

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ISABELA SALES QUAGLIATO

**DIVERSIDADE DE HELMINTOS PARASITAS DAS ESPÉCIES *SERRASALMUS*
MACULATUS KNER, 1858 E *SERRASALMUS MARGINATUS* VALENCIENNES, 1837
DO REFÚGIO BIOLÓGICO DE SANTA HELENA, PR, BRASIL**

SANTA HELENA

2022

ISABELA SALES QUAGLIATO

**DIVERSIDADE DE HELMINTOS PARASITAS DAS ESPÉCIES *SERRASALMUS*
MACULATUS KNER, 1858 E *SERRASALMUS MARGINATUS* VALENCIENNES, 1837
DO REFÚGIO BIOLÓGICO DE SANTA HELENA, PR, BRASIL**

Diversity of parasitic helminths of the *Serrasalmus maculatus* Kner, 1858 and *Serrasalmus marginatus* Valenciennes, 1837 species from the Santa Helena Biological Refuge, PR, Brazil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais e Sustentabilidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Santa Helena.

Orientador: Prof. Dr. Heleno Brandão

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Massato Takemoto

SANTA HELENA

2022



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ISABELA SALES QUAGLIATO

**DIVERSIDADE DE HELMINTOS PARASITAS DAS ESPÉCIES *SERRASALMUS*
MACULATUS KNER, 1858 E *SERRASALMUS MARGINATUS* VALENCIENNES, 1837
DO REFÚGIO BIOLÓGICO DE SANTA HELENA, PR, BRASIL**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais e Sustentabilidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Recursos Naturais e Sustentabilidade.

Data de aprovação: 24 de fevereiro de 2022

Prof. Heleno Brandão, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Fabio Hideki Yamada, Doutorado - Universidade Regional do Cariri (Urca)
Prof. Rubens Riscalá Madi, Doutorado Universidade Tiradentes (Unit)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 28/02/2022.

SANTA HELENA

2022

À minha mãe, por sempre acreditar em mim e por ter abdicado de sua vida em prol das realizações e da felicidade de seus filhos. Aos meus avós que desde os meus primeiros passos deram todo suporte e apoio às minhas escolhas. Ao meu amado tio (em memória) por me ensinar a amar qualquer forma de vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nessa vida.

Ao Prof. Heleno, pela oportunidade, orientação, competência, profissionalismo e dedicação. Obrigado por confiar em mim nessa caminhada. Você sempre achou que seria possível e que eu seria capaz, obrigada por me lembrar sempre disso. Tenho certeza que não chegaria aqui sem o seu apoio.

Ao Prof. Ricardo Takemoto, por aceitar coorientar esse trabalho e contribuir de forma significativa em minha caminhada.

Aos membros da banca examinadora, que tão gentilmente aceitaram o convite de colaborar com esta dissertação.

À minha família, por apoiarem e compreenderem a minha escolha de caminhar tão longe de casa em prol de um futuro melhor.

Ao Grupo GEIN, pela parceria nas coletas e no laboratório, pelos longos finais de semana abrindo peixes, sem vocês esse trabalho não seria o mesmo!

Ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais e Sustentabilidade, pela oportunidade de passar por experiência única que é o mestrado.

À UTFPR Campus Santa Helena, são sete anos vivendo nessa instituição maravilhosa, que sempre terá um pedaço especial em meu coração. Às técnicas de laboratório, por sempre ajudar quando necessário.

À CAPES e ao CNPq, pelo apoio financeiro durante toda realização do Mestrado.

O sucesso é a soma de pequenos esforços
repetidos dia após dia.” - Robert Collier

RESUMO

O conhecimento taxonômico da diversidade de parasitas é de grande relevância para qualquer estudo de ordem ecológico e evolutivo, pois o parasitismo desempenha um papel importante nos ecossistemas, regulando a abundância ou densidade das populações hospedeiras, estabelecendo cadeias alimentares e estruturando comunidades animais. Ao longo dos anos, vários autores avançaram nas pesquisas e nas estimativas da biodiversidade parasitária, pois sabe-se que os parasitas são responsáveis por um terço das espécies de organismos no planeta Terra. Os serrasalmídeos, são predadores vorazes, conhecidos popularmente como piranhas. Com a formação do reservatório de Itaipu e a conseqüente remoção da barreira geográfica constituída pelo Salto de Sete Quedas (Guaíra - PR), ocorreu a ascensão de *Serrasalmus marginatus* Valenciennes, 1837, ao qual, com o tempo, dominou a congênica *Serrasalmus maculatus* Kner, 1858. O objetivo deste trabalho foi ampliar e comparar o conhecimento parasitológico das espécies supracitadas coletadas no entorno Refúgio Biológico de Santa Helena-PR e no baixo Rio São Francisco Falso, braço Sul, considerado neste estudo, como área de influência da Unidade de Conservação. As coletas dos peixes foram com redes de espera, trimestralmente, no período de 2018 a 2019. Foi possível registrar dez táxons de parasitas, no qual, *Spinixiuris* e *Raphidascaris* são novos registros para as espécies hospedeiras. Os resultados demonstraram que as espécies de parasita mais abundantes em ambos os hospedeiros e áreas de amostragem foram: *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Digenea, Diplostomidae), *Rhinoxenus* sp. (Monogenea) e *Spinixiuris* sp. (Nematoda). Esse estudo amplia o conhecimento parasitológico e contribui com informações parasitológicas da região Neotropical e Oeste do Paraná.

Palavras-chave: ictioparasitologia; Serrasalmídeos; unidade de conservação; helmintos.

ABSTRACT

The taxonomic knowledge of the diversity of parasites is of great relevance for any study of ecological and evolutionary order, as parasitism plays an important role in ecosystems, regulating the abundance or density of host populations, establishing food chains and structuring animal communities. Over the years, several authors have advanced in research and in estimates of parasitic biodiversity, as it is known that parasites are responsible for one third of the species of organisms on planet Earth. Serrasalmsids are voracious predators, popularly known as piranhas. With the formation of the Itaipu reservoir and the consequent removal of the geographic barrier constituted by the Salto de Sete Quedas (Guaíra - PR), the ascension of *Serrasalmus marginatus* Valenciennes, 1837 occurred, which, over time, dominated the congeneric *Serrasalmus maculatus* Kner, 1858. The objective of this work was to expand and compare the parasitological knowledge of the aforementioned species collected in the surroundings of the Santa Helena Biological Refuge-PR and in the lower São Francisco Falso River, southern arm, considered in this study as an area of influence of the Conservation Unit. Fish were collected with gill nets, quarterly, from 2018 to 2019. It was possible to record ten taxa of parasites, in which *Spinoxiurys* and *Raphidascaris* are new records for the host species. The results showed that the most abundant parasite species in both hosts and sampling areas were: *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Digenea, Diplostomidae), *Rhinoxenus* sp. (Monogenea) and *Spinoxyuris* sp. (Nematoda). This study expands the parasitological knowledge and contributes with parasitological information from the neotropical and Western Paraná region.

Keywords: ichthyoparasitology; Serrasalmsids; conservation unit; helminths.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa mostrando a distribuição dos pontos de amostragem na zona de amortecimento (entorno) do Refúgio Biológico de Santa Helena (RB1, RB2 E RB3) e ao longo do percurso do rio São Francisco Falso (RSFF1, RSFF2, RSFF3, RSFF4). Fonte: (QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.org ”; Google Earth website. http://earth.google.com/ , 2020), Heleno Brandão (2022)	8
Figura 2 - Espécime de <i>Serrasalmus maculatus</i> coletado no RBSH <i>fora de escala</i> Fonte: Elaborada pela autora (2022).....	9
Figura 3 - Espécime de <i>Serrasalmus marginatus</i> coletado no RBSH <i>fora de escala</i> Fonte: Elaborada pela autora (2022).....	9
Figura 5 - A) <i>Rhinoxenus</i> sp. (100 µm) B) Haptor (50 µm) C) Prohaptor, Complexo Copulatório e Ocelos (50 µm). Elaborada pela autora (2022).....	15
Figura 6 - A) <i>Anacanthorus</i> sp. (100 µm) B) Complexo copulatório masculino (50 µm) C) Haptor (50 µm). Elaborada pela autora (2022).....	16
Figura 7 - A) <i>Kritskyia</i> sp. (200 µm) B) Haptor (50 µm) C) Complexo copulatório masculino (50 µm). Elaborada pela autora (2022).....	17
Figura 8 - A) <i>Heterothecium</i> sp. (200 µm) de <i>Serrasalmus maculatus</i> B) Haptor (100 µm) C) Complexo copulatório masculino (50 µm) Elaborada pela autora (2022).....	18
Figura 9 - A) Metacercária de <i>A. compactum</i> B) VO: Ventosa oral; PV: Pseudoventosas, F: Faringe C) OT: Órgão Tribocítico. Elaborada pela autora (2022).....	19
Figura 10 - <i>Raphidascaris</i> sp. A) Cauda B) Boca. Elaborada pela autora (2022).	20
Figura 11 - <i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i> de <i>Serrasalmus maculatus</i> A) Fêmea vivípara B) Cápsula bucal globulosa esclerotizada. Elaborada pela autora (2022).	21
Figura 12 - <i>Spinoxyuris</i> sp. de <i>Serrasalmus maculatus</i> A) Faringe, esôfago e bulbo B) Ovos. Elaborada pela autora (2022).....	22
Figura 14 - A) <i>Rhinoxenus</i> sp. (100 µm) B) Haptor (50 µm) C) Complexo copulatório masculino (50 µm). Elaborada pela autora (2022).	24
Figura 15 - A) <i>Anacanthorus</i> sp. B) Haptor C) Complexo copulatório masculino. Elaborada pela autora (2022).	25
Figura 16 - A) <i>Heterothecium</i> sp. B) Haptor C) Complexo copulatório masculino. Elaborada pela autora (2022).	26
Figura 17 - A) Metacercária de <i>Austrodiplostimum compactum</i> , OT: Órgão tribocítico B) VO: Ventosa oral; PV: Pseudoventosas, F: Faringe C) Ventosa oral e Faringe (aumento 100x). Elaborada pela autora (2022).....	27
Figura 18 - Digenea sp.1. Elaborada pela autora (2022).	28
Figura 19 - Digenea sp.2 A) Corpo inteiro B) Ovos. Elaborada pela autora (2022).	29
Figura 20 - <i>Raphidascaris</i> sp. A) Região anterior B) Espícula. Elaborada pela autora (2022).	29
Figura 21 - <i>Spinoxyuris</i> sp. A) Corpo B) Região anterior. Elaborada pela autora (2022).....	30
Figura 22 - Dendrograma mostrando a similaridade da abundância entre as comunidades parasitárias das espécies hospedeiras <i>Serrasalmus maculatus</i> (esquerda) e <i>Serrasalmus marginatus</i> (direita) conforme medida de similaridade de Jaccard (Algorithm Paired group Coph. corr.: 0,9383) para os gradientes ambientais selecionados na área de influência do Refúgio Biológico de Santa Helena. Utilizou-se a distância (UPGMA - <i>Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages</i> ou média aritmética não ponderada entre os grupos em pares).....	31
Figura 23 - Dendrograma mostrando similaridade entre as comunidades parasitárias das espécies hospedeiras de <i>Serrasalmus maculatus</i> (esquerda) e <i>Serrasalmus marginatus</i>	

(direita), conforme medida de similaridade de Bray-Curtis para os gradientes ambientais selecionados na área de influência do Refúgio Biológico de Santa Helena. Utilizou-se a distância (UPGMA - <i>Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages</i> ou média aritmética não ponderada entre os grupos em pares).....	32
Figura 24 - Curva do coletor de espécies parasitas coletadas em <i>Serrasalmus marginatus</i> na área de influência do Refúgio Biológico Santa Helena e Rio São Francisco Falso.	33
Figura 25 - Curva do coletor de espécies parasitas coletadas em <i>Serrasalmus maculatus</i> na área de influência do Refúgio Biológico Santa Helena e Rio São Francisco Falso.	33
Figura 26 - Número de espécimes de ectoparasitas e endoparasitas de <i>Serrasalmus marginatus</i> da área de influência do Refúgio Biológico, Santa Helena Paraná, Brasil. Elaborado pela própria autora (2022).....	35
Figura 27 - Número de espécimes de ectoparasitas e endoparasitas de <i>Serrasalmus maculatus</i> do Refúgio Biológico Santa Helena Paraná, Brasil. Elaborado pela própria autora (2022).....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Quantidade de hospedeiros coletados por ponto de amostragem na zona de amortecimento (entorno) do Refúgio Biológico de Santa Helena (RB1, RB2 E RB3) e ao longo do percurso do rio São Francisco Falso (RSFF1, RSFF2, RSFF3, RSFF4).....	7
Tabela 2- Dados morfométricos de <i>S. maculatus</i> da área de influência da ARIE Santa Helena Paraná, Brasil (Média, valor menor-valor maior).....	10
Tabela 3- Dados morfométricos de <i>S. marginatus</i> da área de influência ARIE Santa Helena Paraná, Brasil (Média, valor menor-valor maior).....	10
Tabela 4 - Prevalência (P%); intensidade média (IM); abundância média (AM); e sítios de infecção (SI): B= Brânquias, N=Narinas E = estômago I = intestino; O = olhos, A=abundância dos parasitas em <i>Serrasalmus maculatus</i> na área de influência da ARIE Santa Helena Paraná, Brasil.....	13
Tabela 5- Espécies de parasitas encontrado no hospedeiro <i>S. marginatus</i> na ARIE Santa Helena Paraná, Brasil (SI: Sítio de Infecção/infestação; B: Brânquia; N: Narina; I: Intestino; O:Olhos; E: Estomago; A: Abundância; P (%): Prevalência; AM: Abundância média; IMI: Intensidade média de infecção/infestação)	22

LISTA DE SIGLAS

ARIE – Área de Relevante Interesse Ecológico

RBSH – Refúgio Biológico Santa Helena

SUMÁRIO

Introdução.....	4
Materiais e Métodos.....	6
Área de Estudo.....	6
Coleta de peixes.....	8
Processamento parasitológico.....	10
Descritores ecológicos.....	11
Resultados.....	13
Diversidade da comunidade parasitária de <i>S. maculatus</i>.....	13
Diversidade da comunidade componente parasitária de <i>S. marginatus</i>	22
Análise dos dados.....	31
Estrutura das comunidades componentes de helmintos.....	35
Discussão.....	37
Conclusões.....	40
Referências.....	41

1. INTRODUÇÃO

Do último século até o presente foram realizados diversos estudos envolvendo todos os grupos de vertebrados da região Neotropical, em oposição a uma grande lacuna na taxonomia dos invertebrados, principalmente parasitas, por isso, “vários autores têm se dedicado nas pesquisas de taxonomia e diversidade deste grupo” (POULIN & MORAND, 2004; RULL, 2011; GIÃO *et al.* 2020).

“A região Neotropical possui a maior parte da água doce do planeta, apresentando uma elevada diversidade de peixes dulcícolas do mundo, estimado em 9.000 espécies” (SCHAFER, 1998; REIS *et al.* 2003; REIS *et al.* 2016; BIRINDELLI & SIDLAUSKAS, 2018; DOS REIS *et al.* 2020). “Os ecossistemas aquáticos no Brasil detêm ao menos 3.500 espécies de peixes de água doce, estando a maior parte dessa diversidade nas bacias do Amazonas e Paraná” (FROESE & PAULY, 2019).

