRARIS JR., C. J. **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p.71-84.
- GUIDELLI, G.; TAVECHIO, W. L. G.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Fauna parasitária de *Leporinus lacustris* e *Leporinus friderici* (Characiformes, Anostomidae) da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.28, n.3, p.281-290, 2006.

- GUIDELLI, G.; TAVECHIO, W. L. G.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Relative condition factor and parasitism in anostomid fishes from the floodplain of the Upper Paraná River, Brazil. **Veterinary Parasitology**, v.177, p.145-151, 2011.
- KLEIN, S.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R.; REIDEL, A.; SIGNOR, A.; SIGNOR, A. A. Utilização de produtos químicos no controle de *Ichthyophthirius multifiliis*, Fouquet (1876) em alevinos de surubim do Iguazu *Steindachneridion* sp., Garavello (1991). **Semina: Ciências Agrárias**, v.25, p.51-58, 2004.
- KNOPF, K; MAHNKE, M. Differences in susceptibility of the European eel (*Anguilla anguilla*) and the Japanese eel (*Anguilla japonica*) to the swim-blader nematode *Anguillicola crassus*. **Parasitology**, v.129, p.491-496, 2004.
- KOHN, A.; FERNANDES, B. M. M. Estudo comparativo dos helmintos parasitos de peixes do rio Mogi Guassu, coletados nas excursões realizadas entre 1927 e 1985. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v.82, n.4, p.483-500, 1987.
- KOHN, A.; GOMES, D. C.; MOTTA, C. S. Nota prévia sobre um novo gênero de Ancyracanthinae Yorke & Maplestone, 1926 (Nematoda). **Atas da Sociedade de Biologia do Rio de Janeiro**, v.12
- KRISTSKY, D. C; THATCHER, V. E. & BOEGER, V. A. Neotropical Monogenea. Revision of *Urocleidoides* (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae). **Proceedings of the Helminthological Society of Washington**, v.53, p.1-37, 1986.
- LAGRUE, C.; KELLY, D. W.; HICKS, A.; POULIN, R. Factors influencing infection patterns of trophically transmitted parasites among a fish community: host diet, host-parasite compatibility or both? **Journal of Fish Biology**, v. 79, p.466-485, 2011.
- LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch *Perca fluviatilis*. **Journal of Animal Ecology**, v.20, p.201-219, 1951.
- LEGENDRE, P.; BORCARD, D.; PERES-NETO, P. R. Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. **Ecological Monographs**, v.75, n.4, p.435-450, 2005.
- MÍGUEZ-LOZANO, R.; PARDO-CARRANZA, T. V.; BLASCO-COSTA, I.; BALBUENA, J. A. Spatial Structure of Helminth Communities in the Golden Grey Mullet, *Liza aurata* (Actinopterygii: Mugilidae), from the Western Mediterranean. **Journal of Parasitology**, v.98, n.5, p.904-912, 2012.

- MORAVEC, F. **Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical region**. Czech Republic: Academia Praha, 1998. 464p.
- NELSON, J. S. **Fishes of the world**. 4^a ed. New York: John Wiley & Sons, 2006. 601p.
- ORSI, M. L.; CARVALHO, E. D.; FORESTI, F. Biologia populacional de *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski (Teleostei, Characidae) do médio Rio Paranapanema, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.21, p.207-218, 2004.
- POMPEU, P. S.; MARTINEZ, C. B. Variações temporais na passagem de peixes pelo elevador da Usina Hidrelétrica de Santa Clara, rio Mucuri, leste brasileiro. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.23, n.2, p.340-349, 2006.
- POULIN, R. The disparity between observed and uniform distributions: A new look at parasite aggregation. **International Journal for Parasitology**, v.23, n.7, p.937-944, 1993.
- POULIN, R. **Evolutionary Ecology of Parasites**. 2^a ed. New Jersey: Princeton University Press, 2007. 332p.
- REGO, A. A.; CHUBB, J. C.; PAVANELLI, G. C. Cestodes in South American freshwater teleost fishes: keys to genera and brief description of species. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.16, p.299-367, 1999.
- RESENDE, E. K. Bioecologia do curimatá, *Prochilodus lineatus* no Pantanal do Miranda-Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.4, p.261-276, 1992.
- ROHDE, K.; HAYWARD, C.; HEAP, M. Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. **International Journal for Parasitology**, v.25, p.945-970, 1995.
- RÓZSA, L.; REICZIGEL, J.; MAJOROS, G. Quantifying parasites in samples of hosts. **Journal of Parasitology**, v.86, p.228-232, 2000.
- SANTANA-PIÑEROS, A. M.; PECH, D.; VIDAL-MARTÍNEZ, V. M. Spatial structure of the helminth parasite communities of the tonguefish, *Symphurus*

- plagiusa*, from the Campeche coast, southern Mexico. **International Journal for Parasitology**, v.42, p.911–920, 2012.
- SANTOS, E. P. **Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura**. EDUSP: São Paulo, 1978. 129p.
- TALLING, J. F.; DRIVER, D. Some problems in the estimation of chlorophyll-*a* in phytoplankton. In: **Proceedings, Conference of primary productivity measurements in marine and freshwater**. Hawaii: USAEE, 1963. p.142-146.
- TAKEMOTO, R. M.; LUQUE, J. L.; BELLAY, S.; LONGHINI, C. E.; GRAÇA, R. J. Monogenea. In: PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J. C. **Parasitologia de peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Eduem, 2013. p.273-299.
- THATCHER, V. E. **Amazon fish parasites**. 2nd ed. Bulgaria: Pensoft. 2006. 508 p.
- ZUBEN, C. J. V. Implicações da agregação espacial de parasitas para a dinâmica populacional na interação hospedeiro-parasita. **Revista de Saúde Pública**, v.31, n.5, p.523–530, 1997.