

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 24/02/2022.

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

*Biodiversidade de parasitas de peixes da família  
Loricariidae (Teleostei: Siluriformes) procedentes do rio  
Sapucaí-Mirim, Brasil*

*Lidiane Franceschini*

Botucatu, SP  
2016

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

*Biodiversidade de parasitas de peixes da família  
Loricariidae (Teleostei: Siluriformes) procedentes  
do rio Sapucaí-Mirim, Brasil*

**Lidiane Franceschini**

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**

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

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

Franceschini, Lidiane.

Biodiversidade de parasitas de peixes da família Loricariidae (Teleostei: Siluriformes) procedentes do rio Sapucaí-Mirim, Brasil / Lidiane Franceschini. - Botucatu, 2016

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

Orientador: Reinaldo José da  
Silva Capes: 20400004

1. Cascudo (Peixe). 2. Biodiversidade - Conservação.  
3. Doenças parasitárias. 4. Infestações ectoparasitárias.  
5. Usinas hidrelétricas. 6. Avaliação de riscos ambientais.

Palavras-chave: Cascudos; Ectoparasitas; Endoparasitas;  
Peixes dulcícolas; Pequenas Centrais Hidrelétricas.

*Dedicatória*

---

## ***Dedicatória***

*"Você nasceu no lar que precisava nascer, vestiu o corpo físico que merecia, mora onde melhor Deus te proporcionou, de acordo com o teu adiantamento. Você possui os recursos financeiros coerentes com tuas necessidades... nem mais, nem menos, mas o justo para as tuas lutas terrenas. Seu ambiente de trabalho é o que você elegeu espontaneamente para a sua realização. Teus parentes e amigos são as almas que você mesmo atraiu, com tua própria afinidade. Portanto, teu destino está constantemente sob teu controle.*

*Você escolhe, recolhe, elege, atrai, busca, expulsa, modifica tudo aquilo que te rodeia a existência. Teus pensamentos e vontades são a chave de teus atos e atitudes. São as fontes de atração e repulsão na jornada da tua vivência. Não reclame, nem se faça de vítima. Antes de tudo, analisa e observa. A mudança está em tuas mãos.*

*Reprograma tua meta, busca o bem e você viverá melhor. Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim."*

*(Chico Xavier)*

***Dedico este trabalho a minha família e amigos, que me fortalecem a cada dia.***

***Amo vocês!***

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém  
ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”*

*(Arthur Schopenhauer)*

*Agradecimientos*

---

## *Agradecimentos*

*Agradeço a Deus, pela força, perseverança e fé em todos os momentos da minha vida. Por me mostrar o quão pequeno são nossos problemas, diante a dádiva da vida!*

*Aos meus pais, José Antônio e Aparecida Maria, por todo amor, paciência, carinho, compreensão e incentivo aos estudos, desde os meus primeiros anos de vida. Amo vocês!*

*A toda minha família, em especial, aos meus irmãos Greicy, Jéssica, Nicolas e Júlia, e ao meu sobrinho Guilherme: vocês fazem parte da minha essência... cada um tem um pedacinho de mim, resultado do convívio e laços de amor! Obrigada por compreenderem minha ausência física em tantos momentos especiais...*

*Ao Igor, por todo respeito, apoio, carinho, cumplicidade, paciência e amor! Obrigada por dividir sua vida comigo!*

*A extensão da minha família: Leonir, Jair e Marcela, por todo amor, acolhimento e aconchego que me trazem quando estou com vocês!*

*A professora e amiga Maria Conceição Zocoller Seno, por quem tenho imenso carinho e admiração! Foi quem despertou em mim o interesse pela pesquisa, e que sempre será um exemplo de conduta em minha vida pessoal e acadêmica!*

*Ao meu orientador e amigo Reinaldo José da Silva, por todo apoio, confiança, credibilidade e oportunidades durante todos estes anos de convívio! Sempre será lembrado em minhas conquistas profissionais e pessoais!*

*Aos amigos do Laboratório de Parasitologia de Animais Silvestres (LAPAS) e do Departamento de Parasitologia, por todo apoio técnico e pessoal, e por tornarem meus dias de trabalho mais felizes!*

*Ao professor Edmir Daniel Carvalho (in memoriam) e família, pela atenção, acolhimento, credibilidade e apoio que dedicam ao Igor e a mim, sempre dirigidos com muito carinho.*

*Aos amigos do Laboratório de Biologia e Ecologia de Peixes, eternos alunos do professor Edmir... em especial, ao Diogo (Pança), André (Sabor), Felipe (Limão), Ricardo, Sandro e Ottilie, por todo apoio nas coletas de campo.*

*Ao professor Cláudio Henrique Zawadzki, taxonomista de loricarídeos renomado, peça chave para a realização deste trabalho. Obrigada pelas discussões, artigos, dicas... aprendi muito com você!*

*Ao professor Juan Antonio Balbuena Díaz-Pinés, pela oportunidade de estudar em uma universidade no exterior. Agradeço por toda paciência, confiança, dedicação e disposição para ensinar! Pessoa admirável e excelente profissional!*

*Aos demais membros do “Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva Cavanilles, Universitat de Valencia, Espanya”, em especial a Abril, Raúl, Natália e Cris, por toda paciência e acolhimento durante minha estadia em Valência.*

*Ao professor Marcos Gomes Nogueira, pelo apoio nas coletas de campo e disponibilidade de alguns dados para a execução do trabalho. Obrigada pela confiança!*

*A minha amiga e colaboradora há muitos anos Aline Cristina Zago, com quem compartilho o mérito deste e de tantos outros trabalhos, frutos de anos de convívio e dedicação mútua. Obrigada por tudo!*

*A FUNEP (Fundação de Apoio a Pesquisa Ensino e Extensão: Processo: 1.01852/2011), CAPES (Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior) e FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Processos: 2012/07850-7; 2015/11543-0), pelo apoio científico e financeiro para realização da pesquisa.*

*A Duke Energy e CELAN (Central Elétrica Anhanguera) pelo suporte logístico*

*Enfim, agradeço a todas as pessoas que de alguma maneira se fizeram presentes em minha vida durante esse período, me apoiando e incentivando. Vocês foram imprescindíveis para a concretização desse trabalho!*

***"Cada um que passa em nossa vida, passa sozinho, mas não vai só, nem nos deixa só; leva um pouco de nós mesmos, deixa um pouco de si mesmo."***

*(Antoine de Saint-Exupéry)*

## Sumário

<i>Resumo</i> .....	1
<i>Abstract</i> .....	4
<i>Introdução Geral</i> .....	7
<i>Parasitas como indicadores da integridade ambiental</i> .....	8
<i>Geração de energia x impactos ambientais: cenário atual sobre Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil</i> .....	11
<i>Área de estudo: rio Sapucaí-Mirim (SP/MG)</i> .....	13
<i>Hospedeiros analisados: peixes da família Loricariidae (Siluriformes)</i> .....	19
<i>Chave Provisória para identificação de peixes do gênero <u>Hypostomus</u> procedentes do rio Sapucaí-Mirim, São Paulo, Brasil</i> .....	24
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	26
<i>Objetivos</i> .....	31
<i>Artigo 1: Biodiversidade de parasitas de peixes loricarídeos (Teleostei: Siluriformes) do Brasil</i> .....	34
<i>Resumo</i> .....	35
<i>Abstract</i> .....	36
<i>Introdução</i> .....	37
<i>Material e métodos</i> .....	39
<i>Resultados</i> .....	41
<i>Discussão</i> .....	72
<i>Referências bibliográficas</i> .....	76

<i>Artigo 2: Estrutura espacial de comunidades de parasitas de peixes loricarídeos (Teleostei: Siluriformes) de um rio Neotropical</i> .....	85
<i>Resumo</i> .....	86
<i>Abstract</i> .....	87
<i>Introdução</i> .....	88
<i>Material e métodos</i> .....	89
<i>Área de amostragem</i> .....	89
<i>Amostragem de hospedeiros e parasitas</i> .....	92
<i>Análises limnológicas</i> .....	93
<i>Análises estatísticas das comunidades de parasitas</i> .....	93
<i>Resultados</i> .....	96
<i>Discussão</i> .....	123
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	128
<i>Artigo 3: Nova espécie do gênero <u>Demidospermus</u> (Monogenea: Dactylogyridae) parasita de <u>Loricaria prolixa</u> (Siluriformes: Loricariidae) procedentes do Brasil</i> .....	133
<i>Resumo</i> .....	134
<i>Abstract</i> .....	135
<i>Introdução</i> .....	136
<i>Material e métodos</i> .....	137
<i>Descrição</i> .....	139
<i>Sumário Taxonômico</i> .....	140
<i>Considerações</i> .....	141
<i>Discussão</i> .....	144
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	147
<i>Considerações finais</i> .....	151