Os serrasalmídeos, excluindo os pacus e o tambaqui, são popularmente conhecidos como piranhas ou pirambebas, “são predadores que se alimentam principalmente de pedaços de nadadeiras, escamas e outras partes do corpo de suas presas “(VILLARES *et al.* 2008). Dentre as espécies de peixes brasileiras, *Serrasalmus maculatus* Kner, 1858) conhecida popularmente como piranha-amarela, “possui boa capacidade de ajuste a ambientes lênticos artificiais como represas de usinas hidrelétricas, e tornou-se abundante nesses ambientes” (BEHR & SIGNOR, 2008). *Serrasalmus marginatus* Valenciennes, 1837 é uma espécie de pequeno a médio porte com ampla distribuição nos rios do Brasil, “sendo registrada em afluentes do rio Paraguai e do rio Amazonas” (SILVANO; DO AMARAL; OYAKAWA, 2000) e “considerada espécie invasora no Alto rio Paraná após a construção da barragem de Itaipu” (AGOSTINHO, 2008). “Nos casos em que uma espécie não nativa é filogeneticamente próxima a uma nativa, a competição entre elas é elevada, uma vez que partilham recursos e têm estratégias de vida semelhantes” (RODRIGUES *et al.* 2018). Isso ocorre entre as espécies de piranhas *S. marginatus* (não nativa) e *S. maculatus* (nativa) (denominada *Serrasalmus spilopleura* Kner, 1858 até o trabalho de JÉGU, 2001) na planície de inundação do Alto rio Paraná.

“Essas espécies passaram a coexistir após a formação do Reservatório de Itaipu em 1982 e que, conseqüentemente, levou a submersão de uma barreira geográfica, o que ocasionou a invasão de várias espécies de peixes na porção alta do rio Paraná” (VITULE *et al.* 2012).

Com a formação do reservatório de Itaipu e a conseqüente remoção da barreira geográfica constituída pelo Salto de Sete Quedas (Guaíra - PR), “ocorreu a ascensão de *S.*

maginatus, o qual, com o tempo, substituiu a congênica *S. maculatus*” (JÉGU; DOS SANTOS, 2001).

“O ambiente aquático é um dos sistemas mais dinâmicos, por causa da existência de uma grande e complexa biodiversidade” (POWERS *et al.* 1995; CASALI & TAKEMOTO, 2016). Os peixes constituem o grupo de vertebrados com o maior número estimado de espécies parasitas desconhecidas, “principalmente em ecossistemas neotropicais onde estudos recentes indicam que a maioria das espécies está por ser descrita” (LUQUE; POULIN, 2007; NEGRELLI *et al.* 2021).

“Os peixes apresentam elevada quantidade e variedade de parasitas quando comparado com qualquer outro grupo de vertebrados. Os principais grupos de parasitas de peixes neotropicais de água doce são: Protozoa, Ciliophora, Platyhelminthes (Monogenoidea, Trematoda (Digenea e Cestoda), Nematoda, Acanthocephala, Artrópodes (Copepoda, Branchiura e Isopoda), Annelida (Hirudinea) e Pentastomida” (THATCHER, 2006).

O conhecimento taxonômico da diversidade de parasitas é crucial para qualquer estudo de ordem ecológica e evolutiva, “o parasitismo desempenha um papel importante nos ecossistemas, regulando a abundância ou densidade das populações hospedeiras, estabelecendo cadeias alimentares e estruturando comunidades animais” (LAFFERTY & KURIS, 2005; THOMAS *et al.* 2005; ACOSTA *et al.* 2020).

Por serem pequenos e quase invisíveis aos olhos humanos, os parasitas foram ignorados por muito tempo pelos cientistas. “Foram os modelos teóricos de Anderson e May (ANDERSON, 1978; ANDERSON & MAY, 1978; 1979; MAY & ANDERSON, 1978; 1979) que serviram de catalisador para mudar a forma como os cientistas viam os parasitas” (POULIN, 2021). Ao longo dos anos, vários autores avançaram nas pesquisas e nas estimativas da biodiversidade parasitária, “pois sabe-se que os parasitas são responsáveis por um terço a mais da metade das espécies de organismos na Terra “(POULIN, 2014; POULIN, 2021).

“Os parasitas são importantes para muitos dos processos biológicos dos hospedeiros, incluindo dieta, migração, recrutamento e filogenia” (GALLI *et al.* 2001). A composição da fauna parasitária de peixes nos rios “depende tanto de fatores inerentes ao habitat de cada espécie, como às características da água, assim como de fatores inerentes ao hospedeiro, e suas características biológicas e fisiológicas” (DOGIEL 1961; LIMA *et al.* 2021).

Esta diversidade pode ser abordada, não apenas como uma questão de inventário de espécies, mas também como estudo das relações hospedeiro-parasita (POULIN & MORAND,

2004). “Isto se aplica, principalmente no caso dos peixes, devido à capacidade de muitas espécies se comportarem como hospedeiros intermediários de parasitas, os quais são transmitidos para anfíbios, répteis, aves e mamíferos, que atuam como hospedeiros definitivos, incluindo o homem” (BARROS, 2012; YAMADA *et al.* 2015).

Este trabalho buscou caracterizar e comparar a fauna parasitológica das espécies *S. marginatus* (não nativa) e sua congênere *S. maculatus* (nativa) no entorno do Refúgio Biológico de Santa Helena, PR, Brasil e em três pontos do baixo rio São Francisco Falso, considerado nesta pesquisa, área influência da Unidade de Conservação. Neste sentido, pretende-se responder duas indagações: (i) Há diferença nas infracomunidades destas duas espécies em comparação ao Refúgio Biológico de Santa Helena, área protegida, portanto, com algum grau de conservação com a região do baixo rio São Francisco Falso, ambiente mais antropizado? (ii) Há diferenças entre a diversidade parasitária nas duas espécies em estudo?

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Esta pesquisa foi desenvolvida com peixes de dois ecossistemas distintos, sendo um (i): na zona de amortecimento da Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) localizada no município de Santa Helena, estado do Paraná, região de estudo conhecida popularmente como Refúgio Biológico de Santa Helena (RBSH) e (ii) seu principal afluente, baixo Rio São Francisco Falso, “um dos maiores alagadores do município de Santa Helena, PR” (WENGRAT *et al.* 2007).

O Refúgio Biológico de Santa Helena (RBSH) foi criado no ano de 1984 com o objetivo de abrigar e proteger a fauna que perderam seus habitats em função da formação da represa Itaipu Binacional, em outubro do ano de 1982” (KLIVER, 2010). Apresenta uma área de 1.482,05 hectares (142,1 km²), perímetro de 30 km e Zona de Amortecimento de 1.045,40 ha (Lei nº 9.985/00), sendo que a área protegida considerando a cota 219,5 m é de 1.479,79 hectares, no qual representam cerca de 2% da área do município de Santa Helena, 0,007% do estado do Paraná, ou 0,002% das Unidades de Conservação do Estado. Segundo o mesmo autor, “este ecossistema (RBSH) está inteiramente inserido no Município de Santa Helena, PR, isolado por um canal escavado, no qual apresenta uma ponte de concreto e um portão de acesso para controle de entrada e saída de pessoas, tornando-a uma ilha artificial”.

As espécies de peixes proveniente desse estudo foram coletadas durante as expedições do projeto intitulado: “**Levantamento da Ictiofauna, Biologia Populacional, Dieta e Dispersão de Parasitas dos Peixes da Área de Influência do Refúgio Biológico de Santa Helena/PR**” - Universal CNPq: 402670/2016-7, autorizado pelo ICMBIO via SISBIO: nº 57181-1e pela Comissão de Ética no Uso de Animais da (CEUA) da UTFPR sob o número de protocolo: 2016-031. SISGEN nº A6AE4EF.

Os pontos de coleta (Figura 1) foram distribuídos na zona de amortecimento (entorno) do Refúgio Biológico de Santa Helena (RB1, RB2 e RB3) e ao longo do percurso do rio São Francisco Falso (RSFF1, RSFF2, RSFF3, RSFF4). Os espécimes de peixes separados para as análises parasitológicas são provenientes dos seguintes pontos de amostragens conforme tabela 1 abaixo:

Tabela 1- Número de hospedeiros coletados por ponto de amostragem na zona de amortecimento (entorno) do Refúgio Biológico de Santa Helena, no qual RB = Refúgio Biológico - RB1, RB2 e RB3) e ao longo do percurso do rio São Francisco Falso, no qual, RSFF = Rio São Francisco Falso - RSFF1, RSFF2, RSFF3, RSFF4).

Pontos de coleta	Latitude	Altitude	<i>S. maculatus</i>	<i>S. marginatus</i>
RB1 - Semilântico	24°51'15.12"S	54°21'21.12"O	25	14
RB2 - Semilântico	24°49'39.97"S	54°21'27.63"O	7	9
RB3 - Semilântico	24°48'30.50"S	54°21'5.33"O	9	9
RSFF1 - Transição	24°51'41.90"S	54°17'18.50"O	2	2
RSFF2 - Lótico	24°53'18.56"S	54°13'30.32"O	1	4
RSFF3 - Lântico	24°53'14.14"S	54°13'6.60"O	3	6
RSFF4- Lântico	24°53'53.84"S	54°13'15.12"O	3	6
Total			50	50

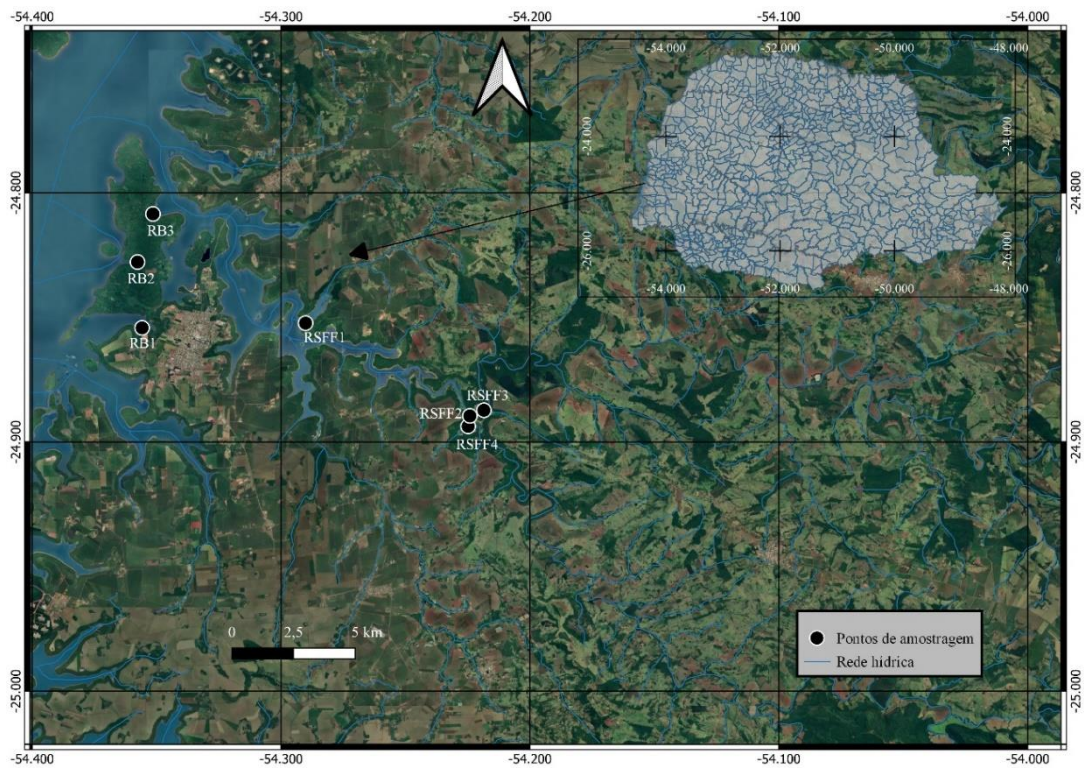


Figura 1 – Mapa mostrando a distribuição dos pontos de amostragem na zona de amortecimento (entorno) do Refúgio Biológico de Santa Helena (RB1, RB2 E RB3) e ao longo do percurso do rio São Francisco Falso (RSFF1, RSFF2, RSFF3, RSFF4). Fonte: (QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.org>”; Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2020), Heleno Brandão (2022)

2.2. Coleta dos peixes

A escolha das espécies *S. maculatus* e *S. marginatus* (Figuras 2 e 3, respectivamente) foi devido a “elas habitarem o mesmo ambiente e competirem entre si “(AGOSTINHO *et al.* 2007).



Figura 2 - Espécime de *Serrasalmus maculatus* coletado no RBSH | *fora de escala* | Fonte: Elaborada pela autora (2022).



Figura 3 - Espécime de *Serrasalmus marginatus* coletado no RBSH | *fora de escala* | | Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Os peixes foram capturados com redes de espera (total de 438,4 m²), com malhagens de 3 a 7 cm entre nós não adjacentes expostos por 12 horas (cada rede com 20 metros de comprimento e altura variando conforme a malhagem), conforme a portaria CFBio nº 148/2012 que regulamenta os procedimentos de captura e coleta de animais vertebrados previstos nos artigos da Resolução CFBio nº 301 de 08 de dezembro de 2012. No laboratório os espécimes coletados foram eutanasiados, triados, pesados (em gramas) e medidos (comprimento padrão em centímetros) (Tabelas 2 e 3). Na sequência, foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados para serem congelados no laboratório de Ictiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Santa Helena, para posterior estudos parasitológicos.

Tabela 2- Dados morfométricos de *S. maculatus* da área de influência do Refúgio Biológico Santa Helena Paraná, Brasil (Média, valor menor-valor maior).

	Macho (n=20)	Fêmea (n=25)	Não identificado (n=5)
Comprimento médio (cm)	18,8	18,55	20,24
	(11,5 - 27,3 cm)	(10,5-29,5 cm)	(2,0-27 cm)
Peso médio (g)	287,59	297,78	393,82
	(26,56-780,04 g)	(60,95-641,42 g)	(0,34-700,07 g)

Tabela 3- Dados morfométricos de *S. marginatus* da área de influência do Refúgio Biológico Santa Helena, Paraná, Brasil (Média, valor menor-valor maior).

	Macho (n=13)	Fêmea (n=28)	Não identificado (n=9)
Comprimento médio (cm)	22,27	17,53	9,22
	(10,5-102,0 cm)	(9,0-26,0cm)	(2,5-16,9cm)
Peso médio (g)	133,57	195,39	53,02
	(28,89-364,31g)	(26,4-547,33g)	(0,35-111,07g)

2.3. Processamento parasitológico

Os helmintos coletados foram processados de acordo com as técnicas parasitológicas propostas por AMATO *et al.* (1991) e EIRAS *et al.* (2006). A pele e as nadadeiras foram inspecionadas para verificar a presença de helmintos encistados. Em seguida, toda a superfície e as narinas foram lavadas com água para coleta de helmintos e o material coletado foi

inspecionado em estereomicroscópio. Os monogenéticos encontrados na pele, narinas e brânquias foram fixados em álcool 70%. Para estudo das estruturas esclerotizadas destes parasitas (barras, ganchos e âncoras do haptor e complexo copulatório) algumas amostras foram clarificadas em meio Grey & Wess.

Após remoção das brânquias, foi feita uma incisão longitudinal na superfície ventral dos indivíduos, permitindo a retirada e separação de todos os órgãos da cavidade que foram examinados com auxílio de microscópio estereoscópico para a coleta de endoparasitas.

Os nematoides foram clarificados com ácido láctico, utilizando-se de montagem de lâminas temporárias para identificação dos organismos parasitas, com auxílio de microscópio.

