



Universidade Federal do Amapá  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais



PRISCILA GOMES DE ARAÚJO

MICROPARASITOS EUCARIOTOS DE *Pristobrycon striolatus* (STEINDACHNER, 1908)  
(CHARACIFORMES: SERRASALMIDAE) E *Hemiodus gracilis* (GÜNTHER, 1864)  
(CHARACIFORMES: HEMIODONTIDAE) ORIUNDOS DO RIO TARTARUGALZINHO,  
ESTADO DO AMAPÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL

MACAPÁ - AP

2021

PRISCILA GOMES DE ARAÚJO

MICROPARASITOS EUCARIOTOS DE *Pristobrycon striolatus* (STEINDACHNER, 1908)  
(CHARACIFORMES: SERRASALMIDAE) E *Hemiodus gracilis* (GÜNTHER, 1864)  
(CHARACIFORMES: HEMIODONTIDAE) ORIUNDOS DO RIO TARTARUGALZINHO,  
ESTADO DO AMAPÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL

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

**Área de concentração:** Sanidade de organismos aquáticos

**Classificação CAPES:** Parasitologia

**Orientadora:** Dra. Marcela Nunes Videira

**Coorientador:** Dr. Edilson Matos

MACAPÁ - AP

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá.  
Elaborado por Mário das G. Carvalho Lima Júnior – CRB-2/1451

Araújo, Priscila Gomes de.

Microparasitos eucariotos de *Pristobrycon striolatus* (Steindachner, 1908) (Characiformes: Serrasalminidae) e *Hemiodus gracilis* (Günther, 1864) (Characiformes: Hemiodontidae) oriundos do rio Tartarugalzinho, estado do Amapá, Amazônia Oriental / Priscila Gomes de Araújo; orientadora, Marcela Nunes Videira; Edilson Matos, coorientador. - Macapá, 2021.

93f.

Dissertação (Mestrado) - Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais.

1. Parasitismo. 2. Peixes. 3. Myxozoa. I. Videira, Marcela Nunes, orientadora. II. Matos, Edilson, coorientador. III. Fundação Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

**CDD – 597 / A663m**

## PRISCILA GOMES DE ARAÚJO

MICROPARASITOS EUCARIOTOS DE *Pristobrycon striolatus* (STEINDACHNER, 1908)  
(CHARACIFORMES: SERRASALMIDAE) E *Hemiodus gracilis* (GÜNTHER, 1864)  
(CHARACIFORMES: HEMIODONTIDAE) ORIUNDOS DO RIO TARTARUGALZINHO,  
ESTADO DO AMAPÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL

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

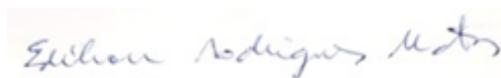
Aprovada em 04 de novembro de 2021.

### BANCA EXAMINADORA



Orientadora

Dra. Marcela Nunes Videira – (UEAP)



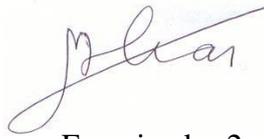
Coorientador

Dr. Edilson Rodrigues Matos – (UFRA)



Examinador 1

Dr. Diehgo Tuloza da Silva- (UFRA)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Marcos', written in a cursive style.

Examinador 2

Dr. Marcos Tavares Dias – (EMBRAPA)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gabriel', written in a cursive style.

Examinador 3

Dr. Gabriel Araújo da Silva – (UEAP)

## DEDICATÓRIA

Dedico à minha falecida mãe Maria do Carmo (*in memoriam*) que lá do céu, sei que está muito orgulhosa de mim. E a minha mãe de coração, de alma, Maria Lúcia, que sempre investiu em mim e me incentivou aos estudos, me fazendo sempre ir cada vez mais longe.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças para chegar até aqui. À minha família que sempre me deu muito apoio para continuar, em especial, minha mãe Maria Lúcia, que durante toda minha vida foi quem mais investiu na minha área educacional, dizendo para eu ir cada vez mais longe.

À minha orientadora Marcela Videira que aceitou me orientar, confiou em mim muitas vezes e tornou essa caminhada mais leve, principalmente quando íamos fazer trabalho em coletas de campo, ela estava lá, sonhando junto com a gente (grupo de pesquisa) o nosso sonho. Ao meu coorientador Edilson Matos que me ensinou muitas coisas, valores que eu irei levar por toda minha vida, além de não medir esforços para nos ajudar e nos transparecer uma força incrível para continuarmos sempre olhando para frente, muito obrigada Dr. Edilson!

Ao grupo de pesquisa Sanidade de Organismos Aquáticos na Amazônia (SOAA), ao qual me dediquei e que tanto me ensinou durante esses anos. Em especial, Roger Ferreira, Abthyllane Amaral e Luize Reis, que são mais que colegas, são amigos que sempre me incentivaram a continuar. Ao Nelson, pescador da região, que sempre esteve disposto a me ajudar com a captura dos espécimes deste estudo.

À grandes parceiros que sem a ajuda destes, esse trabalho não seria possível: Dr. Diehgo Tuloza, Me. Savio Guerreiro, Dr. Marcelo Silva e Dr. Igor Hamoy.

Aos técnicos do Laboratório de Morfofisiologia e Sanidade Animal da Universidade do Estado do Amapá, Lilia, Saturo e Paulino, que estavam dispostos a ajudar sempre que possível, preparando um reagente, auxiliando em algum experimento, ou com o bom humor, tornando o ambiente de trabalho mais leve e divertido.

Ao meu companheiro Igor Rocha, que trilhou comigo esta jornada e me deu muita força em vários momentos, meu muito obrigada de coração.

As minhas amigas queridas: Leticia Kuwahara, Chrislayne Moraes e Laina Vasconcelos por toda amizade e companheirismo. Aos amigos “diretores” que o mestrado me deu: Gabriel Luz, Márcia Costa, Paulo Gibson e Thaís Carvalho, obrigada pelos momentos!

E ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá (PPGCA-UNIFAP), pela oportunidade de crescer ainda mais na minha carreira profissional.

**“Com Deus todas as coisas são  
possíveis.” Mateus 19:26**

## RESUMO

DE ARAÚJO, P. G. **Microparasitos eucariotos de *Pristobrycon striolatus* (Steindachner, 1908) (Characiformes: Serrasalminidae) e *Hemiodus gracilis* (Günther, 1864) (Characiformes: Hemiodontidae) oriundos do rio Tartarugalzinho, estado do Amapá, Amazônia Oriental.** 93 f. Dissertação – Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2021.

O bioma amazônico é um dos maiores tesouros biológicos da Terra e um importante componente do sistema terrestre, possui uma grande biodiversidade e abriga uma das maiores bacias hidrográficas do planeta, a bacia amazônica. O estado do Amapá se localiza dentro da Amazônia Oriental e possui grande quantidade de rios em seu território, dentre os quais encontra-se o rio Tartarugalzinho, que é um rio de importância para a pesca, uma vez que detém grande ictiofauna. O presente estudo teve como principal objetivo investigar a fauna microparasitária de *Pristobrycon striolatus* e *Hemiodus gracilis*, ambas foram espécies de peixes oriundas do rio Tartarugalzinho, estado do Amapá, Amazônia Oriental. A espécie *Pristobrycon striolatus* está distribuída na América do Sul, principalmente nos rios Amazonas e Orinoco, possui poucos estudos acerca de sua fauna parasitária. Foram coletados 30 espécimes de *P. striolatus* e realizadas análises parasitológicas macroscópicas e microscópicas em laboratório, que constataram que esta estava parasitada por dois taxa de microparasitos que apresentavam as seguintes prevalências: Filo Cnidaria: Myxozoa representados por *Henneguya* sp. (16%), *Myxobolus* sp. (13%) e *Meglitschia* sp. (3,3%) e Filo Apicomplexa representado por *Calyptospora* sp. (3,3%). *Hemiodus gracilis* é uma espécie de peixe conhecida popularmente como “peixe cruzeiro do sul”, possui tamanho máximo de 16 cm e têm importância ornamental. Foram coletados 40 exemplares de *H. gracilis* e posteriormente realizadas análises de investigação parasitológica por meio de técnicas já previamente descritas na literatura. A confirmação do parasitismo se deu após a visualização do microparasito em microscopia de luz, o qual se assemelhava morfológicamente a membros do gênero *Ceratomyxa* (Myxozoa) e tinha como sítio de infecção a vesícula biliar do hospedeiro, com prevalência de 82%, ou seja, 33 peixes estavam parasitados. Em seguida foi retirado um fragmento do órgão infectado para se realizar as análises morfológicas do microparasito e posteriormente este mesmo material foi fixado em álcool 80% para passar por biologia molecular. Os esporos de *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. se apresentaram de formato irregular, com tamanhos variados, assimétricos, com cápsulas esféricas e seguintes valores de medição:  $31.95 \pm 4.1$  para comprimento;  $2.15 \pm 0.6$  largura e cápsulas polares apresentaram comprimento de  $1.7 \pm 0.46$  e largura  $1.31 \pm 0.6$ . A

sequência parcial de rDNA de SSU *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. obtida no presente estudo tinha 1037 pares de bases, dos quais 46,7% eram G + C (A = 0,2780, C = 0,1890, G = 0,2567, T = 0,2763). Dessa forma, é possível concluir que este estudo demonstrou que a espécie de peixe *P. striolatus* possui diversa fauna microparasitária, porém com maior suscetibilidade a parasitos da Classe Myxozoa e que através de métodos moleculares e morfológicos foi possível sugerir uma nova espécie de microparasito *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. para *H. gracilis*.

**Palavras-chave:** parasitismo, peixes, Myxozoa.

## ABSTRACT

DE ARAÚJO, P. G. **Eukaryotic microparasites of *Pristobrycon striolatus* (Steindachner, 1908) (Characiformes: Serrasalminidae) and *Hemiodus gracilis* (Günther, 1864) (Characiformes: Hemiodontidae) from the Tartarugalzinho river, state of Amapá, Eastern Amazon.** 93 f. Master Thesis - Department of Environment and Development, Federal University of Amapá, Macapá, 2021.

The Amazon biome is one of the greatest biological treasures on Earth and an important component of the terrestrial system, it has great biodiversity and is home to one of the largest hydrographic basins on the planet, the Amazon basin. The state of Amapá is located within the Eastern Amazon and has a large number of rivers in its territory, among which is the Tartarugalzinho River, which is a river of importance for fishing, since it holds a large ichthyofauna. The main objective of this study was to investigate the microparasitic fauna of *Pristobrycon striolatus* and *Hemiodus gracilis*, both were fish species from the Tartarugalzinho River, state of Amapá, Eastern Amazon. The species *Pristobrycon striolatus* is distributed in South America, mainly in the Amazon and Orinoco rivers, has few studies about its parasitic fauna. Thirty specimens of *P. striolatus* were collected and macroscopic and microscopic parasitological analyzes were carried out in the laboratory, which found that it was parasitized by two microparasite taxa with the following prevalence: Phylum Cnidaria: Myxozoa represented by *Henneguya* sp. (16%), *Myxobolus* sp. (13%) and *Meglitschia* sp. (3.3%) and Phylum Apicomplexa represented by *Calyptospora* sp. (3.3%). *Hemiodus gracilis* is a species of fish popularly known as "southern cruise fish", it has a maximum size of 16 cm and is of ornamental importance. Forty specimens of *H. gracilis* were collected and later parasitological investigation analyzes were carried out using techniques previously described in the literature. The confirmation of the parasitism occurred after the visualization of the microparasite under light microscopy, which morphologically resembled members of the genus *Ceratomyxa* (Myxozoa) and had the host's gallbladder as the site of infection, with a prevalence of 82%, that is, 33 fish were parasitized. Then, a fragment of the infected organ was removed to perform the morphological analysis of the microparasite and later this same material was fixed in 80% alcohol to undergo molecular biology. The spores of *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. they were irregular in shape, with different sizes, asymmetrical, with spherical capsules and the following measurement values:  $31.95 \pm 4.1$  for length;  $2.15 \pm 0.6$  width and polar capsules had a length of  $1.7 \pm 0.46$  and a width of  $1.31 \pm 0.6$ . The partial rDNA sequence of SSU *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. obtained in the present study had 1037 base pairs, of which 46.7% were G +

C (A = 0.2780, C = 0.1890, G = 0.2567, T = 0.2763). Thus, it is possible to conclude that this study demonstrated that the fish species *P. striolatus* has a diverse microparasitic fauna, but with greater susceptibility to parasites of the Myxozoa Class and that through molecular and morphological methods it was possible to suggest a new species of microparasite *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. for *H. gracilis*.

**Keywords:** parasitism, fish, Myxozoa.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
<b>2.1. Rio Tartarugalzinho</b> .....	16
<b>2.2. A atividade pesqueira no Estado do Amapá e no município de Tartarugalzinho</b> 16	
<b>2.3. Caracterização dos hospedeiros</b> .....	18
2.3.1 <i>Família Serrasalmidae</i> .....	18
2.3.1.1. <i>Pristobrycon striolatus</i> (Steindachner, 1908) .....	18
2.3.2. <i>Família Hemiodontidae</i> .....	19
2.3.2.1. <i>Hemiodus gracillis</i> (Günther, 1864) .....	20
<b>2.4. Diversidade de microparasitos de peixes</b> .....	21
2.4.1. <i>Filo Apicomplexa (Calyptospora spp.)</i> .....	21
2.4.2. <i>Filo: Cnidaria: Classe Myxozoa</i> .....	23
2.4.2.1. <i>Henneguya</i> Thélohan, 1892 .....	25
2.4.2.2. <i>Myxobolus</i> Bütschli, 1882 .....	26
2.4.2.3. <i>Ellipsomyxa</i> Koie, 2003 .....	27
2.4.2.4. <i>Ceratomyxa</i> Thélohan, 1892 .....	27
<b>3. REFERÊNCIAS</b> .....	29
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	45
<b>4.1 Geral</b> .....	45
<b>4.2 Específicos</b> .....	45
<b>CAPÍTULO 1 - Fauna microparasitária de <i>Pristobrycon striolatus</i> oriundo do rio Tartarugalzinho, Amazônia Oriental, Brasil</b> .....	46
<b>CAPÍTULO 2 - <i>Ceratomyxa tartarugalis</i> n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae), new myxozoan of <i>Hemiodus gracilis</i> Günther, 1864 (Hemiodontidae) an ornamental fish from the Tartarugalzinho river, Amapá, Eastern Amazon, Brazil</b> .....	72
<b>6. CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	91
<b>ANEXO A</b> .....	92
<b>ANEXO B</b> .....	93

## 1. INTRODUÇÃO

O bioma amazônico é um dos maiores tesouros biológicos da Terra e um importante componente do sistema terrestre (MALHI *et al.*, 2008). É caracterizado por possuir uma área de 7,76 milhões de quilômetros quadrados, diversidade incomparável de recursos naturais, ambientes dinâmicos que variam no espaço e no tempo, diversidade biológica com grande número de espécies e organismos a serem descritos pela ciência, além de ser nesta região que o rio mais longo e mais abundante do planeta corre: o rio Amazonas, com 6.992 km de extensão (VAL, 2019).

A bacia amazônica possui características únicas tais como: fluxo dinâmico, águas com aspectos distintos (claras, pretas ou brancas), além de apresentar pulsos de inundação e vazantes que variam de acordo com a localização ao longo do ano (SIOLI, 1984; JUNK *et al.*, 1989; VAL; DE ALMEIDA-VAL, 1995). Este ambiente diferenciado proporciona uma variada microbiota que contribui para uma rica ictiofauna (REIS *et al.*, 2016).

Nesta bacia existem cerca de 3.000 espécies de peixes distribuídas desde os grupos basais, aos mais especializados, como os Cichliformes, até recentemente incluídos entre os Perciformes (VAL, 2019). Entre esses estão espécies de pequeno porte, como a sardinha, com poucas gramas, até os gigantes como o pirarucu, com peso superior a 250 kg os quais possuem grande importância para a pesca na região (BARTHEM; FABRÉ, 2004).

O parasitismo em ecossistemas aquáticos naturais se dá onde os peixes são hospedeiros importantes de parasitos, agindo como o único hospedeiro no ciclo de vida de um parasito ou como um em uma série de hospedeiros, sendo a água um elemento crucial, já que esta proporciona o meio ideal para a proliferação e dispersão de organismos causadores de doença (BARBER; POULIN, 2002). Este fator também faz com que estes vertebrados sejam frequentemente objetos de estudo da parasitologia (LEUNG, 2014).

O parasitismo em peixes também pode ocorrer durante o cultivo em ambientes confinados, podendo ocasionar grandes prejuízos econômicos (SHINN *et al.*, 2015). As interações parasito-hospedeiro e o sistema imunológico dos peixes pode ser afetado caso haja, manejo inadequado, qualidade da água abaixo do ideal, nutrição indevida, estresse e infecção parasitária (BOSHRA; LI; SUNYER, 2006).