*Resumo*

---

**Resumo**

Peixes da família Loricariidae (Siluriformes) apresentam grande plasticidade fenotípica intraespecífica durante toda sua ontogenia. O conhecimento limitado sobre os aspectos biológicos, padrões biogeográficos e elevada variabilidade morfológica destes peixes dificultam estudos sobre a biodiversidade acerca deste grupo, incluindo estudos sobre a fauna parasitária. Assim, o objetivo deste estudo foi realizar levantamento da biodiversidade de parasitas de peixes da família Loricariidae em áreas sob a influência da construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil. Ademais, avaliar a estrutura das comunidades parasitárias dos hospedeiros analisados (ao nível de infracomunidade e comunidade componente) e possíveis mudanças na abundância das infracomunidades baseadas em variáveis explanatórias (espaciais, temporais e fatores intrínsecos ao hospedeiro). Para tanto, durante os anos de 2012 e 2013 foram realizadas duas amostragens anuais (período seco/chuvoso), em oito áreas amostrais situadas nos reservatórios de três PCHs: Palmeiras, Anhanguera e Retiro. Foram necropsiados 334 loricarídeos pertencentes a 10 espécies: *Loricaria prolixa*, *Hypostomus margaritifer*, *Hypostomus heraldoi*, *Hypostomus strigaticeps*, *Hypostomus regani*, *Hypostomus ancistroides*, *Hypostomus* cf. *margaritifer*, *Hypostomus topavae*, *Hypostomus* aff. *topavae*, além de uma espécie não identificada pertencente ao gênero *Hypostomus*. Foram encontrados 29 taxa de parasitas, totalizando 15.957 espécimes, sendo a classe Monogenea a com maior riqueza (13 taxa). Os parasitas observados foram: monogenéticos das famílias Dactylogyridae nas brânquias, Gyrodactylidae nas brânquias e pele (muco) e Microcotylidae na pele (muco). Sete novas espécies de monogenéticos foram encontradas, pertencendo aos gêneros *Demidospermus*, *Trinigyrus* e *Heteropriapulus*. Metacercárias de *Austrodiplostomum* sp. nos olhos e cavidade celomática e metacercárias de digenéticos encistadas nas brânquias, cavidade ocular, cristalino, serosa do fígado e intestino (Trematoda). Dentre os nematoides foram encontrados *Rhabdochona* sp. (Rhabdochonidae), larvas de *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp., adultos de *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* (Camallanidae); larvas de terceiro estágio (L3) de *Contracaecum* sp. (Anisakidae) e larvas e adulto de nematoides não identificados (Nematoda gen. spp.). Além dos helmintos, foram encontrados hirudíneos da família

Glossiphoniidae, na pele, nadadeiras e cavidade bucal, acometendo todas as espécies de loricarídeos e mixozoários do gênero *Myxobolus* em brânquias de *H. ancistroides*. Árvores de Regressão Multivariada (MRT) foram produzidas para verificar os efeitos relativos e interações de fatores relacionados aos hospedeiros (espécie, peso, fator de condição relativo), fatores temporais (estação e ano de captura) e ambientais (local de coleta) sobre a abundância dos parasitas em diferentes escalas de contexto (global, gênero do hospedeiro e local). Os efeitos causados pelas diferenças entre as espécies hospedeiras foram preditores determinantes sobre a abundância parasitária (escalas global, gênero "*Hypostomus*" e local) e *L. prolixa* apresentou a maior diferença na composição e abundância de seus parasitas em relação a *Hypostomus* spp.. A estrutura espacial das infracomunidades de parasitas dos loricarídeos avaliados foi determinada, sobretudo, pelas diferenças entre fatores intrínsecos relacionados as espécies hospedeiras, bem como pela distribuição dos hospedeiros e complexidade estrutural das áreas nas quais foram amostrados.

**Palavras-chaves:** cascudos; peixes dulcícolas; ectoparasitas; endoparasitas; Pequenas Centrais Hidrelétricas; Árvore de Regressão Multivariada

*Abstract*

---

**Abstract**

Loricariid fishes (Siluriformes) presents great intraspecific phenotypic plasticity throughout their ontogeny. The limited knowledge about the biological aspects, biogeographic patterns of distribution and high morphological variability of these fishes make the studies on biodiversity of this group difficult, including that about parasites. Therefore, the aim of this study was to survey the biodiversity of parasites of Loricariidae fishes from an area under the influence of the construction of Small Hydro Power Plants (SHPPs) in the Sapucaí-Mirim River, São Paulo State, Brazil. Moreover, the study evaluated the structure of parasitic communities of these hosts (at both the component community and infracommunity levels), assessing the possible variation in infracommunity abundance among sites and fish species based on explanatory variables (spatial, temporal, and host traits). During 2012 and 2013, two annual samples (dry/rainy seasons) were carried out, in eight sampling sites situated in the reservoirs of three SHPPs: Palmeiras, Anhanguera, and Retiro. Specimens of *Loricaria prolixa*, *Hypostomus regani*, *Hypostomus ancistroides*, *Hypostomus strigaticeps*, *Hypostomus heraldoi*, *Hypostomus margaritifer*, *Hypostomus cf. margaritifer*, *Hypostomus topavae*, *Hypostomus aff. topavae* and *Hypostomus* sp., were analyzed, totaling 334 fishes. Twenty-nine taxa were found, totaling 15,957 parasite specimens, and Monogenea was the dominant group, which showed the greatest richness (13 taxa). The parasites were identified as follows: monogeneans Dactylogyridae, Gyrodactylidae and Microcotylidae in the gills and skin. Seven new monogenean species were found, belonging to *Demidospermus*, *Trinigyrus* and *Heteropriapulus* genera. *Austrodiplostomum* sp. metacercariae in the vitreous humor and celomatic cavity, and an unidentified metacercariae encysted in the liver and intestine (Trematoda). For Nematoda it was observed: *Rhabdochona* sp. (Rhabdochonidae), larvae of *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp. and adults of *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* (Camallanidae); third-stage larvae of *Contracaecum* sp. (Anisakidae) and larvae and adult of unidentified nematodes (Nematoda gen. sp.). Besides helminths, Glossiphonidae hirudineans were found in skin, fins and oral cavity, infesting all the fish species, and mixozoans of the genus *Myxobolus*, parasitizing gills of *H. ancistroides*. Multivariate Regression Trees (MRT) were performed in order to verify the relative effects and

interactions of factors related to the host traits (host species, body weight, and relative condition factor - Kn), temporal (season and year of capture) and environmental (sampling sites) on the abundance of parasite assemblage at several scales context (global, genus, and local scales). The effects caused by differences between host species were a determinant predictor on the parasite abundance of loricariids (global, genus "*Hypostomus*", and local scales), and *L. prolixa* presented a greatest difference in the composition and abundance of their parasites in relation to *Hypostomus* spp.. Therefore, the spatial structure of the infracommunities evaluated was determined, especially, by the intrinsic differences among host species and by the structural complexity of the sampling areas assessed.

**Key words:** catfishes; freshwater fishes; ectoparasites; endoparasites; Small Hydroelectric Power Plants; Multivariate Regression Trees

## *Introdução Geral*

---

## INTRODUÇÃO GERAL

### *Parasitas como indicadores da integridade ambiental*

Alterações na estrutura das comunidades biológicas causadas por estressores ambientais, tem recebido atenção por sua possível aplicação como indicadores da integridade ambiental (DUSEK; GELNAR; SEBELOVÁ, 1998). Neste sentido, a maioria dos estudos em reservatórios de usinas hidrelétricas no Brasil, se limita a verificar os impactos relacionados a qualidade de água e ictiofauna local, abordando questões referentes à reprodução e migração de espécies reofílicas de piracema, diversidade e estrutura e composição das comunidades de peixes, introdução de espécies não-nativas, extinção de espécies nativas e alimentação natural (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Poucos estudos relatam impactos causados às populações de parasitas de peixes nestes ecossistemas artificiais (MADI; UETA, 2012).

Além de sua importância ecológica e epidemiológica, parasitas são organismos praticamente ubíquos e podem manifestar mudanças ambientais mais rapidamente que seus hospedeiros (MARCOGLIESE; CONE, 1997; DUSEK; GELNAR; SEBELOVÁ, 1998; SILVA-SOUZA et al., 2006), podendo ser uma boa ferramenta para medida de distúrbios e estresse ambiental. Desempenham, ainda, importante função sobre os ecossistemas, regulando a abundância ou densidade das populações de hospedeiros, estabilizando teias alimentares, contribuindo assim para a estruturação das comunidades animais (POULIN; MORAND, 2004).

A fauna parasitária de populações naturais de peixes depende de vários fatores intrínsecos e extrínsecos aos seus hospedeiros, tais como: variações sazonais do habitat, habitat ocupado, características limnológicas, tipo de fundo, profundidade, biota local, características biológicas e fisiológicas dos hospedeiros (DOGIEL, 1961). Desta forma, considerando o grupo taxonômico ou a espécie de parasita, as condições ambientais podem refletir em alterações na relação parasita-hospedeiro (LAFFERTY, 1997). Qualquer mudança no ambiente podem refletir em alterações na comunidade parasitária, no entanto, o estresse não se manifesta necessariamente como uma diminuição na diversidade na comunidade parasitária (MARCOGLIESE; CONE, 1997; LAFFERTY; KURIS, 1999). Ou

seja, mudanças ambientais podem afetar os parasitas de diversas maneiras, sendo que, o aumento ou decréscimo do parasitismo pode indicar ações antrópicas que estão beneficiando ou prejudicando o desenvolvimento de alguma fase de vida dos parasitas ou dos hospedeiros (LAFFERTY, 1997; LAFFERTY; KURIS, 1999).