Para análise dos cestoides e trematódeos, os organismos foram prensados entre lâmina e lamínula para a análise das suas estruturas de valor sistemático, e posteriormente, foram transferidos para álcool 70%. Alguns espécimes foram corados com carmim clorídrico e clarificados com eugenol.

Os dados morfométricos e fotomicrografias dos helmintos foram obtidos pelo sistema computadorizado para análise de imagem CellSens com o auxílio do microscópio Olympus BX53. As medidas morfométricas dos parasitas foram feitas apenas em espécies que apresentaram $n \geq 10$. Todas as medidas foram expressas em micrometros.

As amostras de todos os helmintos coletados serão depositadas na coleção Helminológica do Instituto de Biociências de Botucatu (CHIBB), Departamento de Parasitologia da UNESP, campus de Botucatu.

2.4. Descritores ecológicos

A descrição matemática (prevalência, abundância e intensidade média de infecção) das comunidades componente foram calculadas conforme BUSH *et al.* (1997), onde:

Prevalência: número de hospedeiros infectados por uma determinada espécie de parasito, dividido pelo número de hospedeiros analisados e multiplicados por 100. O resultado é expresso em porcentagem (%);

$$P = \frac{n^{\circ} \text{ total de animais parasitados com a espécie } y \times 100}{n^{\circ} \text{ total de animais examinados}}$$

Intensidade média de infestação/infecção: número total de parasitas observados de uma determinada espécie, dividido pelo número de hospedeiros infectados/infestados com esta mesma espécie de parasita.

$$IM = \frac{n^{\circ} \text{ total de parasitos coletados na espécie } y}{n^{\circ} \text{ total de hospedeiros positivos para a espécie}}$$

Abundância: número total de indivíduos de uma espécie de parasita.

Abundância média de infestação/infecção: número total de parasitas de uma determinada espécie, dividido pelo número total de peixes examinados.

$$AM = \frac{n^{\circ} \text{ total de parasitos da espécie } y}{n^{\circ} \text{ total de hospedeiros examinados}}$$

A similaridade qualitativa (presença-ausência) e quantitativa (abundância) das comunidades parasitária entre os pontos de coleta e entre os hospedeiros, foi comparada pelos índices de Jaccard (Cj) e Bray-Curtis (BC), respectivamente. A análise dos clusters com o índice de similaridade de Jaccard e Bray-Curtis foi realizada para agrupar as comunidades componentes das espécies hospedeiras entre os pontos de coleta utilizando o software PAST (HAMMER *et al.* 2001).

Foram realizadas as seguintes medidas de riqueza e diversidade entre as populações: Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), "que considera peso igual às espécies raras e abundantes" (KREBS, 1989), calculado conforme a seguinte fórmula: $H' = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$, no qual, H' = diversidade de espécies (bits/indivíduo); p_i = proporção de indivíduos da espécie i na amostra, com $p_i = (n_i / N)$; n_i = número de indivíduos da espécie i; N = número total de indivíduos da amostra. As possíveis diferenças foram testadas com o teste t quando os dados assumirem a distribuição normal e teste U de Mann-Whitney quando os dados assumirem a distribuição não normal.

A escolha do teste estatístico foi com base na distribuição dos dados, utilizando-se Shapiro-Wilk para normalidade, no qual, foi aplicado os testes paramétricos ANOVA One-way e para o conjunto de dados de distribuição não-normal, utilizou-se o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis. As análises foram realizadas utilizando-se dos seguintes softwares Past versão 4.05, todos os dados foram analisados ao nível de significância $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1. Diversidade da comunidade parasitária de *S. maculatus*

A espécie *S. maculatus* apresentou uma comunidade componente de nove táxons encontrados. Dos 50 peixes analisados, 39 estavam parasitados. O Filo Nematoda, apresentou maior abundância (586 espécimes distribuídos entre os taxa *Raphidascaris* sp., *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* e *Spinoxyuris* sp.) seguida da classe Trematoda (365 espécimes, da metacercaria *A. compactum*), e por último a classe Monogenea (121 espécimes distribuídas entre os taxa *K. annakohnae*, *Rhinoxenus* sp., *Anacanthorus* sp., *Heterothecium* sp. e *Dactylogyridae* gen.sp.

Tabela 4 - Prevalência (P%); intensidade média (IM); abundância média (AM); e sítios de infecção (SI): B= Brânquias, N=Narinas E = estômago I = intestino; O = olhos, A=abundância dos parasitas em *Serrasalmus maculatus* na área de influência do Refúgio Biológico Santa Helena, Paraná, Brasil.

Espécie de parasito	SI	A	P (%)	AM	IM
Monogenea					
<i>Dactylogyridae</i> gen. sp.	B, N	3,0	2,0	0,06	3,00
<i>Heterothecium</i> sp.1	B	3,0	2,0	0,06	3,00
<i>Anacanthorus</i> sp.	B	5,0	8,0	0,10	1,25
<i>Rhinoxenus</i> sp.	N	81	20	1,62	8,00
<i>Kritskyia annakohnae</i>	B	3,0	2,0	0,06	3,00
Digenea					
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	O	365	28	7,30	26,07
Nematoda					
<i>Raphidascaris</i> sp.	I	73,0	10	1,46	12,10
<i>Procamallanus</i> (<i>S.</i>) <i>inopinatus</i>	I, E	49,0	10	0,98	9,80
<i>Spinoxyuris</i> sp.	I	464	28	9,28	66,20

Dactylogyrinea Bychowsky, 1937

Dactylogyridea Bychowsky, 1937

***Rhinoxenus* sp. Kritsky, Boeger & Thatcher 1988**

(Figura 5)

Local de infestação: Cavidade nasal

Descrição: Baseado em dez 10 espécimes montadas em meio Grey & Wess: Corpo robusto com 164 (156,7-175,2) de comprimento, 85,4 (83,3-89,1) de largura a partir da região central. Região cefálica composta por dois pares de ocelos; par anterior maior e mais próximos que o par posterior; com grânulos ocelares bem visualizados. Faringe esférica. Complexo copulatório masculino com 86,7 (86,2-87,7) de comprimento, composto por um cirro em espiral, 1 volta e meia no sentido anti-horário. Vagina não visualizada. Haptor com 93,7 (89,5-98,6) de largura, 64,9 (60,4-68,8) de comprimento; apresenta duas almofadas glandulares laterais. Âncora ventral robusta com 53,2 (48,2-55) de comprimento interno, raízes bem desenvolvidas, haste e ponta curvada. Barra ventral com 9,4 (9,4-9,46) de comprimento; formato de halter reto com extremidades expandidas. Um par de espinhos dorsal robusto com ponta robusta com 140 (132-144) de comprimento. Ganchos não visualizados. Grânulos vitelínicos presentes.

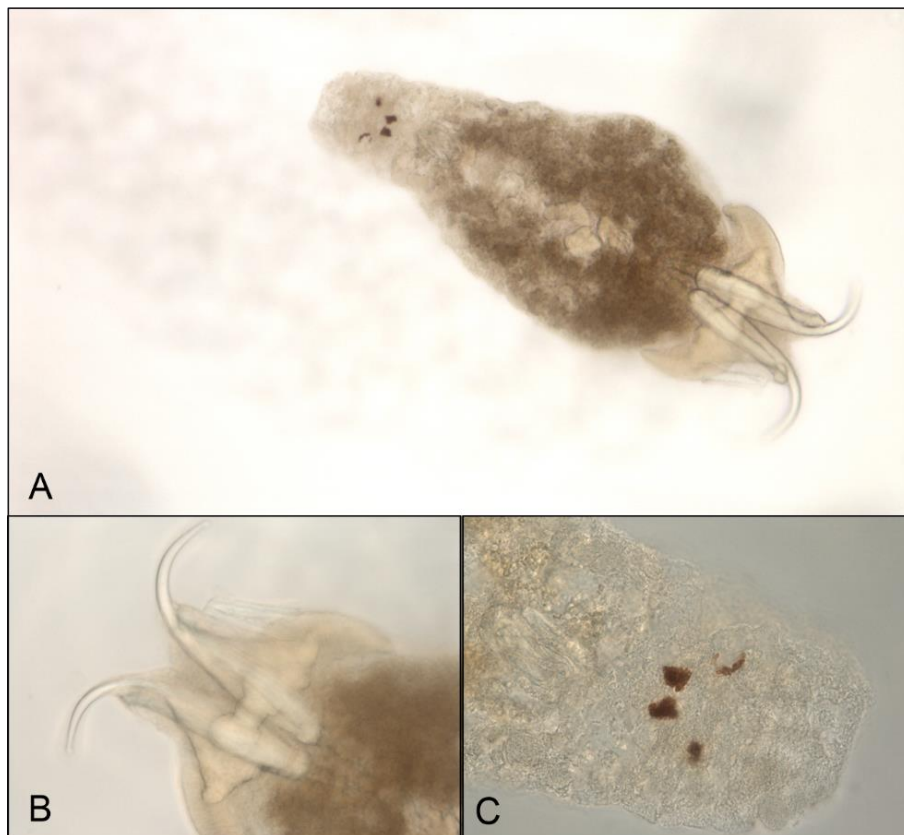


Figura 4 - A) *Rhinoxenus* sp. (100 μm) B) Haptor (50 μm) C) Prohaptor, Complexo Copulatório e Ocelos (50 μm). Elaborada pela autora (2022).

Anacanthorinae Price, 1967

***Anacanthorus* Mizelle & Price, 1965**

***Anacanthorus* sp.**

(Figura 6)

Local de infestação: Brânquias

Descrição: Baseado em um (1) espécime montado em meio Grey & Wess. Corpo dividido em região cefálica, tronco, pedúnculo e haptor, tegumento liso, região cefálica com dois pares de ocelos iguais sendo o par anterior menor. Complexo copulatório masculino composto por um cirro. Ganchos presentes.

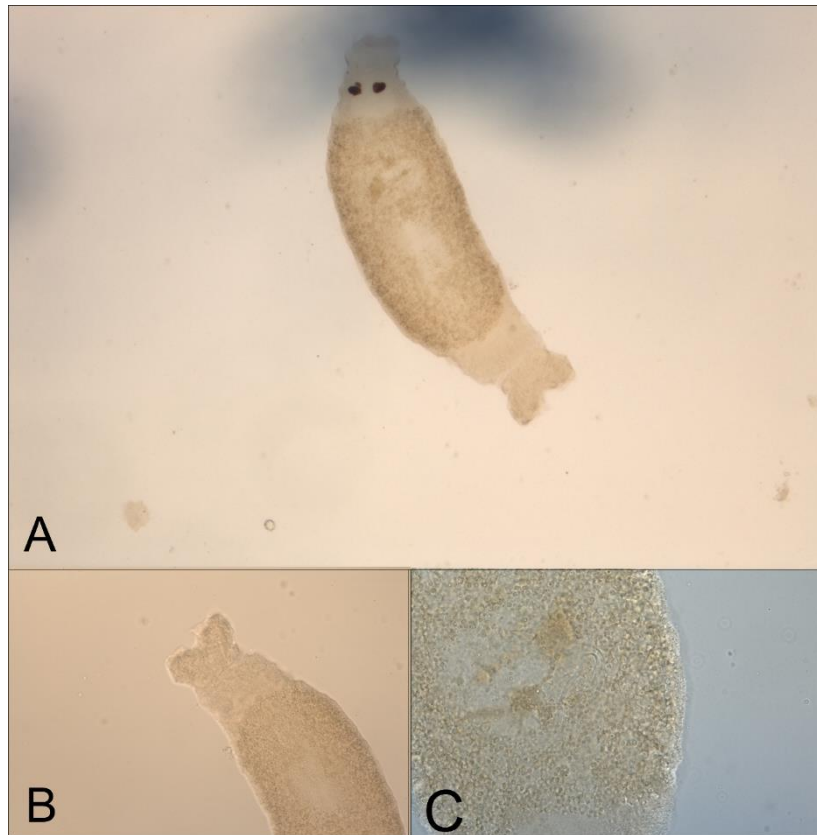


Figura 5 - A) *Anacanthorus* sp. (100 μ m) B) Haptor (50 μ m) C) Complexo copulatório masculino (50 μ m). Elaborada pela autora (2022).

***Kritskyia annakohnae* Boeger, Tanaka & Pavanelli, 2001**

(Figura 7)

Local de infestação: Brânquias

Descrição: Baseado em três espécimes montadas em meio Grey & Wess. Corpo alongado. Lóbulos cefálicos pouco desenvolvidos. 2 pares de olhos sub iguais; par posterior mais próximo e maior; grânulos oculares presentes. Faringe esférica. Haptor semicircular com ganchos Dactylogyridae, haste expandida. Órgão copulatório masculino composto por cirro e peça acessória. Vagina não visualizada.

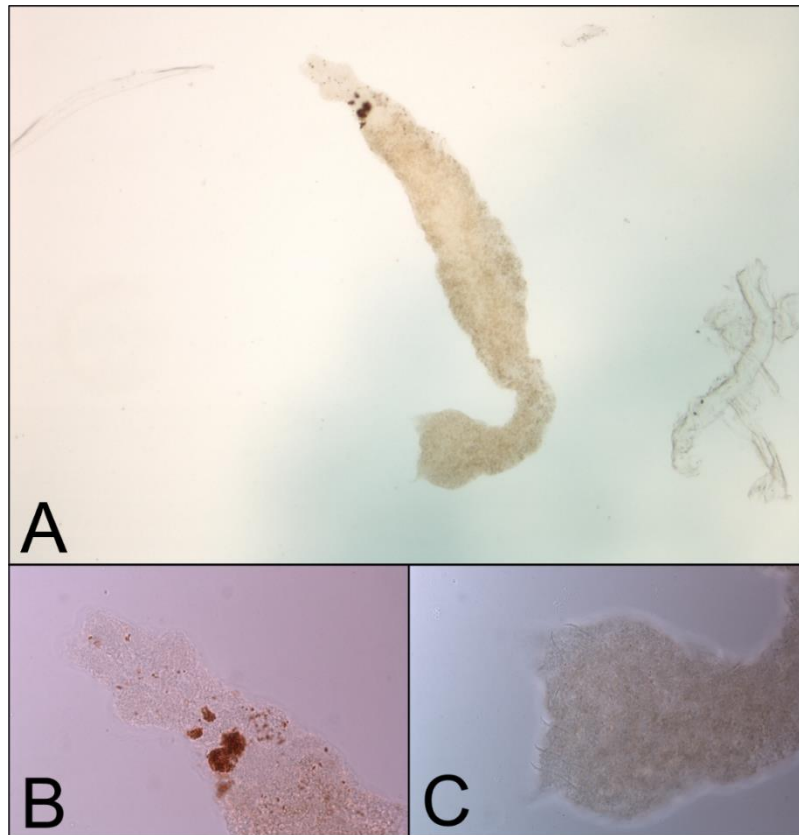


Figura 6 - A) *Kritskyia* sp. (200 µm) B) Haptor (50 µm) C) Complexo copulatório masculino (50 µm). Elaborada pela autora (2022).

Dactylogyridae Bychowsky, 1933

***Heterothecium* sp. Kritsky, Boeger & Jégu, 1997**

(Figura 8)

Local de infestação: Brânquias

Descrição: Baseada em três (3) espécimes montados em meio Grey & Wess. Corpo fusiforme, tegumento liso. Olhos ausentes; grânulos oculares ausentes. Faringe não visualizada. Órgão copulatório masculino composto por cirro, peça acessória. Cirro curvado com 1 volta e meia no sentido horário. Peça acessória em forma de J articulado ao cirro pelo ligamento copulatório. Vagina não visualizada. Ganchos *Dactylogyridae*, haste dividida em duas porções claramente definidas; 14, com distribuição *Ancyrocephalinae* (4 dorsal, 10 ventral). Pares de âncora ventral e dorsal presentes. Âncora ventral com ponta, haste, raízes bem definidas. Âncora dorsal com haste, ponta, base composta de duas raízes. Barra ventral em forma de haste com projeções presentes. Barra dorsal ligeiramente em forma de U.

