



Universidade Federal do Amapá
Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical.
Mestrado e Doutorado
UNIFAP / EMBRAPA-AP / IEPA / CI-Brasil



WILLIAM FELIX BORGES

PARASITOS METAZOÁRIOS EM DUAS ESPÉCIES DE *Triportheus*
(CHARACIFORMES: TRIPORTHEIDAE) DO BAIXO RIO JARI, ESTADO
DO AMAPÁ, NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

MACAPÁ, AP

2021

WILLIAM FELIX BORGES

PARASITOS METAZOÁRIOS EM DUAS ESPÉCIES DE *Triportheus*
(CHARACIFORMES: TRIPORTHEIDAE) DO BAIXO RIO JARI, ESTADO DO AMAPÁ,
NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBio) da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Tavares Dias

MACAPÁ, AP

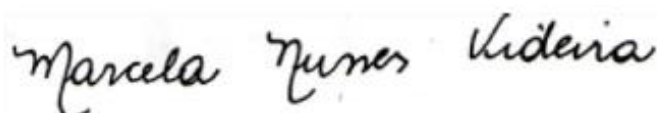
2021

WILLIAM FELIX BORGES

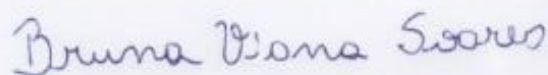
**Parasitos metazoários em duas espécies de *Triportheus*
(Characiformes: Triporthidae) do baixo Rio Jari, estado do Amapá,
na Amazônia brasileira**



Dr. Marcos Tavares Dias (Orientador)
(PPGBio/Embrapa Amapá)



Dra. Marcela Nunes Videira
Universidade do Estado do Amapá (UEAP)



Dra. Bruna Viana Soares
Diagro

Aprovado em 10 de junho de 2021.

Dedicado à minha família, por toda a paciência, determinação, perseverança, bom senso e união que eu tanto admiro, qualidades que estimulam intensamente o gozo pela vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus, por ter me dado energia, sabedoria e saúde para conseguir trilhar um caminho de muito sucesso durante todo o curso.

À Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBio), por proporcionar de forma seletiva e gratuita a formação científica em benefício da sociedade;

À Embrapa Amapá, por todo o aparato científico e estrutura disponíveis para o desenvolvimento da pesquisa, ao CNPq pelo financiamento do projeto e a CAPES pela concessão de bolsa durante o mestrado;

Ao Dr. Marcos Tavares-Dias que é um pai, por proporcionar todas as oportunidades científicas cedendo sua experiência intelectual desde a graduação até aqui com excelente trabalho de orientação, por sua paciência e por seu compromisso ímpar;

Ao MSc. Marcos Sidney Brito de Oliveira que tenho como irmão, pela contribuição técnica, logística e intelectual;

Aos integrantes da equipe que fez e faz ciência no Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos da Embrapa Amapá, pelo acolhimento e apoio, pessoal e científico, em especial MSc. Dayna Malheiros e Dr. Ligia Neves.

Aos professores do PPGBio, pela eficiência mesmo com tantas adversidades;

À toda a turma do PPGBio de 2019, em especial Odonei Moia de Almeida e Yuri Ian Carvalho Furtado por fazerem a ciência ser leve e divertida;

Agradeço a minha mãe Leni Felix Borges e irmãos Nayara Felix Borges, Nancylene Felix Borges, Wellison Felix Borges e Wellington Felix Borges que mesmo de longe sempre me apoiaram e sempre me ajudaram de alguma forma. Além disso, acreditaram na minha capacidade de buscar novos horizontes para ser uma pessoa mais capacitada.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para a minha carreira científica e realização deste trabalho.

PREFÁCIO

Esta dissertação segue o formato indicado pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade (PPGBio), que segue as normas do periódico Ecology. O trabalho possui um capítulo (artigo). O artigo tem como título “**Diversity of metazoan parasites in *Triportheus angulatus* and *Triportheus auritus* living in sympatry in the Brazilian Amazon**”, que segue as normas da Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, para o qual foi submetido.

RESUMO

Borges, William Felix. Parasitos metazoários em duas espécies de *Triportheus* (Characiformes: Triportheidae) do baixo Rio Jari, estado do Amapá, na Amazônia brasileira. Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2021

O objetivo do presente estudo foi comparar a diversidade e a estrutura da comunidade de parasitas metazoários em populações simpátricas de *Triportheus angulatus* e *Triportheus auritus* na bacia do Rio Jari, no leste da Amazônia brasileira. Bimestralmente, de janeiro a julho de 2020 foram coletados espécimes de *T. angulatus* e espécimes de *T. auritus* em áreas de margem de rio, igarapé e várzea próximas do Distrito de Jarilândia, municípios de Vitória do Jari (Estado do Amapá), região do baixo Rio Jari, Brasil. Todos os espécimes de *T. angulatus* e *T. auritus* examinados estavam infectados por *Anacanthorus furculus*, *Anacanthorus pithophallus*, Digenea gen. sp., *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus*, *Rhabdochona acuminata*, *Contracaecum* sp., *Ergasilus* sp. e Acarina gen. sp. Os parasitas apresentaram dispersão agregada, uniforme ou aleatória. A comunidade parasitária em *T. angulatus* e *T. auritus* apresentou similaridade de 78%. A diversidade e riqueza de espécies de parasitas foram maiores em *T. auritus* e houve diferenças nos níveis de infecção dos hospedeiros para algumas infracomunidades dos parasitas. *Phyllodistomum spatula* ocorreu apenas em *T. angulatus*, enquanto metacercaria de *Clinostomum marginatum* e Digenea gen. sp.2 ocorreu apenas em *T. auritus*. A riqueza de espécies dos parasitas foi influenciada pelo tamanho do hospedeiro, bem como pela abundância de algumas infracomunidades dos parasitas. Este foi o primeiro relato desses parasitas para *T. angulatus* e *T. auritus*, exceto para *P. (S.) inopinatus* e *Contracaecum* sp. para *T. angulatus*.

Palavras-chave: Bacia Amazônica, sardinhas, diversidade, similaridade

ABSTRACT

Borges, William Felix. Metazoan parasites in two species of *Triportheus* (Characiformes: Triportheidae) from the lower Jari River, state of Amapá, in the Brazilian Amazon. Graduate Program in Tropical Biodiversity. Federal University of Amapá, Macapá, 2021

The objective of the present study was to compare the diversity and community structure of metazoan parasites in sympatric populations of *Triportheus angulatus* and *Triportheus auritus* in the Jari River basin, in the eastern Brazilian Amazon. Bi-monthly, from January to July 2020, specimens of *T. angulatus* and specimens of *T. auritus* were collected in riverbank, igarapé and várzea areas near the Jarilândia District, municipalities of Vitória do Jari (State of Amapá), down the Jari River, Brazil. All the specimens of *T. angulatus* and *T. auritus* examined were infected by *Anacanthorus furculus*, *Anacanthorus pithophallus*, Digenea gen. sp., *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus*, *Rhabdochona acuminata*, *Contracaecum* sp., *Ergasilus* sp. and Acarina gen. sp. The parasites displayed aggregate, uniform or random dispersion. The parasite community in *T. angulatus* and *T. auritus* presented a similarity of 78%. The diversity and richness of parasite species were greater in *T. auritus* and there were differences in levels of host parasite infection for some infracommunities. *Phyllodistomum spatula* occurred only in *T. angulatus*, while metacercariates of *Clinostomum marginatum* and Digenea gen. sp.2 occurred only in *T. auritus*. The species richness of the parasites was influenced by host size, as well as the abundance of some parasite infracommunities. This was the first report of these parasites for *T. angulatus* and *T. auritus*, except for *P. (S.) inopinatus* and *Contracaecum* sp. for *T. angulatus*.

Keywords: Amazon basin, sardines, diversity, similarity.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá
Elaborada por Cristina Fernandes – CRB-2/1569

Borges, William Felix.

Parasitos metazoários em duas espécies de *Triportheus* (Characiformes: Triportheidae) do baixo Rio Jari, Estado do Amapá, na Amazônia brasileira. / William Felix Borges; orientador, Marcos Tavares Dias. – Macapá, 2021.
54 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical.

1. Peixes - Amazônia. 2. Peixes - Doenças. 3. Peixes - Parasitos. 4. Peixes de água doce. 5. Sardinha (Peixe). I. Dias, Marcos Tavares, orientador. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

597.098116 F992e
CDD. 22 ed.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	11
1.1. BACIA DO RIO JARI	13
1.2. <i>Triportheus angulatus</i> E <i>Triportheus auritus</i>: PEIXES-ALVO DESTE ESTUDO.....	14
1.3. COMUNIDADES E DIVERSIDADE DE PARASITOS EM PEIXES	16
1.4. ECOPARASITOLOGIA.....	18
1.5. PARASITOS METAZOÁRIOS EM <i>Triportheus angulatus</i> E <i>Triportheus auritus</i>	20
2. PROBLEMAS.....	22
3. HIPÓTESES	22
4. OBJETIVOS	23
4.1. GERAL	23
4.2. ESPECÍFICOS:.....	23
5. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	24
CAPÍTULO 1.....	34
DIVERSITY OF METAZOAN PARASITES IN <i>Triportheus angulatus</i> AND <i>Triportheus auritus</i> LIVING IN SYMPATRY IN THE BRAZILIAN AMAZON.....	34
6. CONCLUSÕES FINAIS.....	54
7. ANEXO	55

1. INTRODUÇÃO GERAL

A bacia amazônica possui mais de 6.000.000 km², produzindo cerca de 16% da descarga de água doce do mundo e detém a maior biodiversidade de água doce da Terra. Essa bacia possui cerca de 2.257 espécies de peixes, dos quais 1.248 são endêmicos para essa região, representando aproximadamente 15% dos peixes de água doce do mundo, descritos até agora. A maioria da ictiofauna amazônica possui distribuição de espécies de peixes altamente desigual, mas os padrões de diversidade dessa megafauna diversificada e os processos que geram esses padrões ainda não são compreendidos (Reis et al. 2016, Oberdorff et al. 2019, Jézéquel et al. 2020).

O sistema do Rio Amazonas é constituído por diversos tributários que possuem várias áreas inundáveis, planícies de inundações e florestas de várzeas. Essas áreas recebem periodicamente o aporte lateral desses rios, conforme a variação do nível sazonal das águas em decorrência do pulso de inundação (Cak et al. 2015, Leal et al. 2018, Duponchelle et al. 2020). Tais áreas são consideradas determinantes para o ciclo de vida de inúmeras espécies de peixes, uma vez que larvas e indivíduos adultos usam esses ambientes para garantir refúgio contra predadores e para alimentação (Leal et al. 2018, Duponchelle et al. 2020). A dinâmica fluvial com a alternância de períodos sazonais de águas altas e baixas cria um fluxo de nutrientes que enriquecem a oferta de alimentos nesses ecossistemas lóticos, abrigando estoques pesqueiros abundantes, capazes de sustentar grandes pescarias que vem realizadas desde os tempos pré-coloniais (Leal et al. 2018, Duponchelle et al. 2020).

Atualmente, essa diversidade de peixes do sistema do Rio Amazonas vem sendo ameaçada devido ao despejo de efluentes domésticos e industriais, sem nenhum tipo de tratamento. Além desses poluentes, há a implantação de barragens hidroelétricas, desmatamento, sobrepesca de diversas espécies ameaçadas e mudanças climáticas (Costa e Barletta 2016, Reis et al. 2016, Val et al. 2016, Duponchelle et al. 2020). Tais impactos podem favorecer a perda de habitat e extinção de espécies de peixes (Costa e Barletta 2016, Duponchelle et al. 2020). Além disso, as alterações nos ambientes afetam diretamente a pesca e pescadores, pois influenciam na dinâmica das populações de peixes, aumentando ou diminuindo a presença de algumas dessas populações e alterando a produção pesqueira (Lima et al. 2012, Val et al. 2016, Duponchelle et al. 2020).

A pesca na Amazônia ocorre no curso principal dos rios e também em áreas de florestas inundadas, considerando o habitat de cada espécie (Isaac e Barthem 1995, Almeida 2006, Goulding et al. 2018, Duponchelle et al. 2020). Em geral, nas capturas desses peixes são utilizados diversos apetrechos como anzol, arpão, curral, arco, flecha, redes ou tarrafa (Isaac e

Barthem 1995, Lima et al. 2012). A pesca é uma das principais atividades extrativistas que abastece as populações ribeirinhas e mercados de várias cidades da região amazônica (Isaac e Barthem 1995, Almeida 2006, Prestes et al. 2010, Lima et al. 2012). A maioria dos peixes oriundos da pesca para o consumo do homem, são diversas espécies de Characiformes e Siluriformes de médio e grande porte (Duponchelle et al. 2020). Porém, há também a pesca de peixes de pequeno porte como as espécies de *Triportheus* (Ponte et al. 2016, Goulding et al. 2018), peixes cuja biologia é pouca estudada, incluindo a sua fauna de parasitos.

Os parasitos estão presentes em vários ecossistemas aquáticos e envolvem diferentes teias alimentares em peixes de todos os níveis tróficos (Hudson 2005, Hoshino e Tavares-Dias 2014, Cardoso et al. 2017, Borges et al. 2018). Diversas espécies de invertebrados e peixes servem como hospedeiros para uma ou mais espécies de parasitos nos mais variados ecossistemas aquáticos (Neves et al. 2013, Oliveira et al. 2017b, Tavares-Dias et al. 2017, Santos et al. 2018, Baia et al. 2018). Consequentemente, as populações naturais de peixes podem ser infectadas por diversas espécies de ectoparasitos e endoparasitos com ciclo de vida simples (direto) ou complexos (indireto) (Neves et al. 2013, Gonçalves et al. 2014, Oliveira et al. 2015, Moreira et al. 2017, Tavares-Dias et al. 2017, Santos et al. 2018, Baia et al. 2018). Porém, o ciclo biológico complexo para maioria das espécies de endoparasitos é praticamente desconhecido.

A transmissão de ectoparasitos, em geral, ocorre por dispersão ativa, e pode ser influenciada principalmente por fatores abióticos e características da população de peixes hospedeiros (Dogiel 1961, Thatcher 2006, Oliveira et al. 2017b, Baia et al. 2018). Os endoparasitos são, geralmente, transmitidos através da cadeia trófica e transmissão é dependente da relação presa-predador (Thatcher 2006, Oliveira et al. 2015, Tavares-Dias et al. 2017, Baia et al. 2018). Portanto, diversos fatores bióticos e abióticos podem influenciar a diversidade, riqueza de espécies, estrutura das comunidades e infracomunidades de parasitos, bem como os níveis de infecção em populações naturais de peixes (Dogiel 1961, Neves et al. 2013, Tavares-Dias et al. 2017, Santos et al. 2018, Borges et al. 2019).