Ainda, os parasitas são indicativos de muitos aspectos biológicos de seus hospedeiros, incluindo a dieta, comportamento alimentar, migração, recrutamento e filogenia (WILLIAMS; MacKENZIE; McCARTHY, 1992; GALLI et al., 2001). Táticas de vida relacionadas ao hábito e estratégia alimentar do hospedeiro, são características que influenciam diretamente a composição da fauna parasitária, sobretudo de endoparasitas. Helmintos parasitas geralmente exibem algum grau de especificidade pelo hospedeiro intermediário, de modo que, a presença destes parasitas no peixe indica, indiretamente, a predação de determinado organismo em particular (WILLIAMS; MacKENZIE; McCARTHY, 1992), ou simplesmente, a presença de ambos no mesmo ambiente, em caso de parasitas que penetram ativamente em seus hospedeiros, como algumas cercárias de digenéticos.

As populações de endoparasitas transmitidos por meio da cadeia alimentar, podem ter sua dinâmica alterada por diversos fatores. Dentre eles, destacam-se as alterações na disponibilidade de alimentos resultante do represamento, principalmente quando estes itens se referem a organismos que agem como hospedeiros intermediários e/ou paratênicos de parasitas de ciclo heteroxeno, tais como outras espécies de peixes (presa) e invertebrados (insetos, moluscos e crustáceos) (DOGIEL, 1961; LAFFERTY, 1997). Sabe-se que a dieta dos peixes também pode ser alterada pelo represamento, de modo que, peixes de populações naturais de rios apresentam dieta mais diversificada que aqueles de lagos e reservatórios, que podem alterar rapidamente seu regime alimentar em função da disponibilidade de alimentos alternativos (TORLONI et al., 1986), alterando, conseqüentemente, as relações daqueles parasitas transmitidos por meio de interações tróficas. Por conseguinte, a alteração do ambiente lótico em lântico resultante da construção da barragem, pode favorecer o desenvolvimento de macrófitas no reservatório, que servem como substrato e abrigo para alguns invertebrados, como moluscos, crustáceos e

hirudíneos, que agem como hospedeiros intermediários de várias espécies de parasitas (MACHADO; PAVANELLI; TAKEMOTO, 1996).

Alguns autores apontam os endoparasitas como a ferramenta mais apropriada para análises de distúrbios ambientais, uma vez que alguns apresentam ciclo biológico complexo (heteroxeno), podendo apresentar hospedeiros intermediários e paratênicos. Sendo assim, a fluabilidade na estrutura populacional das comunidades destes hospedeiros pode representar uma medida indireta destes distúrbios, favorecendo ou suprimindo tais comunidades (CONE; MARCOGLIESE; WATT, 1993). No entanto, outros indicam os ectoparasitas, sobretudo, os monogenéticos, como melhores indicadores, uma vez que estão em contato direto com o ambiente, respondendo mais rapidamente às alterações ambientais (LAFFERTY, 1997; DUSEK; GELNAR; SEBELOVÁ, 1998; SURES, 2001).

Certos parasitas podem, ainda, ser chamados de “sentinelas”, pois possuem a habilidade de concentrar poluentes presentes no ambiente nos quais encontram-se seus respectivos hospedeiros (LAFFERTY, 1997; SURES, 2004). O uso destes organismos para monitoramento ambiental possui vantagens quando comparados com as análises de água e sedimento convencionais, uma vez que apenas as frações dos poluentes que estão biologicamente disponíveis no ambiente são absorvidas e concentradas pelos parasitas, mesmo que a quantidade de poluente seja relativamente pequena (SURES, 2004). Cestoides e acantocéfalos, por exemplo, já foram descritos como bons indicadores da presença de metais pesados, concentrando estas substâncias em ordem de magnitude maior do que nos tecidos de seus hospedeiros ou no ambiente (SURES, 2001; SURES, 2003; SURES, 2004).

Desta forma, a análise de parasitas pode então ser considerada uma ferramenta complementar às tradicionais análises químicas da água e sedimento e aos ensaios biológicos utilizados como indicadores de disfunção do ecossistema, além de representar um importante instrumento de avaliação da biodiversidade, oferecendo informações para uma maior compreensão da biologia do hospedeiro, estrutura da cadeia trófica e da relação parasita-hospedeiro-ambiente (GALLI et al., 2001; MADI; UETA, 2012).

### ***Geração de energia x impactos ambientais: cenário atual sobre Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil***

O Brasil possui situação privilegiada em termos de utilização de fontes renováveis de energia. No país, 43,9% da Oferta Interna de Energia (OIE) é renovável, enquanto a média mundial é de 14% e nos países desenvolvidos, de apenas 6% (BRASIL, 2015a). De acordo com o Banco de Informações de Geração (BIG), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Brasil possui cerca de 4.216 empreendimentos em operação, que correspondem a uma capacidade instalada de 138.253.475 kW (BRASIL, 2015b). Do total de usinas, 468 são Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), 197 são hidrelétricas (UHE), 2.742 são termelétricas (UTE) abastecidas por fontes diversas (gás natural, biomassa, óleo diesel e óleo combustível), duas termonucleares (UTN), 517 centrais geradoras hidrelétricas (CGH), 265 eólicas (EOL) e 25 solares (UFV) (BRASIL, 2015a). Atualmente, estas 468 PCHs em operação, apresentam potência fiscalizada de 4.817.810 kW, representando 3,48% de toda a energia elétrica produzida no Brasil (BRASIL, 2015a), com tendência crescente por meio da instalação de mais 35 PCHs ainda em fase de construção.

As PCHs têm sido consideradas, desde 1998, um dos principais focos de prioridade no fomento à expansão do setor elétrico pelos órgãos públicos (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). De acordo com a resolução nº 652 - 09-12-2003 da ANEEL, será considerado com características de PCH o aproveitamento hidrelétrico com potência superior a 1,0 MW e igual ou inferior a 30,0 MW, destinado a produção independente, autoprodução ou produção independente autônoma, com área do reservatório inferior a 3,0 km<sup>2</sup> (BRASIL, 2003).

O desenvolvimento econômico acentuado no início do século XX, expresso, sobretudo pela instalação de indústrias e crescimento das cidades brasileiras, impôs uma elevada demanda de energia elétrica, com tendência crescente (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). Nesse contexto, as quedas d'água de pequeno e médio porte representaram uma importante opção de geração de energia. As PCHs surgiram como uma alternativa viável, devido ao custo acessível, ao menor prazo de implementação e maturação do investimento, às facilidades oferecidas pela legislação e à disposição das concessionárias de energia elétrica de comprarem o excedente de energia gerada por

autoprodutores, além de disponibilizarem o acesso às suas linhas de transmissão a longa distância (MOREIRA et al., 1996; SÃO PAULO, 2004; BRASIL, 2015a).

Este tipo de hidrelétrica é utilizado principalmente em rios de pequeno e médio porte que possuam desníveis significativos durante seu percurso, gerando potência hidráulica suficiente para movimentar as turbinas (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). O suposto “reduzido impacto ambiental” é um dos principais atrativos e estímulo para a construção deste tipo de usina (SÃO PAULO, 2004). No entanto, do ponto de vista ambiental, uma PCH não está automaticamente associada a impactos ambientais de menor significância ou magnitude. Tal avaliação depende de inúmeros aspectos, dos quais a dimensão das obras é apenas um deles (SÃO PAULO, 2004).

Cerca de 90% das PCHs existentes foram construídas antes da década de 60, quando a principal preocupação era suprir as demandas locais de energia. A maioria destes empreendimentos foram implantados em um período no qual as questões ambientais não constituíam foco de preocupação maior dos empreendedores ou das autoridades públicas (SÃO PAULO, 2004). Desta forma, a maioria não foi submetida ao processo de licenciamento ambiental como exigido atualmente, o que dificulta os estudos referentes aos possíveis impactos causados pela construção destes empreendimentos, bem como a avaliação de medidas mitigadoras, tais como instalação de escadas, reflorestamento e áreas de preservação permanente (APPs) e monitoramento ambiental (ex.: ictiofauna, água, sedimento e assoreamento) (SÃO PAULO, 2004; BRASIL, 2008)

Apesar dos impactos negativos causados ao meio ambiente, a construção de usinas hidrelétricas no Brasil ainda é uma prática comum (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). O principal problema causado pela formação do reservatório resultante da construção de uma barragem é a drástica mudança nas características hídricas do local em um período de tempo relativamente curto (CASTRO; ARCIFA, 1987), transformando ambiente originalmente lótico em lêntico (reservatório) (MAITLAND; MORGAN, 1997). Barragens modificam a intensidade, duração e época das cheias, reduzem os nutrientes disponíveis e as áreas sazonalmente alagáveis, além de interceptar a rota migratória de diversas espécies, com impactos sobre a capacidade biogênica do sistema e disponibilidade de alimento e abrigo para formas jovens de peixes (AGOSTINHO et al., 1992). Ademais,

alteram as características físicas, químicas e biológicas da água, com reflexos diretos na composição da ictiofauna local e sobre as relações interespecíficas, incluindo a competição, predação e também o parasitismo (TORLONI et al., 1986; CASTRO; ARCIFA, 1987).