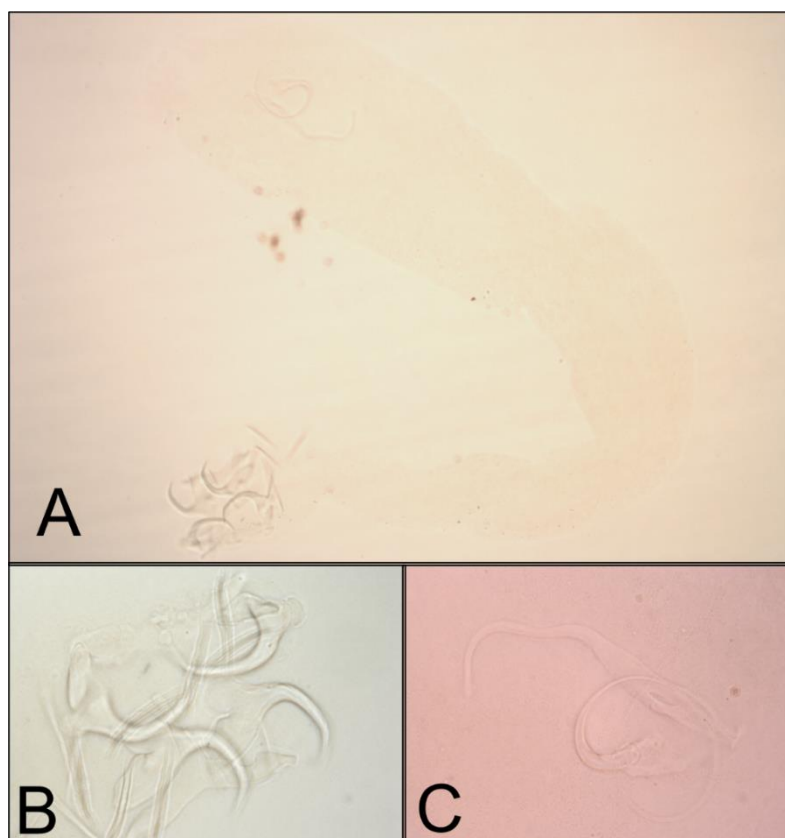


Figura 7 - A) *Heterothecium* sp. (200 µm) de *Serrasalmus maculatus* B) Haptor (100 µm) C) Complexo copulatório masculino (50 µm) |Elaborada pela autora (2022)

Trematoda Rudolphi, 1808

Digenea van Beneden, 1858

Displostominae Poirier, 1886

***Austrodiplostomum* Szidat & Nani, 1951**

***Austrodiplostomum compactum* (Lutz 1928)**

(Figura 9)

Local de infecção: Olhos

Descrição: Baseado em dez (10) espécimes montados em Bálsamo do Canadá: Corpo linguiforme com 911 (824,4-1027,9) de comprimento e 364 (279,3-439,3) de largura, possui uma pequena projeção cônica na parte posterior. Ventosa oral pequena com 22,6 (11,3-34,1) de comprimento e 42,7 (27,88-49,9) de largura, circular, duas pseudoventosas presentes, uma em cada lado da ventosa oral. Faringe oval com 37,9 (29,2-22,7) de comprimento. Esôfago de

difícil visualização. Órgão tribocítico com 204,8 (189-232) de comprimento e 132,8 (92,1-195,1) de largura, localizado após a linha medial do corpo, alongado, com fenda longitudinal.

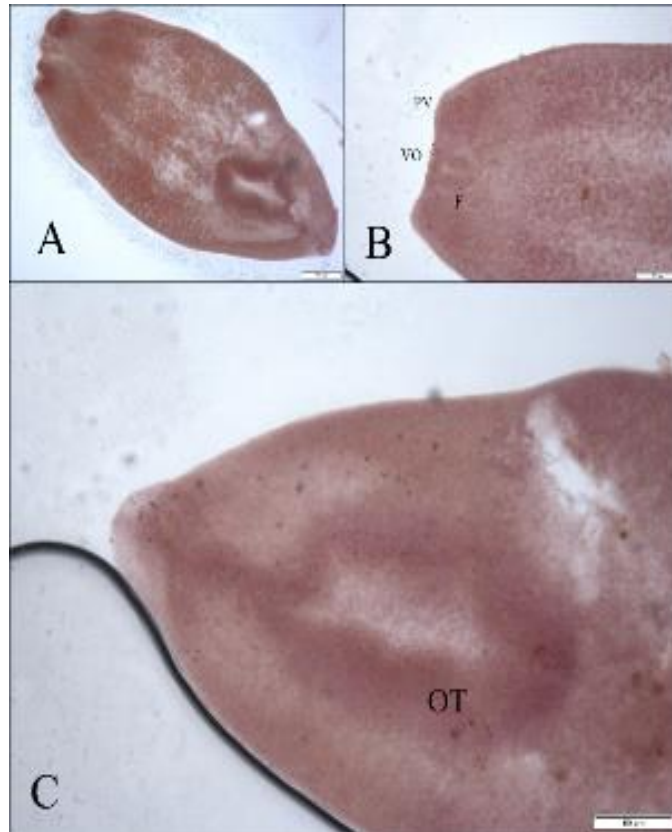


Figura 8 - A) Metacercária de *A. compactum* B) VO: Ventosa oral; PV: Pseudoventosas, F: Faringe C) OT: Órgão Tribocítico. Elaborada pela autora (2022).

Nematoda Rudolphi 1908

Anisakidae Railliet & Henry, 1912

***Raphidascaris* Railliet & Henry, 1915**

***Raphidascaris* sp.**

(Figura 10)

Local de infecção: Intestino

Descrição: Baseada em dez (10) espécimes. Corpo fusiforme com cutícula lisa e esbranquiçado com 2.596,53 (821,10-4.997,4) de comprimento e 117,7 (50,5-230,1) de largura. Lábios bem desenvolvidos. Polpa dos lábios com processos redondos anteriores. Abertura da boca triangular. Pequena elevação cuticular presente na base dos lábios. Esôfago expandido em

sua metade posterior. Ventrículo mais curto do que largo. Poro excretor situado posterior ao nível do anel nervoso com 56,1 (39,3-77,2) de comprimento. Cauda de ambos os sexos cônica.

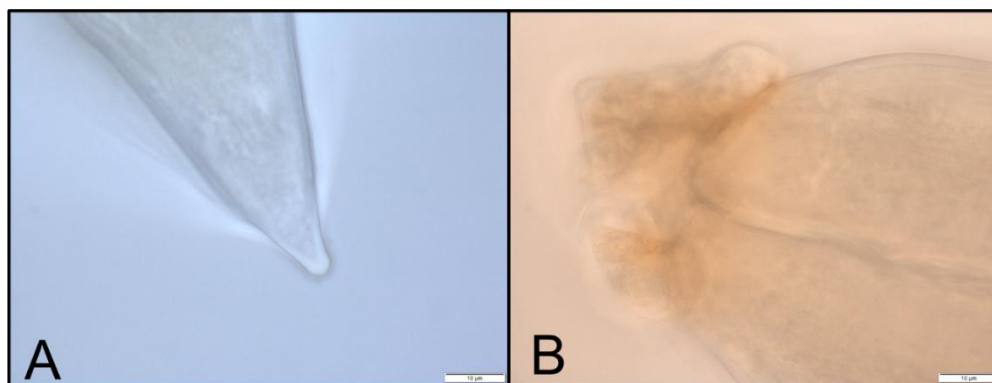


Figura 9 - *Raphidascaris* sp. A) Cauda B) Boca. Elaborada pela autora (2022).

Nematoda Rudolphi 1908

Camallanidae Railliet & Henry, 1915

Procamallaninae Yeh, 1923

***Procamallanus* Baylis, 1923**

***Spirocamallanus* Olsen, 1952**

***Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* Travassos, Artigas & Pereira 1928**

(Figura 11)

Local de infecção: Intestino e Estômago

Descrição: Baseada em dez (10) espécimes montados em Ácido láctico. Corpo fusiforme, delgado com cutícula fina e coloração amarelada, com 13.574 (12.700-20.400) de comprimento e 680,1 (450,5-720,7) de largura, extremidade posterior afilada no macho e pouco afilada na fêmea. Boca circular com paredes esclerotizadas, com formações espiraladas, ligada diretamente a cavidade bucal ampla e relativamente mais larga na parte mediana. Apresenta um anel na base que se liga ao o esôfago. Esôfago com 259,6 (130,5-450,9) de comprimento, possui uma parte muscular um pouco mais curta que a parte glandular. As fêmeas são vivíparas.

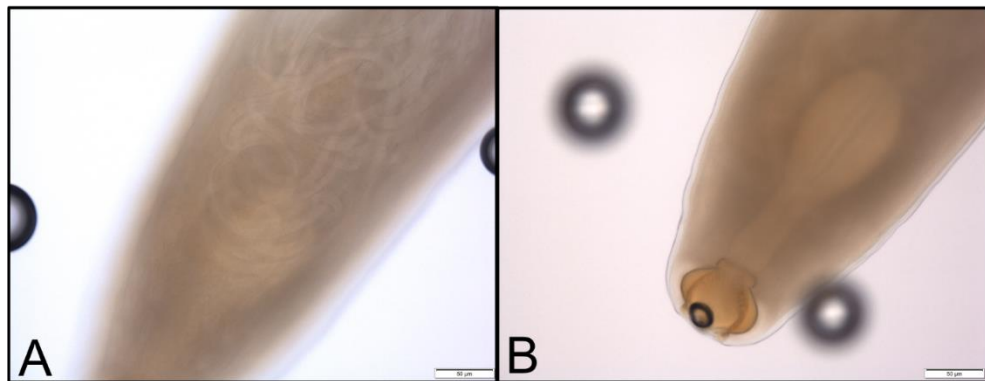


Figura 10 - *Procammallanus (Spirocamallanus) inopinatus* de *Serrasalmus maculatus* A) Fêmea vivípara B) Cápsula bucal globulosa esclerotizada. Elaborada pela autora (2022).

Oxyurida Railliet, 1916

Oxyuroidea Railliet, 1916

Pharyngodonidae Travassos, 1919

***Spinoxyuris* Petter, 1994**

(Figura 12)

Local de infecção: Intestino

Descrição: Baseada em dez (10) espécimes montados em Ácido Lático. Corpo pequeno e fusiforme com 1384,9 (1092-1524,9) de comprimento e 198,5 (158,6-243,8) de largura com cutícula estriada transversalmente. Lateral alada em ambos os sexos, terminando com uma cauda longa e afilada com 239,8 (209,1-260,2) de comprimento. Cavidade bucal circundadas por pequenas lamelas membranosas orais. Esôfago constituído por corpo cilíndrico, istmo curto e bulbo com 62,8 (58,3-76) de comprimento com aparelho esclerotizado. Poro excretor posterior ao bulbo esofágico com 28,2 (21,2-36,1 n=3) de comprimento. Ovos presentes e alongados com 91,4(86,9-113,4) de comprimento e 37,9 (35,1-41) de largura.

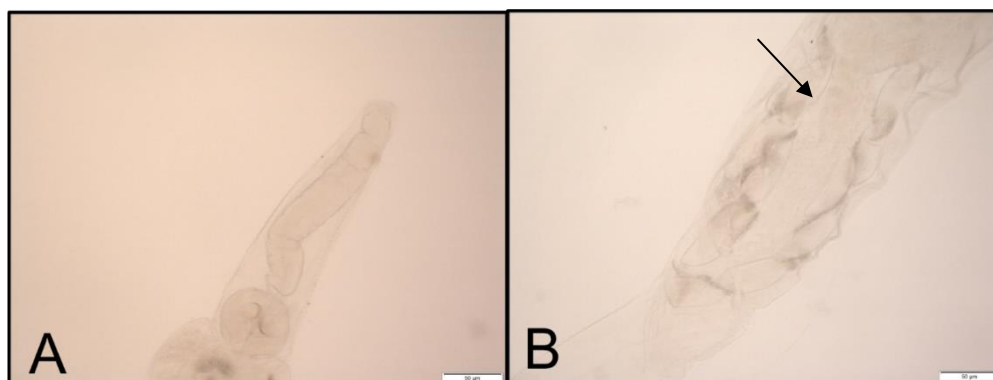


Figura 11 - *Spinoxyuris* sp. de *Serrasalmus maculatus* A) Faringe, esôfago e bulbo B) Ovos. Elaborada pela autora (2022).

3.2. Diversidade da comunidade componente parasitária de *S. marginatus*

Do total de 50 *S. marginatus* analisados, 41 estavam parasitados por pelo menos uma espécie. A maior abundância de parasitas encontrados foi do Filo Nematoda (487 espécimes, distribuídos entre as espécies *Raphidascaris* sp., *Procamallanus (S.) inopinatus* e *Spinoxyuris* sp.), seguido da classe Trematoda (176 espécimes de *A. compactum*, 73 espécimes de Digenea sp.1. e 15 espécimes de Digenea sp.2), e por último a classe Monogenea (94 espécimes distribuídos entre Dactylogyridae gen. sp., *Rhinoxenus* sp., *Anacanthorus* sp. e *Heterothecium* sp.).

Tabela 5- Espécies de parasitas encontrado no hospedeiro *S. marginatus* no Refúgio Biológico Santa Helena Paraná, Brasil (SI: Sítio de Infecção/infestação; B: Brânquia; N: Narina; I: Intestino; O:Olhos; E: Estomago; A: Abundância; P (%): Prevalência; AM: Abundância média; IMI: Intensidade média de infecção/infestação)

Monogenea	SI	A	P (%)	AM	IMI
Dactylogyridae gen. sp.	B	8,00	6,0	0,16	2,66
<i>Rhinoxenus</i> sp.	N	75,0	20	1,48	7,40
<i>Anacanthorus</i> sp.	B	1,00	2,0	0,02	1,00
<i>Heterothecium</i> sp.	B	4,00	2,0	0,08	4,00
Digenea					
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	O	176	30	3,52	12,57
Digenea sp.1	I	73,0	4,0	1,46	36,50
Digenea sp.2	I	15,0	4,0	0,30	7,50

Nematoda

<i>Raphidascaris</i> sp.	E, I	18,0	8,0	0,36	4,50
<i>Procamallanus (S) inopinatus</i>	E, I	10,0	10	0,20	2,00
<i>Spinoxyuris</i> sp.	I, E	459	28	9,80	32,7

Order Dactylogyrinea Bychowsky, 1937

Suborder Dactylogyridea Bychowsky, 1937

***Rhinoxenus* sp. Kritsky, Boeger & Thatcher 1988**

(Figura 14)

Local de infestação: Cavidade nasal

Descrição: Baseado em dez (10) espécimes montados em meio Grey & Wess: Corpo robusto com 163,7 (163-164) de comprimento, 28,2 (27,1-29,7) de largura a partir da região central. Região cefálica com olhos e grânulos ocelares não visualizados. Faringe esférica. Complexo copulatório masculino com 83,22 (81,3-84) de comprimento, composto por um cirro em espiral, 1 volta e meia no sentido anti-horário. Vagina não visualizada. Haptor com 39,7 (39,3-40,7) de largura, 44,1 (40,69-50,3) de comprimento; apresenta duas almofadas lateralmente ao haptor. Âncora ventral robusta com 30,2 (29,3-30,9) de comprimento interno, haste com 31,9 (31,5-32,9) de comprimento; raízes bem desenvolvidas e ponta curvada. Barra ventral com 8,1 (7,7-9) de comprimento; formato de halter reto com extremidades expandidas. Um par de espinhos dorsal robusto com ponta robusta com 139 (131-143). Ganchos não visualizados.