Os microparasitos são geralmente associados a patogenicidade em seus hospedeiros (BROWN, 1987), e diversas vezes já foram descritos comprometendo a sanidade de peixes (HOFFMAN, 1990; YOKOHAMA *et al.*, 1998; KENT *et al.*, 2000; YOKOHAMA *et al.*, 2003;

YOKOHAMA; ITOH; TANAKA, 2005; STERUD *et al.*, 2007; LIU *et al.*, 2018). Estudos na área de ictioparasitologia são fundamentais para garantir a saúde dos peixes já que os parasitos podem causar outros prejuízos, tais como: alterações no hábito de vida de seus hospedeiros, dificuldade na sua capacidade de competição, relação predador-presa e desempenho da natação (BARBER; POULIN, 2002). Segundo Gomiero e Braga (2012), em alguns casos este tipo de relação também pode afetar a população do hospedeiro, já que pode ocasionar danos no sistema reprodutivo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Rio Tartarugalzinho

A bacia do rio Tartarugalzinho está localizada no município de Tartarugalzinho região centro-norte do estado do Amapá e da Amazônia brasileira (BIDONE *et al.*, 1997). No estado do Amapá a vegetação predominante corresponde a 4,8% de florestas de várzea e lagos de inundação (CARVALHO *et al.*, 2019) e 75% do território é coberto por floresta tropical (BIDONE *et al.*, 1997). O ecossistema amapaense também abriga parte do litoral amazônico, ambiente este que proporciona uma alta produtividade de peixes em suas água (SILVA; DIAS, 2010).

O rio Tartarugalzinho (Figura 1) se localiza dentro do Cinturão Lacustre Ocidental, com proximidade às rochas pré-cambrianas mineralizadas; e esta região é marcada pelo garimpo e pela atividade pesqueira (SILVEIRA; SANTOS, 2006). Este rio deságua em lagos de planície de inundação ligados a manguezais (BIDONE *et al.*, 1997) além de carregar restos de matéria orgânica, proveniente da grande quantidade de macrófitas aquáticas (SILVEIRA; SILVEIRA; NETO, 2006). Porém, a fauna de parasitos do Rio Tartarugalzinho não tem sido estudada.



Figura 1 – Trecho do Rio Tartarugalzinho.

Fonte: A autora, 2019

### 2.2.A atividade pesqueira no Estado do Amapá e no município de Tartarugalzinho

Na região amazônica, a pesca é uma das atividades humanas mais importantes, constituindo-se em fonte de alimento, comércio, renda e lazer para grande parte de sua população especialmente a que reside nas margens dos rios de grande e médio porte (SANTOS; SANTOS, 2005). Nesta localidade esta atividade é realizada em região costeira e continental, com alguns fatores de destaque como: a riqueza da ictiofauna, quantidade de pescado capturada e dependência da comunidade tradicional a esta atividade (BARTHEM; FABRÉ, 2004).

O Estado do Amapá, quando comparado aos demais estados da região amazônica, é pequeno, entretanto, concentra uma das maiores biodiversidades em ambientes naturais, pois faz parte de dois domínios geográficos: o amazônico e o oceânico (CARIM *et al.*, 2013), fator este que influencia diretamente a dinâmica pesqueira deste estado.

No território amapaense a pesca caracteriza-se pela influência principalmente da sazonalidade do ciclo das chuvas, tendo como alvo, espécies de origem marinha (pescada amarela e gurijuba) durante a estação seca, e durante a estação chuvosa espécies estuarinas da bacia amazônica (dourada e filhote) (SILVA; SILVA, 2006). Outras espécies também estão no rol daquelas mais capturadas na costa, tais como: o pargo e alguns crustáceos como: *Panulirus argus* e *P. laevicauda*, onde são utilizados geralmente barcos de médio e grande porte provenientes de outras regiões do Brasil, principalmente da região nordeste (BATISTA; ISAAC; VIANA, 2004).

A pesca artesanal no Amapá se iniciou em meados dos anos 70 quando algumas medidas políticas foram criadas para incentivar a pesca marítima da Costa Norte do Estado, que é considerada de grande potencial (CEDRS, 2008), já que esta também faz parte da Zona Costeira Amazônica Brasileira (ZCAB). A ZCAB é uma região de alta energia, onde diversos processos ambientais interagem a partir da elevada descarga de águas continentais, principalmente do rio Amazonas (VILLWOCK, 1994; NITTROUER *et al.*, 1991; LUNA *et al.*, 2008).

Em estudo realizado por Silva e Silva (2006) com pescadores do município de Tartarugalzinho, foi constatado a abundância e comercialização de algumas espécies de peixes: sarda (*Pellona* sp.), pirarucu (*Arapaima gigas*), tamoatá (*Hoplosternum* sp.), mandubé (*Ageneiosus* sp.), tucunaré (*Cichla* spp.), aruanã (*Osteoglossum bicirrhosum*), acará (diversos gêneros pertencentes a família Cichlidae), piranha (*Serrasalmus* spp., *Pristobrycon* sp., *Pygocentrus* sp.) pacu (*Piaractus mesopotamicus*), aracu (*Leporinus friderici*), apaiari

(*Astronotus ocellatus*), traíra (*Hoplias* spp.), pacuí (*Metynnis lippincontianus*), branquinha (*Psectrogaster* sp.), pescada branca (*Plagioscion* spp.), onde estas são capturadas com embarcações com capacidade de 30 kg a 1 tonelada.

### 2.3. Caracterização dos hospedeiros

#### 2.3.1 Família Serrasalmidae

Os serrasalmídeos são endêmicos da América do Sul, com espécies distribuídas em todos os principais sistemas fluviais (FREEMAN *et al.*, 2007; ORTÍ *et al.*, 2008). Possuem tamanho médio a grande (até cerca de 1 m de comprimento), geralmente caracterizados por um corpo profundo e comprimido lateralmente com uma série de espinhos ou escápulas abdominais ventrais e uma barbatana dorsal longa (> 16 raios) (FREEMAN *et al.*, 2007).

Esta família apresenta espécies de alto potencial para produção, como o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e seus híbridos interespecíficos, são os peixes nativos com maior produção na aquicultura brasileira e sul-americana (IBGE, 2014). Este grupo também inclui as piranhas, que são notórias pelos relatos de comportamento predatório em grupo (ORTÍ *et al.*, 2008).

Ortí *et al.*, (1996) inferiu a primeira filogenia molecular de Serrasalmidae encontrando três linhagens principais: (1) um “clado pacu” de herbívoros (*Colossoma*, *Mylossoma*, *Piaractus*); (2) um “clado Myleus” com as outras espécies de pacu (*Myleus*, *Mylesinus*, *Tometes*, *Ossubtus*); e (3) um “clado de piranha” (*Serrasalmus*, *Pygocentrus*, *Pygopristis*, *Pristobrycon*, *Catoprion*, *Metynnis*).

##### 2.3.1.1. *Pristobrycon striolatus* (Steindachner, 1908)

*Pristobrycon striolatus* (Figura 2) faz parte de um grupo denominado de “piranhas verdadeiras” que é também composto por quatro gêneros *Serrasalmus*, *Pristobrycon*, *Pygocentrus* e *Pygopristis* (FREEMAN *et al.*, 2007). Estes gêneros possuem características morfológicas que os diferenciam de outros membros da família Serrasalmidae, principalmente por suas dentições incomum, com variação no número de cúspides (JÉGU, 2003; KOLMANN; URBAN; SUMMERS, 2018).

*P. striolatus*, é amplamente encontrada nas drenagens da Amazônia, Orinoco e Guiana. Evidências crescentes indicam que ela é distinta, tanto genética quanto morfológicamente, de outras espécies de *Pristobrycon* (MACHADO-ALLISON, 1985; ORTÍ *et al.*, 1996;

NAKAYAMA *et al.*, 2002, FREEMAN *et al.*, 2007). Segundo Blanco-Parra e Bejarano-Rodríguez (2006) esta espécie de piranha pode apresentar alimentação composta por frutas e sementes, além do próprio hábito alimentar tipicamente carnívoro.

Em estudos envolvendo a suscetibilidade a parasitos para este gênero e esta espécie, foram encontrados apenas parasitos pertencentes a classe Monogenea (EVERY; KRITSKY 1992; KRITSKY *et al.*, 1996; KRITSKY *et al.*, 1997; KRITSKY *et al.*, 1998).

Através do estudo de Ortí *et al.*, (2008) acerca da filogenia de serrasalmídeos, foi possível constatar que a espécie *P. striolatus* se diferia bastante de outros membros pertencentes ao gênero *Serrasalmus*, fazendo com que esta pertencesse a partir de então, ao gênero *Pristobrycon*.



Figura 2 – Espécie da família Serrasalmidae: *Pristobrycon striolatus*. Barra de escala – aprox. 5 cm.

Fonte: A autora, 2019

### 2.3.2. Família Hemiodontidae

A família Hemiodontidae pertencente a ordem characiforme da América do Sul inclui muitos peixes de interesse ecológico e comercial, embora a biologia da maioria das espécies ainda seja pouco conhecida (REIS *et al.*, 2003).

Possuem corpo fusiforme e aerodinâmico, a maioria possui uma mancha redonda médio-lateral do corpo na vertical ou uma faixa longitudinal no lobo inferior da nadadeira caudal, características morfológicas estas que os distingue de outros Characiformes. Estes são distribuídos nos gêneros: *Anodus*, *Micromischodus*, *Hemiodus*, *Argonectes* e *Bivibranchia* e estão distribuídos nas bacias do norte da América do Sul, como Amazonas, Orinoco, Tocantins,

Guiana, Suriname e algumas drenagens independentes menores (Amapá, Araguari, Itapecuru, Mearim e Parnaíba) (LANGEANI, 2003).

Segundo Santos (1995), alguns membros da família Hemiodontidae são capazes de se adaptar em locais represados por instalação de hidrelétrica. Santos (1995) cita que a alta taxa de decomposição de troncos da floresta alagada, somada à maior penetração de luz e consequente aumento da camada eufótica, influencia na abundância de plâncton os quais se constituem nas principais fontes alimentares deste grupo de peixes.

#### 2.3.2.1. *Hemiodus gracillis* (Günther, 1864)

Entre os gêneros de Characiformes, *Hemiodus* Müller, 1842, é o maior em número de espécies da família Hemiodontidae (LANGEANI, 2003). Estas mostram variação no padrão de cores, porém, a maioria das espécies possui uma mancha escura lateral redonda e uma curta faixa escura ao longo do lobo inferior da nadadeira caudal (BELTRÃO; ZUANON, 2012; DA SILVA *et al.*, 2020).

Langeani (2003) classifica o gênero *Hemiodus* em 3 grupos *Anisitsia*, *Hemiodopsis* e *Pterohemiodus*, onde a espécie *Hemiodus gracillis* (Figura – 3), se encaixa no grupo *Hemiodopsis*. Este é conhecido popularmente como “peixe cruzeiro do sul”, possui tamanho máximo de 16 cm, têm importância ornamental e está distribuído geograficamente pela América do sul, Rio Negro, Tapajós, Madeira, Solimões, Amazonas e Orinoco,

Em estudo realizado por Silva, Ferreira e Deus (2008), acerca da dieta de outras espécies pertencentes ao gênero *Hemiodus*: *Hemiodus argenteus* (Pellegrin, 1908), *H. atranalis* (Fowler, 1940), *H. immaculatus* (Kner, 1858), *H. microlepis* (Kner, 1858) e *H. unimaculatus* (Bloch, 1794), detectou que estes se alimentam principalmente de detritos, algas filamentosas e alguns microcrustáceos, o que se pode inferir que *H. gracillis* não foge grandemente a este padrão, apresentando possível variação em sua cadeia trófica.

Através das revisões bibliográficas realizadas foi possível constatar que na literatura científica há poucos estudos relacionados a esta espécie.



Figura 3 – Espécie da família Hemiodontidae: *Hemiodus gracillis*. Barra de escala – aprox. 10 cm.

Fonte: A autora, 2020

#### 2.4. Diversidade de microparasitos de peixes

Microparasitos podem ser representados por mixozoários, protozoários e fungos que habitam outros organismos e têm a capacidade de causar doenças, além de possuírem uma extensa diversidade e ciclo de vida complexo (BASS *et al.*, 2017).

Barber e Poulin (2002) descrevem que os parasitos podem ser separados em taxóns diferentes de acordo com o seu tamanho e modo de reprodução, onde os macroparasitos são representados principalmente por alguns platelmintos, nematoides, pequenos crustáceos e moluscos. Enquanto os microparasitos segundo Sommerville (1998) geralmente são capazes de se reproduzir assexuadamente e são frequentemente patógenos importantes de peixes de cultivo.

*Pristobrycon striolatus* possui apenas uma espécie de microparasito descrita na literatura científica, que é o myxozoário *Henneguya striolata* (CASAL; MATOS; AZEVEDO, 1996), enquanto *Hemiodus gracillis*, no levantamento bibliográfico realizado, não foi possível encontrar nenhuma informação acerca de sua parasitologia.

##### 2.4.1. Filo Apicomplexa (*Calyptospora* spp.)

O filo Apicomplexa abrange um grupo de protistas parasitos que possuem estruturas conhecidas como complexo apical e nas quais os ciclos de vida têm fases assexuadas e sexuadas

(MARQUARDT; SPEER 2001). Os membros pertencentes a este filo, ocorrem em uma grande variedade de animais (helminetos a mamíferos), porém os estudos sobre estes parasitos em peixes são limitados (DE ALBUQUERQUE; DE CARVALHO BRASIL-SATO, 2010).

Este grupo também possui espécies que são patogênicas a humanos (MORRISON, 2009), tendo como um dos representantes mais conhecidos o *Plasmodium* spp., causador da malária (MARQUARDT; SPEER 2001). As classes mais importantes deste filo são: Perkinsea, Gregarinaea, Coccidea, Haemosporea e Piroplasmaea (MARQUARDT; SPEER 2001; MORRISON, 2009).

A classe Coccidia detém de uma variedade de parasitos infectando teleósteos marinhos e de água doce, estes geralmente são parasitados por *Eimeria* spp., *Goussia* spp. e *Calyptospora* spp. (DAVIES E BALL, 1993; MÓLNAR, 2006).

O *Calyptospora* spp. é um coccídeo que infecta o parênquima hepático de peixes onde estes hospedeiros se apresentam sempre como definitivos. Além disso o impacto causado por esse parasito ainda é bastante desconhecido, com poucos estudos sugestivos acerca de possíveis patogenicidades (WHIPPS *et al.*, 2012). Porém, supõe-se que sob condições naturais os coccídeos parasitos de peixes causam pouca doença, a menos que o equilíbrio parasito-hospedeiro seja perturbado (DE ALBUQUERQUE; DE CARVALHO BRASIL-SATO 2010).

O gênero *Calyptospora* possui apenas 6 espécies descritas em peixes no mundo, sendo 4 destas no norte do Brasil, que são: *Calyptospora serrasalmi* da piranha *Serrasalmus niger* (CHEUNG *et al.*, 1986), *C. tucunarensis* do tucunaré *Cichla ocellaris* (BÉKÉSI E MOLNÁR, 1991), *C. spinosa* do jacundá *Crenicichla lepidota* (AZEVEDO *et al.*, 1993), e o mais recente *Calyptospora paranaidji* foi registrado por Silva *et al.*, (2018) em *Cichla piquiti*.

Outro trabalho recentemente desenvolvido em peixes da Bacia do rio Curiaú, Estado do Amapá, Amazônia Oriental, que utilizou técnicas de biologia molecular, foi possível constatar que o parasito de espécie *Calyptospora serrasalmi* estava parasitando duas espécies de peixes presentes na ictiofauna do local, sendo estas *Geophagus proximus* e *Hoplias malabaricus*, apresentando 99% de similaridade (DA SILVA NEGRÃO *et al.*, 2019).

Com a maioria das espécies deste gênero sendo descritos na Amazônia, há uma grande possibilidade de se registrar mais espécies nessa região, fazendo com que posteriormente seja possível um entendimento melhor sobre os padrões filogenéticos e filogeográficos deste parasito na região norte do Brasil (DA SILVA, *et al.*, 2018).

#### 2.4.2. Filo: Cnidaria: Classe Myxozoa

O filo Cnidaria é conhecido como um dos filios mais importantes para a ecologia e economia isto devido os grandes recifes de corais e outros representantes, porém em algum momento na evolução destes seres vivos, algum destes deixaram a vida livre para se tornarem parasitos, representados pelos Myxozoa, ou mixozoários (OKAMURA; GRUHL; BARTHOLOMEW, 2015).

Os mixozoários são um grupo diverso de parasitos microscópicos que infectam hospedeiros invertebrados e vertebrados (CHANG *et al.*, 2015), e estes atuam como definitivos e intermediários respectivamente (LOM; DYKOVÁ, 2006). O interesse científico em membros da classe Myxozoa se dá devido a sua importância ecológica, evolutiva e econômica (LIU *et al.*, 2018; ZATTI *et al.*, 2018). Um patógeno economicamente importante pertencente a este grupo é o *Myxobolus cerebralis*, agente causador da “doença do rodopio” em salmonídeos (NESNIDAL *et al.*, 2013).

Estes podem ser coelozoicos quando se localizam nas cavidades (vesícula biliar ou ductos urinários) ou histozoicos quando se localizam nos tecidos do corpo (MACKENZIE; KALAVATI, 2014). A gama de características histopatológicas que podem estar presentes nas infecções por mixozoários é grande e depende quase que sempre do grau de infecção e da suscetibilidade do hospedeiro (FEIST; LONGSHAW, 2008).

A taxonomia tradicional de mixozoários é amplamente baseada na morfologia (CARRIERO *et al.*, 2013) e morfometria dos esporos, porém está cada vez mais claro que os dados moleculares também são necessários para a melhor diferenciação de espécies, uma vez que pode ocorrer convergência de morfotipos de esporos (FIALA; BARTOŠOVÁ-SOJKOVÁ; WHIPPS., 2015).