Os represamentos e construção de usinas hidrelétricas estão entre as principais causas da perda direta da biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, seguidas de destruição de matas ripárias, assoreamento, eutrofização, contaminação por pesticidas agrícolas, dragagem e/ou afogamento das lagoas marginais, poluição, pesca e introdução de espécies (AGOSTINHO; THOMAZ; GOMES, 2005; AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007; CARVALHO, 2009). As bacias do Sul e Sudeste do país, por apresentarem densos aglomerados urbanos e uma zona industrial bem desenvolvida, contêm inúmeros reservatórios, sendo estes, primariamente para fins hidrelétricos. Desta forma, estas regiões encontram-se extremamente impactadas quanto à conservação de seus recursos pesqueiros, transformação da ictiofauna local, bem como a perda da biodiversidade (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007), inclusive sua respectiva fauna de parasitas.

Assim, pesquisas que envolvam o monitoramento dos reservatórios a longo prazo, utilizando ferramentas refinadas, tais como o uso de organismos como bioindicadores, são iniciativas promissoras que podem auxiliar nas decisões e medidas por parte dos órgãos públicos responsáveis pelo licenciamento destes empreendimentos.

#### ***Área de estudo: rio Sapucaí-Mirim (SP/MG)***

A bacia hidrográfica do rio Sapucaí-Mirim/Grande localiza-se no extremo Norte do Estado de São Paulo e compõem a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos 08 (UGRHI 08), de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) no Estado de São Paulo, criado pela Lei nº 7.663 de 1991 (SÃO PAULO, 2015), localizada na bacia do alto Paraná.

É composta por 24 municípios (Miguelópolis, Igarapava, Aramina, Buritizal, Rifaina, Pedregulho, Jequara, Guará, Ituverava, São José da Bela Vista, Restinga, Patrocínio Paulista, Franca, Cristais Paulista, Ribeirão Corrente e Itirapuã que pertencem inteiramente a esta UGRHI e Ipuã, São Joaquim da Barra, Orândia, Nuporanga, Batatais,

Altinópolis, Santo Antônio da Alegria e Guaíra que têm parte de suas áreas também nas UGRHI's 04 e 12), fazendo limite com as UGRHIs do Pardo e Baixo Pardo/Grande, ainda no Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2015).

A bacia possui área de aproximadamente 9.125 km<sup>2</sup> de extensão territorial, sendo definida pela bacia do rio Sapucaí e seus tributários, além de porções de áreas drenadas diretamente para o rio Grande (IPT, 2011), estendendo-se além dos limites do Estado de São Paulo, recebendo também afluentes do Rio Grande que nascem no Estado de Minas Gerais (SÃO PAULO, 2015). Os principais rios que compõem a bacia são: Sapucaí-Mirim, Canoas, Rio do Carmo, Rio Grande e Ribeirão dos Bagres (SÃO PAULO, 2015).

Na região Sudeste, vários rios tem sido alvo de projetos de aproveitamentos hidrelétricos por meio da construção de PCHs, como é o caso do rio Sapucaí-Mirim, no qual atualmente, estão em funcionamento as PCHs: São Joaquim, Dourados, Anhanguera, Retiro e Palmeiras (ALBERTIN; MAUAD, 2008; IPT, 2011). Este rio apresenta características lóticicas com fortes corredeiras e pequenas cachoeiras, tornando-se menos veloz e turbulento próximo à região de Guaíra em função da menor declividade da região (CESÁRIO, 2010). No entanto, a construção de PCHs tem alterado as características hídricas desta região, o que pode refletir em perda/alteração da biodiversidade local, sobretudo em relação à ictiofauna (CESÁRIO, 2010) e, conseqüentemente, de seus parasitas.

Para realização deste trabalho, os peixes foram capturados em oito áreas de amostragem (Figura 1), ao longo de três reservatórios do rio Sapucaí-Mirim, construídas de forma sequencial, em “sistema de cascata” descritos a seguir (SOUZA, 2014 e observação pessoal):

➤ *PCH Palmeiras*

- Montante da barragem (Área 1: 20,0°34,0'22,0"S 47°46,0'57,3"W): O enchimento do reservatório foi realizado recentemente, em junho de 2011. A largura do rio neste trecho varia entre 50 e 100 m, e caracteriza-se como ambiente raso, lótico e com fundo rochoso, marcado por uma sucessão de corredeiras. Há aumento progressivo

da profundidade e, conseqüentemente, redução da velocidade do fluxo da água, em direção à barragem. Reservatório com tempo de retenção hidráulica menor que dois dias. A região de entorno apresenta alguns fragmentos florestais remanescentes de vegetação nativa, inclusos em uma matriz agrícola voltada as plantações de cana-de-açúcar.

- Intermediário (Área 2: 20,0°33,0'57,8"S 47,0°46,0'45,4"W): Trecho muito semelhante ao trecho a montante (área 1) quanto a matriz vegetal do entorno das margens, porém, com redução da velocidade do fluxo da água (ambiente semi-lêntico), e com maior penetração de luz.
- Jusante da barragem (Área 3: 20,0°31,0'51,8"S 47,0°49,0'54,0"W): área de transição semi-lêntica, que se sobrepõem ao remanso da montante do reservatório da PCH Anhanguera. Neste trecho, o rio apresenta largura variando entre 50 e 100 m entre as margens, alternância entre corredeiras e zonas de menor velocidade da água, com fundo predominantemente rochoso e aporte de material em suspensão. Matriz vegetal do entorno semelhante ao observado nas áreas 1 e 2.

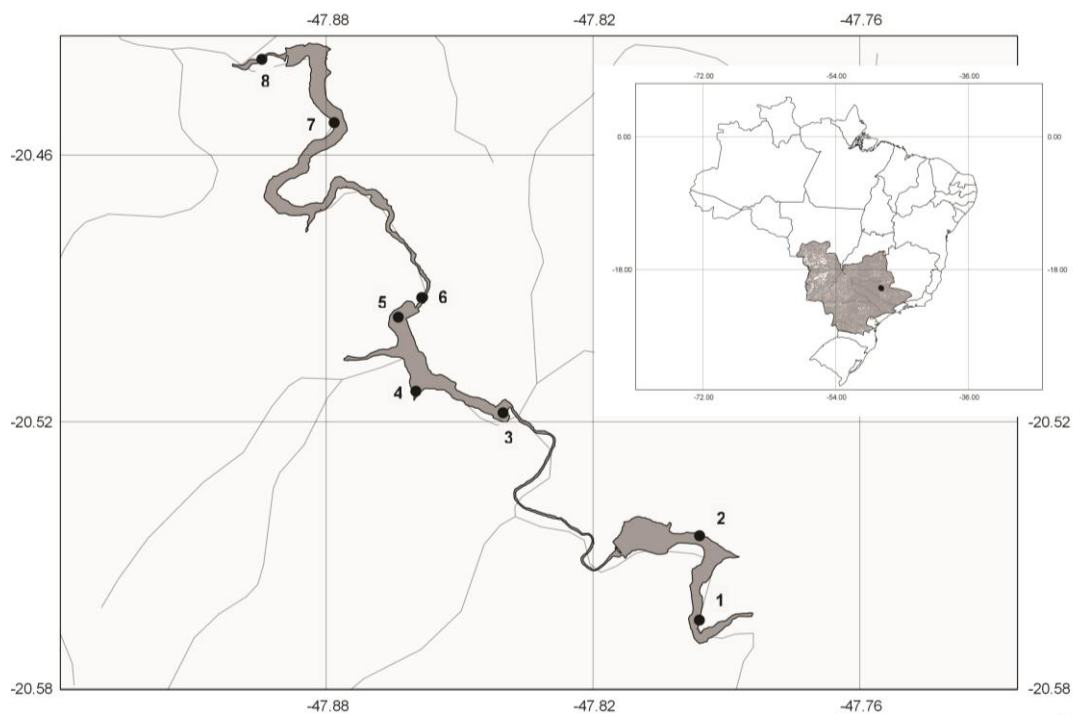
➤ *PCH Anhanguera*

- Intermediário (Área 4: 20,0°30,4'62,0"S 47,0°51,0'24,0"W): ambiente lêntico, situado no centro do reservatório, encoberto por macrófitas aquáticas, principalmente por aguapé (*Eichhornia crassipes*). Reservatório recente, formado no final do ano de 2009, com área de 1,81 Km<sup>2</sup>. Matriz vegetal do entorno formado por área reflorestada, com cerca de 100 m de largura, nas margens direita e esquerda.
- Barragem (Área 5: 20,0°29,0'43,0"S 47,0°51,0'44,0"W): área mais próxima à construção da barragem, com características semelhantes à do ponto intermediário. Ambiente lêntico, com alta penetração de luz, também encoberto por macrófitas aquáticas.
- Jusante (Área 6: 20,0°29,0'26,0"S 47,0°51,0'26,0"W): sobrepõem-se a área a montante da PCH Retiro, com presença de um pedral raso e exposto, com água