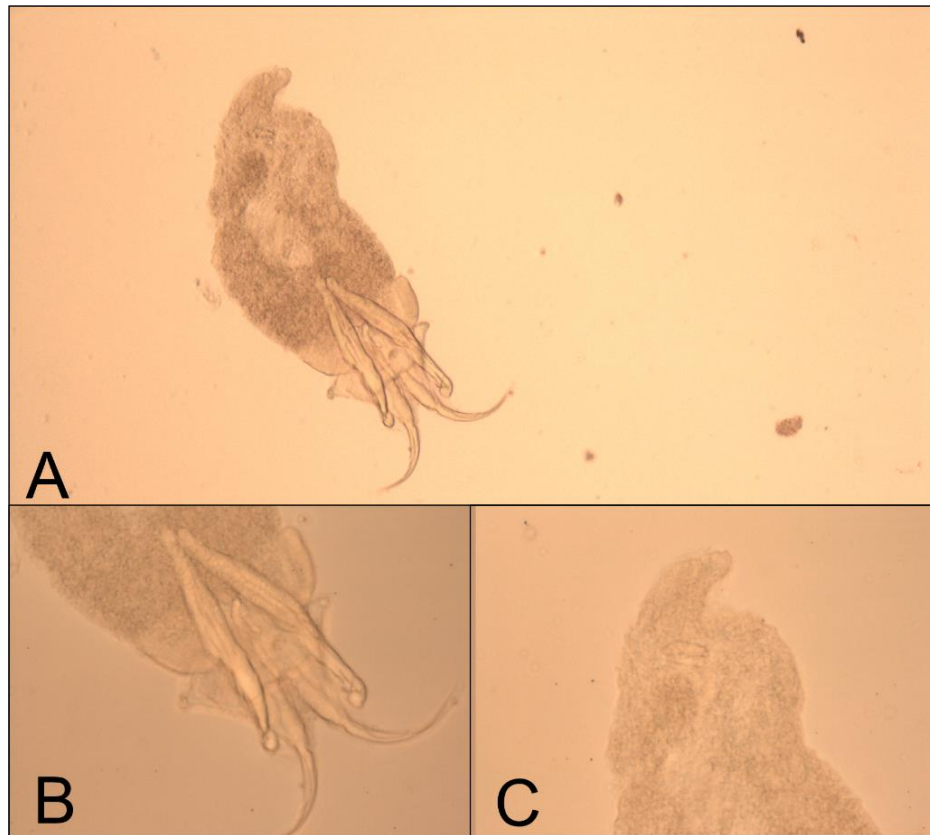


Figura 12 - A) *Rhinoxenus* sp. (100 μ m) B) Haptor (50 μ m) C) Complexo copulatório masculino (50 μ m). Elaborada pela autora (2022).

Anacanthorinae Price, 1967

***Anacanthorus* Mizelle & Price, 1965**

***Anacanthorus* sp.**

(Figura 15)

Local de infestação: Brânquias

Descrição: Baseado em um (1) espécime montado em meio Grey & Wess. Corpo fusiforme com 544 de comprimento e 167 de largura na região mediana, com tegumento liso e dividido em região cefálica, tronco, pedúnculo e haptor. Região cefálica com dois pares de ocelos sendo o par anterior menor e o par posterior maior e mais próximos, glândulas cefálicas não visualizadas. Complexo copulatório masculino composto por um cirro com 75 de comprimento com 1 volta e meia e peça acessória. Peça acessória articulada ao cirro. Haptor composto por ganchos pequenos. Ganchos com 42 (13-40) de comprimento.

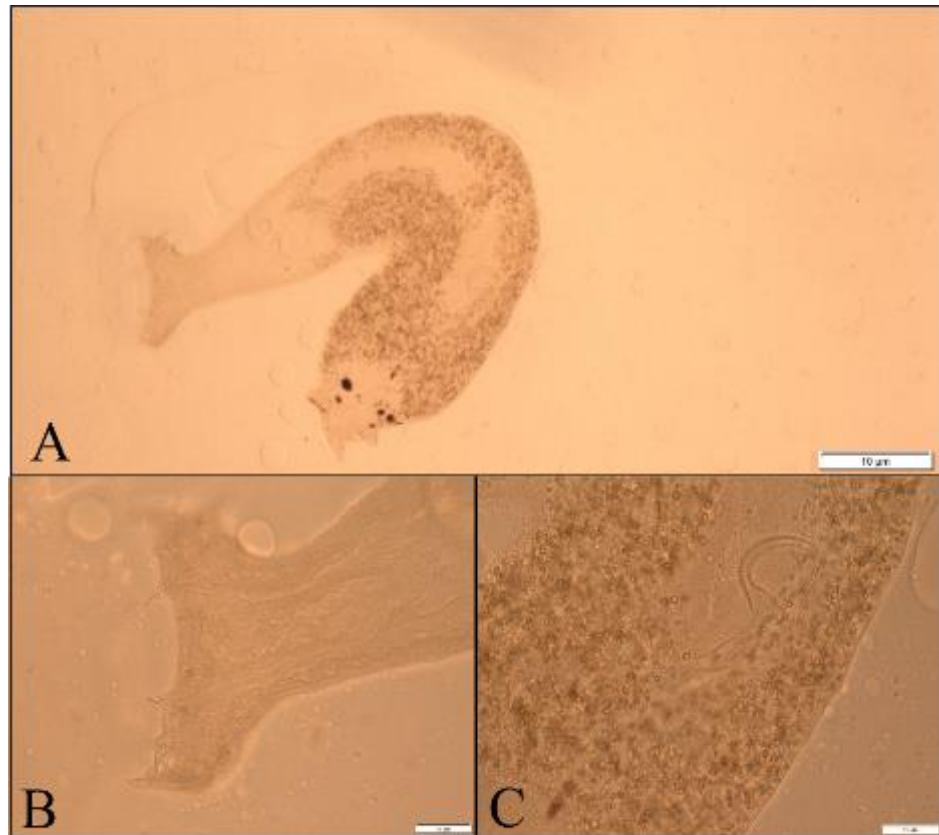


Figura 13 - A) *Anacanthorus* sp. B) Haptor C) Complexo copulatório masculino. Elaborada pela autora (2022).

Dactylogyridae Bychowsky, 1933

***Heterothecium* sp. Kritsky, Boeger & Jégu, 1997**

(Figura 16)

Local de infestação: Brânquias

Descrição: Baseada em quatro (4) espécimes montados em meio Grey & Wess. Corpo fusiforme, tegumento liso e fino. Olhos ausentes; grânulos oculares ausentes. Faringe não visualizada. Órgão copulatório masculino composto por cirro, peça acessória. Cirro com 1 volta no sentido anti-horário. Peça acessória em forma de J articulado ao cirro pelo ligamento copulatório. Vagina não visualizada. 14 ganchos, com distribuição *Ancyrocephalinae* (4 dorsal, 10 ventral). Pares de âncora ventral e dorsal presentes. Âncora ventral com ponta, haste, raízes bem definidas. Âncora dorsal com haste, ponta, base composta de duas raízes. Barra ventral em forma de haste com projeções presentes. Barra dorsal ligeiramente em forma de U.

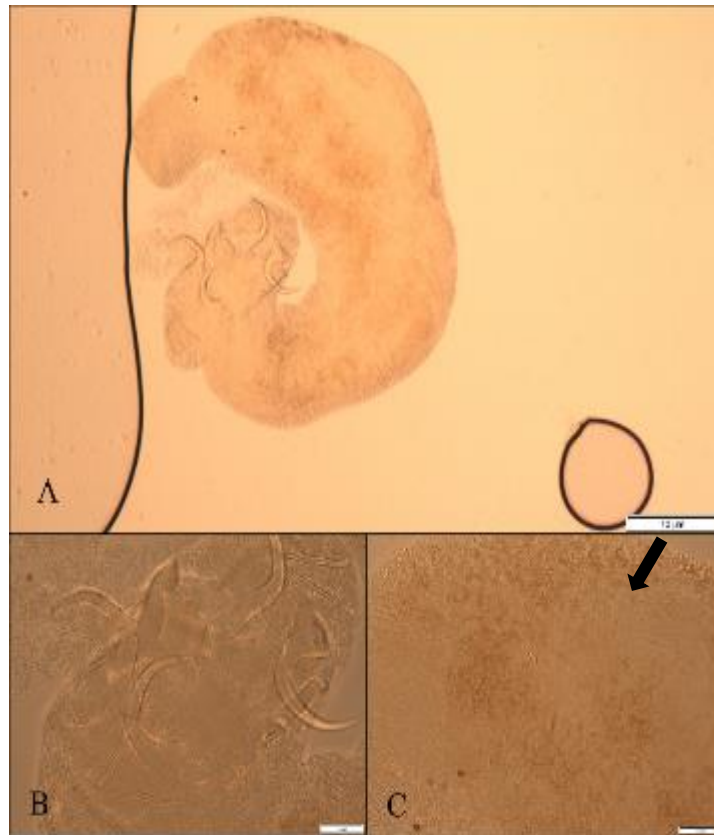


Figura 14 - A) *Heterothecium* sp. B) Haptor C) Complexo copulatório masculino. Elaborada pela autora (2022).

Trematoda Rudolphi, 1808

Digenea van Beneden, 1858

Displostominae Poirier, 1886

Austrodiplostomum Szidat & Nani, 1951

Austrodiplostomum compactum (Lutz, 1928)

(Figura 17)

Local de infecção: Olhos

Descrição: Baseado em 10 espécimes montados em Bálsamo do Canadá: Corpo linguiforme com 939,2 (684,6-1078,4) de comprimento e 347,3 (290,9-417) de largura, possui uma pequena projeção cônica na parte posterior. Ventosa oral pequena e circular com 21,7 (13,8-29,8) de comprimento e 33,6 (14,5-46,9) de largura, duas pseudoventosas presentes, uma em cada lado da ventosa oral. Faringe oval. Esôfago de difícil visualização. Órgão tribocítico com 184,8(149-236,5) de comprimento e 132,6 (100,9-162,9) de largura, localizado após a linha medial do corpo, alongado, com fenda longitudinal.

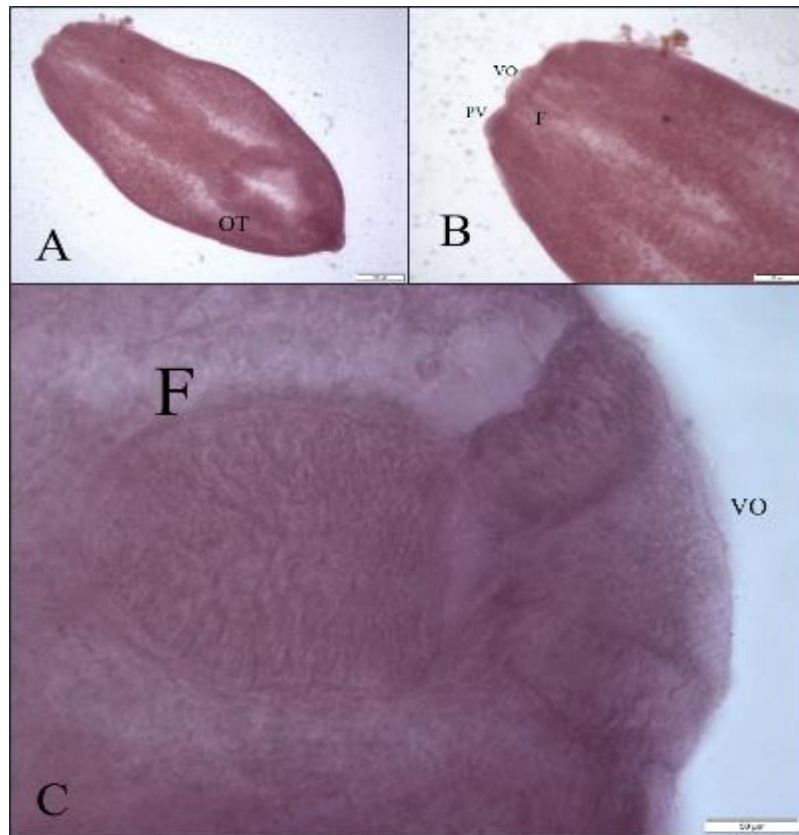


Figura 15 - A) Metacercária de *Austrodiplostimum compactum*, OT: Órgão tribocítico B) VO: Ventosa oral; PV: Pseudoventosas, F: Faringe C) Ventosa oral e Faringe (aumento 100x). Elaborada pela autora (2022).

Trematoda Rudolphi, 1808

Digenea van Beneden, 1858

Digenea sp.1

(Figura 18)

Local de infecção: Intestino

Descrição: Baseado em 10 espécimes montados em Bálsamo do Canadá: Corpo fusiforme com tegumento liso com 623,9 (310-788,7) de comprimento e 195,1 (125,8-328) de largura. Ventosa oral muscular. Acetábulo com uma fenda na borda posterior. Esôfago largo e apresenta um bulbo conspícuo; ceco intestinal sinuoso e largo, atingindo a primeira porção do terço posterior. Poro genital bifurcado.

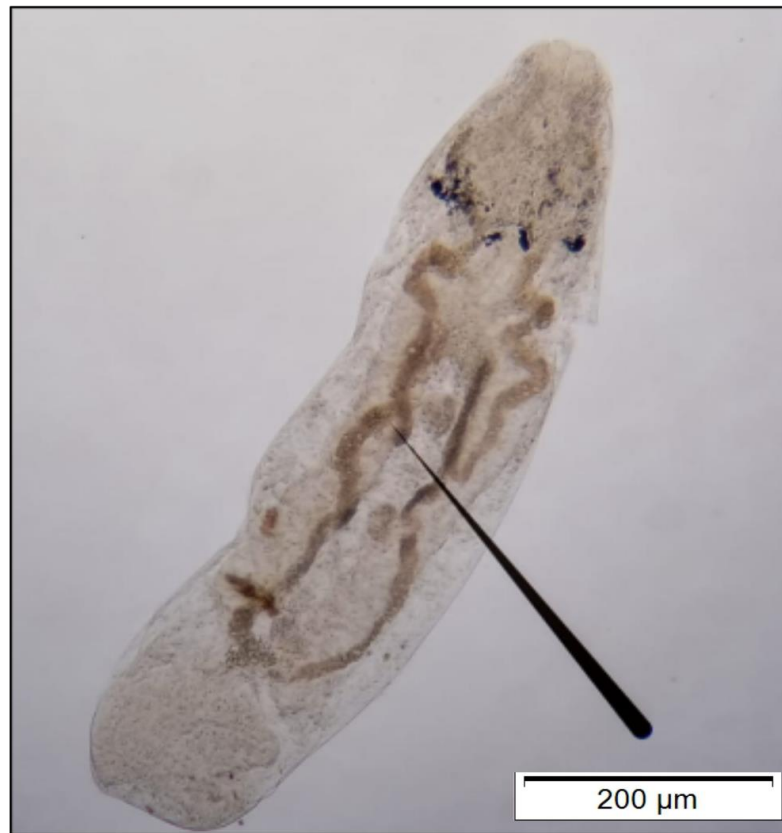


Figura 16 - Digenea sp.1. Elaborada pela autora (2022).