Em populações naturais de peixes, os estudos sobre a fauna de parasitos são importantes não apenas para conhecimento da diversidade, biogeografia, distribuição das populações, mas também das interações parasito-hospedeiro-ambiente (Thatcher 2006, Tavares-Dias et al. 2014, Oliveira et al. 2016, Moreira et al. 2017). Em diversas espécies de peixes de rios, lagos, áreas de várzeas e florestas inundadas do sistema do Rio Amazonas, os quais servem como habitat para diversas espécies de parasitos e hospedeiros, a diversidade, riqueza, comunidade e infracomunidades de parasitos estão a ser estudadas. Além disso, novas espécies de parasitos

estão por ser descritas ou registradas para novos hospedeiros e novas localidades geográficas (Moreira et al. 2017). Essa lacuna de conhecimento ocorre devido as poucas investigações sobre parasitos de peixes hospedeiros do sistema do Rio Amazonas, que inclui tributários como a bacia do Rio Jari. Para peixes do Rio Jari foram realizados alguns estudos sobre parasitos metazoários em *Mylesinus paraschomburgkii* (Thatcher, 2006), *Metynnis hypsauchen* (Oliveira et al. 2015), *Cichla ocellaris*, *Cichla jariina*, *Leporinus fasciatus*, *Leporinus trifasciatus*, *Potamotrygon motoro*, *Pseudoplatystoma tigrinum*, *Phractocephalus hemiliopterus*, *Serrassalmus altispinis* (Oliveira et al. 2017a, Oliveira e Tavares-Dias 2020), *Hoplias malabaricus* (Oliveira et al. 2017a, Oliveira et al. 2019b), *Leporinus friderici* (Oliveira et al. 2017a, Oliveira et al. 2017b, Oliveira et al. 2019c), *Satanoperca jurupari* (Oliveira et al. 2017a, Oliveira et al. 2017c), *Cichla monoculus* (Oliveira et al. 2017a, Oliveira et al. 2019a, Oliveira et al. 2019b), *Colossoma macropomum* (Gonçalves et al. 2018), *Astronotus crassipinnis* (Santos et al. 2018), *Aequidens tetramerus* (Borges et al. 2019), *Mylossoma duriventre*, *Osteoglossum bicirrhosum* (Oliveira et al. 2019c), *Hoplerythrinus unitaeniatus* (Oliveira et al. 2019c, Oliveira et al. 2019b), *Acestrorhynchus falcatus*, *Pygocentrus nattereri*, *Serrassalmus spilopleura* e *Serrassalmus rhombeus* (Oliveira et al. 2019b), *Caquetaia spectabilis* (Oliveira et al. 2019d), *Schizodon fasciatus*, *Laemolyta proxima* (Oliveira et al. 2020) e *Brachyplatystoma vaillantii* (Brito-Junior e Tavares-Dias 2021), apesar da sua grande diversidade da ictiofauna. Portanto, não há estudos da parasitofauna em espécies de *Triporthesus* da bacia Rio Jari, apesar da importância sobre esse conhecimento para a pesca local.

1.1. BACIA DO RIO JARI

A bacia hidrográfica do Rio Jari possui cerca 57.000 m² e está localizada na divisa do estado do Amapá com o norte do estado do Pará. Essa bacia abrange os municípios de Almeirim no estado do Pará e Laranjal do Jari, Vitória do Jari e Mazagão no estado do Amapá. Sua nascente localiza-se na Serra do Tumucumaque na divisa do Brasil com a Guiana Francesa, tem aproximadamente 800 km de extensão, com a foz no Rio Amazonas ao sul do estado do Amapá. Assim, sofre influência diária das marés do Rio Amazonas. Seus principais tributários são: (i) na margem direita, de montante a jusante, os igarapés Paruzinho, Carucaru ou Caracaru e os rios Ipitinga e Carecuru; e (ii) na margem esquerda, de montante a jusante, os rios Curapi, Culari, Cuc, Mapari, Noucouro e Iratapuru. Todos os rios que compõem a bacia do Rio Jari são derivados da região do Escudo Arcaico das Guianas (EPE 2011).

A bacia do Rio Jari, quanto aos aspectos de qualidade de água, possui relativa quantidade de material orgânica em suspensão, com baixos níveis de oxigênio dissolvido da

água e pH ácido. Por se tratar de um sistema de bacia com águas claras e pretas ácidas, pobres em minerais, as florestas alagáveis que mais se destacam são as de Igapó. A região é de floresta do tipo tropical-pluvial, com florestas marginais constituídas de uma grande diversidade de trepadeiras, epífitas e herbáceas. A vegetação marginal constitui-se espécies de valor econômico nas matas alagáveis como a *Hevea brasiliensis*, *Couma* sp., *Carapa guianensis*, *Manilkara huberi*, *Mauritia flexuosa* e *Licania* sp. Este tipo de vegetação marginal, típica de rios de águas claras e pretas, possui grande importância biológica na manutenção dos ecossistemas aquáticos da região, fornecendo a maioria dos alimentos para os animais (EPE 2011), incluindo peixes. Além disso, a região apresenta grande diversidade de aves e presença de fito e zooplâncton não identificados (EPE 2011).

A região do baixo Rio Jari é conhecida como muito suscetível as variações hidroclimáticas e sanitárias, onde se tem observado sensível deterioração da qualidade da água, potencializando o nível de eutrofização. Há presença de ações antrópicas, onde a floresta original deu lugar às atividades agropecuárias e explorações silvícolas (Cunha e Cunha 2010, Abreu e Cunha 2015). O clima da região sofre influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), evapotranspiração da floresta, El Niño e ventos alísios do Oceano Atlântico para a região norte do Brasil que carrega uma grande quantidade de umidade (Abreu e Cunha 2015). O regime hidrográfico da bacia do Rio Jari é definido por um período de cheias, entre os meses de março a julho, onde a maior cheia ocorre normalmente no mês de maio. O período de maior estiagem ocorre nos meses outubro a dezembro (EPE 2011).

1.2. *Triportheus angulatus* E *Triportheus auritus*: PEIXES-ALVO DESTA ESTUDO

Dentre os Characiformes, a família Triportheidae comporta cerca de 23 espécies válidas (Froese e Pauly 2020), como *Triportheus angulatus* Spix & Agassiz, 1829 (Figura 1) *Triportheus auritus* Valenciennes, 1850 (Figura 2) e, conhecidas popularmente como sardinhas de água doce.

Triportheus angulatus (Sardinhas) são peixes de hábitos diurnos e bentopelágicos de água doce, com distribuição na América do Sul: bacias do Rio Amazonas e Rio Essequibo (Lima et al. 2003, Malarba 2004, Froese e Pauly 2020). Podem alcançar de 7,0-25,5 cm de comprimento e peso 277,24 g (Santos et al. 1984, Lima et al. 2003, Prestes et al. 2010, Froese e Pauly 2020). Podem ser capturados em cardumes na superfície, nas margens de rios e florestas inundadas sobre fundos arenosos (Santo et al. 1984, Lima et al. 2003, Malarba 2004, Froese e Pauly 2020). Possui hábito alimentar onívoro, alimentando-se principalmente de insetos, frutos, sementes, fragmentos de peixes, plâncton e crustáceos (Almeida 1984, Yamamoto 2004, Sá-

Oliveira 2014, Froese e Pauly 2020). Quanto a sua ontogenia os menores (4-8 cm) se alimentam de insetos e os maiores (8-16 cm) de insetos e zooplâncton (Yamamoto et al 2004). Em geral, a maturação sexual ocorre com cerca de 12-15 cm de comprimento e a reprodução ocorre no período chuvoso, período das migrações laterais para as regiões de várzea (Santos et al. 1984, Soares et al 2008, Araújo et al. 2012), um ambiente propício para alimentação das larvas.



FIGURA 1. ESPÉCIME DE *Triportheus angulatus* DA BACIA DO RIO JARI, ESTADO DO AMAPÁ (BRASIL).

Triportheus auritus (Sardinhas) são peixes bentopelágicos de água doce, com distribuição na América do Sul: bacias do Rio Amazonas, Rio Essequibo, Rio Tocantins, Rio Araguaia e ilha de Trindade (Malarba 2004, Lasso e Sánchez-Duarte 2011, Froese e Pauly 2020). Podem alcançar de 6,5-26,5 cm de comprimento e peso 200-211 g (Santos et al.1984, Lima et al. 2003, Prestes et al 2010, Froese e Pauly 2020). Geralmente capturado em cardumes em rios e florestas inundadas (Lasso e Sánchez-Duarte 2011, Sá-Oliveira 2014). Possui hábito alimentar onívoro, alimentando-se principalmente de insetos, frutos, sementes, fragmentos de peixes, crustáceos e plâncton ((Lasso e Sánchez-Duarte 2011, Sá-Oliveira 2014, Rojas 2016, Froese e Pauly 2020). A reprodução ocorre no período chuvoso, período das migrações laterais para as regiões de várzea (Lasso e Sánchez-Duarte 2011), um ambiente propício para alimentação das larvas.



FIGURA 2. ESPÉCIME DE *Triportheus auritus* DA BACIA DO RIO JARI, ESTADO DO AMAPÁ (BRASIL).

1.3. COMUNIDADES E DIVERSIDADE DE PARASITOS EM PEIXES

Os peixes de água doce podem ser infectados por diferentes grupos de parasitos metazoários entre espécies de Monogenea, Trematoda, Cestoda, Nematoda, Acanthocephala e Crustacea (Thatcher 2006, Azevedo et al. 2010, Borges et al. 2018). Em populações naturais peixes os níveis de infecções, riqueza e diversidade desses parasitos dependem de fatores bióticos tais como o tamanho, idade, dieta, nível trófico, presença de estágios infectantes no ambiente, níveis de agregação populacional e suscetibilidade dos hospedeiros, e fatores abióticos como localização geográfica, sazonalidade e características ambientais (Vidal-Martinez et al. 2009, Neves et al. 2013, Scharsack et al. 2016, Gallegos-Navarro et al. 2018, Oliveira et al. 2019a).

Monogenea são vermes platelmintos hermafroditas caracterizados por serem ectoparasitos, possuem aparelho de fixação esclerotizado chamado de haptor e ciclo de vida curto e direto (todos os estágios concluídos em um único hospedeiro). São encontrados geralmente em peixes, anfíbios e répteis, em peixes são encontrados na superfície corpórea, brânquias, narinas e cloaca, além disso, possuem especificidade por seus hospedeiros (Thatcher 2006, Takemoto et al. 2013, Kohn et al. 2016). Os Monogenea a maioria é ectoparasitas com pouca patogenicidade, em cativeiro causam grandes danos, mas podem causar danos nos peixes dependendo da espécie do parasito, local e intensidade de infecção. Duas famílias são as mais comuns em peixes de água doce, Dactylogyridae e Gyrodactylidae (Thatcher 2006, Whittington e Chisholm 2008, Takemoto et al. 2013, Kohn et al. 2016).

Trematoda, principalmente da subclasse Digenea são vermes endoparasitos que se caracterizam por possuírem duas ventosas, formatos tipo folha, podendo variar de ovoide a

filiforme. Seu ciclo de vida é complexo usando em geral dois ou mais hospedeiros, como moluscos, peixes e aves piscívoras, e são na maioria hermafroditas, com exceção daquelas espécies que parasitam peixes de água doce que apresentam órgão masculinos e femininos em cada indivíduo. Os peixes podem ser parasitados por Digenea em estágios larvais (metacercárias) e adultos, mas a maioria não são consideradas patogênicas, sendo infecções por metacercárias mais prejudiciais aos hospedeiros, considerando o local da infecção e número de parasitos que podem afetar as características corporais e fisiológicas dos peixes hospedeiros. Algumas espécies desse táxon como Clinostomídeos de parasitos apresentam potencial zoonótico para o homem (Thatcher 2006, Kohn et al. 2013, Kohn e Fernandes 2016)

Cestoda são platelmintos endoparasitos que apresentam aparelho de fixação (escolax), formatos de fita com vários segmentos ao longo do corpo (proglotes) e seu ciclo de vida é heteróxico sendo simplificado ou complexo, podendo ser encontrados parasitando todos os vertebrados. Possuem condições, monozoico e polizoico, que separam em dois grupos de Cestoda: Eucestoda e Cestodaria (Thatcher 2006, Pereira Jr e Velloso 2016). Em peixes não causam danos, mas depende da espécie do parasito e do hospedeiro, local de infecção e intensidade da infecção (Thatcher 2006, Pavanelli et al. 2013, Pereira Jr e Velloso 2016). Mas existem registros de zoonoses relacionadas a parasitoses por Cestoda transmitidas ao homem pelo consumo de peixes cru (Pereira Jr e Velloso 2016).

Espécies do filo Nematoda são vermes cilíndricos e alongados de vida livre, bem como parasitos de plantas e animais, bastante comuns em peixes, parasitam praticamente todos os órgãos dos peixes e possuem ciclo de vida heteróxico onde os peixes podem ser hospedeiros intermediários, paratênicos ou definitivos, enquanto microcrustáceos são hospedeiros intermediários (Thatcher 2006, Santos et al. 2016). Em geral, muitas espécies de nematoides não causam patogenicidade aos peixes hospedeiros, mas existe importância na saúde pública ou relacionadas perdas econômicas no setor piscícola, pois além da diminuição da produção relacionada ao parasitismo, os estágios larvais de algumas espécies têm potencial zoonótico e, quando visíveis nos tecidos dos peixes, podem prejudicar a comercialização (Thatcher 2006, Santos et al. 2013a, Santos et al. 2016).

O filo Acanthocephala são endoparasitos com corpos alongados e presença de uma proboscide espinhosa retrátil na extremidade anterior. O ciclo de vida complexo é influenciado pela cadeia trófica dos peixes hospedeiros, onde artrópodes são hospedeiros intermediários e podem utilizar peixes, anfíbios, aves e mamíferos como hospedeiros definitivos. Espécies de acantocéfalos podem causar danos nos peixes a partir da fase larval encistada em vísceras, geralmente durante a fase adulta a partir da inserção da proboscide no intestino e intensidade

de infecção podem causar grandes danos aos hospedeiros (Thatcher 2006, Santos et al. 2013b, Pereira Jr e Silva 2016). Além disso, podem ser bons indicadores de metais pesados do hospedeiro e da contaminação ambiental (Santos et al. 2013b).

Crustacea do filo Arthropoda são, em sua maioria, ectoparasitos e possuem garras ou ancoras para fixação em seus hospedeiros. Esses parasitos causam modificações em órgãos e apêndices orais e natatórios, podendo causar lesões severas, conseqüentemente podem afetar seus peixes hospedeiros por ação direta (mortalidade), ou indireta, funcionando como vetor para doenças virais ou proporcionando a penetração de bactérias e fungos (infecções secundárias). São geralmente visíveis a olho nu e apresentam ampla variação de formas e tamanhos (Thatcher 2006, Lima et al. 2013, Eiras e Castro 2016). No Brasil, os crustáceos são distribuídos entre Ergasilidae, Argulidae, Lernaecidae, Lernaepodidae e Cymothoidae, em 76 espécies de 27 gêneros, com a dominância de espécies para Ergasilidae, principalmente do gênero *Ergasilus* (Tavares-Dias et al. 2015).

1.4. ECOPARASITOLOGIA

Em geral, as populações de peixes de água doce apresentam dispersão agregada em suas diferentes infracomunidades de parasitos (Neves et al. 2013, Santos et al. 2018, Borges et al. 2019, Salgado-Maldonado et al. 2019), pois poucos peixes hospedeiros tem muitos parasitos, enquanto a maioria dos parasitos está concentrada em alguns poucos peixes hospedeiros. O padrão de dispersão agregada tem sido atribuído principalmente, à, heterogeneidade, suscetibilidade, densidade e imunidade dos hospedeiros e patogenicidade dos parasitos (Rohde et al. 1995, Poulin 2013, Tavares-Dias et al. 2013). Em geral, o tamanho corporal dos hospedeiros (idade) tem mostrado pouca relação com a dispersão agregada, mesmo que em peixes maiores frequentemente são observados maior abundância e intensidade de parasitos; porém, a suscetibilidade pode estar mais ligada à dieta e comportamento alimentar e/ou condição imunológica dos peixes hospedeiros. Além disso, a exposição dos hospedeiros aos estágios parasitários infecciosos parece ser mais importante que a suscetibilidade do hospedeiro à infecção, refletindo o grau de dispersão agregada (Rohde et al. 1995, Poulin 2013). Dessa forma, a agregação parasitária permite a coexistência de espécies de parasitos que seriam excluídas e; portanto, mais espécies de parasitos podem coexistir em uma mesma população de hospedeiro (Salgado-Maldonado et al. 2019).