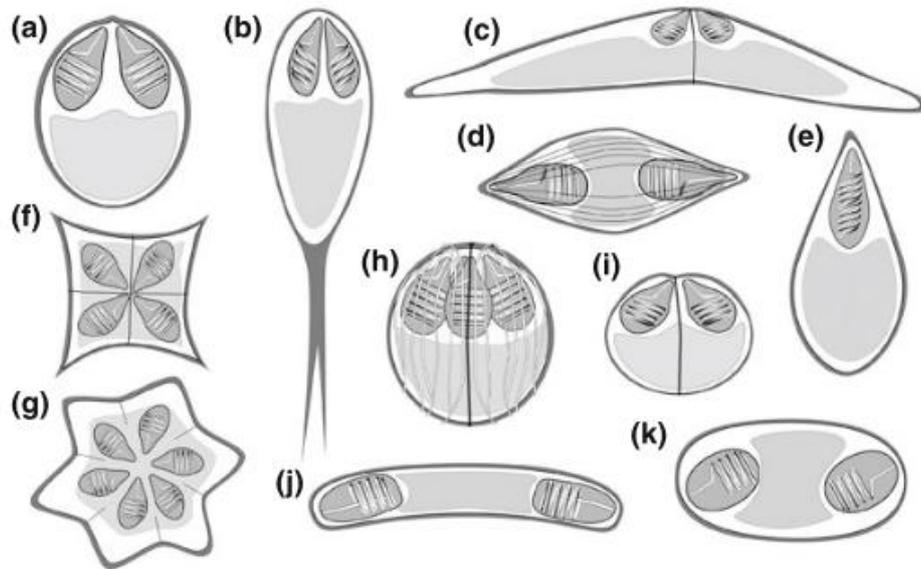
Existem duas subclasses reconhecidas: Malacosporea e Myxosporea. O primeiro é um grupo muito pequeno (4 espécies descritas) que manteve características primitivas (por exemplo, epitélios e músculos) e que utilizam de briozoários de água doce como hospedeiros invertebrados; os mixósporos (Figura 4) são caracterizados por características derivadas (por exemplo, esporos complexos), estes utilizam anelídeos como hospedeiros definitivos e os intermediários podem incluir, anfíbios e homeotermas (aves aquáticas e musaranhos), além de peixes (OKAMURA; GRUHL; BARTHOLOMEW, 2015).

As duas ordens principais a que estas subclasses pertencem são Bivalvulida e a Multivalvulida. A primeira é caracterizada por possuir esporos compostos por duas valvas reunidas em uma linha de sutura onde o esporo contém duas, e às vezes quatro ou raramente uma cápsula polar e um ou dois esporoplasmas. A segunda ordem caracteriza-se por possuir os esporos radialmente simétricos, a face posterior plana ou semiesférica, as linhas de sutura frequentemente indistintas. As cápsulas polares estão situadas no ápice dos esporos, suas pontas são cobertas pela valva e descarregam apicalmente (LOM; DYKOVÁ, 2006).

As duas famílias de mixozoários que possuem mais espécies descritas são: Myxobolidae e Ceratomyxidae. A primeira é composta pelos gêneros *Myxobolus*, *Spirosutura*, *Unicauda*, *Dicauda*, *Phlogospora*, *Laterocaudata*, *Henneguya*, *Hennegoides*, *Tetrauronema*, *Thelohanellus*, *Neothelohanellus*, *Neohenneguya*, *Trigonosporus*, a segunda por *Ceratomyxa*, *Meglitschia*, *Ellipsomyxa*, *Ceratonova*.

A filogenia de Myxozoa é bastante controversa, inicialmente, estes seres vivos foram atribuídos aos protozoários, porém, através de estudos posteriores, foram realocados dentre os metazoários, com características afins ao filo cnidaria. (FENG *et al.*, 2014). A taxonomia deste grupo também é bastante discutida, recentemente através dos estudos de Kyger *et al.*, (2021), no qual foi investigado a evolução das principais enzimas envolvidas na metilação da citosina do DNA em 29 cnidários, foi possível constatar que os Myxozoa (Myxosporea) perderam muitos genes ao longo de sua evolução. Desta forma, sofreram reclassificação taxonômica, no qual hoje são considerados uma classe e não mais um subfilo.

Através de revisões bibliográficas realizadas foi possível constatar que os gêneros mais recorrentes desta classe em espécies de peixes amazônicos são: *Henneguya*, *Myxobolus*, *Ceratomyxa*, e *Ellipsomyxa* spp.



**Figura 4** – Representantes de gêneros de principais morfotipos de mixosporos. (a) *Myxobolus*, (b) *Henneguya*, (c) *Ceratomyxa*, (d) *Myxidium*, (e) *Thelohanellus*, (f) *Kudoa* (quatro valvas), (g) *Kudoa* (seis valvas), (h) *Chloromyxum*, (i) *Sphaerospora*, (j) *Sphaeromyxa*, (k) *Zschokkella*.

Fonte: FIALA *et al.*, 2014

#### 2.4.2.1. *Henneguya* Thélohan, 1892

O gênero *Henneguya* pertence à família Myxobolidae. Morfologicamente o gênero *Henneguya* se diferencia de outro membro desta família como o *Myxobolus* por apresentar além de esporos bivalvulídeos com forma oval, a presença de um processo caudal bifurcado (LI *et al.*, 2015).

Segundo Lom e Dyková (1992), o gênero *Henneguya* caracteriza-se por possuir esporos arredondados, elipsoides ou em forma de fuso na vista valvular, biconvexos na vista sutural, cada valva continua como uma projeção caudal e duas cápsulas polares; esporoplasma binucleado, são histozoicos em peixes de água doce, às vezes em marinhos. Dos mixozoários descritos, o gênero *Henneguya* é o segundo mais rico em espécies (com mais de 200 descritas) (LEIS *et al.*, 2017).

Enquanto a maioria das espécies de *Henneguya* não causam doença evidente em seus hospedeiros, alguns são patógenos importantes, pois podem trazer prejuízos econômicos (YOKOHAMA, 2003; LIU *et al.*, 2018). Na América do Sul, há relatos de espécies de *Henneguya* infectando as brânquias de seus hospedeiros e gerando patologias (VIEIRA *et al.*,

2020). Matos *et al.*, (2003) afirmaram que parasitos deste gênero são letais para seu hospedeiro quando estão hospedados em órgãos importantes, nos quais ocorrem a lise celular.

Algumas espécies do gênero *Henneguya* já foram descritas para peixes amazônicos tais como: *Henneguya curimata* em *Curimata inornata* (AZEVEDO E MATOS, 1990); *Henneguya adherens* no *Acestrohynchus falcatus* (AZEVEDO E MATOS, 1995); *Henneguya malabarica* no *Hoplias malabaricus* (AZEVEDO E MATOS, 1996); *Henneguya striolata* na piranha *Serrasalmus striolatus* (CASAL; MATOS; AZEVEDO, 1996); *Henneguya friderici* no *Leporinus friderici* (CASAL; MATOS; AZEVEDO, 2003); *Henneguya rhamdia* no *Rhamdia quelen* (MATOS, TAJDARI, *et al.*, 2005). Recentemente foi descrito por Ferreira *et al.*, (2020) um parasito deste gênero, *Henneguya sacacaensis*, para *Satanoperca jurupari* proveniente do Rio Curiaú, no estado do Amapá, Amazônia Oriental. Porém, não há estudos sobre estes microparasitos em peixes do Rio Tartarugalzinho.

#### 2.4.2.2. Myxobolus Bütschli, 1882

Dos mixosporídeos, as espécies de *Myxobolus* são os mais frequentemente descritos (LOM; DYKOVÁ, 2006). Esses parasitos infectam principalmente peixes, mas um pequeno número de espécies foi encontrado parasitando anfíbios e répteis (EIRAS; ZHANG; MOLNÁR, 2014).

Este parasito apresenta característica morfológica como: esporos em vista elipsoidal, ovoide ou arredondada, em vista sutural biconvexa, duas cápsulas polares principalmente piriformes, às vezes desiguais (LOM; DYKOVÁ 2006).

Algumas espécies deste gênero são consideradas patogênicas como o *Myxobolus cerebrealis* descrito por Hoffman (1990), que é causador de lesões nos tecidos esqueléticos de salmonídeos, principalmente na cabeça, fazendo o peixe ter movimentos de giro.

Algumas espécies descritas na região amazônica são: *Myxobolus braziliensis* no *Bunocephalus coracoideus* (CASAL; MATOS; AZEVEDO, 1996); *Myxobolus desaequalis* no peixe *Apteronotus albifrons* (AZEVEDO; CORRAL; MATOS, 2002); *Myxobolus maculatus* no *Metynnis maculatus* (CASAL; MATOS; AZEVEDO, 2002); *Myxobolus heckelii* no *Centromochlus heckelii* (AZEVEDO *et al.*, 2009); *Myxobolus myleus* no *Myleus rubripinnis* (AZEVEDO *et al.*, 2012); *Myxobolus niger* no *Corydoras melini* (MATHEWS; MAIA; ADRIANO, 2016); *Myxobolus marajoensis* no *Rhamdia quelen* (ABRUNHOSA *et al.*, 2017); *Myxobolus arariensis* no *Rhamdia quelen* (ABRUNHOSA *et al.*, 2018); *Myxobolus bragantinus* no *Mugil rubrioculus* (CARDIM *et al.*, 2018); *Myxobolus matosi* e *Myxobolus*

*longissimus* no *Colossoma macropomum* (CAPODIFOGGIO *et al.*, 2019). Porém, não há estudos sobre estes microparasitos em peixes do Rio Tartarugalzinho.

#### 2.4.2.3. *Ellipsomyxa* Koie, 2003

Os parasitos do gênero *Ellipsomyxa* são um subgrupo muito pequeno que infectam as vesículas biliares dos peixes (AZEVEDO, 2013). Possuem formato elipsoidal ou alongado com uma linha de sutura reta ou sinuosa, que é perpendicular, ou pode formar um ângulo agudo ao eixo longitudinal do esporo. (ZATTI *et al.*, 2018). Uma característica importante também deste gênero são as cápsulas polares que são esféricas de tamanhos iguais e localizados em extremidades opostas do esporo (LOM; DYKOVÁ, 2006).

Atualmente existem aproximadamente 16 espécies de *Ellipsomyxa* spp. descritas, sendo 6 espécies na Amazônia brasileira, *Ellipsomyxa gobioides* em *Gobioides broussonnetii* (AZEVEDO *et al.*, 2013), *E. arariensis* em *Pygocentrus nattereri* e *Pimelodus ornatus*; (DA SILVA *et al.*, 2018), *E. amazonensis* em *Brachyplatystoma rousseauxii* (ZATTI *et al.*, 2018), *E. plagioscini* em *Plagioscion squamosissimus* (ZATTI; MAIA; ADRIANO, 2020), *E. paraensis* em *Cichla monoculus* (ZATTI; MAIA; ADRIANO, 2020). A espécie mais recente deste gênero publicada na região amazônica ocorreu na região do Estado do Amapá, Rio Curiaú, no peixe *Satanoperca jurupari*, sendo denominada *Ellipsomyxa tucujuensis* (FERREIRA *et al.*, 2021). Porém, não há estudos sobre estes microparasitos em peixes do Rio Tartarugalzinho.

#### 2.4.2.4. *Ceratomyxa* Thélohan, 1892

*Ceratomyxa* Thélohan, 1892 é um dos maiores gêneros de Myxosporea, compreendendo cerca de 300 espécies. A maioria das quais são coelozóicas na vesícula biliar de teleósteos marinhos (ROCHA *et al.*, 2016), porém, também apresenta um número restrito de hospedeiros em água doce (EIRAS *et al.*, 2018).

De acordo com Gunter, Burger e Adlard (2010), as espécies de *Ceratomyxa* apresentam esporos alongados, geralmente em forma crescente ou arqueados, cápsulas polares sub-esféricas abrindo próximo à linha de sutura, em um plano perpendicular e esporoplasma binucleado. Tradicionalmente, a diferenciação entre *Ceratomyxa* e outros Myxosporea em geral foi alcançada através de critérios morfológicos comparativos tais como dimensões do mixósporo, forma e tamanho lateral, e número de voltas do filamento polar (ROCHA *et al.*, 2016).

Atualmente existem 7 espécies deste gênero descritas em espécies amazônicas, *Ceratomyxa microlepis* parasitando *Hemiodus microlepis* (AZEVEDO *et al.*, 2013), *Ceratomyxa*

*amazonensis* no peixe ornamental *Symphysodon discus* (MATHEWS, *et al.*, 2016), *C. vermiformis* em *Colossoma macropomum* (ADRIANO; OKAMURA, 2017), *C. brasiliensis* no peixe ciclídeo *Cichla monoculus* (ZATTI *et al.*, 2017), *C. gracilima* no *Brachyplatystoma rousseauxii* (ZATTI, *et al.*, 2018), *C. fonsecai* em *Hemiodus unimaculatus* (DA SILVA, *et al.*, 2020). A espécie mais recente descrita para o gênero *Ceratomyxa* foi a partir do peixe Cichlidae *Mesonauta festivus*, sendo denominado *Ceratomyxa macapaensis* (BITTENCOURT *et al.*, 2021), já que o local de coleta foi em uma localidade do Estado do Amapá. Porém, não há estudos sobre estes microparasitos em peixes do Rio Tartarugalzinho.

### 3. REFERÊNCIAS

ABRUNHOSA, J.; SINDEAUX-NETO, J. L.; SANTOS, Â. K. dos; HAMOY, I.; MATOS, E. *Myxobolus marajoensis* n. sp. (Myxosporea: Myxobolidae), parasite of the freshwater catfish *Rhamdia quelen* from the Brazilian Amazon region. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 26, n. 4, p. 465–471, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1984-29612017067>>. Acesso em: 22 mar. 2021.

ABRUNHOSA, J.; SINDEAUX-NETO, J. L.; SANTOS, S.; HAMOY, I.; MATOS, E. A new species of myxozoa in the skeletal striated musculature of *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard) (Siluriforme: Pimelodidae) Amazonian fish, Marajó island, Brazil. **Zootaxa**, v. 4482, n. 1, p. 164, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4482.1.8>>. Acesso em 01 jun. 2020.

ADRIANO, E. A.; OKAMURA, B. Motility, morphology and phylogeny of the plasmodial worm, *Ceratomyxa vermiformis* n. sp. (Cnidaria: Myxozoa: Myxosporea). **Parasitology**, v. 144, n. 2, p. 158–168, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0031182016001852>>. Acesso em: 14 jan. 2021.

AZEVEDO, C.; CASAL, G.; MATOS, P.; FERREIRA, I.; MATOS, E. Light and Electron Microscopy of the Spore of *Myxobolus heckelii* n. sp. (Myxozoa), Parasite from the Brazilian Fish *Centromochlus heckelii* (Teleostei, Auchenipteridae). **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 56, n. 6, p. 589–593, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2009.00441.x>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

AZEVEDO, C.; CORRAL, L.; MATOS, E. *Myxobolus desaequalis* n. sp. (Myxozoa, Myxosporea), Parasite of the Amazonian Freshwater Fish, *Apteronotus albifrons* (Teleostei, Apterontidae). **The Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 49, n. 6, p. 485–488, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2002.tb00233.x>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

AZEVEDO, C.; MATOS, E. *Henneguya adherens* n. sp. (Myxozoa, Myxosporea), Parasite of the Amazonian Fish, *Acestrorhynchus falcatus*. **The Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 42, n. 5, p. 515–518, 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.1995.tb05898.x>>. Acesso em 02 abr. 2019.

AZEVEDO, C.; MATOS, E. *Henneguya malabarica* sp. nov. (Myxozoa, Myxobolidae) in the Amazonian fish *Hoplias malabaricus*. **Parasitology Research**, v. 82, n. 3, p. 222–224, 1996. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s004360050099>>. Acesso em: 21 nov. 2020.

AZEVEDO, C.; MATOS, P.; MATOS, E. Morphological data of *Calyptospora spinosa* n. sp. (Apicomplexa, Calyptosporidae) parasite of *Crenicichla lepidota* HECKEL, 1840 (Teleostei) from Amazon river. **European Journal of Protistology**, v. 29, n. 2, p. 171–175, 1993. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0932-4739\(11\)80270-1](https://doi.org/10.1016/S0932-4739(11)80270-1)>. Acesso em 01 abr. 2021.

AZEVEDO, C.; ROCHA, S.; CASAL, G.; CLEMENTE, S. C. S.; MATOS, P.; AL-QURAI SHY, S.; MATOS, E. Ultrastructural description of *Ceratomyxa microlepis* sp. nov. (Phylum Myxozoa): a parasite infecting the gall bladder of *Hemiodus microlepis*, a freshwater teleost from the Amazon River. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 108, n. 2, p. 150–154, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0074-0276108022013004>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

AZEVEDO, C.; SÃO CLEMENTE, S. C.; CASAL, G.; MATOS, P.; ALVES, Â.; AL-QURAI SHY, S.; MATOS, E. *Myxobolus myleus* n. sp. infecting the bile of the Amazonian freshwater fish *Myleus rubripinnis* (Teleostei: Serrasalminidae): morphology and pathology. **Systematic Parasitology**, v. 82, n. 3, p. 241–247, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11230-012-9360-0>>. Acesso em: 03 out. 2020.