Trematoda Rudolphi, 1808

Digenea van Beneden, 1858

Digenea sp. 2

(Figura 19)

Local de infecção: Intestino

Descrição: Baseado em 10 espécime montados em Bálsamo do Canadá: Corpo oval-alongado, afilado anteriormente com 709,7 (599,9-901) de comprimento e 205,4 (106,7-391,1) de largura. Largura máxima no meio do corpo. Acetábulo com 86,9 (50,2-120,2) de comprimento, com incisura póstero-medial. Abertura oral terminal. Faringe pequena. Esôfago estreito. Ceco bastante reto. Ovos numerosos, aparentemente grandes em relação ao tamanho do corpo. Folículos vitelinos em dois campos laterais estendendo-se desde logo posterior até o nível do testículo posterior para além das extremidades cecais, quase ao nível de acetábulo.

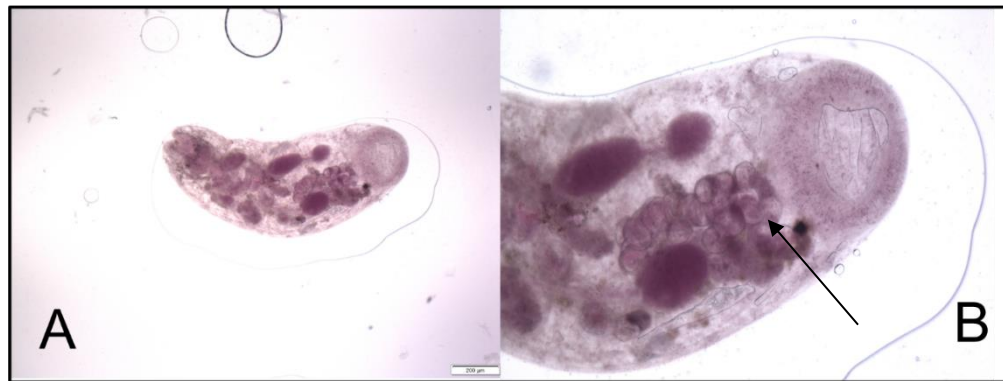


Figura 17 - *Digenea* sp.2 A) Corpo inteiro B) Ovos. Elaborada pela autora (2022).

Anisakidae Railliet and Henry, 1912
***Raphidascaris* Railliet and Henry, 1915**
***Raphidascaris* sp.**

(Figura 20)

Local de infestação: Intestino

Descrição: Baseada em 10 espécimes montados em Ácido Lático. Corpo fusiforme com cutícula lisa e esbranquiçado com 2597,53 (821,2-4997,5) de comprimento e 118,7 (50,7-232,1) de largura. Lábios bem desenvolvidos. Polpa dos lábios com processos redondos anteriores. Abertura da boca triangular. Pequena elevação cuticular presente na base dos lábios. Esôfago expandido em sua metade posterior. Ventrículo mais curto do que largo. Poro excretor situado posterior ao nível do anel nervoso com 57,1 (39,3-74,2) de comprimento. Cauda de ambos os sexos cônica. Espícula bem desenvolvida com 76,7 (51,2-99,9) de comprimento.

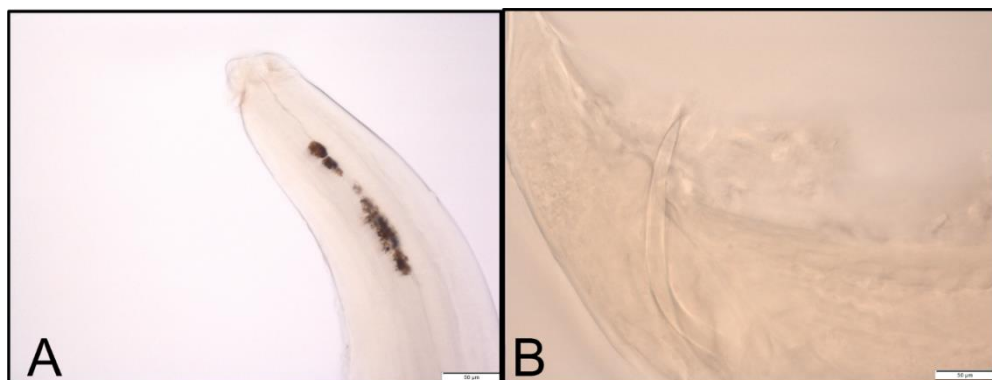


Figura 18 - *Raphidascaris* sp. A) Região anterior B) Espícula. Elaborada pela autora (2022).

Oxyurida Railliet, 1916
Oxyuroidea Railliet, 1916
Pharyngodonidae Travassos, 1919
***Spinoxyuris* Petter, 1994**
***Spinoxyuris* sp. Petter, 1994.**
(Figura 21)

Local de infecção: Intestino e Estômago

Descrição: Baseada em 10 espécimes montados em Ácido Lático. Corpo pequeno e fusiforme com 17939 (1521,9-1935) de comprimento e 143,4 (126-196,4) de largura com cutícula estriada transversalmente. Lateral alada em ambos os sexos, terminando com uma cauda longa e afilada com 103,5 (77,1-255) de comprimento. Cavidade bucal circundadas por pequenas lamelas membranosas orais. Esôfago constituído por corpo cilíndrico, istmo curto e bulbo com 85,1 (59,6-96,1) de comprimento com aparelho esclerotizado. Poro excretor posterior ao bulbo esofágico com 39,2 (37,6-40,5 n=8) de comprimento. Ovos presentes e alongados com 71,6 (66-90,3) de comprimento e 32 (22,2-41) de largura (n=9).

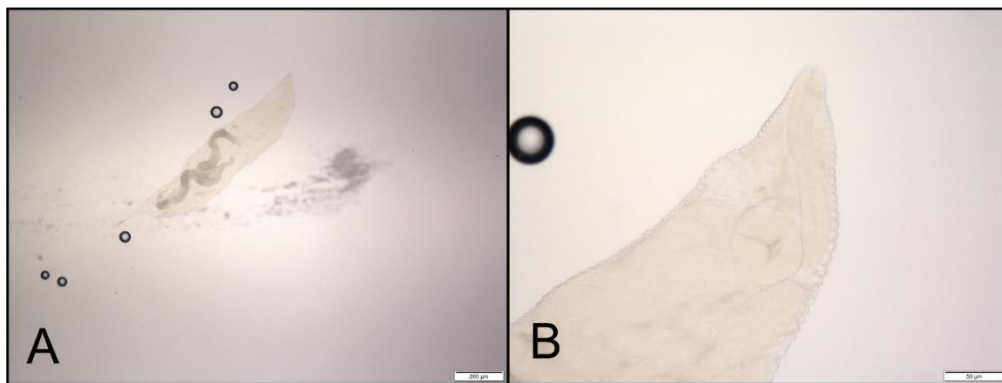


Figura 19 - *Spinoxyuris* sp. A) Corpo B) Região anterior. Elaborada pela autora (2022).

4. ANÁLISE DOS DADOS

A análise de similaridade utilizando os índices de Jaccard e Bray-Curtis foram realizadas para verificar a diferença na composição e abundância entre as comunidades parasitárias das espécies hospedeira nas duas áreas de estudo, partindo do princípio que o RBSH é uma área com um certo grau de conservação e o RRSFF é uma área antropizada. Com a

análise da similaridade (Figura 22) das infracomunidades de *S. maculatus* e *S. marginatus* foi possível realizar um dendrograma mostrando o agrupamento entre os pontos de coleta.

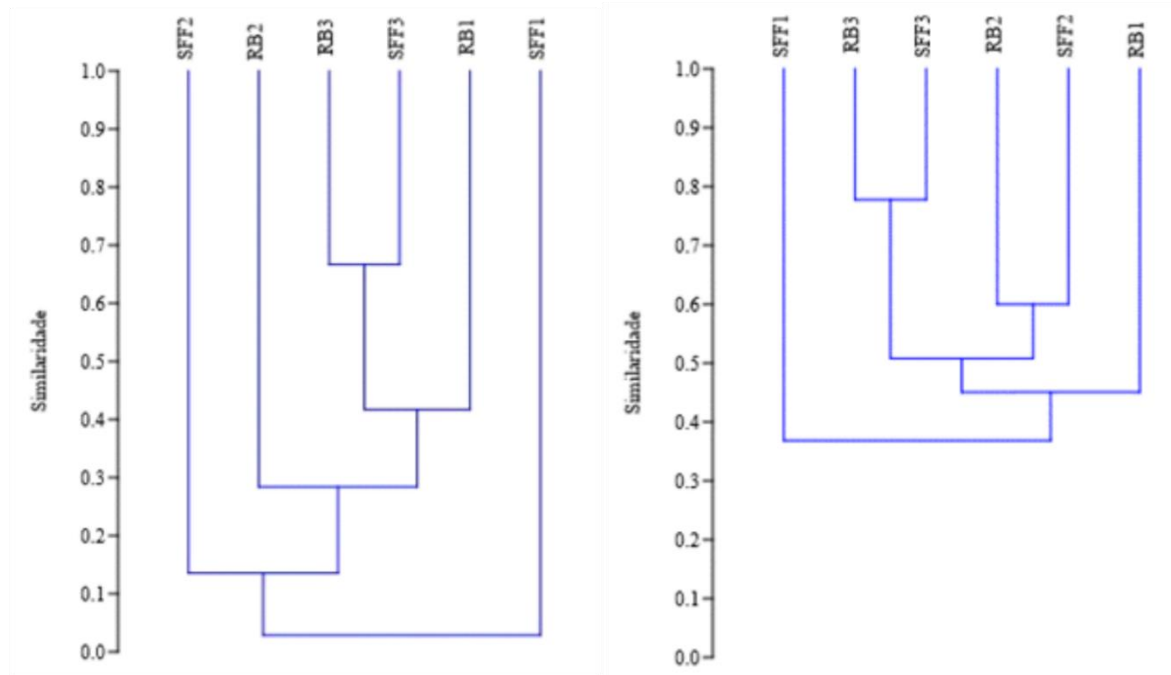


Figura 20- Dendrograma mostrando a similaridade da abundância entre as comunidades parasitárias das espécies hospedeiras *Serrasalmus maculatus* (esquerda) e *Serrasalmus marginatus* (direita) conforme medida de similaridade de Jaccard (Algorithm Paired group Coph. corr.: 0,9383) para os gradientes ambientais selecionados na área de influência do Refúgio Biológico de Santa Helena.

A análise de similaridade de Jaccard em *S. maculatus* separou em cinco grandes grupos, mostrando que os pontos de coleta mais similares (acima de 0,6) foram RB3 e SFF3, ambos pontos caracterizados com lânticos. Já em *S. maculatus* o índice de Jaccard separou os pontos em quatro grandes grupos, dentre eles, dois grupos foram apontados com similaridades altas, que são RB3 e SFF3 (ambos ambientes lânticos) e RB2 e SFF2 (semilântico e lótico, respectivamente). O ponto SFF1 ficou separado na análise de ambos os hospedeiros, o que já era esperado pois esse ponto em específico se caracteriza como uma área de transição entre o RBSH e RRSFF. Algo similar é visualizado no ponto RB1 que é um ponto de transição entre o ambiente aquático e terrestre, que acaba sendo mais complexo que os demais pontos. “O índice de Jaccard varia de zero a um, onde zero representa pontos sem nenhuma similaridade, e um, áreas completamente similares” (PAGLIARINI, 2019).

Quando considerado o índice de similaridade de Bray-Curtis, podemos perceber que a similaridade entre as abundâncias das espécies de parasitas são relativamente diferentes entre os dois hospedeiros. Quando analisamos a infrapopulação (Figura 23) de *S. maculatus* percebemos que a similaridade das abundâncias entre os pontos de coleta é fraca (abaixo de 0,4). Porém, quando analisado o índice para *S. marginatus*, percebemos que as similaridades são diferentes de *S. maculatus*. Em *S. marginatus* a maior similaridade na abundancia de espécies foi entre os pontos SFF1 e SFF2 e entre RB3 e SFF3 (ambas acima de 0,6).

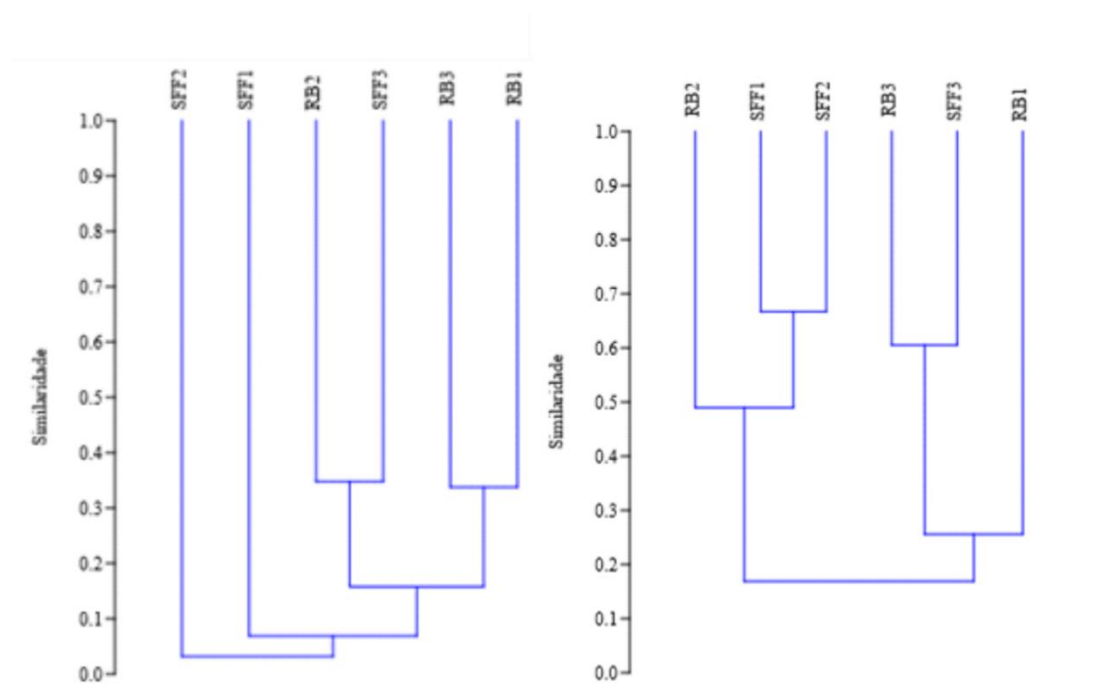


Figura 21 - Dendrograma mostrando similaridade entre as comunidades parasitárias das espécies hospedeiras de *Serrasalmus maculatus* (esquerda) e *Serrasalmus marginatus* (direita), conforme medida de similaridade de Bray-Curtis para os gradientes ambientais selecionados na área de influência do Refúgio Biológico de Santa Helena.

Através da análise da curva do coletor, *S. marginatus* e *S. maculatus* (Figuras 24 e 25 respectivamente), que unificou todas as áreas estudadas, é possível observar que em *S. marginatus* foi coletado, provavelmente, um número de espécies parasitas muito próximo do real, pois a partir da sexta amostra encontrada a curva começou a estabilizar.