O tamanho dos peixes hospedeiros (comprimento e peso corporal), um reflexo de sua idade, pode influenciar a comunidade e riqueza de espécies de parasitos, pois hospedeiros maiores possuem maior diversidade de nicho para os parasitos, assim esses hospedeiros de vida

longa tendem a apresentar maiores níveis de infecções parasitárias que hospedeiros menores e de vida curta, mas isso depende também de sua mudança ontogenética e sua dieta (Luque et al. 2013, Carvalho et al. 2019). Correlação da abundância de parasitos com o tamanho dos peixes hospedeiros depende também da disponibilidade de formas infectantes no ambiente (Alves e Luque 2006, Luque et al. 2013). A abundância de *Peltidocotyle* sp., *Nominoscolex* sp. e *Eustrongylides* sp. apresentou correlação positiva com o comprimento de *Pseudoplatystoma fasciatum* (Carvalho et al. 2019). A abundância endoparasitária mostrou correlação positiva com o comprimento de *Euthynnus alleteratus* e correlação negativa com o comprimento de *Scomber scombrus* (Alves e Luque 2006). A abundância de *Tentacularia coryphaenae* apresentou correlação negativa com o comprimento de *Katsuwonus pelamis* (Alves e Luque 2006). Em *Metynnis lippincottianus*, houve correlação positiva da abundância de *Spinoxyuris oxydoras*, *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* e *Dadayus pacupeva* com o comprimento dos hospedeiros (Yamada et al. 2012). A abundância de *Dolops discoidalis* mostrou correlações positiva com o comprimento e peso de *Pseudoplatystoma punctifer* (Morey e Arellano 2019). Porém, em *Channa striata* não houve correlação da abundância de helmintos como comprimento corporal dos hospedeiros (Kaur et al. 2013).

Em populações de peixes, a condição corporal, um reflexo de sua alimentação, fisiologia e condições ambientais, pode ainda ser também influenciado pelos níveis de parasitismo, espécies e estágio de desenvolvimento dos parasitos, e ainda pela atuação do hospedeiro como intermediário ou definitivo (Vazzoler 1996, Gomiero et al. 2012, Fernandes et al. 2019). Conseqüentemente, alterações nas condições corporais dos peixes podem causar uma diminuição na sua energia, levando a uma redução na taxa de crescimento, sucesso de reprodução e sobrevivência (Gomiero et al. 2012, Fernandes et al. 2019). Assim, podemos avaliar esta influência usando o fator de condição dos peixes, que é um parâmetro quantitativo que reflete o bem-estar dos animais no ambiente (Vazzoler 1996, Tavares-Dias et al. 2008, Fernandes et al. 2019). Por exemplo, em *Astyanax intermedius* com infestação na cavidade oral por *Paracymothoa astyanaxi* o fator de condição foi afetado negativamente (Gomiero et al. 2012). Porém, em *Corydoras aeneus*, com baixos níveis de infecção por parasitos metazoários, o fator de condição não foi afetado (Tozato 2011). Em quatro espécies de *Leporinus* infectados por ecto e endoparasitos, com algumas exceções, ectoparasitos estavam correlacionados negativamente com o fator de condição dos hospedeiros, enquanto a maioria dos endoparasitos apresentaram correlação positiva com o fator de condição (Guidelli et al. 2011).

1.5. PARASITOS METAZOÁRIOS EM *Triportheus angulatus* E *Triportheus auritus*

Devido ao importante conhecimento sobre as interações parasito-hospedeiro-ambiente, diversos estudos têm sido realizados em algumas populações naturais de peixes amazônicos parasitados por espécies de ecto e endoparasitos (Neves et al. 2013, Hoshino e Tavares-Dias 2014, Gonçalves et al. 2014, Oliveira et al. 2015, Cardoso et al. 2017, Oliveira et al. 2017b, Tavares-Dias et al. 2017, Santos et al. 2018, Baia et al. 2018, Borges et al. 2018, Negreiros et al., 2019). Porém, para espécies de *Triportheus* da América Latina, ocorreram infecção por Digenea, Monogenea, Nematoda e Crustacea. Em *Triportheus angulatus*, têm sido relatadas infecções por diferentes espécies de metazoários entre Monogenea, Nematoda e Crustacea (Tabela 1), mas Monogenea e Nematoda são as taxas mais frequentemente relatados (Figura 3). Enquanto, não há estudos sobre a parasitofauna de *T. auritus* para informar taxas dos diferentes grupos de parasitos.

TABELA 1. CHECKLIST DOS PARASITOS METAZOÁRIOS EM ESPÉCIES DE *Triportheus* DA AMÉRICA DO SUL.

Espécies de parasitos	Táxons	Peixes hospedeiros	Localidades	Referências
<i>Rhabdochona acuminata</i>	N	<i>Triportheus nematurus</i>	Rio Peixe, SP (Brasil)	Abdallah et al. (2012)
<i>Procamallanus hilarii</i>	N	<i>Triportheus nematurus</i>	Lago Medalha, MS (Brasil)	Costa-Pereira et al. (2014)
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rebecca</i>	N	<i>Triportheus angulatus</i>	Rio Peixe, SP (Brasil)	Abdallah et al. (2012)
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	N	<i>Triportheus angulatus</i>	Laguna de Yarinacocha, Ucayali (Peru)	Abdallah et al. (2012)
	N	<i>Triportheus angulatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Oliveira et al. (2016)
	N	<i>Triportheus angulatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Moreira et al. (2017)
	N	<i>Triportheus rotundatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Santos e Tavares-Dias (2017)
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) saofranciscensis</i>	N	<i>Triportheus angulatus</i>	Rio Acauã, RN (Brasil)	Silva et al. (2017)
Nematoda gen. sp.	N	<i>Triportheus angulatus</i>	Açude Pereira de Miranda, CE (Brasil)	Kohn et al. (2004)
	N	<i>Triportheus angulatus</i>	Viveiros, CE (Brasil)	Kohn et al. (2004)
<i>Goezia</i> sp.	N	<i>Triportheus nematurus</i>	Lago Medalha, MS (Brasil)	Costa-Pereira et al. (2014)
<i>Contracaecum</i> sp.	N	<i>Triportheus angulatus</i>	Rio Peixe, SP (Brasil)	Abdallah et al. (2012)
	N	<i>Triportheus nematurus</i>	Lago Medalha, MS (Brasil)	Costa-Pereira et al. (2014)
	N	<i>Triportheus curtus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Oliveira et al. (2016)
	N	<i>Triportheus angulatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Oliveira et al. (2016)
<i>Anisakis</i> sp.	N	<i>Triportheus angulatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Moreira et al. (2017)
Monogenea gen sp.	M	<i>Triportheus angulatus</i>	Açude Pereira de Miranda, CE (Brasil)	Kohn et al. (2004)
	M	<i>Triportheus angulatus</i>	Viveiros, CE (Brasil)	Kohn et al. (2004)
<i>Ancistrohaptor</i> sp.	M	<i>Triportheus rotundatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Santos e Tavares-Dias (2017)

TABELA 2. CONTINUAÇÃO...

Espécies de parasitos	Táxons	Peixes hospedeiros	Localidades	Referências
<i>Ancistrohaptor falcunculum</i>	M	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Moreira et al. (2017)
	M	<i>Tripорtheus elongatus</i>	Rio Solimões, AM (Brasil)	Agarwal e Kritsky (1998)
	M	<i>Tripорtheus albus</i>	Rio Solimões, AM (Brasil)	Agarwal e Kritsky (1998)
	M	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Rio Solimões, AM (Brasil)	Agarwal e Kritsky (1998)
	M	<i>Tripорtheus elongatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Agarwal e Kritsky (1998)
<i>Ancistrohaptor falciferum</i>	M	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Moreira et al. (2017)
	M	<i>Tripорtheus elongatus</i>	Rio Solimões, AM (Brasil)	Agarwal e Kritsky (1998)
	M	<i>Tripорtheus albus</i>	Rio Solimões, AM (Brasil)	Agarwal e Kritsky (1998)
	M	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Rio Solimões, AM (Brasil)	Agarwal e Kritsky (1998)
	M	<i>Tripорtheus elongatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Agarwal e Kritsky (1998)
<i>Ancistrohaptor falcatum</i>	M	<i>Tripорtheus elongatus</i>	Rio Solimões, AM (Brasil)	Agarwal e Kritsky (1998)
	M	<i>Tripорtheus sp.</i>	Rio Solimões, AM (Brasil)	Agarwal e Kritsky (1998)
<i>Anacanthorus sp.</i>	M	<i>Tripорtheus nematurus</i>	Lago Medalha, MS (Brasil)	Costa-Pereira et al. (2014)
<i>Anacanthorus pitophallus</i>	M	<i>Tripорtheus curtus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Oliveira et al. (2016)
	M	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Moreira et al. (2017)
	M	<i>Tripорtheus rotundatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Santos e Tavares-Dias (2017)
<i>Anacanthorus lygophallus</i>	M	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Moreira et al. (2017)
<i>Anacanthorus furculus</i>	M	<i>Tripорtheus rotundatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Santos e Tavares-Dias (2017)
<i>Anacanthorus euryphallus</i>	M	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Moreira et al. (2017)
<i>Anacanthorus chelophorus</i>	M	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Moreira et al. (2017)
<i>Anacanthorus chaunophallus</i>	M	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Moreira et al. (2017)
<i>Anacanthorus acuminatus</i>	M	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Moreira et al. (2017)
<i>Posthodiplostomum sp.</i>	D	<i>Tripорtheus rotundatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Santos e Tavares-Dias (2017)
<i>Genarchella szidati</i>	D	<i>Tripорtheus paranensis</i>	Rio Paraná (Argentina)	Chemes e Takemoto (2011)
<i>Genarchella genarchella</i>	D	<i>Tripорtheus rotundatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Santos e Tavares-Dias (2017)
Digenea gen. sp.	D	<i>Tripорtheus curtus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Oliveira et al. (2016)
	D	<i>Tripорtheus curtus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Oliveira et al. (2016)
	D	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Oliveira et al. 2016
<i>Creptotrematina dispar</i>	D	<i>Tripорtheus paranensis</i>	Rio Paraná (Argentina)	Chemes e Takemoto (2011)
<i>Ergasilus triangularis</i>	C	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Lago Catalão, AM (Brasil)	Moreira et al. (2017)
<i>Ergasilus sp.</i>	C	<i>Tripорtheus nematurus</i>	Lago Medalha, MS (Brasil)	Costa-Pereira et al. (2014)
	C	<i>Tripорtheus rotundatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Santos e Tavares-Dias (2017)
<i>Echinorhynchus paranensis</i>	C	<i>Tripорtheus paranensis</i>	Salobra, MT (Brasil)	Machado (1959)
	C	<i>Tripорtheus rotundatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Santos e Tavares-Dias (2017)
<i>Dolops sp.</i>	C	<i>Tripорtheus angulatus</i>	Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Oliveira et al. (2016)
	C	<i>Tripорtheus elongatus</i>	Lago Januacá, AM (Brasil)	Malta (1984)

N: Nematoda; M: Monogenea; D: Digenea; C: Crustacea; MG: Minas Gerais; AP: Amapá; SP: São Paulo; MS: Mato Grosso

do Sul; CE: Ceará; AM: Amazonas; MT: Mato Grosso; RN: Rio Grande do Norte.

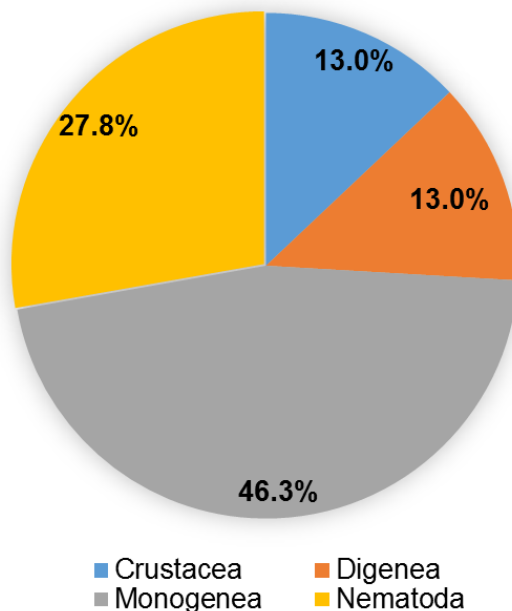


FIGURA 3. FREQUÊNCIA DOS TÁXONS DE PARASITOS RELATADOS PARA *Triportheus* spp. DA AMÉRICA LATINA.

2. PROBLEMAS

Como está composta a comunidade e a fauna de parasitos metazoários em *T. auritus* e *T. angulatus* da bacia do Rio Jari, no estado do Amapá? Qual o tipo de dispersão na distribuição dos parasitos em *T. auritus* e *T. angulatus*? O fator de condição relativa dos peixes hospedeiros é diferente do valor padrão?

3. HIPÓTESES

- A comunidade de parasitos metazoários em *T. angulatus* e *T. auritus* da bacia do rio Jari é similar, pois são espécies simpátricas;
- Os parasitos em *T. angulatus* e *T. auritus* da bacia do Rio Jari apresentam dispersão uniforme, o padrão esperado para peixes de água doce.

4. OBJETIVOS

4.1. GERAL

Comparar a diversidade e a estrutura da comunidade de parasitos metazoários em *T. angulatus* e *T. auritus* do baixo Rio Jari, no estado do Amapá.