AZEVEDO, C.; VIDEIRA, M.; CASAL, G.; MATOS, P.; OLIVEIRA, E.; AL-QURAI SHY, S.; MATOS, E. Fine structure of the plasmodia and myxospore of *Ellipsomyxa gobioides* n. sp. (Myxozoa) found in the gallbladder of *Gobioides broussonnetii* (Teleostei: Gobiidae) from the lower Amazon River. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 60, n. 5, p. 490–496, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jeu.12056>>. Acesso em: 28 out. 2020.

AZEVEDO, Carlos; MATOS, Edilson. Fine structure of the myxosporean, *Henneguya curimata* n. sp., parasite of the Amazonian fish, *Curimata inornata* (Teleostei, Curimatidae). **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 49, n. 3, p. 197-200, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2002.tb00522.x>>. Acesso em: 21 out. 2019.

BARBER, I.; POULIN, R. Interactions between fish, parasites and disease. **Handbook of fish biology and fisheries. Volume 1: Fish biology**, p. 359-389, 2002.

BARTHEM, R.B.; FABRÉ, N.N. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFFINO, M.L. (coord.). **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**. IBAMA/ PROVÁRZEA. 2004. p. 17-62.

BASS, A. L.; HINCH, S. G.; TEFFER, A. K.; PATTERSON, D. A.; MILLER, K. M. A survey of microparasites present in adult migrating Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in south-western British Columbia determined by high-throughput quantitative polymerase chain reaction. **Journal of Fish Diseases**, v. 40, n. 4, p. 453–477, 2017.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jfd.12607>>. Acesso em: 13 mai. 2021.

BATISTA, V. S.; ISAAC, V. J.; VIANA, J.P. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFFINO, M.L. (coord.). **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**. IBAMA/ PROVÁRZEA. 2004. p. 63-151.

BÉKÉSI, L.; MOLNÁR, K. *Calyptospora tucunarensis* n. sp. (Apicomplexa: Sporozoea) from the liver of tucunare *Cichla ocellaris* in Brazil. **Systematic Parasitology**, v. 18, n. 2, p. 127–132, 1991. <Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00017665>>. Acesso em: 7 mar. 2021.

BELTRÃO, H.; ZUANON, J. *Hemiodus langeanii* (Characiformes: Hemiodontidae), a new species from rio Amana, rio Maués-Açú drainage, Amazon basin, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, n. 2, p. 255–262, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1679-62252012000200004>>. Acesso em: 20 set. 2021.

BIDONE, E. D.; CASTILHOS, Z. C.; SANTOS, T. J. S.; SOUZA, T. M. C.; LACERDA. Fish contamination and human exposure to mercury in tartarugalzinho river, amapa state, northern amazon, brazil. A screening approach. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 97, n. 1–2, p. 9–15, 1997. <Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1018383502637>>. Acesso em: 16 jul. 2021.

BITTENCOURT, L. S.; DA SILVA, D. T.; HAMOY, I.; DE CARVALHO, A. A.; DA SILVA, M. F.; VIDEIRA, M.; CARVALHO, J. C. T.; MATOS, E. Morphological and Phylogenetic Features of *Ceratomyxa macapaensis* n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae) in *Mesonauta festivus* Heckel, 1840 (Cichliformes: Cichlidae) from the Eastern Amazon Region. **Acta Parasitologica**, n. 0123456789, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11686-021-00460-x>>. Acesso em: 01 out. 2021.

- BLANCO-PARRA, M. del P.; BEJARANO-RODRÍGUEZ, I. Alimentación y reproducción de las principales especies ícticas del río Mesay durante el período de “aguas altas”. **Revista de Biología Tropical**, v. 54, n. 3, p. 853, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.15517/rbt.v54i3.13682>>. Acesso em: 04 mar. 2021.
- BOSHRA, H.; LI, J.; SUNYER, J. O. Recent advances on the complement system of teleost fish. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 20, n. 2, p. 239–262, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2005.04.004>>. Acesso em: 15 jan. 2021.
- BROWN, Peter J. Microparasites and macroparasites. **Cultural anthropology**, v. 2, n. 1, p. 155-171, 1987.
- CAPODIFOGGIO, K. R. H.; ADRIANO, E. A.; SILVA, M. R. M.; MAIA, A. A. M. The resolution of the taxonomic dilemma of *Myxobolus colossomatis* and description of two novel myxosporeans species of *Colossoma macropomum* from Amazon basin. **Acta Tropica**, v. 191, n. December 2018, p. 17–23, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.12.026>>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- CARDIM, J.; SILVA, D.; HAMOY, I.; MATOS, E.; ABRUNHOSA, F. *Myxobolus bragantinus* n. sp. (Cnidaria: Myxosporea) from the gill filaments of the redeye mullet, *Mugil rubrioculus* (Mugiliformes: Mugilidae), on the eastern Amazon coast. **Zootaxa**, v. 4482, n. 1, p. 177, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4482.1.9>>. Acesso em: 12 abr. 2020.
- CARIM, M. J. V.; GUILLAUMET, J. L. B.; GUIMARÃES, J. R. S.; TOSTES, L. C. L. Composição e Estrutura de Floresta Ombrófila Densa do Extremo Norte do Estado do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 2, p. 1–10, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v3n2p1-10>>. Acesso em: 16 jan. 2021.
- CARRIERO, M. M.; ADRIANO, E. A.; SILVA, M. R. M.; CECCARELLI, P. S.; MAIA, A. A. M. Molecular Phylogeny of the *Myxobolus* and *Henneguya* Genera with Several New South American Species. **PLoS ONE**, v. 8, n. 9, p. e73713, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073713>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- CARVALHO, A. A. de; FERREIRA, R. L. da S.; ARAÚJO, P. G. de; NEGRÃO, M. C. da S.; VIDEIRA, M. N. Multiparasitism in gills of *Metynnis lippincottianus* from the environmental protection area of Curiaú river, Eastern Amazon. **Ciência Rural**, v. 49, n. 6,

2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190028>>. Acesso em: 12 ago. 2020.

CASAL, G.; MATOS, E.; AZEVEDO, C. Light and electron microscopic study of the myxosporean, *Henneguya friderici* n. sp. from the Amazonian teleostean fish, *Leporinus friderici*. **Parasitology**, v. 126, n. 4, p. 313–319, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0031182003002944>>. Acesso em 01 ago. 2019.

CASAL, G.; MATOS, E.; AZEVEDO, C. Some ultrastructural aspects of *Henneguya striolata* sp. nov. (Myxozoa, Myxosporea), a parasite of the Amazonian fish *Serrasalmus striolatus*. **Parasitology Research**, v. 83, n. 1, p. 93–95, 1996. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s004360050216>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

CASAL, G.; MATOS, E.; AZEVEDO, C. Ultrastructural data on the life cycle stages of *Myxobolus braziliensis* n. sp., parasite of an Amazonian fish. **European Journal of Protistology**, v. 32, n. 1, p. 123–127, 1996. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0932-4739\(96\)80047-2](https://doi.org/10.1016/S0932-4739(96)80047-2)>. Acesso em: 20 dez. 2019.

CASAL, G.; MATOS, E.; AZEVEDO, C. Ultrastructural data on the spore of *Myxobolus maculatus* n. sp. (phylum Myxozoa), parasite from the Amazonian fish *Metynnis maculatus* (Teleostei). **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 51, n. 2, p. 107–112, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.3354/dao051107>>. Acesso em: 21 jul. 2020.

CEDRS – **Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural Sustentável**. Diagnóstico e Estabelecimento de Políticas Públicas, 2003-2008. Macapá/AP, 2008.

CHANG, E. S.; NEUHOF, M.; RUBINSTEIN, N. D.; DIAMANT, A.; PHILIPPE, H.; HUCHON, D.; CARTWRIGHT, P. Genomic insights into the evolutionary origin of Myxozoa within Cnidaria. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 48, p. 14912–14917, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1073/pnas.1511468112>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

CHEUNG, P. J.; NIGRELLI, R. F.; RUGGIERI, G. D. *Calyptospora serrasalmi* sp. nov. (Coccidia: Calyptosporidae) from liver of the black piranha, *Serrasalmus niger* Schomburgk. **J. Aquaricult. Aquat. Sci.**, v. 4, n. 3, p. 54-57, 1986.

DA SILVA NEGRÃO, M. C.; DA SILVA, M. R. L.; VIDEIRA, M. N.; VIANA, L. A. Prevalence and molecular characterisation of *Calyptospora* parasites Overstreet, Hawkins and

Fournié, 1984 (Apicomplexa: Calyptosporidae) in fishes from the eastern Amazon, Brazil.

**Parasitology International**, v. 73, n. March, p. 101975, 2019. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.parint.2019.101975>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

DA SILVA, D. T.; MATOS, P. S.; LIMA, A. M.; FURTADO, A. P.; HAMOY, I.; MATOS, E. R. *Ellipsomyxa arariensis* n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae), a new myxozoan parasite of *Pygocentrus nattereri* Kner, 1858 (Teleostei: Characidae) and *Pimelodus ornatus* Kner, 1858 (Teleostei: Pimelodidae) from Marajó Island, in the Brazilian Amazon region. **Parasitology Research**, v. 117, n. 11, p. 3537–3545, 2018. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1007/s00436-018-6051-z>>. Acesso em: 03 abr. 2020.

DA SILVA, M. F.; DE CARVALHO, A. E. F. B.; HAMOY, I.; MATOS, E. R. Coelozoic parasite of the family Ceratomyxidae (Myxozoa, Bivalvulida) described from motile vermiform plasmodia found in *Hemiodus unimaculatus* Bloch, 1794. **Parasitology Research**, v. 119, n. 3, p. 871–878, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00436-019-06505-5>>. Acesso em: 20 out. 2021.

DA SILVA, M. F.; DE CARVALHO, A. E. F. B.; HAMOY, I.; MATOS, E. R. Coelozoic parasite of the family Ceratomyxidae (Myxozoa, Bivalvulida) described from motile vermiform plasmodia found in *Hemiodus unimaculatus* Bloch, 1794. **Parasitology Research**, v. 119, n. 3, p. 871–878, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00436-019-06505-5>>. Acesso em 05 jun. 2021.

DAVIES, A. J.; BALL, S. J. The biology of fish coccidia. In: **Advances in parasitology**, v. 32, p. 293-366, 1993. *E-book*. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)60210-9](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)60210-9)>. Acesso em: 04 mar. 2020.

DE ALBUQUERQUE, M. C.; DE CARVALHO BRASIL-SATO, M. First report of *Calyptospora* sp. (Apicomplexa, Calyptosporidae) in forage characid fish from the Três Marias Reservoir, São Francisco Basin, Brazil. **European Journal of Protistology**, v. 46, n. 2, p. 150–152, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejop.2009.12.005>>. Acesso em 13 dez. 2020.

EIRAS, J. C.; CRUZ, C.; SARAIVA, A. Synopsis of the species of *Ceratomyxa* Thélohan, 1892 (Cnidaria, Myxosporea, Ceratomyxidae) described between 2007 and 2017. **Systematic Parasitology**, v. 95, n. 5, p. 427–446, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11230-018-9791-3>>. Acesso em 01 abr. 2020.

- EIRAS, J. C.; ZHANG, J.; MOLNÁR, K. Synopsis of the species of *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporidia, Myxobolidae) described between 2005 and 2013. **Systematic Parasitology**, v. 88, n. 1, p. 11–36, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11230-014-9484-5>>. Acesso em 20 out. 2020.
- EVERY, L. R. V.; KRITSKY, D. C. Neotropical Monogenoidea. 18. *Anacanthorus* Mizelle and Price, 1965 (Dactylogyridae, Anacanthorinae) of Piranha (Characoidea, Serrasalminae) from the Central Amazon, their Phylogeny, and Aspects of Host-Parasite Coevolution. **Journal of the Helminthological Society of Washington**, v. 59, n. 1, p. 52–75, 1992. Disponível em: <52.pdf (bionames.org)>. Acesso em 04 out. 2021.
- FEIST, S. W.; LONGSHAW, M. Histopathology of fish parasite infections - Importance for populations. **Journal of Fish Biology**, v. 73, n. 9, p. 2143–2160, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02060.x>>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- FENG, J.-M.; XIONG, J.; ZHANG, J.-Y.; YANG, Y.-L.; YAO, B.; ZHOU, Z.-G.; MIAO, W. New phylogenomic and comparative analyses provide corroborating evidence that Myxozoa is Cnidaria. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 81, n. September, p. 10–18, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.08.016>>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- FERREIRA, R. L. da S.; DA SILVA, D. T.; DE CARVALHO, A. A.; BITTENCOURT, L. S.; HAMOY, I.; MATOS, E.; VIDEIRA, M. *Ellipsomyxa tucujuensis* n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae), a parasite of *Satanoperca jurupari* (Osteichthyes: Cichlidae) from the Brazilian Amazon. **Parasitology International**, v. 83, n. March, p. 102332, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.parint.2021.102332>>. Acesso em: 30 set. 2021.
- FERREIRA, R. L. da S.; SILVA, D. T. da; ARAÚJO, P. G. De; HAMOY, I.; MATOS, E.; VIDEIRA, M. N. *Henneguya sacacaensis* n. sp. (Myxozoa: Myxosporidia) parasitizing gills of the acará bicudo *Satanoperca jurupari* (Osteichthyes: Cichlidae) in eastern Amazon. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 29, n. 2, p. 1–11, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1984-29612020030>>. Acesso em: 29 jun. 2020.
- FIALA, Ivan et al. Adaptive radiation and evolution within the Myxozoa. **Myxozoan evolution, ecology and development**, p. 69-84, 2015.
- FIALA, IVAN; BARTOŠOVÁ-SOJKOVÁ, PAVLA; WHIPPS, CHRISTOPHER M. Classification and phylogenetics of Myxozoa. In: **Myxozoan evolution, ecology and**

**development.** Springer, Cham, 2015. p. 85-110. Disponível em: <DOI 10.1007/978-3-319-14753-6\_5,>. Acesso em: 20 nov. 2020.

FREEMAN, B.; NICO, L. G.; OSENTOSKI, M.; JELKS, H. L.; COLLINS, T. M. Molecular systematics of Serrasalminae: Deciphering the identities of piranha species and unraveling their evolutionary histories. **Zootaxa**, v. 1484, n. 1, p. 1–38, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.11646/zootaxa.1484.1.1>>. Acesso em: 12 jan. 2021.

GOMIERO, L.; SOUZA, U.; BRAGA, F. 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**, v. 72, n. 2, p. 379–388, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000200020>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

GUNTER, N. L.; BURGER, M. A. A.; ADLARD, R. D. Morphometric and molecular characterisation of four new *Ceratomyxa* species (Myxosporae: Bivalvulida: Ceratomyxidae) from fishes off Lizard Island, Australia. **Folia Parasitologica**, v. 57, n. 1, p. 1–10, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.14411/fp.2010.001>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

HOFFMAN, G. L. *Myxobolus cerebralis*, a Worldwide Cause of Salmonid Whirling Disease. **Journal of Aquatic Animal Health**, v. 2, n. 1, p. 30–37, 1990. Disponível em: <[https://doi.org/10.1577/1548-8667\(1990\)002<0030:MCAWCO>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8667(1990)002<0030:MCAWCO>2.3.CO;2)>. Acesso em: 20 mai. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal 2013**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em:< IBGE | Biblioteca | Detalhes | Produção da pecuária municipal>. Acesso em: 25 set. 2020.

JÉGU, Michel. Subfamily Serrasalminae. *In*: Reis RE, Kullander SO, Ferraris-Junior CJ. **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre: EdiPUCRS**, p. 182-196, 2003.

JUNK, Wolfgang J. et al. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences**, v. 106, n. 1, p. 110-127, 1989.

KENT, M. L.; KHATTRA, J.; HEDRICK, R. P.; DEVLIN, R. H. *Tetracapsula renicola* n. sp. (Myxozoa: Saccosporidae); the PKX myxozoan - The cause of proliferative kidney disease of

salmonid fishes. **Journal of Parasitology**, v. 86, n. 1, p. 103–111, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1645/0022-3395\(2000\)086\[0103:TRNSMS\]2.0.CO;2](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1645/0022-3395(2000)086[0103:TRNSMS]2.0.CO;2)>. Acesso em: 16 jan. 2021.

KOLMANN, M. A.; URBAN, P.; SUMMERS, A. P. Structure and Function of the Armored Keel in Piranhas, Pacus, and their Allies. **The Anatomical Record**, v. 303, n. 1, p. 30–43, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ar.23986>. Acesso em: 12 mai. 2021.

KRITSKY, D. C. et al. Neotropical monogenoidea. 28. *Ancyrocephalinae* (Dactylogyridae) of piranha and their relatives (Teleostei, Serrasalmidae) from Brazil and French Guiana: Species of *Notozothecium* Boeger and Kritsky, 1988, and *Mymarothecium* gen. n. **Comparative Parasitology**, v. 63, n. 2, p. 153–175, 1996. Disponível em: <<http://bionames.org/bionames-archive/issn/1049-233X/63/153.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2021.