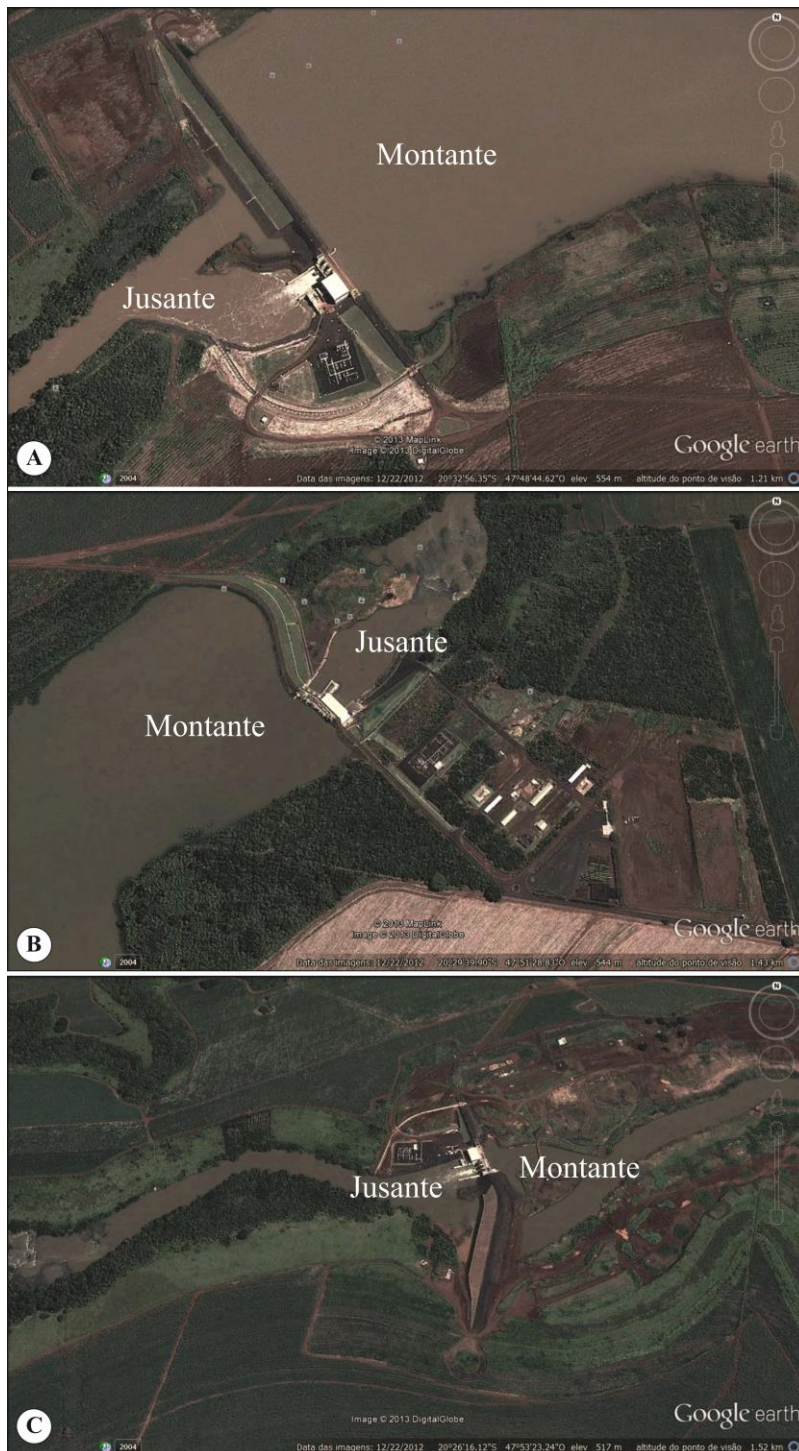
corrente. Esta região sofre oscilação nos níveis de água devido a atividade de operação da PCH Anhanguera. A área sofreu alterações durante o período de amostragem, sobretudo no segundo (2013), quando a usina finalizou as manobras para enchimento do reservatório da PCH Retiro.

➤ *PCH Retiro*

- Intermediário (Área 7: 20,0°26,0'56,0"S 47,0°52,0'46,8"W): ambiente lótico, raso, com fundo rochoso e largura aproximada de 50 m entre as margens. A vegetação nativa havia sido recentemente suprimida para o enchimento do reservatório durante o período de amostragem, apresentando grande quantidade de material em suspensão (sobretudo no ano de 2013). Reservatório com tempo de retenção hidráulica em torno de dois dias. Matriz vegetal do entorno composta, sobretudo, por monocultura e pequenos fragmentos vegetais remanescentes.
- Jusante (Área 8: 20,0°26,0'13,9"S 47,0°53,0'26,4"W): ambiente lótico e mais profundo. Matriz vegetal semelhante a observada na área 7.



**Figura 1.** Áreas de amostragem (1-8) situados entre os reservatórios de três Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) no rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil: PCH Palmeiras (1, 2 e 3), Anhanguera (4, 5 e 6) e Retiro (7 e 8).



**Figura 2 (A-C).** Detalhe das áreas à montante e jusante em relação a barragem de três Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil: (A) PCH Palmeiras; (B) PCH Anhanguera; (C) PCH Retiro (Fonte: Google Earth, 2013).

**Hospedeiros analisados: peixes da família Loricariidae (Siluriformes)**

O Brasil possui aproximadamente 8.400 Km de costa marítima e 5.500.000 ha em reservatórios de águas doces, comportando aproximadamente 12% da água doce disponível no planeta (BRASIL, 2009). A heterogeneidade encontrada nas bacias hidrográficas e rios da América do Sul reflete a rica fauna de peixes do mundo, exibindo uma grande diversidade morfológica e fisiológica de atributos ecológicos e reprodutivos (LOWE-MCCONNELL, 1999).

Atualmente são conhecidas aproximadamente 28.000 espécies de peixes, das quais, 13.000 são dulcícolas, sendo a maior parte desta riqueza encontrada em águas tropicais, particularmente nas águas doces neotropicais (LOWE-MCCONNELL, 1999; REIS; KULLANDER; FERRARIS-Jr, 2003; NELSON, 2006). Neste contexto, o Brasil se destaca no cenário mundial, abrigando a mais rica fauna de peixes de água doce, com aproximadamente 2.587 espécies, havendo ainda muitas desconhecidas (BUCKUP; MENEZES; GHAZZI, 2007).

Peixes pertencentes as ordens Characiformes e Siluriformes são os principais constituintes da ictiofauna do rio Sapucaí-Mirim, assim como observado na maioria dos rios brasileiros (CESÁRIO, 2010; SOUZA, 2014). A ordem Siluriformes é composta por peixes amplamente distribuídos, conhecidos popularmente como bagres (“*catfishes*”). É formada por 35 famílias, 446 gêneros, 2.867 espécies, das quais 2.740 são de água doce (NELSON, 2006). Nesta ordem, a família Loricariidae é uma das mais diversas em número de gênero e espécies na região Neotropical, sendo composta por sete subfamílias (Delturinae, Hypoptopomatinae, Hypostominae, Lithogeninae, Loricariinae, Neoplecostominae e Otothyriinae) de peixes conhecidos popularmente como “cascudos” (CHIACHIO; OLIVEIRA; MONTOYA-BURGOS, 2008). O gênero *Hypostomus* é um dos mais diversificados e complexos grupos de loricarídeos sul-americanos, sendo constituído por cerca de 130 espécies nominais e uma estimativa de aproximadamente um terço deste total ainda a ser descrito (ZAWADZKI; WEBER; PAVANELLI, 2008). A bacia do rio Paraná abriga mais de 30 espécies deste gênero, das quais a maioria foram descritas recentemente, no início do século XX (MARTINS; LANGEANI; ZAWADZKI, 2014).

A maioria das espécies de Loricariidae apresenta ampla distribuição na América Central e do Sul. São demersais e costumam habitar ambientes lóticos, tais como corredeiras, mas podem estar presentes em diferentes habitats aquáticos, em bancos de areia ou rios rochosos, com água turbida ou cristalina (RUBERT et al., 2011). Apresentam hábito alimentar detritívoro/iliófago, alimentando-se de algas, perifíton e microrganismos presentes no substrato. Ocorre dimorfismo sexual, porém, com características pouco desenvolvidas na maioria das espécies (WEBER, 2003). O conhecimento limitado sobre os aspectos biológicos, padrões de distribuição e biogeográficos de Loricariidae, bem como descrições incompletas e recentes de novas espécies, elevada variabilidade intraespecífica quanto à morfologia e padrão de coloração destes peixes, são fatores que dificultam estudos sobre a riqueza deste grupo (REIS; WEBER; MALABARBA, 1990; WEBER, 2003).

Estudos ecológicos que visem reunir informações sobre os aspectos biológicos (ex.: reprodução, hábito alimentar e parasitismo) e comportamentais (ex.: estratégia alimentar, hábitat, cuidado parental e territorialismo) deste grupo são de extrema importância, a fim de complementar os trabalhos de taxonomia, sistemática e genética molecular, minimizando erros e conferindo maior credibilidade às identificações e descrições das espécies, além de ampliar o conhecimento sobre este importante grupo.