4.2. ESPECÍFICOS:

- Identificar os parasitos em *T. angulatus* e *T. auritus*;
- Avaliar os parâmetros de infecção (prevalência, intensidade e abundância) em *T. angulatus* e *T. auritus*;
- Determinar os sítios de infecção e as espécies de parasitos metazoários dominantes em *T. angulatus* e *T. auritus*;
- Descrever a diversidade de Brillouin, uniformidade, riqueza de espécies de parasitos e dominância de Berger-Parker para a comunidade de parasitos metazoários em *T. angulatus* e *T. auritus*;
- Avaliar a correlação da abundância, diversidade e riqueza de espécies de parasitos com o tamanho (peso e comprimento) de *T. angulatus* e *T. auritus*;
- Determinar o tipo de dispersão dos parasitos metazoários em *T. angulatus* e *T. auritus*;
- Verificar a correlação da Abundância de parasitos metazoários com o fator de condição relativo de *T. angulatus* e *T. auritus*

5. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- Abdallah, V. D., R. K. Azevedo, E. D. Carvalho, e R. J. Silva. 2012. New hosts and distribution records for nematode parasites of freshwater fishes from São Paulo state, Brazil. *Neotropical Helminthology* **6**:43-57.
- Abreu, C. H. M., e A. C. Cunha. 2015. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari-AP: Revisão Descritiva. *Biota Amazônia* **5**:119-131.
- Agarwal, N., e D. C. Kritsky. 1998. Neotropical Monogenoidea. 33. Three new species of *Ancistrohaptor* n. g. (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae) on *Triportheus* spp. (Teleostei, Characidae) from Brazil, with checklists of ancyrocephalines recorded from neotropical characiform fishes. *Systematic Parasitology* **39**:59-69.
- Almeida, R. G. 1984. Biologia Alimentar de Três Espécies de *Triportheus* (PISCES: CHARACOIDEIL, CHARACIDAE) do Lago do Castanho, Amazonas. *Acta Amazônica* **14**:48-76.
- Almeida, O. T. 2006. Introdução. Pages 17-21 in O. T. Almeida, editor. Manejo de pesca na Amazônia brasileira. Editora Petrópolis, São Paulo, Brasil.
- Alves, D. R., e J. L. Luque. 2006. Ecologia das comunidades de metazoários parasitos de cinco espécies de escombrídeos (Perciformes: Scombridae) do litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* **15**:167-181.
- Araújo, A. S., L. T. B. Lima, W. S. Nascimento, M. E. Yamamoto, e S. Chellappa. 2012. Características morfométricas-merísticas e aspectos reprodutivos da sardinha de água doce, *Triportheus angulatus* (Osteichthyes: Characiformes) do rio Acauã do bioma Caatinga. *Biota Amazônia* **2**:59-73.
- Azevedo, R. K. D., V. D. Abdallah, e J. L. Luque. 2010. Acanthocephala, Annelida, Arthropoda, Myxozoa, Nematoda and Platyhelminthes parasites of fishes from the Guandu river, Rio de Janeiro, Brazil. *Check List* **6**:659-657.
- Baia, R. R. J., A. C. Florentino, L. M. A. Silva, e M. Tavares-Dias. 2018. Patterns of the parasite communities in a fish assemblage of a river in the Brazilian Amazon region. *Acta parasitologica* **63**:304-316.
- Borges, W. F., M. S. B. Oliveira, G. G. Santos, e M. Tavares-Dias. 2018. Parasites in Loricariidae from Brazil: checklist and new records for fish from the Brazilian Amazon. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* **40**:1-9.

- Borges, W. F., G. G. Santos, M. S. B. Oliveira, e M. Tavares-Dias. 2019. Parasites in gills of *Aequidens tetramerus*, cichlid from the lower Jari river, an tributary of the Amazon river, northern Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca* **45**:485-490.
- Brito-Junior, I.A., e M. Tavares-Dias. 2021. Diversity of ectoparasites and endoparasites infecting *Brachyplatystoma vaillantii* (Siluriformes: Pimelodidae), a large migratory catfish from the Amazon. *Acta Amazonica* **51**:122-128.
- Bush, A. O., K. D. Lafferty, J. M. Lotz, e A. W. Shostak. 1997. Parasitology Meets Ecology on Its Own Terms: Margolis et al. *Journal Parasitology* **83**:575-583.
- Cardoso, A. C. F., M. S. B. Oliveira, L. R. Neves, e M. Tavares-Dias. 2017. Metazoan fauna parasitizing *Peckoltia braueri* and *Pterygoplichthys pardalis* (Loricariidae) catfishes from the northeastern Brazilian Amazon. *Acta Amazonica* **47**:147-154.
- Carvalho, A. L., L. P. Vidal, e J. L. Luque. 2019. Quantitative aspects of the parasitofauna of the cacharas *Pseudoplatystoma fasciatum* and *P. Tigrinum* (siluriformes: pimelodidae) of the River Jamari, Ariquemes, Rondônia, Brazil. *Neotropical Helminthology* **13**:97-107.
- Chemes, S. B., e R. M. Takemoto. 2011. Diversity of parasites from Middle Paraná System freshwater fishes, Argentina. *International Journal of Biodiversity and Conservation* **3**:249-266.
- Costa-Pereira, R., F. Paiva, e L. E. Tavares. 2014. Variation in the parasite community of the sardine fish *Triportheus nematurus* (Actinopterygii: Characidae) from the Medalha lagoon in the Pantanal wetland, Brazil. *Journal Helminthology* **88**:272-277.
- Costa, M. F., e M. Barletta. 2016. Special challenges in the conservation of fishes and aquatic environments of South America. *Journal of Fish Biology* **89**:4-11.
- Cunha, A. C. d., e H. F. A. Cunha. 2010. Rede de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado do Amapá (REMETAP): Principais Resultados. Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. IEPA, Macapá, Amapá, Brasil.
- Dogiel, V.A. 1961. Ecology of the parasites of freshwater fishes. In: Dogiel, V.A, G. K. Petrushevski e Y.I. Polyanski (Ed.). *Parasitology of fishes*. 1st ed. Edinburgh: Oliver and Boyd. p. 1-47.
- Duponchelle, F., V. N. Isaac, C. R. C. Doria, P. A. Van Damme, G. A. Herrera-R, E. P. Anderson, R. E.A. Cruz, M. Hauser, T. W. Hermann, E. Agudelo, C. Bonilla-Castillo, R. Barthem, C. E.C. Freitas, C. García-Dávila, A. García-Vasquez, J. F. Renno, e L. Castello. 2020. Conservation of migratory fishes in the Amazon basin. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*.

- Eiras, J. C., e R. Castro. Crustacea. 2016. Pages 287-359 in Eiras J. C., A. L. Velloso, e J. Pereira Jr, editors. Parasitos de peixes marinhos da América do Sul. Editora Furg. Rio Grande, Brasil.
- Eiras, J. C., R. M. Takemoto, e G. C. Pavanelli. 2006. Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. Maringá: EDUEM, Paraná, Brasil.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. 2010. Inventário hidroenergético da bacia hidrografizada. Relatório final volume 8/9 – Apêndice D estudos socioambientais Tomo 1/4. Rio Jari: EPE.
- Fernandes, E. S., G. Michelin, F. S. Ribeiro, R. M. Takemoto, e M. A. P. Lizama. O bem-estar dos peixes na relação parasito-hospedeiros: conceitos e aplicações. 2019. p. 252-263 in M. J. T. Razani-Paiva, R. M. Takemoto, M. A. P. Lizama, L. M. Perazzolo, e R. D. Rosa, editors. Biotecnologia e sanidade de organismos aquáticos. Eduem, Maringá, Brasil.
- Froese, R., e Pauly, D. 2020. Editors. World wide web electronic publication. Retrieved from www.fishbase.org.
- Gallegos-Navarro, Y., J. Violante-González, S. Monks, S. García-Ibáñez, A. A. Rojas-Herrera, G. Pulido-Flores, e J. L. Rosas-Acevedo. 2018. Factors linked to temporal and spatial variation in the metazoan parasite communities of green jack *Caranx caballus* (Günther 1868) (Pisces: Carangidae) from the Pacific coast of Mexico. *Journal of Natural History* **52**:2573-2590.
- Gomiero, L., U. Souza, e F. Braga. 2012. Condition factor of *Astyanax intermedius* Eigenmann, 1908 (Osteichthyes, Characidae) parasitised by *Paracymothoa astyanaxi* Lemos de Castro, 1955 (Crustacea, Cymothoidae) in the Grande River, Serra do Mar State Park - Santa Virgínia Unit, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **72**:379-388.
- Gonçalves, B. B., M. S. B. Oliveira, W. F. Borges, G. G. Santos, e M. Tavares-Dias. 2018. Diversity of metazoan parasites in *Colossoma macropomum* (Serrasalminidae) from the lower Jari River, a tributary of the Amazonas River in Brazil. *Acta Amazonica* **48**:211-216.
- Gonçalves, R. A., M. S. B. Oliveira, E. F. Santos, e M. Tavares-Dias. 2014. Aspectos ecológicos da comunidade de parasitos em duas espécies de Loricariidae da bacia Igarapé Fortaleza, Estado do Amapá, Brasil. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)* **4**:15-21.

- Goulding, M., E. Venticinque, M. L. B. Ribeiro, R. B. Barthem, R. G. Leite, B. Forsberg, P. Petry, U. L. d. Silva-Júnior, P. S. Ferraz, e C. Cañas. 2018. Ecosystem- based management of Amazon fisheries and wetlands. *Fish and Fisheries* **20**:138-158.
- Guidelli, G., W. L. G. Tavechio, R. M. Takemoto, e G. C. Pavanelli. 2011. Relative condition factor and parasitism in anostomid fishes from the floodplain of the Upper Paraná River, Brazil. *Veterinary Parasitology* **177**:145-151.
- Hoshino, M. D. F. G, e M. Tavares-Dias. 2014. Ecology of parasites of *Metynnis lippincottianus* (Characiformes: Serrasalminidae) from the eastern Amazon region, Macapá, State of Amapá, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* **36**:249-255.
- Hudson, P. 2005. Parasites, diversity, and the ecosystem. Pages 1-12 *in* F. Thomas, F. Renaud, e J. F. Guégan, editors. *Parasitism and ecosystems*. Oxford University Press, New York, USA.
- Isaac, V. J., e R. B. Barthem. 1995. Os recursos pesqueiros da Amazônia Brasileira. *Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi, série antropologia*. **11**:295-339.
- Jézéquel, C., P.A. Tedesco, R. Bigorne, J.A. Maldonado-Ocampo, H. Ortega, M. Hidalgo, K. Martens, G. Torrente-Vilara, J. Zuanon, A. Acosta, e E. Agudelo. 2020. A database of freshwater fish species of the Amazon Basin. *Scientific data* **7**:1-9.
- Kaur, P., R. Shrivastav, e T. A. Qureshi. 2013. Effect of helminth parasitic load on the length weight-ratio of fresh water fish, *Channa striatus*. *Bioscience Biotechnology Research. Communications* **6**:208-211.
- Kohn, A., B. M. M. Fernandes, M. d. F. D. Baptista-Farias, S. C. Cohen, A. L. d. Santos, M. C. Pamplona-Basilio, M. J. A. F. Vieira, e V. A. Feitosa. 2004. Prevalência de helmintos parasitos dos peixes do açude Pereira de Miranda e dos viveiros do DNOCS (Pentecoste, Ceará, Brasil). *Revista Brasileira de Ciência Veterinária* **11**:55-57.
- Kohn, A., e B. M. M. Fernandes. Trematoda. 2016. Pages 97-169 *in* Eiras J. C., A. L. Velloso, e J. Pereira Jr, editors. *Parasitos de peixes marinhos da América do Sul*. Editora Furg. Rio Grande, Brasil.
- Kohn, A., M. C. N. Justo, e S. C. Cohen. Monogenoidea. 2016. Pages 53-94 *in* Eiras J. C., A. L. Velloso, e J. Pereira Jr, editors. *Parasitos de peixes marinhos da América do Sul*. Editora Furg, Rio Grande, Brasil.
- Kohn, A., S. C. Cohen, M. C. N. Justo, e B. M. M. Fernandes. 2013. Digenea. Pages 301-316 *in* G. C. Pavanelli, R. M. Takemoto, e J. C. Eiras, editors. *Parasitologia de peixes de água doce do Brasil*. Eduem, Maringá, Brasil.

- Lasso, C. A., e P. Sánchez-Duarte. 2011. Los peces del delta del Orinoco: diversidad, bioecología, uso y conservación. Chevron, Bogotá, Colombia.
- Le Cren, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). The Journal of Animal Ecology **20**:201-219.
- Lima, F. C. T., L. R. Malabarba, P. A. Buckup, J. F. P. Silva, R. P. Vari, A. Harold, O. T. O. Ricardo Benine, C. S. Pavanelli, N. A. Menezes, C. A. S. Lucena, M. C. S. L. Malabarba, Z. M. S. Lucena, R. E. Reis, F. Langeani, L. Cassati, V. A. Bertaco, C. Moreira, e P. H. F. Lucinda. 2003. Genera Incertae Sedis in Characidae. Pages 106-169. in Reis, R. E., S.O. Kullander e C. J.Ferraris Junior, editors. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Edipucrs, Porto Alegre, Brasil.
- Lima, F. S. d., G. P. Casali, e R. M. Takemoto. 2013. Crustacea. Pages 371-397 in G. C. Pavanelli, R. M. Takemoto, e J. D. C. Eiras, editors. Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Eduem, Maringá, Brasil.
- Lima, M. A. L., C. R. C. Doria, e C. E. C. Freitas. 2012. Pescarias artesanais em comunidades ribeirinhas na amazônia brasileira: Perfil socioeconômico, conflitos e cenário da atividade. Ambiente & Sociedade **15**:73-90.
- Ludwig, J. A., e J. F. Reynolds. 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. Wiley, New York, New York, USA.
- Luque, J. L., A. C. Lacerda, M. A. P. Lizama, S. Bellay, e R. M. Takemoto. Aspectos ecológicos. 2013. Pages 67-384 in G. C. Pavanelli, R. M. Takemoto, e J. D. C. Eiras, editors. Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Eduem, Maringá, Brasil.
- Machado, D. A. 1959. Echinorhynchidae do Brasil. II. Nova espécie do gênero *Echinorhynchus* Zoega in Muller, 1776. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz **57**:195-197.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science, Oxford, USA.
- Malabarba, M. C. S. L. 2004. Revision of the Neotropical genus *Tripottheus* Cope, 1872 (Characiformes: Characidae). Neotropical Ichthyology **2**:167-204.
- Malta, J. C. O. 1984. Os peixes de um lago de várzea da Amazônia Central (Lago Janauacá, Rio Solimões) e suas relações com os crustáceos ectoparasitas (Branchiura: Argulidae). Acta Amazonica **14**:355-372.
- Moreira, A. C., T. T. S. Oliveira, G. A. M. Morey, e J. C. d. O. Malta. 2017. Metazoários parasitas de *Tripottheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) do Lago Catalão, Rio Solimões, Amazonas, Brasil. Folia Amazônica **26**:9-16.

- Morey, G. A. M., e H. S. Arellano. 2019. Infestation of *Dolops discoidalis* (Branchiura: Argulidae) on *Pseudoplatystoma punctifer* (Castelnau, 1855) (Siluriformes: Pimelodidae) from a fish pond in the Peruvian Amazon. *Aquaculture*, **500**:414-416.
- Negreiros, L. P. D., M. S. B. Oliveira, e M. Tavares-Dias. 2019. First record of *Unibarra paranoplatensis* Suriano & Incorvaia, 1995 (Dactylogyridae: Monogenea) on *Sorubim lima* (Siluriformes: Pimelodidae) from Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* **28**:504-507.
- Neves, L. R., F. B. Pereira, M. Tavares-Dias, e J. L. Luque. 2013. Seasonal influence on the parasite fauna of a wild population of *Astronotus ocellatus* (Perciformes: Cichlidae) from the Brazilian Amazon. *Journal of Parasitology* **99**:718-721.
- Oberdorff, T., M. S. Dias, C. Jézéquel, J. S. Albert, C. C. Arantes, R. Bigorne, F. M. Carvajal-Valleros, A. De Wever, R. G. Frederico, M. Hidalgo, B. Hugueny, F. Leprieur, M. Maldonado, J. Maldonado-Ocampo, K. Martens, H. Ortega, J. Sarmiento, P. A. Tedesco, G. Torrente-Vilara, K. O. Winemiller, e J. Zuanon. 2019. Unexpected fish diversity gradients in the Amazon basin. *Science Advances* **5**:eaav8681
- Oliveira, M. S. B., J. F. Santos-Neto, M. Tavares-Dias, e M. V. Domingues. 2020. New species of *Urocleidoides* (Monogeneoidea: Dactylogyridae) from the gills of two species of Anostomidae from the Brazilian Amazon. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* **29**:e007820.
- Oliveira, M. S. B., e M. Tavares-Dias. 2020. First report of *Livoneca guianensis* (Isopoda: Cymothoidae) in *Leporinus fasciatus* (Pisces: Anostomidae) in Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. **29**: e020420.
- Oliveira, M. S. B., E. A. Adriano, M. Tavares-Dias, e L. L. Corrêa. 2019a. Community of Monogenea in populations of *Cichla monoculus* from two tributaries of the Amazon River in the Northern Brazil. *Helminthologia* **56**:1-10.
- Oliveira, M. S. B., L. L. Correa, D. O. Ferreira, L. R. Neves, e M. Tavares-Dias. 2017a. Records of new localities and hosts for crustacean parasites in fish from the eastern Amazon in northern Brazil. *Journal of Parasitic Diseases* **41**:565-570.
- Oliveira, M. S. B., L. L. Correa, D. O. Ferreira, e M. Tavares-Dias. 2019b. Larvas de nematoides de potencial zoonótico infectando peixes carnívoros do baixo Rio Jari, no Norte do Brasil. *Biota Amazonia* **9**:50-52.
- Oliveira, M. S. B., L. L. Correa, e M. Tavares-Dias. 2019c. Helminthic endofauna of four species of fish from lower Jari River, a tributary of the Amazon basin in Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca* **45**:393-399.