KRITSKY, D. C. et al. Neotropical Monogenoidea. 29. *Ancyrocephalinae* (Dactylogyridae) of piranha and their relatives (Teleostei, Serrasalmidae) from Brazil: Species of *Amphithecium* Boeger and Kritsky, 1988, *Heterothecium* gen. n. and *Pithanothecium* gen. n. **Journal-Helminthological Society Washington**, v. 64, p. 25-54, 1997. Disponível em: <25.pdf (bionames.org)> Acesso em: 04 out. 2021.

KRITSKY, D. C. et al. Neotropical Monogenoidea. 31. *Ancyrocephalinae* (Dactylogyridae) of piranha and their relatives (Teleostei, Serrasalmidae) from Brazil: species of *Notothecium* Boeger and Kritsky, 1988, and *Enallothecium* gen. n.. **Journal-Helminthological Society Washington**, v. 65, p. 31-49, 1998. Disponível em: <<http://bionames.org/bionames-20>>. Acesso em: 04 out. 2021.

KYGER, R.; LUZURIAGA-NEIRA, A.; LAYMAN, T.; MILKEWITZ SANDBERG, T. O.; SINGH, D.; HUCHON, D.; PERI, S.; ATKINSON, S. D.; BARTHOLOMEW, J. L.; YI, S. V.; ALVAREZ-PONCE, D. Myxosporea (Myxozoa, Cnidaria) Lack DNA Cytosine Methylation. **Molecular Biology and Evolution**, v. 38, n. 2, p. 393–404, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/molbev/msaa214/>. Acesso em: 08 out. 2021.

LANGANI, F. Family Hemiodontidae (Hemiodontids). In REIS, R.E., KULLANDER, S.O.; FERRARIS, C.J. (Orgs.) **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**, EDIPU- CRS, Porto Alegre, Brazil, pp. 96–100. 2003.

LEIS, E. M.; ROSSER, T. G.; BAUMGARTNER, W. A.; GRIFFIN, M. J. *Henneguya laseeae* n. sp. from flathead catfish (*Pylodictis olivaris*) in the upper Mississippi River.

**Parasitology Research**, v. 116, n. 1, p. 81–89, 2017. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1007/s00436-016-5264-2>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

LEUNG, T. L. F. Fish as parasites: an insight into evolutionary convergence in adaptations for parasitism. **Journal of Zoology**, v. 294, n. 1, p. 1–12, 2014. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1111/jzo.12148>>. Acesso em: 23 jan. 2021.

LI, Y.-C.; ZHANG, Y.; SIRIGULENG; SATO, H. *Henneguya doneci* (Myxosporea: Bivalvulida) in the gill filaments of Prussian carp *Carassius gibelio* (Bloch) from the upper Yellow River running through Inner Mongolia, China. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 77, n. 8, p. 1001–1005, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1292/jvms.14-0666>>. Acesso em: 11 jan. 2021.

LIU, X. H.; XU, L. W.; LUO, D.; ZHAO, Y. L.; LIU, G. F.; ZHANG, Q. Q.; ZHANG, J. Y. *Henneguya ovata* n. sp. (Myxosporea: Bivalvulida), causing severe enteric henneguyosis of net-cage-cultured ovate pompano, *Trachinotus ovatus* in China. **Aquaculture**, v. 483, p. 8–15, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.009>>. Acesso em 22 abr. 2020.

LOM, J.; DYKOVÁ, I. Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life-cycle terminology and pathogenic species. **Folia Parasitologica**, v. 53, n. 1, p. 1–36, 2006.

Disponível em: <<https://doi.org/10.14411/fp.2006.001>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

LOM, Jiří et al. **Protozoan parasites of fishes**. Elsevier Science Publishers, 1992.

LUNA, F. O. et al. Ocorrência do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus*) no litoral norte do Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 23, n. 3, 2008.

MACHADO-ALLISON, A. Estudios sobre la sistemática de la subfamilia Serrasalminae (Teleostei, Characidae). Parte III. Sobre el estatus generico y relaciones filogenéticas de los géneros *Pygopristis*, *Pygocentrus*, *Pristobrycon* y *Serrasalmus* (Teleostei– Characidae– Serrasalminae). **Acta Biol. Venezolana**, v. 11, p. 145-195, 1985.

MACKENZIE, K.; KALAVATI, C. Myxosporean parasites of marine fishes: their distribution in the world's oceans. **Parasitology**, v. 141, n. 13, p. 1709–1717, 2014.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0031182014001425>>. Acesso em: 08 jan. 2021.

- MALHI, Y.; ROBERTS, J. T.; BETTS, R. A.; KILLEEN, T. J.; LI, W.; NOBRE, C. A. Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. **Science**, v. 319, n. 5860, p. 169–172, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.1146961>>. Acesso em: 12 fev. 2020.
- MARQUARDT, W. C.; SPEER, C. Apicomplexa. In: **Encyclopedia of Life Sciences**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2001. p. 1–9. *E-book*. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/npg.els.0001956>>. Acesso em 10 set. 2019.
- MATHEWS, P. D.; MAIA, A. A. M.; ADRIANO, E. A. Morphological and ultrastructural aspects of *Myxobolus niger* n. sp. (Myxozoa) gill parasite of *Corydoras melini* (Siluriformes: Callichthyidae) from Brazilian Amazon. **Acta Tropica**, v. 158, p. 214–219, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.03.016>>. Acesso em: 10 mai. 2020.
- MATHEWS, P. D.; NALDONI, J.; MAIA, A. A.; ADRIANO, E. A. Morphology and small subunit rDNA-based phylogeny of *Ceratomyxa amazonensis* n. sp. parasite of *Symphysodon discus*, an ornamental freshwater fish from Amazon. **Parasitology Research**, v. 115, n. 10, p. 4021–4025, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00436-016-5173-4>>. Acesso em: 21 ago. 2021.
- MATOS, E.; TAJDARI, J.; AZEVEDO, C. Ultrastructural Studies of *Henneguya rhamdia* n. sp. (Myxozoa) a Parasite from the Amazon Teleost Fish, *Rhamdia quelen* (Pimelodidae). **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 52, n. 6, p. 532–537, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2005.00063.x>>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- MATOS, Edilson et al. A morfologia ultra estrutural de microrganismos parasitas que causam microsporidioses e mixosporidioses em peixes tropicais brasileiros. **Boletim Técnico CEPTA**, v. 16, p. 27-40, 2003. Disponível em: <[https://www.icmbio.gov.br/cepta/images/stories/producao\\_cientifica/morfologia\\_2003\\_01.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepta/images/stories/producao_cientifica/morfologia_2003_01.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2019.
- MOLNÁR, Kálmán. Phylum Apicomplexa. In: **Fish diseases and disorders**, v. 1, p. 183-204, 2006.
- MORRISON, D. A. Evolution of the Apicomplexa: where are we now? **Trends in Parasitology**, v. 25, n. 8, p. 375–382, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pt.2009.05.010>>. Acesso em: 21 mar. 2020.

NAKAYAMA, C. M.; REBELO PORTO, J. I.; FELDBERG, E. A comparative cytogenetic study of five piranha species (*Serrasalmus*, serrasalminae) from the Amazon basin. **Genetica**, v. 114, n. 3, p. 231–236, 2002. Disponível em:

<<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1023/A:1016275505655>>. Acesso em: 21 mai. 2020.

NESNIDAL, M. P.; HELMKAMPF, M.; BRUCHHAUS, I.; EL-MATBOULI, M.; HAUSDORF, B. Agent of Whirling Disease Meets Orphan Worm: Phylogenomic Analyses Firmly Place Myxozoa in Cnidaria. **PLoS ONE**, v. 8, n. 1, p. e54576, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054576>>. Acesso em: 15 set. 2020.

NITTROUER, Charles A. et al. AmasSeds: an interdisciplinary investigation of a complex coastal environment. **Oceanography**, v. 4, n. 1, p. 3-7, 1991.

OKAMURA, B.; GRUHL, A.; BARTHOLOMEW, J. L. An introduction to myxozoan evolution, ecology and development. *In*: **Myxozoan evolution, ecology and development**. Springer, Cham, 2015. p. 1-20. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/978-3-319-14753-6>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

ORTÍ, G.; PETRY, P.; PORTO, J. I. R.; JÉGU, M.; MEYER, A. Patterns of nucleotide change in mitochondrial ribosomal RNA genes and the phylogeny of piranhas. **Journal of Molecular Evolution**, v. 42, n. 2, p. 169–182, 1996. <Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02198843>>. Acesso em: 18 out. 2019.

ORTÍ, G.; SIVASUNDAR, A.; DIETZ, K.; JÉGU, M. Phylogeny of the Serrasalminidae (Characiformes) based on mitochondrial DNA sequences. **Genetics and Molecular Biology**, v. 31, n. 1 suppl, p. 343–351, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-47572008000200030>>. Acesso em: 12 jan. 2021.

REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DI DARIO, F.; MINCARONE, M. M.; PETRY, P.; ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 12–47, 2016. <Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfb.13016>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

REIS, R.E., KULLANDER, S.O.; FERRARIS, C.J. (Orgs.) **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**, EDIPU- CRS, Porto Alegre, Brazil, p. 729. 2003.

ROCHA, S.; RANGEL, L.; CASTRO, R.; SEVERINO, R.; AZEVEDO, C.; SANTOS, M.; CASAL, G. Ultrastructure and phylogeny of *Ceratomyxa diplodae* (Myxosporea:

Ceratomyxidae), from gall bladder of European seabass *Dicentrarchus labrax*. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 121, n. 2, p. 117–128, 2016. Disponível em:

<<https://doi.org/10.3354/dao03049>>. Acesso em 02 mar. 2021.

SANTOS, G. M. dos. Impactos da hidrelétrica Samuel sobre as comunidades de peixes do rio Jamari (Rondônia, Brasil). **Acta Amazonica**, v. 25, p. 247-280, 1995. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1590/1809-43921995253280>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

SANTOS, G. M. dos; SANTOS, A. C. M. dos. Sustentabilidade da pesca na Amazônia.

**Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 165–182, 2005. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000200010>>. Acesso em: 13 jan. 2021.

SHINN, A. P.; PRATOOMYOT, J.; BRON, J. E.; PALADINI, G.; BROOKER, E. E.;

BROOKER, A. J. Economic costs of protistan and metazoan parasites to global mariculture.

**Parasitology**, v. 142, n. 1, p. 196–270, 2015. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1017/S0031182014001437>>. Acesso em: 21 mar. 2020.

SILVA, C. C. da; FERREIRA, E. J. G.; DEUS, C. P. de. Dieta de cinco espécies de

Hemiodontidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Balbina, rio Uatumã, Amazonas, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 98, n. 4, p. 465–468, 2008.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000400008>>. Acesso em 28 de jul. 2021.

SILVA, L. M. A. da; SILVA, S. L. de F. A atividade pesqueira na região atlântica da costa do Amapá: município de Amapá, Pracuúba, Tartarugalzinho e baixo Araguari. **Inventário**

**Biológico das Áreas do Sucuriju e Região dos Lagos no Estado do Amapá**, p. 173–187, 2006

SILVA, L. M. A.; DIAS, M. T. A Pesca Artesanal no Estado do Amapá: Estado Atual e Desafios. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 10, n. 1, p. 43–53, 2010.

SILVA, M. F.; SILVA, D. T.; GIESE, E. G.; HAMOY, I. G.; MATOS, E. R. Morphology and Phylogeny of *Calyptospora paranaidji* n. sp. (Eimeriorina: Calyptosporidae), an

Apicomplexan Parasite of the Hepatic Tissue of *Cichla piquiti* Kullander & Ferreira, 2006,

From a Reservoir in the Brazilian Amazon Region. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v.

66, n. 4, p. jeu.12707, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jeu.12707>>. Acesso em 28 jun. 2020.

SILVEIRA, O. F. M.; SANTOS, V. F. Aspectos geológicos-geomorfológicos da região costeira entre o rio Amapá Grande e a região dos Lagos do Amapá. **MMA/PROBIO, Macapá, 30p**, 2006.

SILVEIRA, O. F. M.; SILVEIRA, O. T.; COSTA NETO, S. V. História natural das Regiões dos Lagos e Sucuriju. **Inventário biológico das áreas do Sucuriju e Região dos Lagos, no Amapá: Relatório Final PROBIO**, p. 9–16, 2006.

SIOLI, Harald. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses, and river types. In: **The Amazon**. Springer, Dordrecht, 1984. p. 127-165.

SOMMERVILLE, Christina. Parasites of farmed fish. **Biology of farmed fish**, p. 146-179, 1998.

STERUD, E.; FORSETH, T.; UGEDAL, O.; POPPE, T.; JØRGENSEN, A.; BRUHEIM, T.; FJELDSTAD, H.; MO, T. Severe mortality in wild Atlantic salmon *Salmo salar* due to proliferative kidney disease (PKD) caused by *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa). **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 77, n. 3, p. 191–198, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.3354/dao01846>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

VAL, A. L. Fishes of the Amazon: diversity and beyond. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. suppl 3, p. 1–9, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0001-3765201920190260>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

VAL, Adalberto Luís; DE ALMEIDA-VAL, Vera M.F. **Fishes of the Amazon and their environment: physiological and biochemical aspects**. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 224 pp, 1995.

VIEIRA, D. H. M. D.; RANGEL, L. F.; TAGLIAVINI, V. P.; ABDALLAH, V. D.; SANTOS, M. J.; DE AZEVEDO, R. K. Morphological and molecular analysis of *Henneguya tietensis* n. sp. (Cnidaria: Myxosporea), parasitizing the gill filaments of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) from Brazil. **Parasitology Research**, v. 120, n. 1, p. 27–36, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00436-020-06918-7>. Acesso em 20 jan. 2021.

VILLWOCK, J. A. **A costa brasileira: geologia e evolução. Notas Técnicas**. CECO/IG/UFRGS, Porto Alegre, RS 7: 38–49, 1994.

- WHIPPS, C. M.; FOURNIE, J. W.; MORRISON, D. A.; AZEVEDO, C.; MATOS, E.; THEBO, P.; KENT, M. L. Phylogeny of fish-infecting *Calyptospora* species (Apicomplexa: Eimeriorina). **Parasitology Research**, v. 111, n. 3, p. 1331–1342, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00436-012-2969-8>>. Acesso em 12 out. 2019.
- YOKOHAMA, H.; ITOH, N.; TANAKA, S. *Henneguya pagri* n. sp. (Myxozoa: Myxosporea) causing cardiac henneguyosis in red sea bream, *Pagrus major* (Temminck & Schlegel). **Journal of Fish Diseases**, v. 28, n. 8, p. 479–487, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2005.00655.x>>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- YOKOHAMA, H.; KAWAKAMI, H.; YASUDA, H.; TANAKA, S. *Henneguya lateolabracis* sp. n. (Myxozoa: Myxosporea), the causative agent of cardiac henneguyosis in Chinese sea bass *Lateolabrax* sp. **Fisheries Science**, v. 69, n. 6, p. 1116–1120, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.0919-9268.2003.00736.x>>. Acesso em: 18 jan. 2021.
- YOKOHAMA, H.; LIYANAGE, Y. S.; AKINORI, S.; WAKABAYASHI, H. Experimentally induced hemorrhagic thelohanellosis of carp caused by *Thelohanellus hovorkai* (Myxosporea: Myxozoa). **Fish Pathology**, v. 33, n. 5, p. 489–494, 1998. Disponível em: <<https://doi.org/10.3147/jsfp.33.489>>. Acesso em: 18 jan. 2021.
- ZATTI, S. A.; ATKINSON, S. D.; BARTHOLOMEW, J. L.; MAIA, A. A. M.; ADRIANO, E. A. Amazonian waters harbour an ancient freshwater *Ceratomyxa* lineage (Cnidaria: Myxosporea). **Acta Tropica**, v. 169, p. 100–106, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.02.006>>. Acesso em: 25 jul. 2021.
- ZATTI, S. A.; ATKINSON, S. D.; MAIA, A. A. M.; BARTHOLOMEW, J. L.; ADRIANO, E. A. *Ceratomyxa gracillima* n. sp. (Cnidaria: Myxosporea) provides evidence of panmixia and ceratomyxid radiation in the Amazon basin. **Parasitology**, v. 145, n. 9, p. 1137–1146, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0031182017002323>>. Acesso em 20 abr. 2020.
- ZATTI, S. A.; ATKINSON, S. D.; MAIA, A. A. M.; CORRÊA, L. L.; BARTHOLOMEW, J. L.; ADRIANO, E. A. Novel *Myxobolus* and *Ellipsomyxa* species (Cnidaria: Myxozoa) parasiting *Brachyplatystoma rousseauxii* (Siluriformes: Pimelodidae) in the Amazon basin, Brazil. **Parasitology International**, v. 67, n. 5, p. 612–621, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.parint.2018.06.005>>. Acesso 10 ago. 2020.

ZATTI, S. A.; MAIA, A. A. M.; ADRIANO, E. A. Growing diversity supports radiation of an *Ellipsomyxa* lineage into the Amazon freshwater: Description of two novel species parasitizing fish from Tapajós and Amazon rivers. **Acta Tropica**, v. 211, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105616>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Geral

Investigar a fauna microparasitária de *Pristobrycon striolatus* e *Hemiodus gracilis*, provenientes do rio Tartarugalzinho, município de Tartarugalzinho-AP.