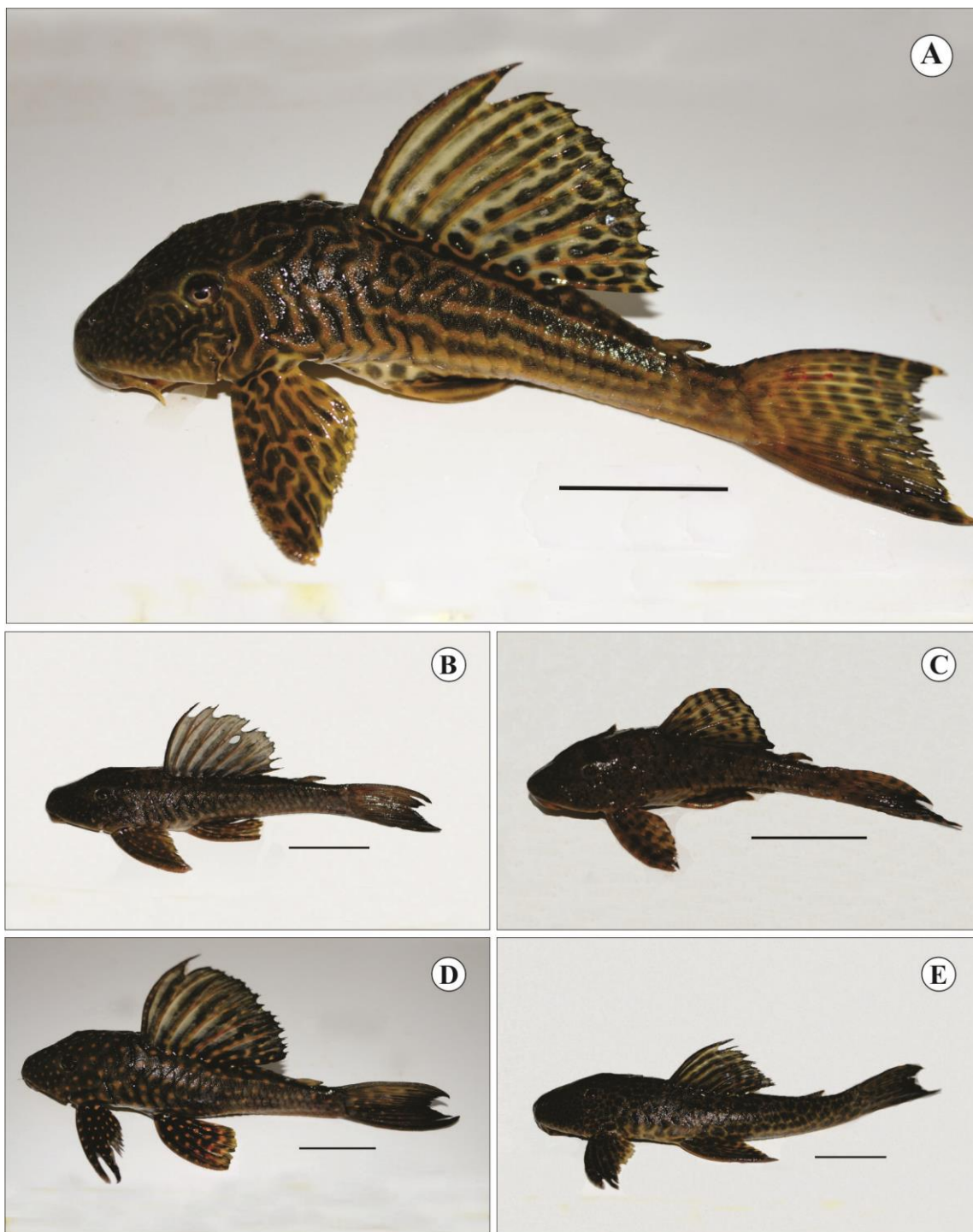
Para a realização deste estudo, foram coletados e analisados 334 peixes da família Loricariidae, sendo 9 espécies do gênero *Hypostomus* (Subfamília Hypostominae): *H. margaritifer* (n=23), *H. heraldoi* (n=10), *H. strigaticeps* (n=50), *H. regani* (n=50), *H. ancistroides* (n=50), *H. cf. margaritifer* (n=18), *H. topavae* (n=10), *H. aff. topavae* (n=50), além de uma nova espécie do gênero *Hypostomus* (n=23) e uma do gênero *Loricaria* (Subfamília Loricariinae): *Loricaria prolixa* (n=50) (Figuras 3 e 4 – A a E).

Dados morfométricos (peso e comprimento padrão e total) dos hospedeiros coletados, encontram-se na Tabela 1.

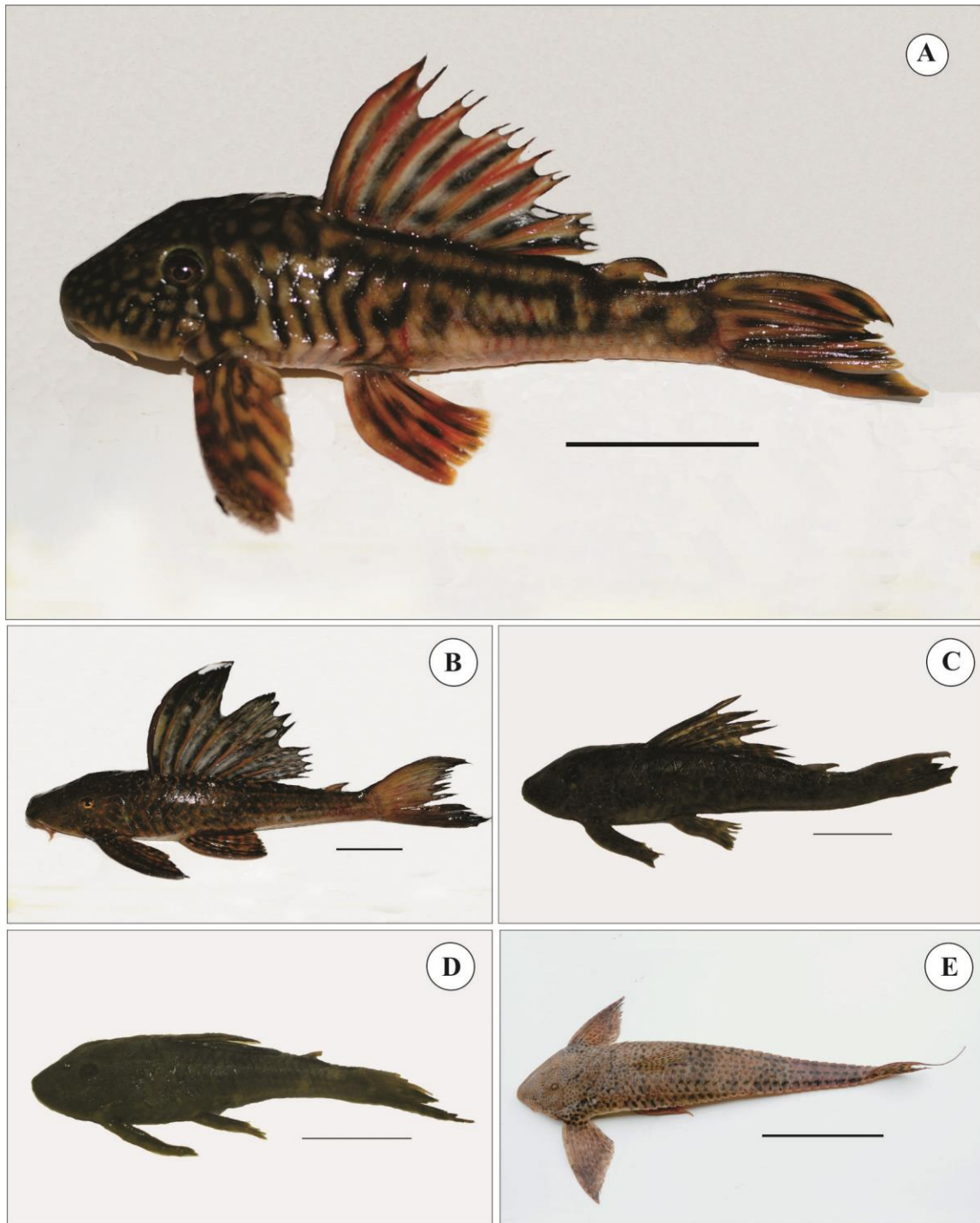
**Tabela 1:** Peso (g), comprimento padrão (cm) e comprimento total (cm) de peixes da família Loricariidae coletados durante os anos de 2012 e 2013 em áreas sob a influência da construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim, próximo aos municípios de Guará e São Joaquim da Barra, Estado de São Paulo, Brasil. Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão (mínimo – máximo).