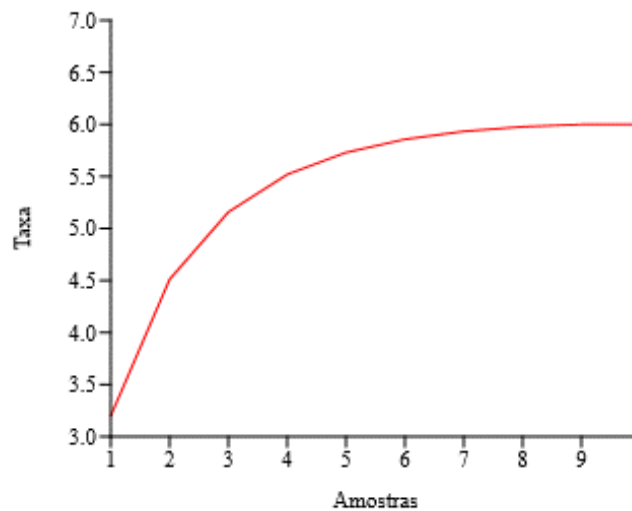


Figura 22 - Curva do coletor de espécies parasitas coletadas em *Serrasalmus marginatus* na área de influência do Refúgio Biológico Santa Helena e Rio São Francisco Falso.

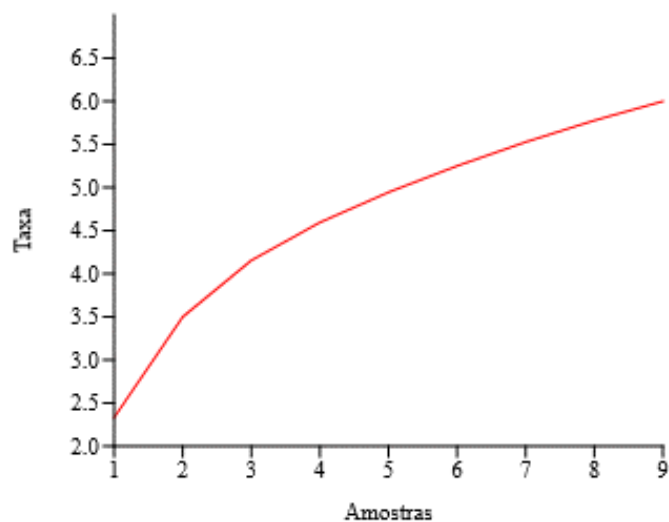


Figura 23 - Curva do coletor de espécies parasitas coletadas em *Serrasalmus maculatus* na área de influência do Refúgio Biológico Santa Helena e Rio São Francisco Falso.

Para testar a hipótese de que as comunidades componentes dos parasitas em seus hospedeiros são diferentes nas duas áreas de amostragem (RBSH – preservado e SFF - antropizado). A análise da comunidade componente de parasitas de *S. maculatus* entre os dois pontos apontou uma distribuição não normal ($p=0,001$), sendo assim, foi aplicado teste U de Mann-Whitney, que indicou o valor de $p=0,13$. Este resultado, indica que não há evidências suficientes para concluir que a diferença entre as abundâncias das áreas RBSH e RFFS são estatisticamente significativas. Para testar a hipótese em *S. marginatus*, também foi usado o teste de Mann-

Whitney que indicou um valor de $p=0,48$, onde também pode-se concluir que não há evidências suficientes para dizer que a diferença entre as comunidades componentes das áreas RBSH e SFF são estatisticamente significativas.

Foram calculados o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para ambas as comunidades componentes em todos os pontos amostrados dos dois hospedeiros. Este índice demonstrou que para todos os pontos de estudos onde foram coletados indivíduos de *S. maculatus* e *S. marginatus*, o ponto RB1 foi o que apresentou maior diversidade tanto em *S. maculatus* ($H'=1.47$) quanto em *S. marginatus* ($H'=1.27$).

Quando realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para a abundância dos dois hospedeiros estudados, foi verificado que os valores em cada ponto de coleta em sua maioria são menores que 0,05. O que demonstra que os dados seguem um padrão não-normal. Sendo assim, o teste de Kruskal-Wallis foi realizado. Com o teste de Kruskal-Wallis, foi detectado que há uma diferença estatisticamente significativa entre as dos pontos de coleta, tanto para *S. maculatus* ($p=0,01$) quanto para *S. marginatus* ($p=0,02$).

5. Estrutura das comunidades componentes de helmintos

Dos 50 espécimes de *S. marginatus* necropsiados, 41 estavam parasitados por pelo menos uma espécie de helminto. No total, 796 espécimes foram coletados, destes, 691 endoparasitas e 105 ectoparasitas (Figura 26). A abundância média total foi de 15,2 espécimes/hospedeiro enquanto a intensidade média total foi de 19,9 espécimes/hospedeiro parasitado. Entre os 50 espécimes de *S. maculatus* necropsiados, 39 estavam parasitadas por pelo menos uma espécie de helminto, ao total foram coletados 1.070 espécimes, dos quais 951 são endoparasitas e 119 são ectoparasitas (Figura 27). A abundância média total foi de 21,4 espécimes/hospedeiro e a intensidade média foi de 27,4 espécimes/hospedeiro parasitado.

Quanto à contribuição de cada grupo de helmintos, no total de parasitas encontrados, observou-se que: das 10 espécies encontradas em *S. marginatus*, seis eram endoparasitas e quatro eram ectoparasitas, em *S. maculatus* observou-se que das nove espécies encontradas, quatro eram endoparasitas e cinco ectoparasitas.

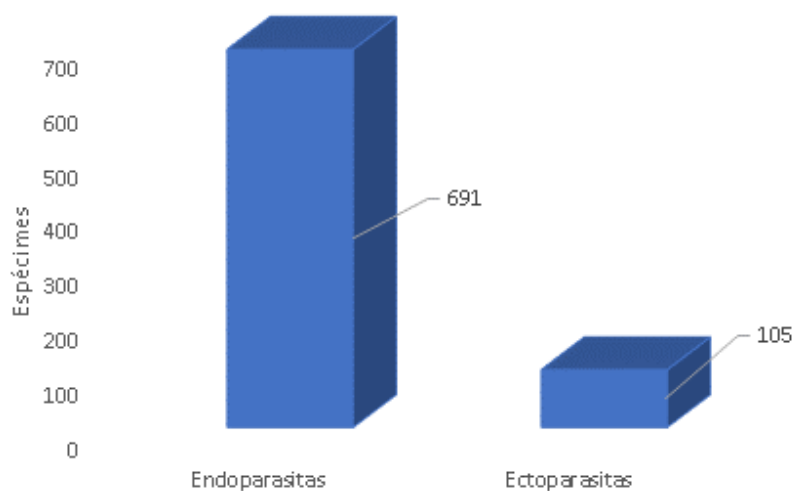


Figura 24 – Abundância de ectoparasitas e endoparasitas de *Serrasalmus marginatus* da área de influência do Refúgio Biológico, Santa Helena Paraná, Brasil. Elaborado pela própria autora (2022).

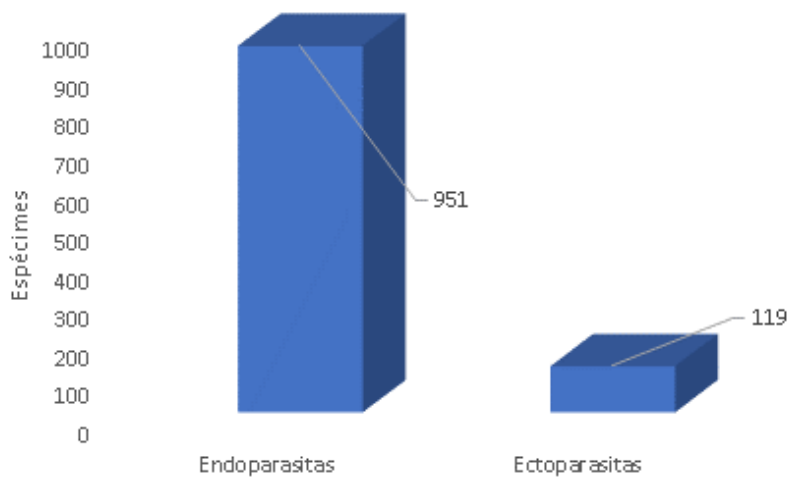


Figura 25 – Abundância de ectoparasitas e endoparasitas de *Serrasalmus maculatus* do Refúgio Biológico Santa Helena Paraná, Brasil. Elaborado pela própria autora (2022).

6. DISCUSSÃO

Com a análise da helmintofauna de *S. marginatus* foram registradas 10 taxa de parasitas, nos quais quatro são monogenéticos, três digenéticos e três nematoides. Em *S. maculatus* foram registrados nove taxa de parasitas, nos quais três são monogenéticos, um digenético e três nematoides.

Nesse estudo, em relação à estrutura das comunidades componentes dos helmintos parasitas, observou-se que das seis espécies de endoparasitas registradas, quatro apresentaram prevalência maior que 10%. Por exemplo, *A. compactum* e *Spinoxyuris* sp. apresentaram uma alta prevalência nos dois hospedeiros, sendo em *S. marginatus* 30% e 28% respectivamente, e em *S. maculatus* ambas com 28%. Por outro lado, a maioria das espécies de helmintos apresentou prevalência abaixo de 8%.

As metacercárias de *A. compactum* foram registradas pela primeira vez em *P. squamosissimus* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu por KOHN *et al.* (1995). De acordo com PAES *et al.* (2003) e YAMADA *et al.* (2008) “a distribuição geográfica de *A. compactum* é ampla”.

Na revisão feita por LEHUN *et al.* (2020) “na planície de inundação do Alto rio Paraná, *A. compactum* é apontada nas espécies: *Acestrorhynchus lacustris*, *Auchenipterus osteomystax*, *Cichla kelberi*, *Crenicichla britskii*, *Geophagus sveni*, *Hoplias* spp., *Hypostomus regani*, *Loricariichthys platymetopon*, *Pimelodus ornatus*, *Plagioscion squamosissimus*, *Prochilodus lineatus*, *Pterygoplichthys ambrosettii*, *Satanoperca* sp. e *Schizodon borellii*”.

No presente estudo, a metacercária de *A. compactum* é considerado como um novo registro na região de influência do RBSH. Isso também ocorreu nos estudos de YAMADA *et al.* (2008), onde foi apontado “o primeiro registro de *A. compactum* em *S. maculatus* do reservatório de Rosana, rio Paranapanema”. MACHADO *et al.* (2005) e KOHN *et al.* (2011), relataram “altas prevalências nesses hospedeiros”.

Em relação às duas espécies de digenéticos encontradas, não foi possível chegar a um gênero/espécie específico, devido à complexidade de identificação desse grupo. Provavelmente, *Digenea* sp.2 seja uma espécie nova, no entanto, com a revisão de literatura realizada, não foi possível encontrar informações que indicassem o contrário.

A classe Monogenea apresentou a maior riqueza entre os grupos de parasitas, “por consequência do seu ciclo de vida monoxeno e sua facilidade de transmissão entre os hospedeiros” (PAVANELLI *et al.* 2008). Com exceção dos indivíduos do gênero *Rhinoxenus*,

foram bastante frequentes, porém pouco abundantes, com intensidades médias de no máximo quatro espécimes/hospedeiro parasitado tanto em *S. maculatus* como em *S. marginatus*. “Os monogenéticos, diferente dos digenéticos e nematoides não são transmissíveis pela via trófica ou independem da transmissão pela via trófica e hospedeiros intermediários para concluir o ciclo de vida” (THATCHER, 2006).

Dentre os monogenéticos, os gêneros mais representativos neste estudo foram *Anacanthorus* e *Rhinoxenus*. Segundo MOREIRA *et al.* (2019) “existem atualmente 73 espécies de *Anacanthorus*, a maioria (36 espécies) foi descrita parasitando brânquias de membros da família Serrasalmidae. Além do gênero *Anacanthorus*, para os serrasalmídeos são conhecidos outros 14 gêneros monogenéticos”.

O monogenético *Rhinoxenus* sp. foi muito abundante nos dois hospedeiros apresentando 7,4 espécimes/hospedeiro em *S. maculatus* e 8 espécimes/hospedeiro em *S. marginatus*. O gênero *Rhinoxenus* foi proposto por KRITSKY, THATCHER & BOEGER, (1988) “afim de acomodar monogenéticos parasitas da cavidade nasal de peixes da ordem Characiformes da região Neotropical” (DOMINGUES & BOEGER 2005). “*Rhinoxenus piranhus*, a espécie-tipo do gênero” (KRITSKY *et al.* 1998), foi descrito em *Pygocentrus nattereri* Kner, 1858 da bacia do rio Amazonas. “Posteriormente, foi registrado em *S. maculatus* e *S. marginatus* na bacia do rio Paraná “(DOMINGUES & BOEGER 2005, ROSSIN *et al.* 2017).

A espécie *K. annakohnae* foi registrado nesse estudo em *S. maculatus*, esse monogenético foi descrito por BOEGER, TANAKA & PAVANELLI (2001) em ambos hospedeiros na região do Alto rio Paraná.

Em relação aos Nematodeos, os dois hospedeiros estavam parasitados pelas mesmas três espécies, tanto no RBSH quanto no RSFF, *Raphidascaaris* sp., *P. (S.) inopinatus* e *Spinoxyuris* sp. A espécie *Spinoxyuris* sp. é apontada nesse estudo como primeiro registro em *S. maculatus* e *S. marginatus*. “Os nematódeos oxiurídeos têm ciclo monóxeno” (MORAVEC & THATCHER, 2001; MORAVEC & LAOPRASERT, 2008) onde todo o desenvolvimento ocorre em apenas um hospedeiro. No presente estudo, indivíduos de *Spinoxyuris* sp. foram encontrados no intestino de *S. marginatus* e *S. maculatus*. Até então só haviam sido registrados em *Metynnis lippincottianus* e em *Ageneiosus inermis*, como apontam TAKEMOTO *et al.* (2009) e LEHUN *et al.* (2020). E também em *Metynnis hypsauchen* no Rio Jari, Amazônia Brasileira (OLIVEIRA *et al.* 2015) e *Myleus ternetzi* no rio Sinnamary da Guiana Francesa

(MORAVEC & THATCHER, 2001). “Esses registros mostram que existe uma estreita associação parasita-hospedeiro possivelmente relacionada ao ciclo de vida direto deste helminto” (ALMEIDA-BERTO, 2018). Já *P. (S) inopinatus* possui diversos registros para os dois hospedeiros aqui estudados como para tantos outros hospedeiros como *M. lippincottianus*, e diversas espécies do gênero *Leporinus* na região, sendo um helminto com um grau de especificidade baixo.

O gênero *Raphidascaaris* é o primeiro registro para as espécies hospedeiras do presente estudo. De acordo com THATCHER (2006) “esse gênero de nematoide é comum no trato digestivo de peixes ciclideos. Na região do Alto rio Paraná, ele ocorre em peixes das espécies *G. brasiliensis*, *G. sveni*, *Loricaria* sp., *Loricariichthys platymetopon*, *Loricariichthys rostratus*, *M.s lippincottianus*”.

A similaridade de Jaccard demonstrou que as comunidades componentes tanto de *S. maculatus* quanto *S. marginatus* estão diferenciadas em grupos distintos. Embora não seja possível constatar com os nossos dados, as características dos ambientes lânticos e lóticos podem ter influenciado nesse agrupamento, uma vez que apresentam características físico-químicas diferentes entre os gradientes ambientais.

As comunidades componentes parasitárias observadas em piranhas, *S. maculatus* e *S. marginatus*, apresentaram características em comum. Foram constituídas, predominantemente, por espécimes endoparasitas e com altas prevalências. Os helmintos *A. compactum* e *Spinoxyuris* sp. foram as espécies dominantes em ambos os hospedeiros. Ambas as comunidades componentes não foram influenciadas pelo comprimento padrão dos hospedeiros.

“O conceito de especificidade hospedeiro-parasita é um foco frequente de livros didáticos, e extensas pesquisas sobre parasitas levantaram muitas hipóteses sobre o que pode controlar esse fenômeno. A especificidade parasitária é a restrição ou exclusividade da ocorrência de uma determinada espécie de parasita em uma ou mais espécies hospedeiras” (LLEWELLYN, 1982).