### 4.2 Específicos

- Calcular a prevalência dos microparasitos de *Pristobrycon striolatus* e *Hemiodus gracilis*;
- Classificar ao menor nível taxonômico os microparasitos de *Pristobrycon striolatus* e *Hemiodus gracilis*;
- Caracterizar morfológicamente espécies de microparasitos de *Pristobrycon striolatus* e *Hemiodus gracilis*;
- Descrever características moleculares e filogenéticas de possíveis espécies novas de microparasitos das espécies de peixe estudadas.

**CAPÍTULO 1 - Fauna microparasitária de *Pristobrycon striolatus* oriundo do rio Tartarugalzinho, Amazônia Oriental, Brasil**

*Artigo submetido ao periódico "Ciência rural"*

1 **Fauna microparasitária de *Pristobrycon striolatus* oriundo do rio Tartarugalzinho,**  
2 **Amazônia Oriental, Brasil**

3 **RESUMO**

4 O bioma amazônico possui uma alta diversidade biológica que abriga rica ictiofauna e muitos  
5 organismos a serem descritos pela ciência. A espécie *Pristobrycon striolatus* é uma espécie de  
6 peixe consumida na região norte do Brasil pela população tradicional ribeirinha e com poucos  
7 estudos acerca da sua fauna parasitária. Foram coletados 30 espécimes de *P. striolatus* oriundos  
8 do rio Tartarugalzinho. Após análises foi constatado que estes estavam parasitados por dois  
9 taxa de microparasitos: Cnidaria, Myxozoa representados por *Henneguya* sp. (16%), *Myxobolus*  
10 sp. (13%) e *Meglitschia* sp. (3,3%) e Filo Apicomplexa representado por *Calyptospora* sp.  
11 (3,3%). Este é o primeiro estudo sobre fauna microparasitária para esta espécie de peixe.

12 **Palavras-chave:** bioma amazônico; microparasitos; peixe.

13 **Microparasitic fauna of *Pristobrycon striolatus* from the Tartarugalzinho river, Eastern**  
14 **Amazon, Brazil**

15 **ABSTRACT**

16 The Amazon biome has a high biological diversity that is home to a rich ichthyofauna and many  
17 organisms to be described by science. The species *Pristobrycon striolatus* is a fish species  
18 consumed in the northern region of Brazil by the traditional riverside population and with few  
19 studies about its parasitic fauna. Thirty specimens of *P. striolatus* from the Tartarugalzinho  
20 river were collected. After analysis it was found that they were parasitized by two taxa of  
21 microparasites: Cnidaria, Myxozoa represented by *Henneguya* sp. (16%), *Myxobolus* sp. (13%)  
22 and *Meglitschia* sp. (3.3%) and Phylum Apicomplexa represented by *Calyptospora* sp. (3.3%).  
23 This is the first study on microparasitic fauna for this fish species.

1 **Key words:** amazon biome; microparasites; fish.

## 2 **INTRODUÇÃO**

3 O bioma amazônico possui uma área de 7,76 milhões de quilômetros quadrados, no qual  
4 mais de 5 milhões estão em território brasileiro possuindo quantidades imensuráveis de recursos  
5 naturais, ambientes dinâmicos e principalmente uma diversidade biológica que abriga muitos  
6 organismos a serem descritos pela ciência (VAL, 2019). A fauna de peixes da América do Sul  
7 é uma das mais diversas da Terra, com estimativas acima de 9.100 espécies para águas doces  
8 continentais e águas marinhas próximas à costa combinadas, representando assim, cerca de 27%  
9 de todos os peixes do mundo (REIS et al., 2016).

10 Na maioria dos ecossistemas aquáticos, os peixes são hospedeiros de parasitos  
11 (SINDEAUX-NETO et al., 2016), os quais podem afetar a biologia destes peixes (TAVARES  
12 et al., 2014) e em alguns casos este tipo de relação também pode afetar a população do  
13 hospedeiro, já que pode ocasionar danos ao sistema reprodutivo (GOMIERO & BRAGA,  
14 2012).

15 A espécie *Pristobrycon striolatus* Steindachner, 1908 (Serrasalminae) está distribuída  
16 na América do Sul, principalmente nos Rios Amazonas e Orinoco, possuindo poucos estudos  
17 acerca de sua biologia e fauna parasitológica. Faz parte de um grupo denominado “piranhas  
18 verdadeiras” que é também composto por outros três gêneros *Serrasalmus*, *Pygocentrus* e  
19 *Pygopristis* (FREEMAN et al., 2007). Evidências indicam que esta é distinta, tanto genética  
20 quanto morfológicamente, de outras espécies de *Pristobrycon* (NAKAYAMA et al., 2002).  
21 Espécies de piranhas possuem importância alimentar e comercial para comunidades ribeirinhas  
22 amazônicas, como na região de Tartarugalzinho (Amapá/Brasil) (SILVA & SILVA, 2006).

1 Os parasitos podem ser separados em taxa diferentes de acordo com o seu tamanho e  
2 modo de reprodução, no qual os macroparasitos são representados principalmente por  
3 platelmintos, nematoides, pequenos crustáceos e moluscos (BARBER & POULIN, 2002).

4 Microparasitos podem ser representados por mixozoários, protozoários e fungos que  
5 habitam outros organismos e têm a capacidade de causar doenças, além de possuírem uma  
6 extensa diversidade e ciclo de vida complexo (BASS et al., 2017).

7 Em decorrência da pouca investigação parasitológica envolvendo esta espécie, a qual,  
8 em sua maioria se restringe ao macroparasito monogenea (EVERY & KRITSKY 1992;  
9 KRITSKY et al., 1996; KRITSKY et al., 1997; KRITSKY et al., 1998). Este estudo tem por  
10 objetivo principal mostrar a ocorrência e prevalência de microparasitos na espécie de piranha  
11 *Pristobrycon striolatus*, proveniente da Amazônia Oriental.

## 12 MATERIAL E MÉTODOS

### 13 Área de coleta e transporte dos peixes

14 A bacia do rio Tartarugalzinho está localizada no Estado do Amapá, no norte da  
15 Amazônia brasileira, possui uma das reservas biológicas mais importantes da região do Amapá  
16 devido seu ecossistema único e por desaguar em lagos de planícies de inundação ligados a  
17 manguezais de alta produtividade biológica (BIDONE, 1997).

18 Foram coletados 30 espécimes de *P. striolatus* nos pontos correspondentes a  
19 50°55'9,165"W1°30'32,502"N, 50°54'58,918"W1°30'39,931"N, 50°54'52,913"W  
20 1°30'41,317"N (Figura 1), rio Tartarugalzinho, município de Tartarugalzinho, Estado do  
21 Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. Estes foram capturados trimestralmente no período de  
22 setembro de 2019 a maio de 2021, oscilando entre períodos de seca e períodos chuvosos.

1 Os peixes foram capturados pela equipe do grupo de pesquisa Sanidade de Organismos  
2 Aquáticos na Amazônia (SOAA) da Universidade do Estado do Amapá (UEAP) e por  
3 pescadores artesanais residentes na região, com auxílio de apetrechos de pesca, tais como rede  
4 de emalhar (30 mm entre nós opostos), anzol e tarrafas.

5 Após a captura estes foram acondicionados em baldes com aeração artificial  
6 proporcionados por bombas a pilha, até a chegada ao Laboratório de Morfofisiologia e Sanidade  
7 Animal (LABMORSA), da UEAP, onde permaneceram até que se procedessem as análises.

8 Esta pesquisa foi devidamente aprovada junto ao Comitê de Ética de Uso Animal  
9 (CEUA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-AP) sob o n° 012/2018  
10 e devidamente registrada no Sistema de Autorização e Informação da Biodiversidade  
11 (SISBIO/ICMBIO), licença n° 50376-2.

## 12 **Análise parasitológica**

13 Os animais foram dessensibilizados por meio de uma mielotomia neural, com auxílio  
14 de uma pinça pontiaguda. Em seguida foi feito a biometria: pesagem (g) e medição (cm). Foi  
15 analisada toda a superfície corpórea através de microscópio estereoscópico, para verificar a  
16 existência de lesões, cistos ou perda de revestimento (escamas e epiderme). Em seguida foram  
17 realizadas incisões, na região ventral, do sentido do ânus até o opérculo, a fim de expor vísceras  
18 para que cada órgão fosse ser examinado minuciosamente.

19 Dos tecidos onde foram encontrados possíveis focos de desenvolvimento de parasitos,  
20 foram retirados pequenos fragmentos e colocados entre lâmina e lamínula, para ser realizada a  
21 observação através de microscopia de luz (ML). Os microparasitos encontrados foram  
22 fotografados com auxílio de Microscópio Lumen acoplado a uma câmera Moticam 2300.

1 A metodologia para a coleta e fixação de parasitos foi de acordo com a descrita por  
2 EIRAS et al. (2006) e o índice parasitário de prevalência (%) seguiu o descrito por BUSH et al.  
3 (1997).

#### 4 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

5 Os espécimes de *P. striolatus* apresentaram comprimento médio total de  $9,68 \pm 1,71$  cm  
6 e peso médio total de  $27,8 \pm 35,4$  g. Durante as análises observou-se a presença de dois taxa de  
7 microparasitos (Tabela 1): Cnidaria (Classe: Myxozoa) contendo 3 gêneros: *Henneguya*  
8 Thélohan (1892) (Figura 2 – A), *Myxobolus* Bütschli (1882) (Figura 2 – B), *Meglitschia*  
9 Kovaleva (1988) (Figura 2 – C) e Filo Apicomplexa com 1 gênero: *Calyptospora* Overstreet,  
10 Hawkins e Fournie, 1984 (Figura 2 – D).

11 As maiores prevalências para os microparasitos encontrados nesta espécie foram para  
12 os da Classe Myxozoa. Os parasitos pertencentes a este grupo podem ser encontrados  
13 parasitando qualquer espécie e órgão de peixes (CAMPOS et al., 2011; CAPODIFOGGIO et  
14 al., 2020). Os mixozoários são um grupo diverso de parasitos microscópicos que infectam  
15 hospedeiros invertebrados e vertebrados (CHANG et al., 2015), estes atuam como definitivos  
16 e intermediários respectivamente (LOM & DYKOVÁ, 2006), o interesse científico em  
17 membros deste grupo se dá devido a sua importância ecológica, evolutiva e econômica (LIU et  
18 al., 2018; ZATTI et al., 2018).

19 O gênero *Henneguya* sp. apresentou maior prevalência dentre os parasitos encontrados  
20 (16%) e estava parasitando as brânquias, este órgão é muito complexo e pode abrigar um grande  
21 número de mixozoários parasitos (VELASCO et al., 2015). Parasitos deste gênero podem ser  
22 letais para seu hospedeiro quando estão alocados em órgãos importantes, nos quais ocorrem a  
23 lise celular (MATOS et al., 2003). Infecções ocasionadas pelo gênero *Henneguya* sp. se dão  
24 principalmente nesse órgão que leva a destruição dos filamentos branquiais causando

1 insuficiência respiratória (LOM & DYKOVÁ, 1992). Na aquicultura *Henneguya* sp. está quase  
2 sempre associado a mortalidade e perdas econômicas (WHITAKER et al., 2005). Este gênero  
3 é o segundo mixozoário mais descrito, com mais de 200 espécies (LEIS et al., 2017). CASAL  
4 et al., (1997) descreveram uma espécie de *Henneguya* nas brânquias de *P. striolatus*,  
5 *Henneguya striolata*, enquanto esta espécie ainda era classificada como *Serrasalmus striolatus*.

6 O peixe *Piaractus mesopotamicus* também pertencente à família Serrasalmidae foi  
7 descrito parasitado por *Henneguya piaractus* (MARTINS et al., 1997; SOUZA et al., 2000;  
8 AZEVEDO et al., 2010; CAMPOS et al., 2011; JERÔNIMO et al., 2020). Apenas ocorrência  
9 deste parasito também foi registrada em outros serrassalmídeos como: *Metynniss lippincotianus*  
10 (CARVALHO et al. 2019; CARVALHO et al. 2020), *Colossoma macropomum* (VIDEIRA et  
11 al., 2016), *Piaractus brachypomus* (NEGREIROS & TAVARES-DIAS, 2019) e *Piaractus*  
12 *mesopotamicus* (SANT'ANA et al., 2012; MANRIQUE et al., 2017).

13 *Myxobolus* sp. neste estudo apresentou 13% de prevalência, este parasito é caracterizado  
14 segundo LOM & DYKOVÁ (2006), como um esporo de formato elipsoide, com duas cápsulas  
15 polares, duas valvas posicionadas em paralelo, uma linha de sutura, com um esporoplasma  
16 binucleado. O gênero *Myxobolus* está entre os cnidários mais diversificados da classe Myxozoa,  
17 sendo principalmente parasitos de peixes marinhos e de água doce (EIRAS et al., 2021), porém  
18 um pequeno número também foi encontrado parasitando anfíbios e répteis (EIRAS et al., 2005).

19 Este é o primeiro registro de *Myxobolus* sp. em *P. striolatus* que teve como sítio de  
20 infecção os rins. Este parasito está associado a danos no sistema nervoso central em peixes,  
21 como é o caso de *Myxobolus cerebralis*, que causa a “doença do rodopio” cujo sintoma é a  
22 natação em círculos, regiões da cauda enegrecidas e graves deformidades esqueléticas  
23 (GILBERT & GRANATH JR, 2001). Este gênero também já foi associado a sintomas  
24 gastrintestinais em moradores de uma comunidade tradicional ribeirinha do Amazonas, após  
25 consumo de peixe parasitado (REIS et al., 2019).

1           Outros peixes da família Serrasalmidae o qual estão descritos espécies de parasitos deste  
2 gênero, são: *Myxobolus colossomatis* em *Colossoma macropomum* (MOLNÁR & BEKÉSI  
3 1993; CAPODIFOGGIO et al., 2019), *Myxobolus maculatus* em *Metynnis maculatus* (CASAL  
4 et al. 2002), *Myxobolus myleus* em *Myleus rubripinnis* (AZEVEDO et al., 2012), *Myxobolus*  
5 *cuneus* em *Piaractus mesopotamicus* (MANRIQUE et al., 2016), *M. arapiuns* em *Piaractus*  
6 *brachypomus* (CAPODIFOGGIO et al., 2020), *Myxobolus dermatoulcerans* em *Pygocentrus*  
7 *nattereri* (STILWELL et al., 2020). Também há apenas registro de *Myxobolus* sp. para os  
8 serrasalmídeos *Piaractus mesopotamicus* (MANRIQUE et al., 2015), *Colossoma macropomum*  
9 (MACIEL et al., 2011; VIDEIRA et al., 2016), *Metynnis lippincottianus* (CARVALHO et al.,  
10 2019). Dentre estes, apenas *Myxobolus cuneus* e *M. maculatus* também estavam infectando os  
11 rins de seus respectivos hospedeiros.

12           O parasito com menor prevalência da Classe Myxozoa, foi o pertencente ao gênero  
13 *Meglitschia* sp. (3,3%), este possui uma descrição em apenas um peixe amazônico que também  
14 pertence à família Serrasalmidae, *Myleus rubripinnis*. Este parasito apesar de ser semelhante a  
15 *Ceratomyxa* spp. com o qual compartilha alguns aspectos morfológicos, difere na forma  
16 arqueada dos esporos (AZEVEDO et al., 2011). No entanto, na escassez de aspectos  
17 moleculares ADRIANO & OKAMURA (2016) sugerem que este gênero seja similar a  
18 *Ceratomyxa* spp., porém esta filogenia ainda é um tanto imprecisa, sugerindo a necessidade de  
19 análises mais detalhadas.

20           O parasito *Calyptospora* sp. foi a única espécie encontrada do Filo Apicomplexa e  
21 obteve baixa prevalência (3,3%). Este é um coccídeo que infecta o parênquima hepático de  
22 peixes onde estes hospedeiros se apresentam sempre como definitivos, além disso o impacto  
23 causado por esse parasito ainda é bastante desconhecido, com poucos estudos sugestivos acerca  
24 de possíveis danos (WHIPPS et al., 2012). Porém, supõe-se que sob condições naturais os

1 coccídeos causam poucas patologias, a menos que o equilíbrio parasito-hospedeiro seja  
2 perturbado (DE ALBUQUERQUE & DE CARVALHO BRASIL-SATO, 2010).

3 O gênero *Calyptospora* sp. possui apenas 6 espécies descritas em peixes no mundo,  
4 sendo 4 destas no Brasil, que são: *Calyptospora serralalmi* (CHEUNG et al., 1986),  
5 *Calyptospora tucunarensis* (BÉKÉSI & MÓLNAR, 1991), *Calyptospora spinosa* (AZEVEDO  
6 et al., 1993) e *Calyptospora paranaidji* (SILVA, et al., 2018). Registros deste gênero também  
7 ocorrem em outras espécies de peixes da Amazônia brasileira: *Brachyplatystoma vailantii*  
8 (SILVA et al., 2012), *Cichla temensis* (SANTIAGO et al., 2012), *Aequidens plagiozonatus*  
9 (VIDEIRA et al., 2013), *Triportheus angulatus* (SILVA et al., 2020) e na espécie Serrasalmidae  
10 *Serrasalmus rhombeus* (OLIVEIRA et al., 2021).

11 A ocorrência deste parasito na espécie *P. striolatus* corrobora com os resultados de Da  
12 Silva Negrão et al. (2019), que mostrou maior prevalência de *Calyptospora* sp. em peixes de  
13 hábito carnívoro tais como: *Cichla ocellaris*, *Cichla lepidota*, *Hoplerythrinus unitaeniatus* e  
14 *Hoplias malabaricus*.