Hospedeiros	Peso	Comprimento Padrão	Comprimento Total
<i>Hypostomus ancistroides</i>			
(n=50)	37,8 $\pm$ 15,9 (10,3-75,8)	12,0 $\pm$ 1,8 (8,0-15,5)	15,3 $\pm$ 2,3 (10,3-19,7)
<i>Hypostomus heraldoi</i>			
(n=10)	93,1 $\pm$ 22,9 (71,7-148,9)	16,7 $\pm$ 1,4 (14,6-19,5)	20,8 $\pm$ 1,72 (19,0-24,5)
<i>Hypostomus cf. margaritifer</i>			
(n=18)	179,4 $\pm$ 59,9 (82,2-365,7)	18,6 $\pm$ 2,0 (15,0-23,0)	23,3 $\pm$ 2,5 (18,0-28,5)
<i>Hypostomus margaritifer</i>			
(n=23)	397,1 $\pm$ 303,2 (92,6-118,3)	23,0 $\pm$ 5,3 (15,0-32,0)	29,5 $\pm$ 6,6 (20,0-40,0)
<i>Hypostomus regani</i>			
(n=50)	127,8 $\pm$ 98,2 (12,1-492,8)	17,0 $\pm$ 3,9 (9,8-24,0)	21,9 $\pm$ 4,8 (10,7-31,0)
<i>Hypostomus strigaticeps</i>			
(n=50)	127,2 $\pm$ 38,3 (27,5-210,3)	17,5 $\pm$ 1,9 (11,8-21,0)	21,9 $\pm$ 2,4 (14,1-27,0)
<i>Hypostomus aff. topavae</i>			
(n=50)	37,2 $\pm$ 25,3 (7,3-171,5)	11,4 $\pm$ 2,3 (7,2-19,5)	14,6 $\pm$ 2,6 (10,0-24,0)
<i>Hypostomus topavae</i>			
(n=10)	32,3 $\pm$ 26,4 (8,5-102,6)	10,7 $\pm$ 2,2 (7,3-15,8)	13,5 $\pm$ 2,7 (9,0-19,4)
<i>Hypostomus sp.*</i>			
(n=23)	104,1 $\pm$ 33,2 (40,0-184,8)	15,7 $\pm$ 1,7 (11,8-19,0)	20,1 $\pm$ 1,8 (16,6-24,0)
<i>Loricaria prolixa</i>			
(n=50)	258,3 $\pm$ 118,4 (5,6-517,0)	32,7 $\pm$ 5,9 (10,5-44,0)	36,3 $\pm$ 6,5 (11,5-48,0)

\*Nova espécie do gênero *Hypostomus*, ainda em fase de descrição taxonômica



**Figura 3 (A-E).** Peixes da família Loricariidae coletados durante os anos de 2012 e 2013, em áreas sob a influência da construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil: (A) *Hypostomus* cf. *margaritifera*; (B) *Hypostomus strigaticeps*; (C) *Hypostomus ancistroides*; (D) *Hypostomus margaritifera*; (E) *Hypostomus heraldoi*. (Escala: 4 cm).



**Figura 4 (A-E).** Peixes da família Loricariidae coletados durante os anos de 2012 e 2013, em áreas sob a influência da construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil: (A) Nova espécie do gênero *Hypostomus*; (B) *Hypostomus regani*; (C) *Hypostomus* aff. *topavae*; (D) *Hypostomus topavae*; (E) *Loricaria prolixa*. (Escala: 4 cm).

## Chave provisória para identificação de peixes do gênero *Hypostomus* procedentes do rio Sapucaí-Mirim, São Paulo, Brasil<sup>1</sup>

1. Espinho da nadadeira peitoral igual ou mais curto que o espinho da nadadeira pélvica.....2
- 1'. Espinho da nadadeira peitoral evidentemente maior que o da nadadeira pélvica.....3
2. Corpo e nadadeiras com pintas claras ..... *H. albopunctatus*
- 2'. Corpo e nadadeiras com pintas escuras .....*H. heraldoi*
3. Nadadeira caudal com faixas longitudinais..... *Hypostomus* n. sp.
- 3'. Nadadeira caudal com pintas ou bandas transversais.....4
4. Corpo com quilhas na região pré-dorsal e nas placas laterais do corpo; pintas diminutas no pteróptico-supracleitro..... *H. ancistroides*
- 4'. Corpo sem quilhas nas regiões pré-dorsal e placas laterais.....5
5. Cada hemi-série do pré-maxilar e dentária com menos de 40 dentes; dentes robustos; ângulo entre os dentários de aproximadamente 90°.....6
- 5'. Cada hemi-série do pré-maxilar e dentária com mais de 40 dentes; dentes delgados à moderados; ângulo entre os dentários maior que 90°.....7
6. Pintas claras definidas pelo corpo e nadadeiras mais escuras, principalmente em vista dorsal)..... *H. margaritifer*
7. Pintas claras arredondadas sobre corpo e nadadeiras escuras.....8
- 7'. Pintas ou vermiculações escuras sobre corpo e nadadeiras mais claras.....9
8. Corpo comprimido e afilado; nadadeira dorsal longa, geralmente alcançando (ou quase) a base da nadadeira adiposa; pintas claras sobre o corpo e nadadeiras; ramos mandibular estreito; olho mais lateral que dorsal.....*H. regani*
- 8'. Corpo moderadamente deprimido, achatado; olho mais dorsal que lateral; largura do ramo mandibular mais largo..... *H. strigaticeps*

<sup>1</sup>Chave desenvolvida sob orientação e colaboração do Professor Dr. Cláudio Henrique Zawadzki, da Universidade Estadual de Maringá, UEM, Estado do Paraná, Brasil, taxonomista e sistemata, especialista em peixes da família Loricariidae.

- 
9. Corpo comprimido; olhos laterais; faixa preta oblíqua abaixo dos olhos; sem odontódeos hipertrofiados na nadadeira peitoral .....10
- 9'. Corpo deprimido; olhos mais dorsais que laterais; sem faixa preta oblíqua evidente abaixo dos olhos; adultos com odontódeos hipertrofiados na nadadeira peitoral.....11
10. Olho grande..... *H. aff. topavae*
- 10'. Olhos pequenos..... *H. topavae*
11. Vermiculações finas sobre a cabeça; máculas escuras inconspícuas no corpo todo; região anterior do abdômen totalmente coberta por placas..... *H. sp. 3 "grupo fluviatilis"*
- 11'. Máculas escuras definidas ou de formato irregular sobre o corpo e nadadeiras; abdômen com placas apenas lateralmente.....12
12. (Espécie de tamanho pequeno); olho pequeno; nadadeira dorsal e caudal bem curta (comprimento do raio inferior caudal menor que o comprimento da cabeça); raio da nadadeira peitoral mais curto e com mais odontódeos, curvado e claviforme distalmente.....*H. nigromaculatus*
- 12' (Espécie de tamanho médio); olho grande; nadadeira dorsal e caudal de tamanho mediano (comprimento do raio inferior da nadadeira caudal igual ou maior que o comprimento da cabeça); raio da nadadeira peitoral pouco curvado e não claviforme..... *H. paulinus*

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AGOSTINHO, A.A. Manejo de recursos pesqueiros em reservatórios. In: AGOSTINHO, A.A.; BENEDITO-CECÍLIO, E. **Situação atual e perspectivas da ictiologia no Brasil**. Maringá: EDUEM,1992. p.106-121.
- AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S.M.; GOMES, L.C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**. Paraná, v.1, n.1, p. 70-78, 2005.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F.M. 2007. **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.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 3.ed. 2008. 236p.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em Julho de 2015b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Coordenação de Controle de Resíduos e Contaminantes**. Brasília: Mapa ACS, 2009. 24p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Programa de incentivo as fontes alternativas de energia elétrica (PROINFO): Energias Renováveis**. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/menu/programa/Energias\\_Renovaveis.htm](http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/menu/programa/Energias_Renovaveis.htm). Acesso em: Jul. 2015a.
- BUCKUP, P.A; MENEZES, N.A; GHAZZI, M.S (Ed.). **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007.
- CASTRO, R.M.C.; ARCIFA, M.S. Comunidades de peixes de reservatórios no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 47, p.493-500, 1987.
- CARVALHO, E.D. Ações antrópicas e a biodiversidade de peixes: status da represa de Jurumirim (Alto Rio Paranapanema). 2009. 156f. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.

- 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. 72f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos- UFSCar, São Carlos, Brasil.
- CHIACHIO, M.C.; OLIVEIRA, C.; MONTOYA-BURGOS, J.I. Molecular systematic and historical biogeography of the armored Neotropical catfishes Hypoptopomatinae and Neoplecostominae (Siluriformes: Loricariidae). **Molecular Phygenetics and Evolution**, v.49, p. 606-617, 2008.
- CONE, D. K., MARCOGLIESE, D. J.; WATT, W. D. Metazoan parasite communities of yellow eels (*Anguilla rostrata*) in acid and limed rivers of Nova Scotia. **Canadian Journal of Zoology**, v. 71, p. 177–184, 1993.
- DOGIEL, V. A. Ecology of the parasites of freshwater fishes. In: DOGIEL, V.A.; PETRUSHEVSKI, G.K.; POLYANSKI, Y.I. (Eds). **Parasitology of fishes**. Leningrad: University Press. p. 1-47. 1961.
- DUSEK, L.; GELNAR, M.; SEBELOVÁ, S. Biodiversity of parasites in a freshwater environment with respect to pollution metazoan parasites of chub (*Leuciscus cephalus* L.) as a model for statistical evaluation. **International Journal for Parasitology**, v. 28, p.1555-1571, 1998
- 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
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Relatório n. 40.672. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande**. 2011. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-SMG/238/relsmgseg.pdf>> Acesso em: nov. 2011.
- LAFFERTY, K.D. Environmental parasitology: what can parasites tell us about human impacts on the environment? **Parasitology Today**, v.13, p. 251–255, 1997.
- LAFFERTY, K.D.; KURIS, A.M. How environmental stress affects the impacts of parasites. **Limnological Oceanographic**, v. 44, n.3, 925–931, 1999.