- Oliveira, M. S. B., P. H. Esteves-Silva, M. C. Andrade, e M. Tavares-Dias. 2019d. First report of *Artystone trysibia* (Isopoda: Cymothoidae) in *Caquetaia spectabilis* (Cichliformes: Cichlidae). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*.
- Oliveira, M. S. B., R. A. Gonçalves, D. O. Ferreira, D. A. Pinheiro, L. R. Neves, M. K. R. Dias, e M. Tavares-Dias. 2017b. Metazoan parasite communities of wild *Leporinus friderici* (Characiformes: Anostomidae) from Amazon River system in Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* **52**:146-156.
- Oliveira, M. S. B., R. A. Goncalves, L. R. Neves, D. O. Ferreira, e M. Tavares-Dias. 2017c. Ectoparasites community in *Satanoperca jurupari* (Cichlidae) from the Jari River, a tributary from Amazon River in Northern Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* **26**:136-142.
- Oliveira, M. S. B., R. A. Gonçalves, L. R. Neves, e M. Tavares-Dias. 2015. Endohelminthos parasitos de *Metynnis hypsauchen* (Characidae) da bacia do Rio Jari, Amazônia brasileira. *Neotropical Helminthology* **9**:235-242.
- Oliveira, M. S. B., R. A. Gonçalves, e M. Tavares-Dias. 2016. Community of parasites in *Triporthesus curtus* and *Triporthesus angulatus* (Characidae) from a tributary of the Amazon River system (Brazil). *Studies on Neotropical Fauna e Environment* **51**:29-36.
- Pavanelli, G. C., A. P. C. L. Pizani, e P. B. Mendes. 2013. Cestoda. Pages 317-332 in G. C. Pavanelli, R. M. Takemoto, e J. C. Eiras, editors. *Parasitologia de peixes de água doce do Brasil*. Eduem, Maringá, Brasil.
- Pereira Jr, J., e A. L. Velloso. 2016. Cestoda. Pages 53-94 in Eiras J. C., A. L. Velloso e J. Pereira Jr, editors. *Parasitos de peixes marinhos da América do Sul*. Editora Furg. Rio Grande, Brasil.
- Pereira Jr, J., e R. Z. Silva. Acanthocephala. 2016. Pages 261-275 in Eiras J. C., A. L. Velloso e J. Pereira Jr, editors. *Parasitos de peixes marinhos da América do Sul*. Editora Furg. Rio Grande, Brasil.
- Ponte, S. C., L. C. Ferreira, S. C. S. Bittencourt, H. L. Queiroz, e D. M. Zacardi. 2016. Variação espacial e temporal das larvas de *Triporthesus* (Characiformes, Triporthesidae), no médio Rio Solimões, Amazônia Central, Brasil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources* **4**:71-81.
- Poulin, R. 2013. Explaining variability in parasite aggregation levels among host samples. *Parasitology* **140**:541-546.
- Prestes, L., M. G. M. Soares, F. R. Silva, e M. M. Bittencourt. 2010. Dinâmica populacional de *Triporthesus albus*, *T. angulatus* e *T. auritus* (Characiformes: Characidae) em lagos da Amazônia Central. *Biota Neotropica* **10**:177-181.

- Reis, R. E., J. S. Albert, F. Di Dario, M. M. Mincarone, P. Petry, e L. A. Rocha. 2016. Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal Fish Biology*, **89**:12-47.
- Rohde, K., C. Hayward, e M. Heap. 1995. Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. *International Journal for Parasitology* **25**:945-970.
- Rózsa, L., J. Reiczigel, e G. Marjoros. 2000. Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology* **86**:228-232.
- Salgado-Maldonado, G., E. F. Mendoza-Franco, J. M. Caspeta-Mandujano, e C. Ramírez-Martínez. 2019. Aggregation and negative interactions in low-diversity and unsaturated monogean (Platyhelminthes) communities in *Astyanax aeneus* (Teleostei) populations in a Neotropical river of Mexico. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **8**:203-215.
- Santos, C. P., J. N. Borges, E. S. Fernandes, e A. P. C. L. Pizani. 2013a. Nematoda. Pages 333-352 in G. C. Pavanelli, R. M. Takemoto, e J. C. Eiras, editors. *Parasitologia de peixes de água doce do Brasil*. Eduem, Maringá.
- Santos C. P., L. C. Lopes, e D. I. Gibson. 2016. Pages 209-258 in Eiras J. C., A. L. Velloso and J. Pereira Jr, editors. *Parasitos de peixes marinhos da América do Sul*. Editora Furg. Rio Grande, Brasil.
- Santos, C. P., P. M. Machado, e E. G. N. Santos. 2013b. Acanthocephala. Pages 353-370 in G. C. Pavanelli, R. M. Takemoto, e J. C. Eiras, editors. *Parasitologia de peixes de água doce do Brasil*. Eduem, Maringá, Brasil.
- Santos, G. G., M. S. B. Oliveira, L. R. Neves, e M. Tavares-Dias. 2018. Parasites community of *Astronotus crassipinnis* (Cichlidae), a fish from the Brazilian Amazon. *Ann Parasitol* **64**:121-128.
- Santos, G. D., M. Jegu, e B. D. Merona. 1984. Catálogo de peixes comerciais do baixo rio Tocantins. Projeto Tucuruí ELETRONORTE/CNPq/INPA, 1.
- Santos, P. H., e M. Tavares-Dias. 2017. First study on communities of parasites in *Triporthus rotundatus*, a Characidae fish from the Amazon River system (Brazil). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* **26**:28-33.
- Sá-Oliveira, J. C., R. Angelini., e V. J. Isaac-Nahum. 2014. Diet and niche breadth and overlap in fish communities within the area affected by an Amazonian reservoir (Amapá, Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **86**:383-406.
- Scharsack, J. P., F. Franke, N. I. Erin, A. Kuske, J. Buscher, H. Stolz, I. E. Samonte, J. Kurtz, e M. Kalbe. 2016. Effects of environmental variation on host-parasite interaction in three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Zoology (Jena)* **119**:375-383.

- Silva, N. J. L., M. C. C. d. Silva, W. S. Nascimento, E. T. S. Cavalcanti, e S. Chellappa. 2017. Ocorrência de *Procamallanus (Spirocamallanus) saofranciscencis* em duas espécies de peixes dulcícolas do Rio Grande do Norte, Brasil. *Biota Amazônia* **7**:82-85.
- Soares M. G. M., E. L. Costa., F. K. Siqueira-Souza., H. D. B. Anjos., K. C. Yamamoto., C. E. C. Freitas. 2008. Peixes de lagos do Médio Rio Solmões. Instituto I-Piatam, Manaus, Brasil.
- Takemoto, R. M., J. L. Luque, S. Bellay, C. E. Longhini, e R. J. d. Graça. 2013. Monogenea. Pages 273-299 in G. C. Pavanelli, R. M. Takemoto, e J. C. Eiras, editors. *Parasitologia de peixes de água doce do Brasil*. Eduem, Maringá, Brasil.
- Tavares-Dias, M., M. B. F. Dias-Júnior, A. C. Florentino, L. M. A. Silva, and A. C. d. Cunha. 2015. Distribution pattern of crustacean ectoparasites of freshwater fish from Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* **24**:136-147.
- Tavares-Dias, M., R. A. Gonçalves, M. S. B. Oliveira, e L. R. Neves. 2017. Ecological aspects of the parasites in *Cichlasoma bimaculatum* (Cichlidae), ornamental fish from the Brazilian Amazon. *Acta Biológica Colombiana* **22**: 175-180.
- Tavares-Dias, M., T. J. S. M. Sousa, e L. R. Neves. 2014. Parasitic infections in two benthopelagic fish from amazon: The arowana *Osteoglossum bicirrhosum* (osteoglossidae) and oscar *Astronotus ocellatus* (cichlidae). *Biosciences Journal* **30**: 546-555.
- Thatcher, V. E. 2006. Amazon fish parasites. Pensoft Publishers, Bulgaria.
- Val, A. L., P. M. Fearnside, e V. M. F. Almeida-Val. 2016. Environmental disturbances and fishes in the Amazon. *Journal of Fish Biology* **89**:192-193.
- Vazzoler, A. E. A. M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. EDUEM, Maringá, Brasil.
- Vidal-Martinez, V. M., D. Pech, B. Sures, S. T. Purucker, e R. Poulin. 2009. Can parasites really reveal environmental impact? *Trends Parasitology* **26**:44-51.
- Whittington, I. D., e L. A. Chisholm. 2008. Diseases caused by Monogenea. Pages 683-816 In J. C. Eiras, H. Segner, T. Wahli, e B. G. Kapoor, editors. *Fish Diseases (2 Vols.)*. CRC Press, Enfield, New Hampshire, USA.
- Rojas, W. T., C. A. R. Betancourt, e O. R. Rengifo. 2016. Análisis del contenido estomacal y la ecología trófica de la *Tripurtheus auritus* (Jolombo). *Revista Electrónica de Veterinaria*, **17**: 1-9.
- Yamada, F. H., L. H. A. Moreira, T. L. Ceschini, M. A. P. Lizama, R. M. Takemoto, e G. C. Pavanelli. 2012. Parasitism associated with length and gonadal maturity stage of the

freshwater fish *Metynnis lippincottianus* (Characidae). Neotropical Helminthology **6**:247-253.

Yamamoto, K. C., M. G. M. Soares, e C. E. D. C. Freitas. 2004. Alimentação de *Triportheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) no lago Camaleão, Manaus, AM, Brasil. Acta Amazonica **34**:653-659.

Zar, J. H. 2010. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New York, USA.

CAPÍTULO 1

Diversity of metazoan parasites in *Triportheus angulatus* and *Triportheus auritus* living in sympatry in the Brazilian Amazon

Artigo submetido ao periódico Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária (Anexo 1)

Diversity of metazoan parasites in *Triportheus angulatus* and *Triportheus auritus* living in sympatry in the Brazilian Amazon

William Felix Borges¹, Marcos Sidney Brito Oliveira¹, Marcos Tavares-Dias^{1,2*}

¹Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBio), Macapá, AP, Brazil.

²Embrapa Amapá, Macapá, AP, Brazil.

***Author for correspondence:** Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, N° 2600, 68903-419, Macapá, AP, Brazil. E-mail: marcos.tavares@embrapa.

Abstract

The objective of the present study was to compare the diversity and community structure of metazoan parasites in sympatric populations of *Triportheus angulatus* and *Triportheus auritus* in the Jari River basin, in the eastern Brazilian Amazon. All the specimens of *T. angulatus* and *T. auritus* examined were infected by *Anacanthorus furculus*, *Anacanthorus pithophallus*, Digenea gen. sp., *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus*, *Rhabdochona acuminata*, *Contracaecum* sp., *Ergasilus* sp. and Acarina gen. sp. The parasites displayed aggregate, uniform or random dispersion. The parasite community in *T. angulatus* and *T. auritus* presented a similarity of 78%. The diversity and richness of parasite species were greater in *T. auritus* and there were differences in levels of host parasite infection for some infracommunities. *Phyllodistomum spatula* occurred only in *T. angulatus*, while metacercariates of *Clinostomum marginatum* and Digenea gen. sp.2 occurred only in *T. auritus*. The species richness of the parasites was influenced by host size, as well as the abundance of some parasite infracommunities. This was the first report of these parasites for *T. angulatus* and *T. auritus*, except for *P. (S.) inopinatus* and *Contracaecum* sp. for *T. angulatus*.

Keywords: Amazon, community, fish, helminth, parasites, similarity.

Introduction

The Jari River basin is located in the division between the south of the state of Amapá and the north of the state of Pará, in the north of Brazil. Its source is found in the Serra do Tumucumaque mountain range on the border between Brazil and French Guiana, and it is approximately 800 km long, with its mouth on the Amazon River to the south of the state of Amapá. It has a clear water basin system, and the region is comprised of tropical rainforest (EPE 2011). There is the presence of anthropic action in the south of the basin, where the original forest was replaced by agricultural activities and silvicultural explorations (Cunha & Cunha 2010; Abreu & Cunha 2015). In addition, the region has a great diversity of birds, zooplankton and several other invertebrates that form part of the diet of fish, and which can be hosts for different species of fish parasites.

Triportheus are freshwater fish of the Triportheidae family and Characiformes order, which contains about 23 valid species (Froese & Pauly 2021), including *Triportheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) and *Triportheus auritus* (Valenciennes, 1850). *Triportheus angulatus* is distributed in the Amazon and Essequibo River basins, while *T. auritus* is more widely

distributed, and is found in the Amazon, Essequibo, Tocantins, and Araguaia river basins, and on the Ilha de Trindade (Trindade Island) (Lima et al. 2003; Lasso & Sánchez-Duarte 2011; Malarba 2004; Froese & Pauly 2021). Both species are benthopelagic and have omnivorous feeding habits, feeding mainly on insects, fruits, seeds, fragments of fish, plankton and crustaceans (Almeida 1984; Yamamoto 2004; Lasso & Sánchez-Duarte 2011; Sá-Oliveira 2014; Rojas 2016; Rojas 2016; Froese & Pauly 2021). In general, the reproduction of these fish occurs in the rainy season, when there are lateral migrations to floodplain areas (Santos et al. 1984; Soares et al. 2008; Lasso & Sánchez-Duarte 2011; Araújo et al. 2012), a favorable environment for fish larvae feeding. As such, in general, *T. angulatus* and *T. auritus* are caught in schools in rivers and flooded forests (Lasso & Sánchez-Duarte 2011; Sá-Oliveira 2014). *Triportheus angulatus* and *T. auritus* (Ponte et al. 2016; Goulding et al. 2018) are consumed in the Amazon basin, and are species whose biology has been little studied, notably their parasite diversity and communities.