## 15 CONCLUSÃO

16 A espécie *P. striolatus* apresentou fauna de microparasitos com maior suscetibilidade a  
17 Classe Myxozoa, principalmente aos gêneros *Henneguya* sp. e *Myxobolus* sp. Estudos como  
18 este são importantes pois este peixe faz parte da dieta dos moradores da região de  
19 Tartarugalzinho e apresenta poucos dados relacionados a sua sanidade. Este foi o primeiro  
20 registro para *Myxobolus* sp., *Meglitschia* sp., e *Calyptospora* sp. parasitando *P. striolatus*.  
21 Ademais, estas análises embasam estudos moleculares posteriores, os quais estes parasitos,  
22 podem se apresentar como novas espécies, e assim, desvendar ainda mais a vasta fauna e ainda  
23 em parte desconhecida Amazônia.

## 24 AGRADECIMENTOS

1 A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) por  
2 fomentar este estudo, ao grupo de pesquisa Sanidade de Organismos Aquáticos na Amazônia  
3 pelo apoio nas coletas e aos técnicos do Laboratório de Morfofisiologia e Sanidade Animal da  
4 Universidade do Estado do Amapá.

#### 5 **DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES**

6 Não há conflitos de interesses a declarar.

#### 7 **COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA**

8 Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética de Uso Animal (CEUA) número 012-  
9 2018 e registrada no Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade meio ambiente  
10 (SISBIO), n °50376-2.

#### 11 **CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES**

12 Todos os autores contribuíram de forma igualitária na produção dos experimentos e  
13 manuscrito. Bem como, todos os responsáveis aprovaram a versão final.

#### 14 **REFERÊNCIAS**

15 ADRIANO, E. A.; OKAMURA, B. Motility, morphology and phylogeny of the plasmodial  
16 worm, *Ceratomyxa vermiformis* n. sp. (Cnidaria: Myxozoa: Myxosporea). **Parasitology**, v.  
17 144, n. 2, p. 158–168, 2016. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27821209/>>.  
18 Acesso em: 10 dez. 2019. doi: <https://doi.org/10.1017/S0031182016001852>.

19 AZEVEDO, C. et al. Light and Ultrastructural Description of *Meglitschia mylei* n. sp.  
20 (Myxozoa) from *Myleus rubripinnis* (Teleostei: Serrasalminidae) in the Amazon River System.  
21 **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 58, n. 6, p. 525–528, 2011. Disponível em:  
22 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1550-7408.2011.00583.x>. Acesso em: 14

- 1 abr. 2020. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2011.00583.x>.
- 2 AZEVEDO, C. et al. Morphological data of *Calyptospora spinosa* n. sp. (Apicomplexa,  
3 Calyptosporidae) parasite of *Crenicichla lepidota* HECKEL, 1840 (Teleostei) from Amazon  
4 river. **European Journal of Protistology**, v. 29, n. 2, p. 171–175, 1993. Disponível em:  
5 <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0932473911802701>>. Acesso em: 07  
6 jul. 2020. doi: [https://doi.org/10.1016/S0932-4739\(11\)80270-1](https://doi.org/10.1016/S0932-4739(11)80270-1).
- 7 AZEVEDO, C. et al. *Myxobolus myleus* n. sp. infecting the bile of the Amazonian freshwater  
8 fish *Myleus rubripinnis* (Teleostei: Serrasalminidae): morphology and pathology. **Systematic**  
9 **Parasitology**, v. 82, n. 3, p. 241–247, 2012. Disponível em:  
10 <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11230-012-9360-0>>. Acesso em: 02 dez. 2020.  
11 doi: <https://doi.org/10.1007/s11230-012-9360-0>.
- 12 AZEVEDO, C. et al. Ultrastructural re-description of *Henneguya piaractus* (Myxozoa), a  
13 parasite of the freshwater fish *Piaractus mesopotamicus* (Teleostei, Characidae) from the  
14 Paraguai River, Brazil. **Acta Protozoologica**, v. 49, n. 2, 2010. Disponível em:  
15 <[http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ojs-issn-1689-0027-year-2010-](http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ojs-issn-1689-0027-year-2010-volume-49-issue-2-article-3846)  
16 [volume-49-issue-2-article-3846](http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ojs-issn-1689-0027-year-2010-volume-49-issue-2-article-3846)>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- 17 BARBER, I.; POULIN, R. Interactions between fish, parasites and disease. **Handbook of fish**  
18 **biology and fisheries. Volume 1: Fish biology**, p. 359-389, 2002.
- 19 BASS, A. L. et al. Survey of microparasites present in adult migrating Chinook salmon  
20 (*Oncorhynchus tshawytscha*) in south-western British Columbia determined by high-  
21 throughput quantitative polymerase chain reaction. **Journal of Fish Diseases**, v. 40, n. 4, p.  
22 453–477, 2017. Disponível em:< <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfd.12607>>.  
23 Acesso em 30 abr. 2021. doi: 10.1111/jfd.12607.

- 1 BÉKÉSI, L.; MOLNÁR, K. *Calyptospora tucunarensis* n. sp. (Apicomplexa: Sporozoea)  
2 from the liver of tucunare *Cichla ocellaris* in Brazil. **Systematic parasitology**, v. 18, n. 2, p.  
3 127-132, 1991. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00017665>>.  
4 Acesso em: 01 set. 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00017665>.
- 5 BIDONE, E. D. et al. Fish contamination and human exposure to mercury in tartarugalzinho  
6 river, amapa state, northern amazon, brazil. A screening approach. **Water, Air, and Soil**  
7 **Pollution**, v. 97, n. 1–2, p. 9–15, 1997. Disponível em:  
8 <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02409640>>. Acesso em: 20 nov. 2019. doi:  
9 <https://doi.org/10.1023/A:1018383502637>.
- 10 BUSH, A. O. et al. Parasitology Meets Ecology on Its Own Terms: Margolis et al. Revisited.  
11 **The Journal of Parasitology**, v. 83, n. 4, p. 575, 1997. Disponível em: <  
12 <https://www.jstor.org/stable/3284227>>. Acesso em: 04 out. 2020. doi:  
13 <https://doi.org/10.2307/3284227>.
- 14 CAMPOS, C. M. et al. Histopathology of gills of *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)  
15 and *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) infested by monogenean and myxosporea,  
16 caught in Aquidauana River, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de**  
17 **Parasitologia Veterinária**, v. 20, n. 1, p. 67–70, 2011. Disponível em:  
18 <<https://www.scielo.br/j/rbpv/a/QnHpnwhnNn4tLRJQ7xwrZsw/abstract/?lang=en>>. Acesso  
19 em: 22 ago. 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612011000100014>.
- 20 CAPODIFOGGIO, K.R.H. et al. Morphology and molecular data of two novel cnidarian  
21 myxosporean (Myxobolidae) infecting *Piaractus brachypomus* from the Amazon basin. **Acta**  
22 **Tropica**, v. 209, p. 105533, 2020. Disponível em:  
23 <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X20301546>>. Acesso em: 22  
24 jul. 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105533>.

- 1 CAPODIFOGGIO, K.R.H. et al. The resolution of the taxonomic dilemma of *Myxobolus*  
2 *colossomatis* and description of two novel myxosporeans species of *Colossoma macropomum*  
3 from Amazon basin. **Acta Tropica**, v. 191, p. 17–23, 2019. Disponível em: <  
4 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X18313287>>. Acesso em: 10 jan.  
5 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.12.026>.
- 6 CARVALHO, A. A. et al. Infection of *Henneguya* sp. on the gills of *Metynnis lippincottianus*  
7 from Curiaú River, in eastern Amazon region (Brazil). **Revista Brasileira de Parasitologia**  
8 **Veterinária**, v. 29, n. 3, p. 6–11, 2020. Disponível em: <  
9 <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/YrmCDJ6GYRYxzQW9XG8RLfs/?format=html&lang=e>>.  
10 Acesso em: 30 jul. 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/s1984-29612020037>.
- 11 CARVALHO, A. A. et al. Multiparasitism in gills of *Metynnis lippincottianus* from the  
12 environmental protection area of Curiaú river, Eastern Amazon. **Ciência Rural**, v. 49, n. 6,  
13 2019. Disponível em: <  
14 <https://www.scielo.br/j/cr/a/GwSd4cGrYMCZqJd9TGYHjZS/?lang=en>>. Acesso em: 03 jul.  
15 2020. doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190028>.
- 16 CASAL, G. et al. Some ultrastructural aspects of *Henneguya striolata* sp. nov. (Myxozoa,  
17 Myxosporea), a parasite of the Amazonian fish *Serrasalmus striolatus*. **Parasitology**  
18 **Research**, v. 83, n. 1, p. 93–95, 1997. Disponível em: <  
19 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9000243/>>. Acesso em: 01 out. 2020. doi:  
20 <https://doi.org/10.1007/s004360050216>.
- 21 CASAL, G. et al. Ultrastructural data on the spore of *Myxobolus maculatus* n. sp. (phylum  
22 Myxozoa), parasite from the Amazonian fish *Metynnis maculatus* (Teleostei). **Diseases of**  
23 **Aquatic Organisms**, v. 51, n. 2, p. 107–112, 2002. Disponível em:< [https://www.int-](https://www.int-res.com/abstracts/dao/v51/n2/p107-112)  
24 [res.com/abstracts/dao/v51/n2/p107-112](https://www.int-res.com/abstracts/dao/v51/n2/p107-112)>. Acesso em: 30 ago. 2021. doi:

- 1 <https://doi.org/10.3354/dao051107>.
- 2 CHANG, E. S. et al. Genomic insights into the evolutionary origin of Myxozoa within  
3 Cnidaria. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 48, p. 14912–14917,  
4 2015. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/112/48/14912.short>. Acesso em: 30 mai.  
5 2020. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1511468112>.
- 6 CHEUNG, P. J. et al. *Calyptospora serrasalmi* sp. nov. (Coccidia: Calyptosporidae) from  
7 liver of the black piranha, *Serrasalmus niger* Schomburgk. **J. Aquaric. Aquat. Sci**, v. 4, n. 3,  
8 p. 54-57, 1986.
- 9 DA SILVA NEGRÃO, M. C. et al. Prevalence and molecular characterisation of  
10 *Calyptospora* parasites Overstreet, Hawkins and Fournié, 1984 (Apicomplexa:  
11 Calyptosporidae) in fishes from the eastern Amazon, Brazil. **Parasitology International**, v.  
12 73, n. March, p. 101975, 2019. Disponível em:  
13 <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383576919303265>>. Acesso em: 20  
14 nov. 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.parint.2019.101975>.
- 15 DE ALBUQUERQUE, M. C.; DE CARVALHO BRASIL-SATO, M. First report of  
16 *Calyptospora* sp. (Apicomplexa, Calyptosporidae) in forage characid fish from the Três  
17 Marias Reservoir, São Francisco Basin, Brazil. **European Journal of Protistology**, v. 46, n.  
18 2, p. 150–152, 2010. Disponível em:<  
19 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S093247391000003>>. Acesso em: 10  
20 ago. 2021 doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejop.2009.12.005>.
- 21 EIRAS, J. C. et al. Synopsis of the species of *Myxobolus* (Cnidaria, Myxozoa, Myxosporea)  
22 described between 2014 and 2020. **Folia Parasitologica**, v. 68, p. 1–19, 2021. Disponível em:  
23 < [https://folia.paru.cas.cz/artkey/fo1-202101-](https://folia.paru.cas.cz/artkey/fo1-202101-0012_synopsis_of_the_species_of_myxobolus_cnidaria_myxozoa_myxosporea_described_be)  
24 0012\_synopsis\_of\_the\_species\_of\_myxobolus\_cnidaria\_myxozoa\_myxosporea\_described\_be

- 1 tween\_2014\_and\_2020.php>. Acesso em: 24 set. 2021. doi:  
2 <https://doi.org/10.14411/fp.2021.012>.
- 3 EIRAS, J. C. et al. Synopsis of the species of *Myxobolus* bütschli, 1882 (Myxozoa:  
4 Myxosporae: Myxobolidae). **Systematic parasitology**, v. 61, n. 1, p. 1-46, 2005. Disponível  
5 em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11230-004-6343-9>>. Acesso em: 21 jan. 2021.  
6 doi: 10.1007/s11230-004-6343-9.
- 7 EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Métodos de estudos e técnicas**  
8 **laboratoriais em parasitologia de peixes**. Maringá: Ed. EDUEM. 2006.
- 9 EVERY, L. R. V.; KRITSKY, D. C. Neotropical Monogenoidea . 18 . *Anacanthorus* Mizelle  
10 and Price , 1965 (Dactylogyridae , Anacanthorinae) of Piranha (Characoidea , Serrasalmidae)  
11 from the Central Amazon , their Phylogeny , and Aspects of Host-Parasite Coevolution.  
12 **Journal of the Helminthological Society of Washington**, v. 59, n. 1, p. 52–75, 1992.  
13 Disponível em: <<http://bionames.org/bionames-archive/issn/1049-233X/59/52.pdf>>. Acesso  
14 em: 04 out. 2021.
- 15 FREEMAN, B. et al. Molecular systematics of Serrasalmidae: Deciphering the identities of  
16 piranha species and unraveling their evolutionary histories. **Zootaxa**, v. 1484, n. 1, p. 1–38,  
17 2007. Disponível em:< <https://www.mapress.com/zt/article/view/zootaxa.1484.1.1>>. Acesso  
18 em: 29 abr. 2021. doi <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1484.1.1>
- 19 GILBERT, M. A.; GRANATH JR, W. O. Persistent infection of *Myxobolus cerebralis*, the  
20 causative agent of salmonid whirling disease, in *Tubifex tubifex*. **Journal of Parasitology**, v.  
21 87, n. 1, p. 101-107, 2001. Disponível em: <[https://meridian.allenpress.com/journal-of-  
22 parasitology/article-abstract/87/1/101/2852/PERSISTENT-INFECTION-OF-MYXOBOLUS-  
23 CEREBRALIS-THE](https://meridian.allenpress.com/journal-of-parasitology/article-abstract/87/1/101/2852/PERSISTENT-INFECTION-OF-MYXOBOLUS-CEREBRALIS-THE)>. Acesso em: 22 set. 2021. doi: [https://doi.org/10.1645/0022-  
24 3395\(2001\)087\[0101:PIOMCT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2001)087[0101:PIOMCT]2.0.CO;2).

- 1 GOMIERO, L. et al. Condition factor of *Astyanax intermedius* Eigenmann, 1908  
2 (OSTEICHTHYES, CHARACIDAE) parasitised by *Paracymothoa astyanaxi* Lemos de  
3 Castro, 1955 (CRUSTACEA, CYMOTHOIDAE) in the Grande River, Serra do Mar State  
4 Park - Santa Virgínia Unit, São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 2, p.  
5 379–388, 2012. Disponível em:  
6 <<https://www.scielo.br/j/bjb/a/7th9jWXy8ZzkL9xf4Zx5ftQ/abstract/?lang=en>>. Acesso em:  
7 22 set. 2020. doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000200020>.
- 8 JERÔNIMO, G. T. et al. Parasitological assessment in hybrids Serrasalminae fish farmed in  
9 Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 29, n. 4, p. 1–11, 2020.  
10 Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbpv/a/8PK5Dfm3VZsyBpFQszrqsfk/?lang=en>>.  
11 Acesso em: 22 mai. 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/s1984-29612020084>.
- 12 KRITSKY, D. C. et al. Neotropical monogenoidea. 28. Ancyrocephalinae (Dactylogyridae)  
13 of piranha and their relatives (Teleostei, Serrasalminae) from Brazil and French Guiana:  
14 Species of *Notozothecium* Boeger and Kritsky, 1988, and *Mymarothecium* gen. n.  
15 **Comparative Parasitology**, v. 63, n. 2, p. 153–175, 1996. Disponível em: <  
16 <http://bionames.org/bionames-archive/issn/1049-233X/63/153.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2021.
- 17 KRITSKY, D. C. et al. Neotropical Monogenoidea. 29. Ancyrocephalinae (Dactylogyridae)  
18 of piranha and their relatives (Teleostei, Serrasalminae) from Brazil: Species of  
19 *Amphithecium* Boeger and Kritsky, 1988, *Heterothecium* gen. n. and *Pithanothecium* gen.  
20 n.. **Journal-Helminthological Society Washington**, v. 64, p. 25-54, 1997. Disponível em:  
21 <<http://bionames.org/bionames-archive/issn/1049-233X/64/25.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2021.
- 22 KRITSKY, D. C. et al. Neotropical Monogenoidea. 31. Ancyrocephalinae (Dactylogyridae)  
23 of piranha and their relatives (Teleostei, Serrasalminae) from Brazil: species of *Notothecium*  
24 Boeger and Kritsky, 1988, and *Enallothecium* gen. n.. **Journal-Helminthological Society**

- 1 **Washington**, v. 65, p. 31-49, 1998. Disponível em: <[http://bionames.org/bionames-](http://bionames.org/bionames-archive/issn/1049-233X/65/31.pdf)  
2 [archive/issn/1049-233X/65/31.pdf](http://bionames.org/bionames-archive/issn/1049-233X/65/31.pdf)>. Acesso em: 04 out. 2021.
- 3 LEIS, E. M. et al. *Henneguya laseeae* n. sp. from flathead catfish (*Pylodictis olivaris*) in the  
4 upper Mississippi River. **Parasitology Research**, v. 116, n. 1, p. 81–89, 2017. Disponível  
5 em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-016-5264-2>>. Acesso em: 23 jun.  
6 2021. doi: <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5264-2>.
- 7 LIU, X. H. et al. *Henneguya ovata* n. sp. (Myxosporea: Bivalvulida), causing severe enteric  
8 henneguyosis of net-cage-cultured ovate pompano, *Trachinotus ovatus* in China.  
9 **Aquaculture**, v. 483, p. 8–15, 2018. Disponível em: <  
10 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848617315909>>. Acesso em: 10  
11 fev. 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.009>.
- 12 LOM, J.; DYKOVÁ, I. Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life-cycle  
13 terminology and pathogenic species. **Folia Parasitologica**, v. 53, n. 1, p. 1–36, 2006.  
14 Disponível em: < [https://folia.paru.cas.cz/artkey/fo1-200601-](https://folia.paru.cas.cz/artkey/fo1-200601-0001_myxozoan_genera_definition_and_notes_on_taxonomy_life-cycle_terminology_and_pathogenic_species.php)  
15 [0001\\_myxozoan\\_genera\\_definition\\_and\\_notes\\_on\\_taxonomy\\_life-](https://folia.paru.cas.cz/artkey/fo1-200601-0001_myxozoan_genera_definition_and_notes_on_taxonomy_life-cycle_terminology_and_pathogenic_species.php)  
16 [cycle\\_terminology\\_and\\_pathogenic\\_species.php](https://folia.paru.cas.cz/artkey/fo1-200601-0001_myxozoan_genera_definition_and_notes_on_taxonomy_life-cycle_terminology_and_pathogenic_species.php)>. Acesso em: 28 set. 2021. doi:  
17 <https://doi.org/10.14411/fp.2006.001>.
- 18 LOM, J.; DYKOVÁ, I. **Protozoan parasites of fishes**. Elsevier Science Publishers, 1992.
- 19 MACIEL, P. O. et al. *Myxobolus* sp. (Myxozoa) in the circulating blood of *Colossoma*  
20 *macropomum* (Osteichthyes, Characidae). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**,  
21 v. 20, n. 1, p. 82–84, 2011. Disponível em: <  
22 <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/G4H5Ycc49338vcrDFdbg8GM/?format=html&lang=en>>.  
23 Acesso em: 22 out. 2020. doi: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612011000100018>.