- LOWE-MCCONNELL, R.H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo: Edusp, 1999. 536p.
- MACHADO, M.H.; PAVANELLI, G.C.; TAKEMOTO, R.M. Structure and diversity of endoparasitic infracommunities and the trophic level of *Pseudoplatystoma corruscans* and *Schizodon borelli* (Osteichthyes) of the High Paraná River. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 91, n.4, p. 441-448, 1996.
- MADI, R. R., M. T. UETA. Parasitas de peixes como indicadores ambientais. In: SILVA-SOUZA, A.T.; M. A. P.; LIZAMA, M.A.P.; TAKEMOTO, R.M. (Eds.). **Patologia e Sanidade de Organismos Aquáticos**. Maringá: Massoni, 2012. p 33-58.
- MAITLAND, P.S.; MORGAN, N.C. Human impacts. In: MAITLAND, P.S.; MORGAN, N.C. (Eds). **Conservation management of freshwater habitats: lakes, rivers and wetlands**. Kluwer Acad. Publishers, Boston, 1997. p. 45-85.
- MARCOGLIESE, D.J; CONE, D.K. Parasite communities as indicators of ecosystem stress. **Parasitologia**, v.39, p.227-232, 1997.
- MARTINS, F.O.; LANGEANI, F.; ZAWADZKI, C.H. A new spiny species of *Hypostomus* Lacépède (Loricariidae: Hypostominae) from thermal waters, upper rio Paraná basin, central Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.12, n. 4; p. 729-736, 2014
- MOREIRA, M. A.; PINAUD, R. Z.; BARRETO, A.C.; FREITAS, M. A. V. **Pequenas Centrais Hidrelétricas - Alguns Tipos de Instalações, Sistemas e Componentes**. São Paulo: CD ROM - Estado das Energias Renováveis no Brasil - ANEEL/MCT, 1996.
- NELSON, J. S. **Fishes of the world**. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 2006. 601p.
- POULIN, R.; MORAND, S. **Parasite Biodiversity**. Smithsonian Books: Washington, DC, 2004. 216p.
- REIS, R.E.; KULLANDER, S.O.; FERRARIS-Jr., C.J. (Orgs.). **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 343-377.
- REIS, R. E.; WEBER, C.; MALABARBA, L.R. Review of the genus *Hypostomus* Lacépède, 1803 from southern Brazil, with descriptions of three new species (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). **Revue Suisse de Zoologie**, v. 97, p. 729-766, 1990.

- RUBERT, M.; DA ROSA, R.; JEREP, F.C.; BERTOLLO, L. A.C.; GIULIANO-CAETANO, L. Cytogenetic characterization of four species of the genus *Hypostomus* Lacépède, 1803 (Siluriformes, Loricariidae) with comments on its chromosomal diversity. **Comparative Cytogenetics**, v.5, p. 397–410, 2011.
- SÃO PAULO. Comissão de Serviços Públicos de Energia Elétrica. **Pequenas Centrais Hidrelétricas no Estado de São Paulo**. 2.ed., São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2004.
- SÃO PAULO. Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. **Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Sapucaí Mirim/Grande**. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhsmsg/apresentacao>. Acesso em: Jul., 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, conseqüências 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. 82f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 2014.
- SURES, B. Accumulation of heavy metals by intestinal helminths in fish: an overview and perspective. **Parasitology**, v.126, p. 53-60, 2003.
- SURES, B. Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution. **Trends in Parasitology**, v.20, p. 170-177, 2004
- SURES, B. The use of fish parasites as bioindicators of heavy metals in aquatic ecosystems: a review. **Aquatic Ecology**, v.35, p. 245–255, 2001.
- TORLONI, C.E.C.; GUIMARÃES Jr., C.; MOREIRA, J.A.; CRUZ, J.A.; GIRARDI, L.; ROSCH, S.M. Conservação dos recursos aquáticos nos reservatórios da CESP. In: CESP (Ed.). **Políticas de Conservação dos Recursos Aquáticos em Grandes Reservatórios**. São Paulo: CESP. 1986. p. 37-48.

- ZAWADZKI, C.H.; WEBER, C.; PAVANELLI, C.S. Two new species of *Hypostomus* Lacépède (Teleostei: Loricariidae) from the upper rio Paraná basin, Central Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, p. 403-412, 2008.
- WEBER, C. Subfamily Hypostominae (Armored catfishes). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. (Eds.). **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**. Porto Alegre, Edipucrs, 2003. p. 351-372.
- WILLIAMS, H.H.; MacKENZIE, K.; McCARTHY, A.M. Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.2, p.144-176, 1992.

*Considerações finais*

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como exposto, o rio Sapucaí-Mirim, por apresentar fortes corredeiras e pequenas cachoeiras tem sido alvo da construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Do ponto de vista ambiental, pouco ainda se conhece sobre os possíveis impactos que este tipo de empreendimento pode causar, uma vez que, a maioria dos que estão em operação não foram submetidos ao processo de licenciamento ambiental, tampouco por qualquer tipo de monitoramento ambiental, como exigido atualmente (SÃO PAULO, 2004).

Mudanças nas características hídricas deste rio como resultado da construção destes empreendimentos, tem ameaçado a diversidade de peixes local, sobretudo de peixes da família Loricariidae, e, conseqüentemente, de seus parasitas. Peixes desta família são foco de poucos estudos, principalmente devido a sua complexidade morfológica e sistemática, e por isso, informações sobre seus aspectos biológicos, distribuição geográfica e parasitismo são escassos.

O presente trabalho foi desenvolvido paralelamente às atividades de monitoramento ambiental exigidos para licença ambiental de instalação das PCHs avaliadas. Durante as coletas, foram registradas ao menos duas novas espécies de peixes do gênero *Hypostomus* (uma delas apresentada no presente estudo, ambas em fase de descrição taxonômica e molecular), além de novas espécies de parasitas monogenéticos, sendo sete novas espécies apresentadas neste estudo (uma delas descrita no Artigo 3), e outras doze, parasitas de Characiformes e Siluriformes apresentada em outra tese, em fase de finalização (ZAGO, 2016). Desta forma, fica evidente a necessidade de estudos mais específicos nestes ambientes artificiais, que envolvam levantamento da diversidade e monitoramento das comunidades, principalmente, dos grupos mais ameaçados pelas alterações, como peixes e seus respectivos parasitas.

No presente estudo, o fator ecológico que mais contribuiu para a variação da estrutura espacial das infracomunidades de parasitas de loricarídeos foi a distribuição destes hospedeiros nos reservatórios avaliados. Enquanto que, a fatores intrínsecos dos hospedeiros como a proximidade filogenética, influenciou, sobretudo, a composição das comunidades. Este último fator foi representado principalmente, pelo claro compartilhamento de espécies de parasitas entre os hospedeiros (principalmente, entre

espécies de *Hypostomus*), indicando possível sobreposição de nicho e semelhanças quanto a suscetibilidade de infecção, e pela ocorrência de parasitas com especificidade pelo hospedeiro, como alguns monogenéticos. Observou-se ainda, a influência da complexidade estrutural da área de amostragem dos hospedeiros como fator determinante para a ocorrência de parasitas de ciclo heteroxeno (digenéticos). Este fato enfatiza a importância de medidas mitigadoras, tais como, a manutenção de mata ciliar e o reflorestamento nas margens dos reservatórios.

Assim, a análise de parasitas pode então ser considerada um importante instrumento de avaliação da biodiversidade, oferecendo informações para maior compreensão da biologia do hospedeiro bem como da relação parasita-hospedeiro-ambiente (GALLI et al., 2001; MADI; UETA, 2012). Pesquisas que envolvam o monitoramento dos reservatórios a longo prazo, utilizando ferramentas refinadas, como o uso de organismos como bioindicadores, são iniciativas promissoras que podem auxiliar nas decisões e medidas por parte dos órgãos públicos responsáveis pelo licenciamento destes empreendimentos, bem como estudos de conservação. No entanto, estes trabalhos devem ser conduzidos por profissionais especializados, incluindo taxonomistas, ecólogos e sistematas, com intuito de reduzir-se os erros durante as análises, identificação e amostragem, garantindo maior credibilidade aos resultados observados.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 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
- MADI, R. R., M. T. UETA. Parasitas de peixes como indicadores ambientais. In: SILVA-SOUZA, A.T.; M. A. P.; LIZAMA, M.A.P.; TAKEMOTO, R.M. (Eds.). **Patologia e Sanidade de Organismos Aquáticos**. Maringá: Massoni, 2012. p 33-58.
- SÃO PAULO. Comissão de Serviços Públicos de Energia Elétrica. **Pequenas Centrais Hidrelétricas no Estado de São Paulo**. 2.ed., São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2004.
- ZAGO, A.C. **Biodiversidade de parasitas de peixes provenientes do rio Sapucaí-Mirim, Estado de São Paulo, Brasil**. [s.f.] Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 2016.