In wild fish populations, studies on parasite fauna are important not only for understanding diversity, biogeography and population distribution, but also parasite-host-environment interactions (Tavares-Dias et al. 2014; Oliveira et al. 2016; Moreira et al. 2017; Baia et al. 2018). In several species of fish in the Amazon Basin, an ecosystem that serves as a habitat for a number of parasite species, parasite community and infracommunities are yet to be studied, and include species of hosts living in the same environment (sympatry), which tend to have similar parasite communities and infracommunities (Muñoz et al. 2005; Oliveira et al. 2016; Hoshino et al. 2016; Santos-Bustos et al. 2018). However, the community and infracommunities of parasites of sympatric populations of *T. angulatus* and *T. auritus* have not yet been investigated. As such, the aim of the present study was to compare the diversity and community structure of metazoan parasites of *T. angulatus* and *T. auritus* living in sympatry in the Jari River basin, in the eastern Brazilian Amazon.

Material and Methods

Study area and collection of fishes

Twice monthly, from January to July 2020, *T. angulatus* and *T. auritus* were collected in river and stream bank areas and lowland regions of the lower Jari River, close to the Jarilândia District, in the municipal region of Vitória do Jari, in the state of Amapá, Brazil (Figure 1). Fish were collected using reeds, hand lines, nets and gillnets with 25 mm and 30 mm meshes.

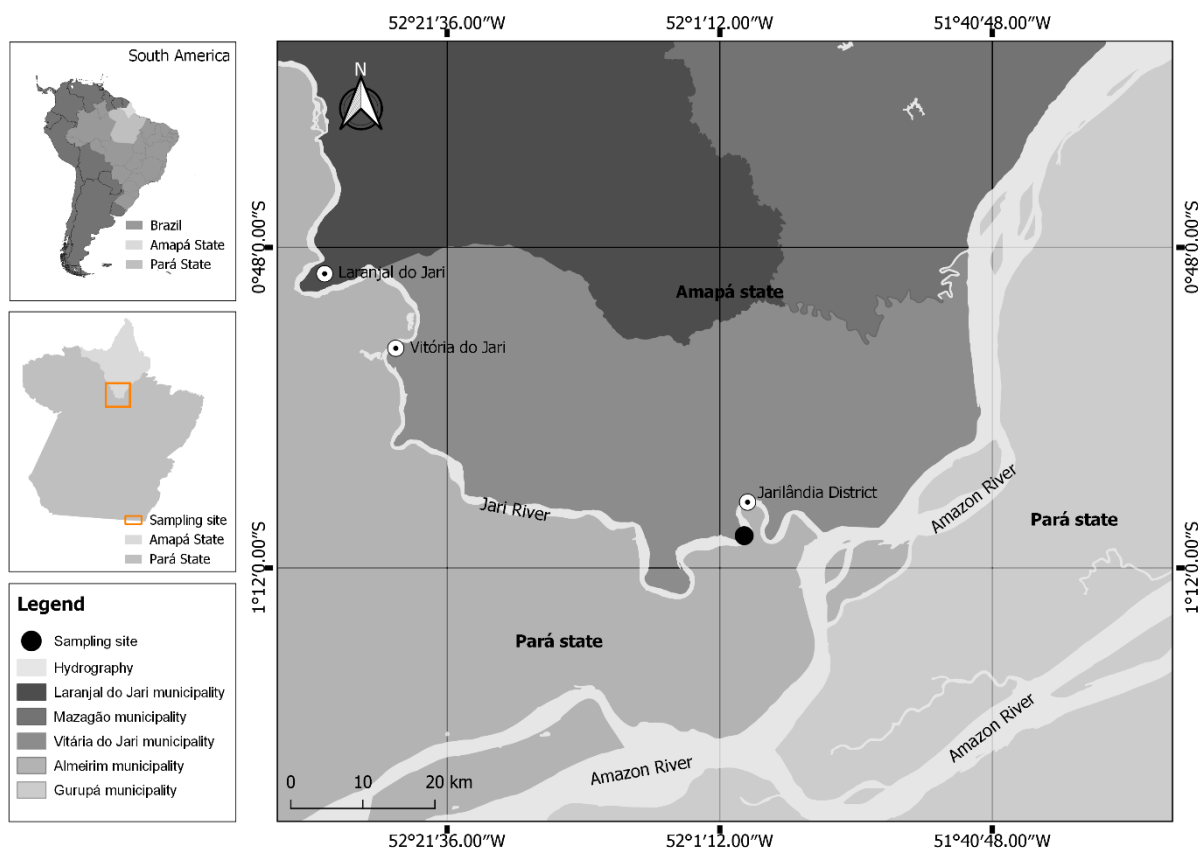


Figure 1. Collection site of *Triportheus angulatus* and *Triportheus auritus* in lower Jari River, in Amazon River system (Brazil).

Parasite collection and analysis procedures

Each fish was weighed (g) and had its standard length (cm) measured, before being necropsied for parasitological analysis. The body surface, opercula, gastrointestinal tract and viscera were examined at the collection site, while the gills were fixed in heated 5% formalin (60-70 °C) and analyzed at the Embrapa Amapá Aquaculture and Fisheries Laboratory, Macapá (Brazil). The mouth, gills, opercula and fins were examined to check for the presence of ectoparasites and the viscera and gastrointestinal tract for the presence of endoparasites. The collection, fixation, conservation and preparation of the parasites for identification followed previous recommendations (Eiras et al. 2006). The ecological terms used were those recommended by Bush et al. (1997).

Statistical analyses

The normality and homoscedasticity of the data were evaluated using the Shapiro-Wilk and Bartlett tests, respectively. The Brillouin index (*HB*), Uniformity (*E*), Berger-Parker

dominance index (d), species richness (Magurran, 2004) and frequency of dominance, that is, the percentage of infracommunities in which a given parasite species is numerically dominant (Rohde et al., 1995), were calculated to assess the parasite component community using Diversity software (Pisces Conservation Ltd, UK).

The body weight (W) and the total length (L) data were used to calculate the relative condition factor (Kn) of the host fish, as well as the length–weight relationship ($W = aL^b$) after the logarithmic transformation of the length (L) and weight (W) and subsequent adjustment of two straight lines, thereby obtaining $\ln y = \ln a + b \ln L$ (Le Cren, 1951).

The Spearman correlation coefficient (r_s) was used to determine possible correlations of the abundance of parasites with the length, weight and Kn of hosts, as well as of hosts length with the species richness and HB . For comparison of prevalence between *T. angulatus* and *T. auritus* the chi-square test (χ^2) was used, followed by Yates's correction. The mean intensity, mean abundance, species richness, diversity index, evenness and Berger-Parker dominance between both hosts were compared with the Mann–Whitney (U) test (Zar, 2010).

The dispersion index (DI) and discrepancy index (D) of Poulin were calculated using the Quantitative Parasitology 3.0 software package, to detect the distribution patterns of the parasite infracommunities (Rózsa et al. 2000) for species with prevalence >10%. The significance of the DI, for each infracommunity, was tested using the d-statistic test (Ludwig & Reynolds 1988).

Using the R software package (R Core Team 2021), Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) was performed to order the parasite abundance data from the similarity matrix generated through the Bray-Curtis quantitative index. To test the differences between the parasite component communities of *T. angulatus* and *T. auritus*, the ANOSIM test was used with 999 permutations using the Jaccard (J) similarity index (presence/absence of species), and Bray-Curtis dissimilarity index (B) (abundance). The Similarity Percentage test (SIMPER) was used to detect the contribution of each parasite species in the sampling.

Results

All specimens of *T. angulatus* and *T. auritus* examined (100%) were infected with one or more species of parasites, and a total of 2,410 parasites were collected. Both the hosts were parasitized by *Anacanthorus furculus* (Kritsky, Boeger & Van Every, 1992), *Anacanthorus pithophallus* (Kritsky, Boeger & Van Every, 1992), Digenea gen. sp.1; *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* (Travassos, Artigas & Pereira, 1928), *Rhabdochona acuminata* (Molin, 1860), *Contracaecum* sp., *Ergasilus* sp. e Acarina gen.sp. However, *Phyllodistomum*

spatula (Odhner, 1902) occurred only in *T. angulatus*, while the metacercariates of *Clinostomum marginatum* (Rudolphi, 1819) and Digenea gen. sp.2 occurred only in *T. auritus*. However, in both hosts, the monogeneans *A. furculus* and *A. pithophallus* were dominant (Table 1).

Table 3. Parasites in *Tripottheus* spp. from the lower Jari River, in Brazilian Amazon.

Parasites	<i>Tripottheus angulatus</i> (n = 30)						<i>Tripottheus auritus</i> (n = 34)					
	P (%)	MI	MA	TNP	FD (%)	SI	P (%)	MI	MA	TNP	FD (%)	SI
<i>Anacanthorus furculus</i> and <i>Anacanthorus pithophallus</i>	96.7	37.4	36.2	1085	77.1	Gills	97.1	16.9	16.4	558	55.7	Gills
Digenea gen. sp.1 (metacercariae)	20.0	1.8	0.4	11	0.8	Gills	23.53	1.3	0.3	10	1.0	Gills
<i>Phyllodistomum spatula</i> (metacercariae)	30.0	6.6	2.0	59	4.2	Swim bladder	-	-	-	-	-	-
Digenea gen. sp.2 (metacercariae)	3.33	1.0	0.0	1	0.07	Liver	-	-	-	-	-	-
<i>Clinostomum marginatum</i>	-	-	-	-	-	-	5.88	1.5	0.1	3	0.3	Muscle
Digenea gen. sp.2 (metacercariae)	-	-	-	-	-	-	17.65	1.0	0.2	6	2.1	Intestine
<i>Procamallanus (S.) inopinatus</i>	53.3	1.9	1.0	31	2.2	Caecum pyloric	44.12	1.7	0.7	25	2.5	Caecum pyloric
<i>Procamallanus (S.) inopinatus</i>	20.0	2.2	0.4	13	0.9	Intestine	38.24	1.8	0.7	24	2.4	Intestine
<i>Rhabdochona acuminata</i>	3.33	108.0	3.6	108	7.7	Caecum pyloric	8.82	2.7	0.2	8	0.8	Caecum pyloric
<i>Rhabdochona acuminata</i>	3.33	37.0	1.2	37	2.6	Intestine	23.53	31.0	7.3	248	24.7	Intestine
<i>Contracaecum</i> sp. (larvae)	43.3	2.6	1.1	34	2.4	Abdominal cavity	41.18	3.1	1.3	44	4.4	Abdominal cavity
<i>Ergasilus</i> sp.	6.7	1.5	0.1	3	0.2	Gills	58.82	2.8	1.6	55	5.5	Gills
Acari	26.7	3.3	0.9	26	1.8	Gills	17.65	3.5	0.6	21	2.1	Gills

Abbreviations: P, prevalence; MI, mean intensity; MA, mean abundance; TNP, total number of parasites; SI, site of infection. FD: Frequency of dominance, SI: Site of infection

Anacanthorus furculus and *A. pithophallus*, *R. acuminata*, *Ergasilus* sp. and Acarina gen. sp. exhibited aggregate dispersion, while *Digenea* gen. sp.1 and *Digenea* gen. sp.2, *P. spatula*, *P. (S.) inopinatus* and *Contraecaecum* sp. presented random dispersion (Table 2).

Table 4. Index of dispersion (ID), *d*-statistic and discrepancy index (D) for infracommunities of parasites in *Triporthesus* spp. from the lower Jari River, in Brazilian Amazon.

Parasite species	Hosts	<i>Triporthesus angulatus</i>			<i>Triporthesus auritus</i>		
		ID	<i>d</i>	D	ID	<i>d</i>	D
<i>Anacanthorus furculus</i> and <i>Anacanthorus pithophallus</i>		2.270	3.289	0.343	2.100	3.587	0.351
<i>Digenea</i> gen. sp.1		1.410	0.858	0.806	0.990	-0.102	0.765
<i>Digenea</i> gen. sp.2		-	-	-	0.850	-0.673	0.800
<i>Phyllodistomum spatula</i>		1.650	1.597	0.746	-	-	-
<i>Procammallanus (S.) inopinatus</i>		1.100	-0.198	0.491	1.110	0.370	0.451
<i>Rhabdochona acuminata</i>		-	-	-	2.950	5.768	0.815
<i>Contraecaecum</i> sp.		1.590	1.418	0.669	1.510	1.798	0.669
<i>Ergasilus</i> sp.		-	-	-	5.290	10.500	0.438
Acarina gen. sp.		2.030	2.665	0.785	2.380	4.348	0.846

The prevalence of *A. furculus* and *A. pithophallus* was similar ($\chi^2 = 0.008$, $p = 0.529$) for *T. auritus* and *T. angulatus*, however the average abundance ($U = 327.0$, $p = 0.014$) and average intensity ($U = 293.5$, $p = 0.001$) were higher in *T. angulatus*. The prevalence ($\chi^2 = 0.116$, $p = 0.969$), mean abundance ($U = 500.5$, $p = 0.898$) and mean intensity ($U = 15.5$, $p = 0.272$) of *Digenea* gen. sp.1 were similar in both hosts. The prevalence ($\chi^2 = 0.542$, $p = 0.627$), mean abundance ($U = 439$, $p = 0.339$) and mean intensity ($U = 96.0$, $p = 0.343$) of *P. (S.) inopinatus* were similar in intestine of both hosts. The prevalence ($\chi^2 = 2,539$, $p = 0.187$), mean abundance ($U = 413.5$, $p = 0.194$) and mean intensity ($U = 35.5$, $p = 0.759$) of *P. (S.) inopinatus* were similar in pyloric caeca of both hosts. In the pyloric caeca, the prevalence ($\chi^2 = 0.820$, $p = 0.698$) and mean abundance ($U = 483.5$, $p = 0.0721$) of *R. acuminata* were similar in both hosts. In the intestine, the prevalence ($\chi^2 = 5.379$, $p = 0.05$) of *R. acuminata* was higher in *T. auritus* than in *T. angulatus*, while the mean abundance ($U = 483.5$, $p = 0.0721$) was similar for both hosts. The prevalence ($\chi^2 = 0.597$, $p = 0.595$), mean abundance ($U = 509.0$, $p = 0.989$)

and mean intensity ($U = 81.0$, $p = 0.627$) of *Contracaecum* sp. were similar in both hosts. The prevalence ($\chi^2 = 19.219$, $p = 0.0001$) and mean abundance ($U = 237.5$, $p = 0.0002$) of *Ergasilus* sp. were higher in *T. auritus* than *T. angulatus*. The prevalence ($\chi^2 = 0.759$, $p = 0.570$), mean abundance ($U = 466.0$, $p = 0.553$) and mean intensity ($U = 22.0$, $p = 0.796$) of acari were similar in both hosts.

The component community of *T. angulatus* and *T. auritus* was similar and was composed of a similar presence of ectoparasites and endoparasites (Table 3). In *T. angulatus*, there was a predominance of hosts infected by 2 to 4 parasite species, while in *T. auritus* there was a predominance of hosts infected by 3 to 4 parasite species (Figure 2).

Table 5. Component community of parasites in *Triporthus* spp. from lower Jari River, in Brazilian Amazon.