“Compreender as possíveis maneiras pelas quais as associações parasita-hospedeiro evoluíram é fundamental para distinguir quais características do hospedeiro ou parasita provavelmente vão afetar a especificidade do hospedeiro-parasita” (Poulin, 1992).

A restrição de parasitas a uma espécie hospedeira específica ou grupo de espécies hospedeiras é comum, essa restrição ou especificidade pode ser dinâmica e influenciada por diversas variáveis, como idade do parasita, idade do hospedeiro, sexo do hospedeiro e presença

ou ausência de outras espécies de parasitas, no entanto, não existe uma espécie de parasita universal capaz de infectar todas as espécies hospedeiras disponíveis no ambiente (Whittington, 2000).

Com esse estudo foi possível realizar a comparação e caracterização dos helmintos parasitas das duas espécies hospedeiras aqui analisadas, tanto no Baixo Rio São Francisco Falso como no Refúgio Biológico Santa Helena. Também pode-se apontar que não existem diferenças nas infrapopulações dessas espécies em ambos os locais de coleta.

7. CONCLUSÕES

Esse estudo, além de abordar questões morfológicas e levantamento de espécies parasitas, buscou também caracterizar a comunidade componente de parasitas presentes em piranhas coletadas no RBSH e RRSFF. Foi aqui registrado pela primeira vez indivíduos do gênero *Spinoxyuris*, *Raphidascaris* e *A. compactum* parasitando *S. marginatus* e *S. maculatus* na área de influência do RBSH. Além disso, duas espécies aqui relatadas podem ser novas (*Digenea* sp.1 e sp.2), as identificações continuarão além desse trabalho. Esse é o primeiro trabalho a estudar e comparar as comunidades componentes de parasitas dessas duas espécies de piranhas nessa área, contribuindo e aumentando o conhecimento da distribuição geográfica e fornecendo uma lista de helmintos parasitas de peixes que ocorrem em uma Unidade de Conservação ainda pouco estudada.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, A.; SMIT, N.J.; DA SILVA, R.J. Diversity of helminth parasites of eight siluriform fishes from the Aguapeí River, upper Paraná basin, São Paulo state, Brazil. **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, v. 11, p. 120-128, 2020.
- ALMEIDA-BERTO, M.F.C; MONTEIRO, C.M, BRASIL-SATO, M.C. Parasitic helminths of the non-native serrasalmid fish *Metynnis lippincottianus* from the Três Marias Reservoir, Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 27, p. 289-294, 2018.
- AMATO, J. F. R., BOEGER, W. A. & AMATO, S. B. 1991, Protocolo para Laboratório – Coleta e Processamento de Parasitos de Pescado. J. F. R. Amato (ed.), Universidade Rural do Rio de Janeiro, 78p.
- ANDERSON, R. M. The regulation of host population growth by parasitic species. **Parasitology**, v. 76, n. 2, p. 119-157, 1978.
- ANDERSON, M.; MAY, M. Coevolution of hosts and parasites. **Parasitology**, v. 85, n. 2, p. 411-426, 1982.
- ANDERSON, Roy M.; MAY, Robert M. Regulation and stability of host-parasite population interactions: I. Regulatory processes. **The journal of animal ecology**, p. 219-247, 1978.
- VILLARES, Gilberto; MULLER GOMIERO, Leandro; GOITEIN, Roberto. Feeding of *Serrasalmus maculatus* (Kner, 1858) (Characiformes; Serrasalmidae) in the Sorocaba River, São Paulo State, Brazil. **Acta Sci. Biol. Sci.**, p. 267-273, 2008.
- BIRINDELLI, J.L.O. & SIDLAUSKAS, B.L. (2018) Preface: how far has Neotropical ichthyology progressed in twenty years? **Neotropical Ichthyology**, 16 (3), e180128.
- BOEGER, Walter A.; TANAKA, Lucia K.; PAVANELLI, Gilberto C. Neotropical Monogenoidea. 39: a new species of *Kritskyia* (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae) from the ureters and urinary bladder of *Serrasalmus marginatus* and *S. spilopleura* (Characiformes, Serrasalmidae) from southern Brazil with an emended generic diagnosis. **ZOOSYSTEMA-PARIS-**, v. 23, n. 1, p. 5-10, 2001.
- BUSH et al., 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. **Revisited**. **The Journal of parasitology**, 575-583.
- CARAMELLO, Luhan Eduardo et al. *Anacanthorus* sp. *E. notothecium deleastoideum* (monogenea: dactylogyridae) parasitando *Serrasalmus maculatus* kner, 1858 (characiformes; serrasalmidae) coletado no rio do peixe, estado de são paulo, brasil. **Periódico Eletrônico**

Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 7, n. 12, 2011.

CASALI, Guilherme Pomaro; TAKEMOTO, Ricardo Massato. Endoparasitic fauna of *Serrasalmus* spp. (Characidae: Serrasalminae) in a neotropical floodplain. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 38, n. 1, p. 105-112, 2016.

COHEN, Simone C.; KOHN, Anna. South American Monogenea list of species, hosts and geographical distribution from 1997 to 2008. **Zootaxa**, v. 1924, n. 1, p. 1-42, 2008.

S. C. Cohen M. C. N. Justo and A. Kohn 2013. South American Monogenoidea Parasites of Fishes, Amphibians and Reptiles. **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**. Oficina de Livros, Rio de Janeiro, Brazil. 663 pp.

DOGIEL, V. A. Ecology of the parasites of freshwater fishes. **Parasitology of fishes**, v. 8, p. 1-47, 1961.

DOMINGUES MV AND BOEGER WA. 2005. Neotropical Monogenoidea. 47. Phylogeny and coevolution of species of *Rhinoxenus* (Platyhelminthes, Monogenoidea, Dactylogyridae) and their Characiformes hosts (Teleostei, Ostariophysi) with description of four new species. **Zoosystema** 27(3): 441-467

EIRAS, J.C.; Takemoto, R.M.; Pavanelli, G.C. 2006. Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. 2ª Ed. **Eduem, Maringá**. 199 pp.

FROESE, R. & Pauly, D. (2019) Fishbase. Available from: <http://www.fishbase.org> (accessed 13 January 2020) Frota, A., Deprá, G.C., Petenucci, L.M. & Graça, W.J. (2016) Inventory of the fish fauna from Ivaí River basin, Paraná State, Brazil. **Biota Neotropica**, 16 (3), e20150151.

GALLI, P. Et al. Water quality as a determinant of the composition of fish parasite communities. **Hydrobiologia**, v. 452, n. 1, p. 173-179, 2001.

GIÃO, Thayana et al. Biodiversity of parasites found in the trahira, *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794), collected in the Batalha River, Tietê-Batalha drainage basin, SP, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020.

HAMMER, Øyvind et al. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

JÉGU M, dos Santos GM. Mise au point à propos de *Serrasalmus spilopleura* Kner, 1858 et réhabilitation de *S. Maculatus* Kner, 1858 (Characidae: Serrasalminae). **Cybium**. 2001; 25(2):119-43.

KLIVER, S. M. Plano de manejo Área de Relevante Interesse Ecológico Santa Helena ARIE-SH Refúgio Biológico Santa Helena RBSH. Santa Helena: **Nattural Engenharia Ambiental**,

2010.

KOHN A., B.M.M. Fernandes and M.F.D. Baptista-Farias. 1995. Metacercariae of *Diplostomum* (*Austrodiplostomum*) *compactum* (Trematoda, Diplostomidae) in the eyes of *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Sciaenidae) from the reservoir of the Hydroelectric Power Station of Itaipu, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 90: 341-344.

KOHN, A. et al. Helminths of freshwater fishes in the reservoir of the Hydroelectric Power Station of Itaipu, Paraná, Brazil. **Check List**, v. 7, n. 5, p. 681–690, 2011.

KRITSKY DC, BOEGER WA AND THATCHER VE. 1998. Neotropical Monogenea. 11. *Rhinoxenus*, new genus (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae) with descriptions of three new species from the nasal cavities of Amazonian Characoidea **Proc Biol Soc Wash** 101: 87-94.

KRITSKY, DELANE C. Neotropical Monogenoidea. 29. Ancyrocephalinae (Dactylogyridae) of piranha and their relatives (Teleostei, Serrasalminidae) from Brazil: Species of *Amphithecium* Boeger and Kritsky, 1988, *Heterothecium* gen. n. and *Pithanothecium* gen. n. **Journal-Helminthological Society Washington**, v. 64, p. 25-54, 1997.

LEHUN, Atsler Luana et al. Checklist of parasites in fish from the upper Paraná River floodplain: An update. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 29, 2020.

LIMA, Elvis Silva; OLIVEIRA, Marcos Sidney Brito; TAVARES-DIAS, Marcos. Diversity and community ecology of metazoan parasites in *Pimelodus ornatus* (Siluriformes: Pimelodidae) from the Amazonas River in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 30, 2021.

LLEWELLYN, J. Host-specificity and corresponding evolution in Monogenean flatworms and vertebrates. **Mémoires de Musée National d'Histoire Naturelle, Serie A Zoologie**. v. 123, p. 289-293. 1982.

LUQUE, J. L.; POULIN, R. Metazoan parasite species richness in Neotropical fishes: hotspots and the geography of biodiversity. **Parasitology**, v. 134, n. 6, p. 865-878, 2007.

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, n. 6, p. 436-444, 2005.

MAY, Robert M.; ANDERSON, Roy M. Population biology of infectious diseases: Part II. **Nature**, v. 280, n. 5722, p. 455-461, 1979.

MAY, Robert M.; ANDERSON, Roy M. Regulation and stability of host-parasite population

interactions: II. Destabilizing processes. **The Journal of Animal Ecology**, p. 249-267, 1978.

MORAVEC F, Laoprasert T. Redescription of *Ichthyouris bursata* Moravec & Prouza, 1995 (Nematoda: Pharyngodonidae), a parasite of wild and aquarium-reared discus *Symphysodon* spp. (Osteichthyes). **Syst Parasitol** 2008; 71(2): 137-143. <http://dx.doi.org/10.1007/s11230-008-9144-8>. PMID:18716901.

MORAVEC F, Thatcher VE. New oxyuroid nematodes of the genera *Ichthyouris* and *Spinoxyuris* from South American freshwater fishes. **Folia Parasitol** 2001; 48(4): 311-320.

MOREIRA, Juliana et al. new species and records of *Anacanthorus* (Monogenea: Dactylogyridae) parasitizing serrasalmid fish (Characiformes) from Brazil, including molecular data. **Acta parasitologica**, v. 64, n. 3, p. 449-455, 2019.

NEGRELLI, Débora C. Et al. Qualitative and quantitative study of parasites of *Pimelodus maculatus* and *Rhamdia quelen* from the Jacaré-Pepira River, state of São Paulo, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, 2021.

OLIVEIRA MSB, Gonçalves RA, Neves LR, Tavares-Dias M. Parasitic endohelminths of *Metynnis hypsauchen* (Characidae) from Jari River basin, Brazilian Amazon. **Neotrop Helminthol** 2015; 9(2): 235-242.

OLIVEIRA, M S B; CORRÊA, L L; FERREIRA, D O; TAVARES-DIAS, M. Larvas de nematoides de potencial zoonótico infectando peixes carnívoros do baixo Rio Jari, no Norte do Brasil. **Biota Amazônia**, v. 9, n. 4, p. 50–52, 2019.

PAES, J.V.K.; SANTOS, K.R.; CARVALHO, E.D.; SILVA, R.J. Ocorrência de metacercária de *Diplostomum compactum* (Trematoda, Diplostomidae) parasitando *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Sciaenidae) proveniente do reservatório de Nova Avanhandava, Biritama, São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 70, supl. 3, p. 383-387, 2003.

PAGLIARINI, Cibele Diogo. Dieta, aspectos metabólicos e parasitológicos de *Oreochromis niloticus* cultivados e silvestres, no reservatório de Ilha Solteira, rio Grande, SP. 2019.

PAVANELLI, Gilberto C. Et al. Fauna Parasitária de Peixes da Planície Alagável do Alto Rio Paraná, Brasil. **Universidade Estadual de Maringá**, p. 161-163, 2002.

POULIN R & MORAND S. 2004. Parasite Biodiversity. Washington: **Smithsonian Institution Books**, 1a ed., 216 p.

POULIN, Robert. The rise of ecological parasitology: twelve landmark advances that changed its history. **International Journal for Parasitology**, 2021.

POULIN, R. *Determinants of host-specificity in parasites of freshwater fishes*. **International**

Journal for Parasitology, 22(6), 753–758, 1992.

RAMOS, I. P., Franceschini, L., Zago, A. C., Zica, É. D. O. P., Wunderlich, A. C.,

REIS, R.E., Albert, J.S., Di Dario, F., Mincarone, M.M., Petry, P. & Rocha, L.A. (2016) Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, 89 (1), 12–47.

REIS, Renan Borges et al. Freshwater fishes from Paraná State, Brazil: an annotated list, with comments on biogeographic patterns, threats, and future perspectives. **Zootaxa**, v. 4868, n. 4, p. 451-494, 2020.

RODRIGUES AC, Santana HS, Baumgartner MT, Gomes LC. Coexistence between native and nonnative species: the invasion process and adjustments in distribution through time for congeneric piranhas in a Neotropical floodplain. **Hydrobiologia**. 2018; 817(1):279-91. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3541-z>

RODRIGUES, Amanda Cantarute et al. Adjustments in population and reproductive dynamics of native and non-native congeneric species during 26 years after invasion. **Neotropical Ichthyology**, v. 19, 2021.

RULL, Valentí. Neotropical biodiversity: timing and potential drivers. **Trends in ecology & evolution**, v. 26, n. 10, p. 508-513, 2011.

TAKEMOTO, R. M. et al. Diversity of parasites of fish from the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 691-705, 2009.

TANAKA, L. K. Aspectos ecológicos dos parasitos de *Serrasalmus marginatus* Valenciennes, 1847 e *Serrasalmus spilopleura* Kner, 1860 (Characiformes, Serrasalmidae) do rio Baía, planície de inundação do alto rio Paraná, MS. **Unpublished msc. Dissertation, Universidade Estadual de Maringá, Maringá**, 32p, 2000.

THATCHER, Vernon Everett. **Amazon fish parasites**. Pensoft Publishers, 2006.

VICENTIN, W. et al. Metazoan endoparasites of *Serrasalmus marginatus* (Characiformes: Serrasalminae) in the Negro River, Pantanal, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria**, v. 20, n. 1, p. 61–63, 2011

VIEIRA, K. R. I. et al. *Brevimulticaecum* sp. (Nematoda: Heterocheilidae) larvae parasitic in freshwater fish in the Pantanal wetland, Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 172, n. 3–4, p. 350–354, 2010.

VITULE, JRS, Skóra F, Abilhoa V. Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics. **Divers Distrib**. 2012; 18(2):111-20.

WENGRAT, Simone et al. Bacillariophyceae do Rio São Francisco Falso, município de Santa

Helena, Paraná, Brasil: Navicula. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 996-998, 2007.

WHITTINGTON, Ian D. et al. Host-specificity of monogenean (platyhelminth) parasites: a role for anterior adhesive areas? **International Journal for Parasitology**, v. 30, n. 3, p. 305-320, 2000.

YAMADA, Fábio Hideki et al. Novas ocorrências de metacercária de *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Platyhelminthes: Digenea) parasito de olhos de peixes da bacia do rio Paraná. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 17, p. 163-166, 2008.