Characteristics	<i>Triporthus angulatus</i>	<i>Triporthus auritus</i>
Examined fish number	30	34
Body length (cm)	15.2 ± 2.0	14.3 ± 2.4
Weight (g)	68.3 ± 22.2	38.3 ± 30.4
Prevalence (%) of parasites	100	100
Total number of parasites	1408	1002
Ectoparasite species	5	5
Percentage of ectoparasites	79.9	64.3
Endoparasite species	5	5
Percentage of endoparasites	20.1	35.7
Endoparasite species (adults)	5	6
Endoparasite species (larvae)	4	3

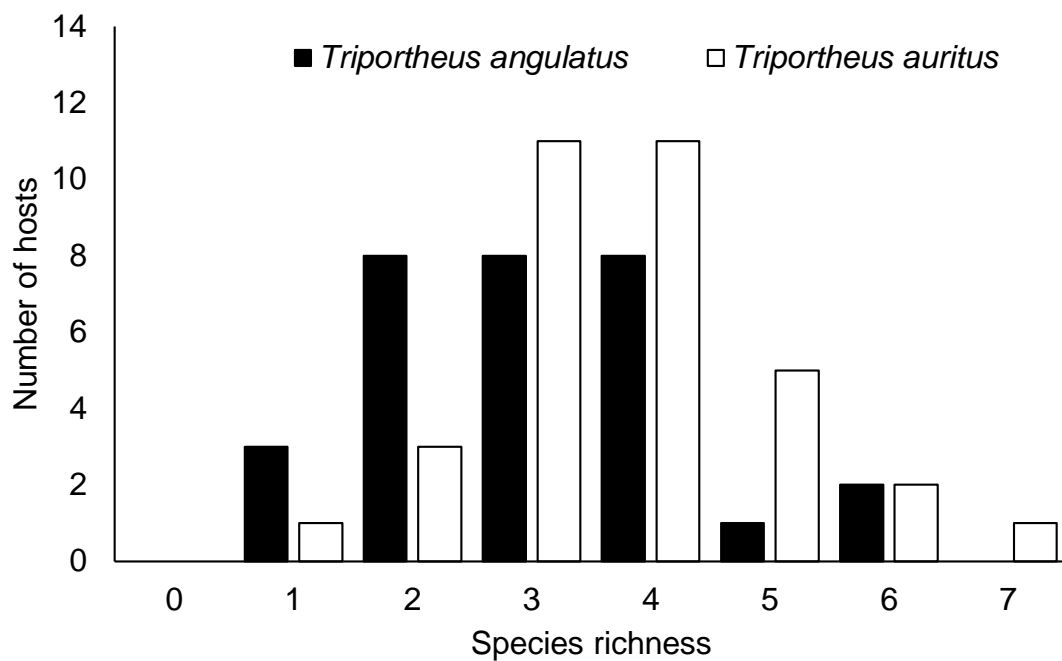


Figure 2. Species richness of parasites in *Triportheus angulatus* and *Triportheus auritus* from lower Jari River, in Brazilian Amazon.

Berger-Parker dominance was greater ($p < 0.05$) in *T. angulatus*, while the Brillouin diversity index, equitability and richness of the parasite species were greater ($p < 0.05$) in *T. auritus* (Figure 3).

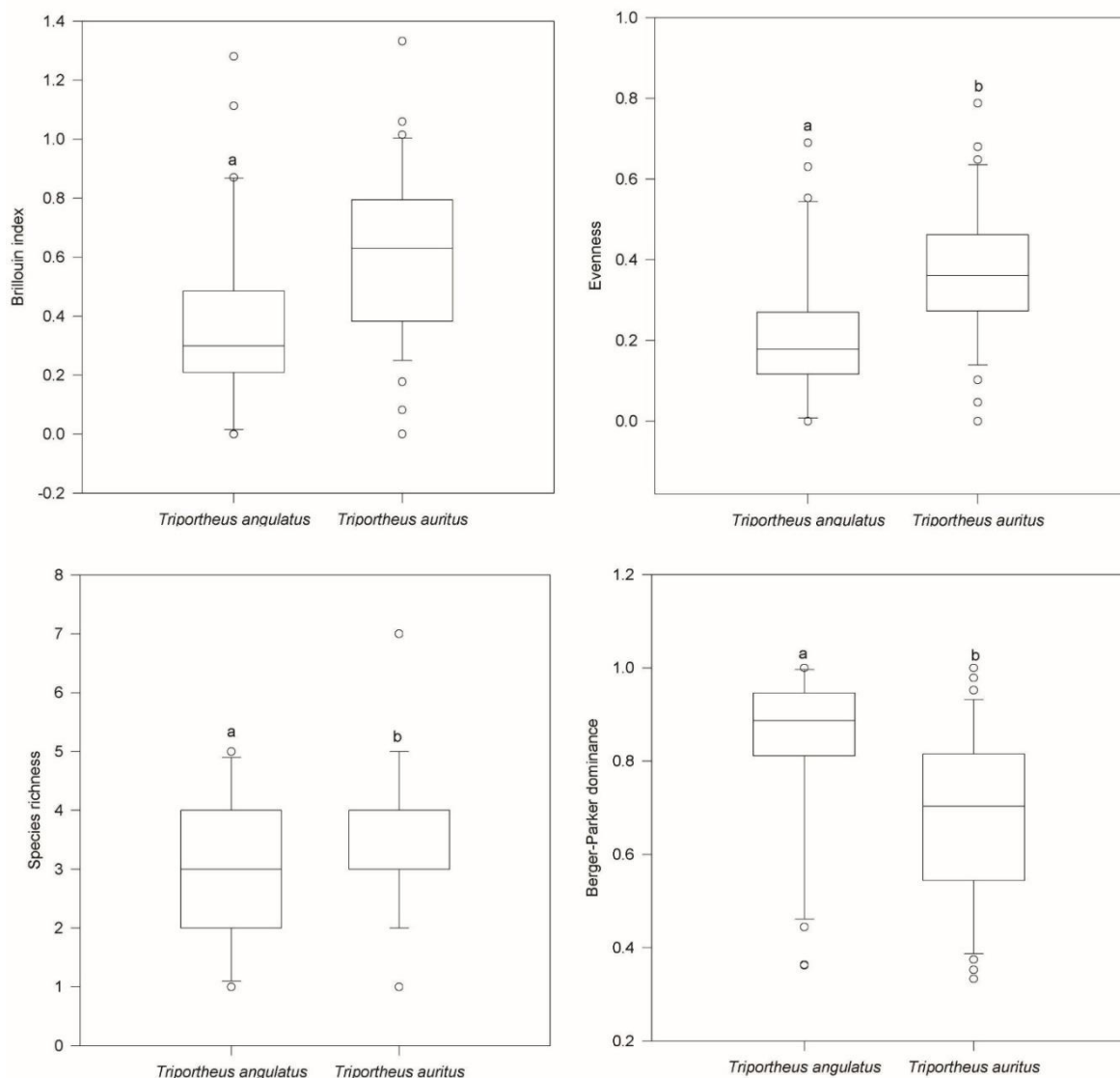


Figure 3. Descriptors of diversity for communities of parasites in *Triportheus angulatus* and *Triportheus auritus* from lower Jari River, in Brazilian Amazon (Box plots represent medians, interquartile ranges (25-75%), minimum–maximum ranges and outliers).

The NMDS did not reveal differences in parasite abundance between *T. angulatus* and *T. auritus*, with a stress value of 0.022 (Figure 4). The similarity of the component communities of the host populations exhibited qualitative similarity, according to the Jaccard index ($J = 0.78$) and quantitative dissimilarity according to Bray-Curtis index homogeneity ($B = 0.69$). ANOSIM did not detect any difference between sites, but detected a difference between the parasite communities ($R_{\text{Jaccard}} = 0.169$, $p = 0.0001$; $R_{\text{Bray-Curtis}} = 0.049$; $p = 0.033$). SIMPER

showed that the monogeneans (60.1%) and *R. acuminata* (15.2%) contributed most to these differences.

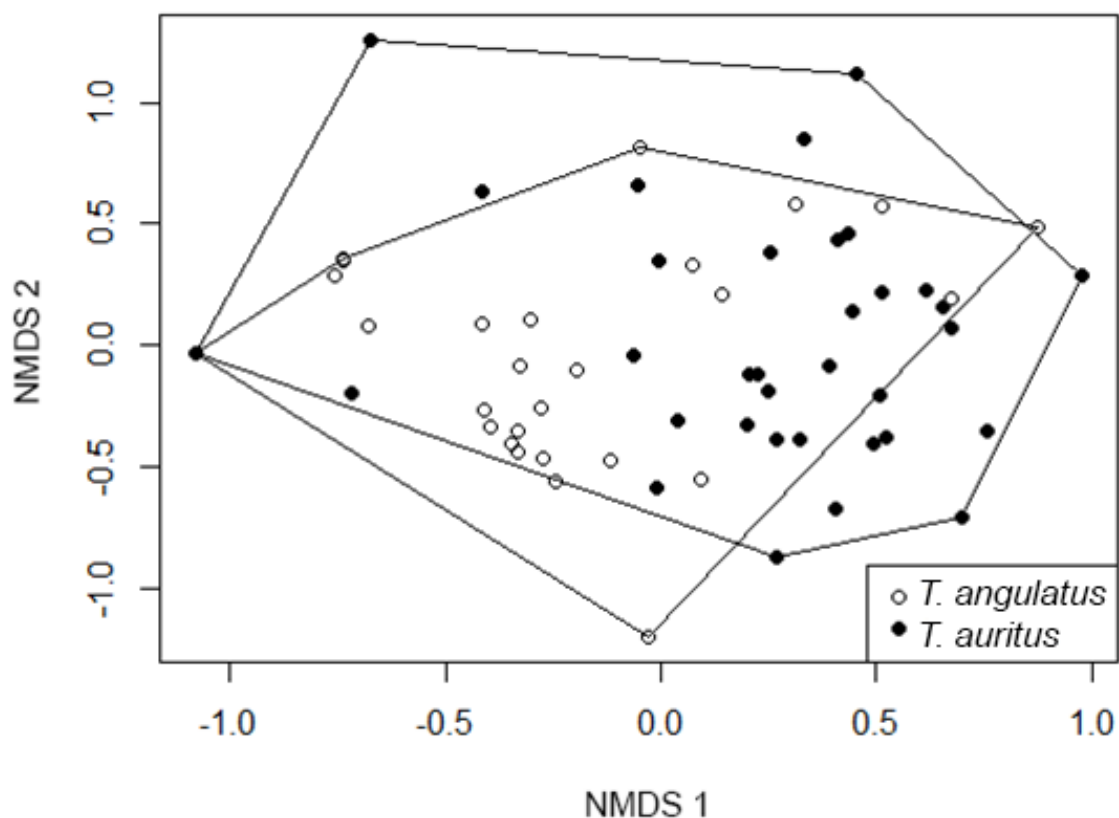


Figure 4. Non-metric multidimensional scaling ordination (NMDS) of abundance of parasites in *Triportheus angulatus* and *Triportheus auritus* from lower Jari River, in Brazilian Amazon.

In *T. angulatus*, Brillouin diversity did not reveal a correlation ($r_s = -0.235$, $p = 0.210$) with host length, but the richness of the parasite species correlated negatively ($r_s = -0.436$, $p = 0.016$) with host length. In *T. auritus*, Brillouin diversity revealed no correlation ($r_s = -0.312$, $p = 0.072$) with host length, but the richness of the parasite species correlated positively ($r_s = 0.335$, $p = 0.053$) with host length. In addition, some parasite infracommunities showed a correlation with the length, weight and Kn of the hosts (Table 5).

Table 4. Spearman correlation coefficient (r_s) of the abundance of parasites with the total length, body weight and condition factor (Kn) of *Triportheus* spp. from lower Jari River, in Brazilian Amazon.

Hosts	<i>Triportheus angulatus</i>						<i>Triportheus auritus</i>					
	Length		Weight		Kn		Length		Weight		Kn	
Parasite species	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
<i>Anacanthorus furculus</i> and												
<i>Anacanthorus pithophallus</i>	-0.349	0.050	-0.21	0.241	0.336	0.069	0.328	0.050	0.340	0.048	0.003	0.984
Digenea gen. sp.1	-0.161	0.395	-0.369	0.044	-0.505	0.004	-0.307	0.077	-0.375	0.029	-0.126	0.476
Digenea gen. sp. 2	-	-	-	-	-	-	-0.119	0.501	-0.193	0.273	-0.162	0.358
<i>Phyllodistomum spatula</i>	-0.044	0.818	0.129	0.496	0.184	0.329	-	-	-	-	-	-
<i>Procamallanus (S.) inopinatus</i>	-0.387	0.034	-0.221	0.240	0.315	0.089	0.448	0.008	0.358	0.037	-0.022	0.9
<i>Rhabdochona acuminata</i>	-	-	-	-	-	-	0.015	0.933	0.094	0.594	-0.043	0.808
<i>Contracaecum</i> sp.	0.130	0.492	0.035	0.854	-0.129	0.494	0.164	0.353	0.097	0.583	0.100	0.572
<i>Ergasilus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0.374	0.029	0.301	0.083	-0.045	0.799
Acarina gen. sp	-0.334	0.071	-0.478	0.007	-0.194	0.303	0.016	0.928	-0.087	0.624	-0.214	0.223

Discussion

Parasite communities in sympatric hosts with similar ecology and which are phylogenetically related tend to be structured in a similar manner (Muñoz et al. 2005; Oliveira et al. 2016; Hoshino et al. 2016; Santos-Bustos et al. 2018), especially when these diets of these hosts overlap in the environment. The similar component communities of *T. angulatus* and *T. auritus* parasites from the lower Rio Jari was composed of Monogenea, Digenea, Nematoda, Crustacea and Acarina, with a predominance of *A. furculus* and *A. pithophallus* monogeneans, parasites with simple, direct life cycles (Kohn et al. 2016). ANOSIM revealed that the abundance of parasites was similar in *T. angulatus* and *T. auritus*, as both hosts had a qualitative similarity of 78%. NMDS revealed a slight difference between the parasite community of *T. angulatus* and *T. auritus*, caused by the abundance of *A. furculus*, *A. pithophallus* and *R. acuminata*. This can occur due to parasite abundance, which can vary depending on the birth rate and mortality, ability to migrate between hosts, competition, or detachment from the host by mechanical action and/or the physiological responses of the host (Anderson & Gordon 1982; Zuben 1997; Luque et al. 2013).

In wild fish populations, quantitative and qualitative descriptive patterns are found among parasite communities (Maguran 2004; Oliveira et al. 2016; Hoshino et al. 2016). In *T. angulatus* and *T. auritus* from the lower Rio Jari, we observed that the ecto and endoparasite communities were similar. However, the diversity and richness of parasite species were higher in *T. auritus*. The prevalence of *R. acuminata* was higher in *T. auritus* than in *T. angulatus*. The prevalence and abundance of *Ergasilus* sp. were higher in *T. auritus*. In addition, *P. spatula* occurred only in *T. angulatus*, while *C. marginatum* occurred only in *T. auritus*. Such differences may be related to the different contacts of these hosts with the infectious forms of the parasites in the environment, possibly associated with food, as fish need to explore different locations to feed, thus increasing the possibility of parasitic infection (Luque et al. 2004; Santos-Bustos et al. 2018).

In *T. angulatus* and *T. auritus*, infection by *A. furculus* and *A. pithophallus*, *R. acuminata*, *Ergasilus* sp. and Acarina gen. sp. presented aggregate dispersion. However, Digenea gen. sp.1 and Digenea gen. sp.2, *P. spatula*, *P. (S.) inopinatus* and *Contracaecum* sp. showed random dispersion. The aggregate dispersion pattern is common in fish populations and is caused by several factors associated with the host and the environment (Rohde et al., 1995; Neves et al., 2013; Oliveira et al., 2016; Hoshino et al., 2016). Random dispersion has generally

been attributed to those species of pathogenic parasites which have little opportunity to colonize hosts (Guidelli et al., 2003).

In wild fish populations, the body size of hosts has been identified as a significant predictor of parasite burden (Poulin 2004; Poulin & Leung 2011; Paraguassú & Luque 2007; Baia et al 2018). Several studies on fish populations have shown that the abundance of parasites increases or decreases according to the age or size of the host fish (Poulin 2004; Paraguassú & Luque 2007; Gonçalves et al. 2018; Baia et al 2018). However, any correlation between the body size of the fish and the burden of the parasites using it as an intermediate host should be positive, as large hosts are unlikely to serve as prey. In *T. angulatus*, the abundance of *A. furculus*, *Ergasilus* sp., *A. pithophallus* and *P. (S.) inopinatus* correlated negatively with the length of the hosts. The abundance of Digenea gen. sp.1 and Acarina gen. sp. correlated negatively with body weight. However, the abundance of *A. furculus*, *A. pithophallus* and *P. (S.) inopinatus* in *T. auritus* correlated positively with the size of the hosts.

To conclude, we showed that the parasite community of *T. angulatus* and *T. auritus* were characterized by a low abundance of helminths, low species richness, low diversity and evenness, with a predominance of ectoparasite species. There was similarity between the metazoan parasite community of *T. angulatus* and *T. auritus*, but with differences in a few infracommunities, diversity and richness of parasites. Moreover, host size was a factor that influenced the diversity and species richness of parasites. *Triportheus angulatus* and *T. auritus* are intermediate hosts for metacercariae of the digeneas and larvae of *Contracaecum* sp., and definitive hosts for *P. (S.) inopinatus* and *R. acuminata*. This was the first study on parasites of *T. angulatus* and *T. auritus* from the Jari River.

Acknowledgements

We would like to thank Mr. João Pena de Oliveira for his assistance in collecting the fish. This study received financial support from the National Council for Scientific and Technological Development (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq) through a productivity grant to Tavares-Dias, M (Process number 303013/2015-0) and, Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brazil) under the financial code 001, PROAP/CAPES resource, and granting the doctoral scholarship to Oliveira, MSB (Process number 88882.430002/2019-01) and Borges, WF (Process number 88887.484708/2020-00).

References

- Abreu CHM, Cunha AC. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari-AP: revisão descritiva. *Biota Amaz* 2015; 5(2): 119-131. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n2p119-131>
- Anderson RM, Gordon DM. Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite-induced host mortalities. *Parasitology* 1982; 85(2): 373-398. <https://doi.org/10.1017/S0031182000055347>
- Almeida RG. Biologia alimentar de três espécies de *Triportheus* (Pisces: Characoideil, Characidae) do Lago do Castanho, Amazonas. *Acta Amaz* 1984; 14(1-2): 48-76. <https://doi.org/10.1590/1809-43921984142076>
- Araújo AS, Lima LTB, Nascimento WS, Yamamoto ME, Chellappa S. Características morfométricas-merísticas e aspectos reprodutivos da sardinha de água doce, *Triportheus angulatus* (Osteichthyes: Characiformes) do Rio Acauã do bioma Caatinga. *Biota Amaz* 2012; 2(1): 59-73. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v2n1p59-73>
- Baia RRJ, Florentino AC, Silva LMA, Tavares-Dias M. Patterns of the parasite communities in a fish assemblage of a river in the Brazilian Amazon region. *Acta Parasitol* 2018; 63(2): 304-316. <https://doi.org/10.1515/ap-2018-0035>
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J Parasitol* 1997; 83(4):575–583. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Cunha AC, Cunha HFA. *Rede de meteorologia e recursos hídricos do Estado do Amapá (REMETAP): Principais Resultados. Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no estado do Amapá*. Macapá: IEPA; 2010.
- Eiras JC, Takemoto RM, Pavanelli GC. *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. Maringá: Eduem; 2006.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Inventário hidroenergético da bacia hidrográfica*. Relatório final volume 8/9 – Apêndice D estudos socioambientais Tomo 1/4. Rio Jari: EPE. 2010.
- Froese R, Pauly D. FishBase. World wide web electronic publication. [online] 2021 [cited 2021 Apr 15]. Available from: www.fishbase.org/
- Gonçalves BB, Oliveira MSB, Borges WF, Santos GG, Tavares-Dias M. Diversity of metazoan parasites in *Colossoma macropomum* (Serrasalmidæ) from the lower Jari River, a

- tributary of the Amazonas River in Brazil. *Acta Amaz* 2018; 48(3): 211-216. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201704371>.
- Goulding M, Venticinque E, Ribeiro MLB, Barthem RB, Leite RG, Forsberg B, et al. Ecosystem- based management of Amazon fisheries and wetlands. *Fish Fish* 2018; 20(1): 138-158. <https://doi.org/10.1111/faf.12328>
- Guidelli GM, Isaac A, Takemoto RM, Pavanelli GC. Endoparasite infracommunities of *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840) (Pisces: Pimelodidae) of the Baía River, upper Paraná River floodplain, Brazil: specific composition and ecological aspects. *Braz J Biol* 2003; 63(2): 261-268. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842003000200011>
- Hoshino MDFG, Neves LR, Tavares-Dias M. Parasite communities of the predatory fish, *Acestrorhynchus falcatus* and *Acestrorhynchus falcistrostris*, living in sympatry in Brazilian Amazon. *Braz J Vet Parasitol* 2016; 25(2): 207-216. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612016038>
- Kohn A, Justo MCN, Cohen SC. Monogenoidea. In: Eiras JC, Velloso AL, Pereira Jr J, editors. *Parasitos de peixes marinhos da América do Sul*. Rio Grande: Ed. Furg; 2016. p. 53-94.
- Lasso CA, Sánchez-Duarte P. *Los peces del delta del Orinoco: diversidad, bioecología, uso y conservación*. Caracas: Chevron; 2011.
- Le Cren ED. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J Anim Ecol* 1951; 20(2): 201-219. <https://doi.org/10.2307/1540>
- Lima FCT, Malabarba LR, Buckup PA, Silva JFP, Vari RP, Harold A, et al. Genera Incertae Sedis in Characidae. In: Reis RE, Kullander SE, Ferraris Jr CJ, editors. *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre: Edipucrs; 2003. p. 106-169.
- Ludwig JA, Reynolds JF. *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. New York: Wiley-Interscience Pub; 1988.
- Luque JL, Lacerda AC, Lizama MAP, Bellay S, Takemoto RM. In: Pavanelli GC, Takemoto RM, Eiras JC, editors. *Parasitologia de peixes de água doce do Brasil*. Maringá: Eduem; 2013. p. 67-84.
- Luque JL, Mouillot D, Poulin R. Parasite biodiversity and its determinants in coastal marine teleost fishes of Brazil. *Parasitology* 2004; 128(6): 671-682. <https://doi.org/10.1017/S0031182004005050>

- Malabarba MCSL. Revision of the Neotropical genus *Triportheus* Cope, 1872 (Characiformes: Characidae). *Neotrop Ichthyol* 2004; 2(4): 167-204. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252004000400001>
- Magurran AE. *Measuring biological diversity*. Oxford (UK): Blackwell Science; 2004.
- Moreira AC, Silva de Oliveira TT, Morey GAM, Malta JCO. Metazoários parasitas de *Triportheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) do Lago Catalão, Rio Solimões, Amazonas, Brasil. *Folia Amaz* 2017; 26(1): 9-16. <https://doi.org/10.24841/fa.v26i1.415>Muñoz G, Grutter AS, Cribb TH. Endoparasite communities of five fish species (Labridae: Cheiliniinae) from Lizard Island: how important is the ecology and phylogeny of the hosts? *Parasitology* 2006; 132(3): 363-374. <https://doi.org/10.1017/S0031182005009133>
- Neves LR, Pereira FB, Tavares-Dias M, Luque JL. Seasonal influence on the parasite fauna of a wild population of *Astronotus ocellatus* (Perciformes: Cichlidae) from the Brazilian Amazon. *J Parasitol* 2013; 99(4): 718-721. <https://doi.org/10.1645/12-84.1>
- Oliveira MSB, Gonçalves RA, Tavares-Dias M. Community of parasites in *Triportheus curtus* and *Triportheus angulatus* (Characidae) from a tributary of the Amazon River system (Brazil). *Stud Neotrop Fauna Environ* 2016; 51(1): 29-36. <https://doi.org/10.1080/01650521.2016.1150095>Paraguassú AR, Luque JL. Metazoários parasitos de seis espécies de peixes do reservatório de Lajes, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Braz J Vet Parasit* 2007; 16(3): 121-128. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612007000300002>
- Ponte SC, Ferreira LC, Bittencourt SCS, Queiroz HL, Zacardi DM. Variação espacial e temporal das larvas de *Triportheus* (Characiformes, Triportheidae), no médio Rio Solimões, Amazônia Central, Brasil. *Act Fish Aquat Res* 2016; 4(2): 71-81. <https://doi.org/10.2312/Actafish.2016.4.2.71-81>Poulin R, Leung TLF. Body size, trophic level, and the use of fish as transmission routes by parasites. *Oecologia* 2011; 166: 731-738. <https://doi.org/10.1007/s00442-011-1906-3>
- Poulin R. Macroecological patterns of species richness in parasite assemblages. *Basic Appl Ecol* 2004; 5(5): 423-434. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2004.08.003>
- R Core Team. *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. [online] 2020.[cited 2021 Feb 15]. Available from: <http://www.R-project.org/>
- Rohde K, Hayward C, Heap M. Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. *Int J Parasitol* 1995; 25(8): 945-970. [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(95\)00015-T](https://doi.org/10.1016/0020-7519(95)00015-T)

- Rojas WT, Betancourt CAR, Rengifo OR. Análisis del contenido estomacal y la ecología trófica de la *Triportheus auritus* (Jolombo). *Rev Elect Vet* 2016; 17(11): 1-9.
- Rózsa L, Reiczigel J, Majoros G. Quantifying parasites in samples of hosts. *J Parasitol* 2000; 86(2): 228-232. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2000\)086\[0228:qpih\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2000)086[0228:qpih]2.0.co;2)
- Santos-Bustos NG, Violante-González J, Monks S, Rojas-Herrera AA, García-Ibáñez S, Flores-Rodríguez P, et al. Species richness and similarity of metazoan parasite communities in three species of leatherjacket (*Oligoplites*: Pisces: Carangidae) from the Pacific coast of Mexico. *Invert Biol* 2018; 137(3): 205-220. doi: 10.1111/ivb.12220
- Santos GD, Jegu M, Merona BD. *Catálogo de peixes comerciais do baixo Rio Tocantins*. Manaus: Eletronorte/CNPq/INPA; 1984.
- Sá-Oliveira JC, Angelini R, Isaac-Nahum VJ. Diet and niche breadth and overlap in fish communities within the area affected by an Amazonian reservoir (Amapá, Brazil). *An Acad Bras Ciênc* 2014; 86(1): 383-405. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201420130053>
- Soares MGM, Costa EL, Siqueira-Souza FK, Anjos HDB, Yamamoto KC, Freitas CEC. *Peixes de lagos do médio Rio Solimões*. 2nd ed. Manaus: Instituto Piatam; 2011.
- Tavares-Dias M, Sousa TJSM, Neves LR. Parasitic infections in two benthopelagic fish from Amazon: The arowana *Osteoglossum bicirrhosum* (Osteoglossidae) and oscar *Astronotus ocellatus* (Cichlidae). *Biosci J* 2014; 30: 546-555.
- Von Zuben CJ. Implicações da agregação espacial de parasitas para a dinâmica populacional na interação hospedeiro-parasita. *Rev Saúde Pública* 1997; 31(5): 523-530. <https://doi.org/10.1590/S0034-89101997000600014>
- Yamamoto KC, Soares MGM, Freitas CEC. Alimentação de *Triportheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) no Lago Camaleão, Manaus, AM, Brasil. *Acta Amaz* 2004; 34(4): 653-659. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000400017>
- Zar JH. *Biostatistical analysis*. 5th ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall; 2010.

6. CONCLUSÕES FINAIS

- ✓ A comunidade de parasitos metazoários em *T. angulatus* e *T. auritus* foi composta por Monogenea, Digenea, Nematoda, Crustacea e Acari.
- ✓ A comunidade parasitária de *T. angulatus* e *T. auritus* foi caracterizada por uma baixa abundância de helmintos, baixa riqueza de espécies, baixa diversidade e equitabilidade, com predominância de espécies de ectoparasitas.
- ✓ Houve semelhança (78%) entre a comunidade de metazoários parasitas de *T. angulatus* e *T. auritus*, mas com diferenças em algumas infracomunidades, diversidade e riqueza de parasitas.
- ✓ O tamanho do hospedeiro foi um fator que influenciou a diversidade e riqueza de espécies dos parasitas.
- ✓ Houve dispersão agregada e uniforme de parasitos em *T. angulatus* e *T. auritus*.
- ✓ *Triportheus angulatus* e *T. auritus* são hospedeiros intermediários para metacercárias das digeneas e larvas de *Contracaecum* sp., e hospedeiros definitivos para *P. (S.) inopinatus* e *R. acuminata*.
- ✓ Este foi o primeiro estudo sobre parasitos de *T. angulatus* e *T. auritus* do rio Jari.

7. ANEXO

E-mail de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Revista Brasile... <https://mail.google.com/mail/u/2/?ik=a8ecfa2f31&view=pt&search=all&...>



Marcos Tavares Dias <marcos.tavares@embrapa.br>

Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária - Manuscript ID RBPV-2021-0082

2 mensagens

Rosângela Machado <onbehalf@manuscriptcentral.com> 1 de maio de 2021 10:35
 Responder a: cbpv_rbpv.fcav@unesp.br
 Para: marcos.tavares@embrapa.br
 Cc: wfelixborges@gmail.com, marcos.tavares@embrapa.br, marcosidney2012@hotmail.com

01-May-2021

Dear Dr. Tavares-Dias:

Your manuscript entitled "Diversity of metazoan parasites in *Triportheus angulatus* and *Triportheus auratus* living in sympatry in the Brazilian Amazon" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária.

Your manuscript ID is RBPV-2021-0082.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc04.manuscriptcentral.com/rbpv-scielo> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc04.manuscriptcentral.com/rbpv-scielo>.

Thank you for submitting your manuscript to the Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária.

Sincerely,
 Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária Editorial Office

Marcos Tavares Dias <marcos.tavares@embrapa.br> 1 de maio de 2021 10:35
 Para: 010101792823e373-44cf134e-3f9e-4570-aec9-b0123c15f813-000000@outbound.manuscriptcentral.com

=====
Marcos Tavares Dias - Pesquisador A
 Sanidade de Organismos Aquáticos
 Embrapa Amapá
 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)
 Macapá/AP

marcos.tavares@embrapa.br
 Fones: (96) 3203-0250 e Celular: 99118-9226 e 98122-1925
www.embrapa.br | fb.com/embrapa | twitter.com/embrapa

--
Marcos Tavares Dias - Pesquisador A
 Sanidade de Organismos Aquáticos
 Embrapa Amapá
 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)
 Macapá/AP

marcos.tavares@embrapa.br
 Fones: (96) 3203-0250 e Celular: 99118-9226 e 98122-1925