- 1 MANRIQUE, W. G. et al. First report of *Myxobolus* sp. infection in the skeletal muscle of  
2 Neotropical freshwater fish *Piaractus mesopotamicus*. **Parasitology Research**, v. 114, n. 5, p.  
3 2041–2044, 2015. Disponível em:<[https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-015-](https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-015-4454-7)  
4 [4454-7](https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-015-4454-7)>. Acesso em: 18 mai. 2021. doi: <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4454-7>.
- 5 MANRIQUE, W. G. et al. *Myxobolus* sp. and *Henneguya* sp. (Cnidaria: Myxobolidae) natural  
6 coinfection in the kidney of *Piaractus mesopotamicus* (Characiformes: Serrasalminidae).  
7 **Parasitology Research**, v. 116, n. 10, p. 2853–2860, 2017. Disponível em:<  
8 <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-017-5571-2>>. Acesso em: 10 nov. 2020. doi:  
9 <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5571-2>.
- 10 MANRIQUE, W. G. et al. Ultrastructural description of *Myxobolus cuneus* (Myxosporidia) in  
11 the skeletal muscle and kidney of tropical farmed fish *Piaractus mesopotamicus*  
12 (Characiformes: Characidae). **Parasitology Research**, v. 115, n. 6, p. 2505–2510, 2016.  
13 Disponível em:<<https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-016-5026-1>>. Acesso em:  
14 15 abr. 2021. doi: <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5026-1>.
- 15 MARTINS, M. L. et al. *Henneguya piaractus* n. sp. (Myxozoa: Myxobolidae), a gill parasite  
16 of *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae), in Brazil. **Revista**  
17 **Brasileira de Biologia**, v. 57, n. 2, p. 239-245, 1997. Disponível em:  
18 <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/65335>>. Acesso em 30 jan. 2021.
- 19 MATOS, E. et al. A morfologia ultra estrutural de microrganismos parasitas que causam  
20 microsporidioses e mixosporidioses em peixes tropicais brasileiros. **Boletim Técnico**  
21 **CEPTA**, v. 16, p. 27-40, 2003. Disponível em:<  
22 [https://www.icmbio.gov.br/cepta/images/stories/producao\\_cientifica/morfologia\\_2003\\_01.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepta/images/stories/producao_cientifica/morfologia_2003_01.pdf)  
23 >. Acesso em: 04 ago. 2021.
- 24 MOLNÁR, K.; BÉKÉSI, L. Description of a new *Myxobolus* species, *M. colossomatis* n. sp.

- 1 from the teleost *Colossoma macropomum* of the Amazon River basin. **Journal of Applied**  
2 **Ichthyology**, v. 9, n. 1, p. 57–63, 1993. Disponível em:  
3 <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-0426.1993.tb00388.x>>. Acesso em:  
4 12 nov. 2020. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1993.tb00388.x>.
- 5 NAKAYAMA, C. M. et al. A comparative cytogenetic study of five piranha species  
6 (Serrasalmus, serrasalminae) from the Amazon basin. **Genetica**, v. 114, n. 3, p. 231–236,  
7 2002. Disponível em:<<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1016275505655>>. Acesso  
8 em: 01 ago. 2021. doi: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1023/A:1016275505655>.
- 9 NEGREIROS, L. P.; TAVARES-DIAS, M. Parasites in farmed *Piaractus brachypomus*  
10 (Serrasalmidae) in the state of Acre, western Brazilian Amazonia. **Acta Amazonica**, v. 49, n.  
11 4, p. 294–298, 2019. Disponível em: <  
12 <https://www.scielo.br/j/aa/a/4BgSDnWJ5MbnbyTdnCvW3nz/abstract/?lang=en>>. Acesso em  
13 20 mai. 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201900491>.
- 14 OLIVEIRA, J. E. F. et al. Hepatic coccidiosis in *Serrasalmus rhombeus* Linnaeus, 1766 from  
15 the Amazon basin: morphological and histopathological aspects. **Revista Brasileira de**  
16 **Parasitologia Veterinária**, v. 30, n. 1, 2021. Disponível em:<  
17 <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/5Bfs7gYyKxGtcnL5zBssLMF/abstract/?lang=en>>. Acesso em:  
18 28 set. 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612021007>.
- 19 REIS, L. L. et al. First report of *Myxobolus* (Cnidaria: Myxozoa) spores in human feces in  
20 Brazil. **Acta Amazonica**, v. 49, p. 162-165, 2019. Disponível em: <  
21 <https://www.scielo.br/j/aa/a/KFxvm9qWbGCBXWkBMtt7KPf/?lang=en>>. Acesso em: 31  
22 mai. 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201802671>.
- 23 REIS, R. E. et al. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish**  
24 **Biology**, v. 89, n. 1, p. 12–47, 2016. Disponível em: <

- 1 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfb.13016>>. Acesso em: 25 out. 2020. doi:  
2 <https://doi.org/10.1111/jfb.13016>.
- 3 SANT'ANA, F. J. F. et al. Surtos de infecção por *Piscinoodinium pillulare* e *Henneguya* spp.  
4 em pacus (*Piaractus mesopotamicus*) criados intensivamente no Sudoeste de Goiás. **Pesquisa**  
5 **Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 121–125, 2012. Disponível em: <  
6 <https://repositorio.bc.ufg.br/handle/ri/14153>>. Acesso em: 08 mai. 2021. doi:  
7 <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2012000200005>.
- 8 SANTIAGO, H. et al. Morphology and histopathology of *Calyptospora* sp. (Apicomplexa:  
9 Calyptosporidae) in speckled peacock bass, *Cichla temensis* Humboldt, 1821 (Perciformes:  
10 Cichlidae), from the Marajó-Açu River, Marajó Island, Brazil. **Parasitology Research**, v.  
11 110, n. 6, p. 2569–2572, 2012. Disponível em:<  
12 <https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-011-2770-0>>. Acesso em: 24 jun. 2021. doi:  
13 <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2770-0>.
- 14 SILVA, L. M. A.; SILVA, S. L. F. A atividade pesqueira na região atlântica da costa do  
15 Amapá: município de Amapá, Pracuúba, Tartarugalzinho e baixo Araguari. **Inventário**  
16 **Biológico das Áreas do Sucuriju e Região dos Lagos no Estado do Amapá**. Macapá:  
17 IEPA, p. 173-187, 2006. Disponível em:  
18 <[http://www.iepa.ap.gov.br/probio/relatorios/Relatorio\\_Cap11.pdf](http://www.iepa.ap.gov.br/probio/relatorios/Relatorio_Cap11.pdf)>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- 19 SILVA, M. C. et al. *Calyptospora* sp. in *Brachyplatystoma vaillantii* trapped at the Vigia,  
20 State of Pará, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 21, p. 176-178,  
21 2012. Disponível em:  
22 <<https://www.scielo.br/j/rbpv/a/pVfVYNz9zYsVpVqNG7qJPbD/abstract/?lang=en>>. Acesso  
23 em: 10 ago. 2021 **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 21, n. 2, p. 176–178,  
24 2012. doi: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612012000200020>.

- 1 SILVA, M. F. et al. Hepatic Coccidiosis in *Triportheus angulatus* Spix & Agassiz, 1829  
2 (Characiformes: Triporthidae), a Tropical Fish from the Eastern Brazilian Amazon, with the  
3 Description of a New Species of *Calyptospora* (Apicomplexa: Calyptosporidae). **Journal of**  
4 **Eukaryotic Microbiology**, v. 67, n. 3, p. 352–358, 2020. Disponível em:<  
5 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jeu.12785>>. Acesso em: 20 ago. 2021. doi:  
6 <https://doi.org/10.1111/jeu.12785>.
- 7 SILVA, M. F. et al. Morphology and Phylogeny of *Calyptospora paranaidji* n. sp.  
8 (Eimeriorina: Calyptosporidae), an Apicomplexan Parasite of the Hepatic Tissue of *Cichla*  
9 *piquiti* Kullander & Ferreira, 2006, From a Reservoir in the Brazilian Amazon Region.  
10 **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 66, n. 4, p. jeu.12707, 2018. Disponível em: <  
11 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jeu.12707>>. Acesso em: 27 jul. 2021. doi:  
12 <https://doi.org/10.1111/jeu.12707>.
- 13 SINDEAUX NETO, J. L. et al. Lymphocytic meningoencephalomyelitis associated with  
14 *Myxobolus* sp. (Bivalvulidae: Myxozoa) infection in the Amazonian fish *Eigenmannia* sp.  
15 (Sternopygidae: Gymnotiformes). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 25, n.  
16 2, p. 158–162, 2016. Disponível em: <  
17 <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/vkD8shBFqmbBjtQf5TKKKDy/abstract/?lang=en>>. Acesso  
18 em: 18 mar. 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612016023>.
- 19 SOUZA, M. L. R. et al. Microscopia eletrônica de varredura de parasitos branquiais de  
20 *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 cultivados no estado de São Paulo, Brasil. **Acta**  
21 **Scientiarum**, v. 22, n. 2, p. 527–531, 2000. Disponível em:  
22 <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/2943>>. Acesso em: 10  
23 set. 2021. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v22i0.2943>.
- 24 STILWELL, J. M. et al. Necroulcerative dermatitis associated with *Myxobolus*

- 1 *dermatoulcerans* n. sp. (Cnidaria: Myxobolidae) in red-bellied piranha, *Pygocentrus nattereri*  
2 Kner (Characiformes: Serrasalminidae), from Peru. **Systematic Parasitology**, v. 97, n. 6, p.  
3 649–659, 2020. Disponível em: <[https://link.springer.com/article/10.1007/s11230-020-09936-](https://link.springer.com/article/10.1007/s11230-020-09936-2)  
4 2>. Acesso em: 25 jul. 2021. doi: <https://doi.org/10.1007/s11230-020-09936-2>.
- 5 TAVARES-DIAS M. et al. Parasitic infections in two benthopelagic fish from Amazon: the  
6 Arowana *Osteoglossum bicirrhosum* (Osteoglossidae) and Oscar *Astronotus ocellatus*  
7 (Cichlidae). **Bioscience Journal.**, Uberlândia 30 (2): 546–555. Disponível em:  
8 <[https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/984981/parasitic-infections-in-](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/984981/parasitic-infections-in-two-benthopelagic-fish-from-amazon-the-arowana-osteoglossum-bicirrhosum-osteoglossidae-and-oscar-astronotus-ocellatus-cichlidae)  
9 two-benthopelagic-fish-from-amazon-the-arowana-osteoglossum-bicirrhosum-osteoglossidae-  
10 and-oscar-astronotus-ocellatus-cichlidae>. Acesso em: 12 set. 2021.
- 11 VAL, A. L. Fishes of the Amazon: diversity and beyond. **Anais da Academia Brasileira de**  
12 **Ciências**, v. 91, n. suppl 3, p. 1–9, 2019. Disponível em:<  
13 <https://www.scielo.br/j/aabc/a/gZRkj47scX4GDqyF8LcPQZw/?lang=en>>. Acesso em: 10 fev.  
14 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920190260>.
- 15 VELASCO, M. et. al. Infection by *Henneguya* sp. (Myxozoa) in the bone tissue of the gill  
16 filaments of the Amazonian catfish *Hypophthalmus marginatus* (Siluriformes). **Revista**  
17 **Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 24, n. 3, p. 365–369, 2015. Disponível em:<  
18 <https://www.scielo.br/j/rbpv/a/nvzbdZTMFMg5hFTJrTxk8jP/abstract/?lang=en>>. Acesso em:  
19 27 abr. 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612015021>.
- 20 VIDEIRA, M. et al. An anatomopathological study of Hepatic coccidiosis (*Calyptospora* sp.)  
21 in the Acará-Pixuna, *Aequidens Plagiozonatus* Kullander, 1984 from the Brazilian State of  
22 Pará. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 1, p. 91–94, 2013.  
23 Disponível em:<  
24 <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/4nxNZPs49J6KrDkTYtvDgLp/abstract/?lang=en>>. Acesso

- 1 em: 26 jul. 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000100014>.
- 2 VIDEIRA, M. et al. An outbreak of myxozoan parasites in farmed freshwater fish *Colossoma*  
3 *macropomum* (Cuvier, 1818) (Characidae, Serrasalminae) in the Amazon region, Brazil.  
4 **Aquaculture Reports**, v. 3, p. 31–34, 2016. Disponível em: <  
5 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513415300259>>. Acesso em 30 mar.  
6 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.11.004>.
- 7 WHIPPS, C. M. et al. Phylogeny of fish-infecting *Calyptospora* species (Apicomplexa:  
8 Eimeriorina). **Parasitology Research**, v. 111, n. 3, p. 1331–1342, 2012. Disponível em:<  
9 [https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-012-2969-](https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-012-2969-8?r=1&l=ri&fst=0&error=cookies_not_supported&code=f9be811f-e2f5-400b-a89e-c4fd73da55b)  
10 [8?r=1&l=ri&fst=0&error=cookies\\_not\\_supported&code=f9be811f-e2f5-400b-a89e-](https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-012-2969-8?r=1&l=ri&fst=0&error=cookies_not_supported&code=f9be811f-e2f5-400b-a89e-c4fd73da55b)  
11 [c4fd73da55b](https://link.springer.com/article/10.1007/s00436-012-2969-8?r=1&l=ri&fst=0&error=cookies_not_supported&code=f9be811f-e2f5-400b-a89e-c4fd73da55b)>. Acesso em 21 mai. 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/s00436-012-2969-8>.
- 12 WHITAKER, J. et al. Assay to Detect the Actinospore and Myxospore Stages of Proliferative  
13 Gill Disease in Oligochaetes and Pond Water. **North American Journal of Aquaculture**, v.  
14 67, n. 2, p. 133–137, 2005. Disponível em:<  
15 <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1577/A03-059.1>>. Acesso em: 23 abr. 2021. doi:  
16 <https://doi.org/10.1577/A03-059.1>.
- 17 ZATTI, S. A. et al. Novel *Myxobolus* and *Ellipsomyxa* species (Cnidaria: Myxozoa)  
18 parasiting *Brachyplatystoma rousseauxii* (Siluriformes: Pimelodidae) in the Amazon basin,  
19 Brazil. **Parasitology International**, v. 67, n. 5, p. 612–621, 2018. Disponível em:<  
20 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383576918301843>>. |Acesso em: 25  
21 mar. 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.parint.2018.06.005>.
- 22
- 23

1

2

3 **Tabela 1** – Fauna de microparasitos do peixe *Pristobrycon striolatus* coletado no rio  
 4 Tartarugalzinho, município de Tartarugalzinho, Estado do Amapá, Amazônia Oriental, Brasil.  
 5 SI: Sitio de Infecção e P: Prevalência

Parasito	SI	P (%)
<i>Henneguya</i> sp.	Brânquias	16
<i>Myxobolus</i> sp.	Rim Caudal	13
<i>Meglitschia</i> sp.	Vesícula biliar	3,3
<i>Calyptospora</i> sp.	Fígado	3,3

6

7

8

9

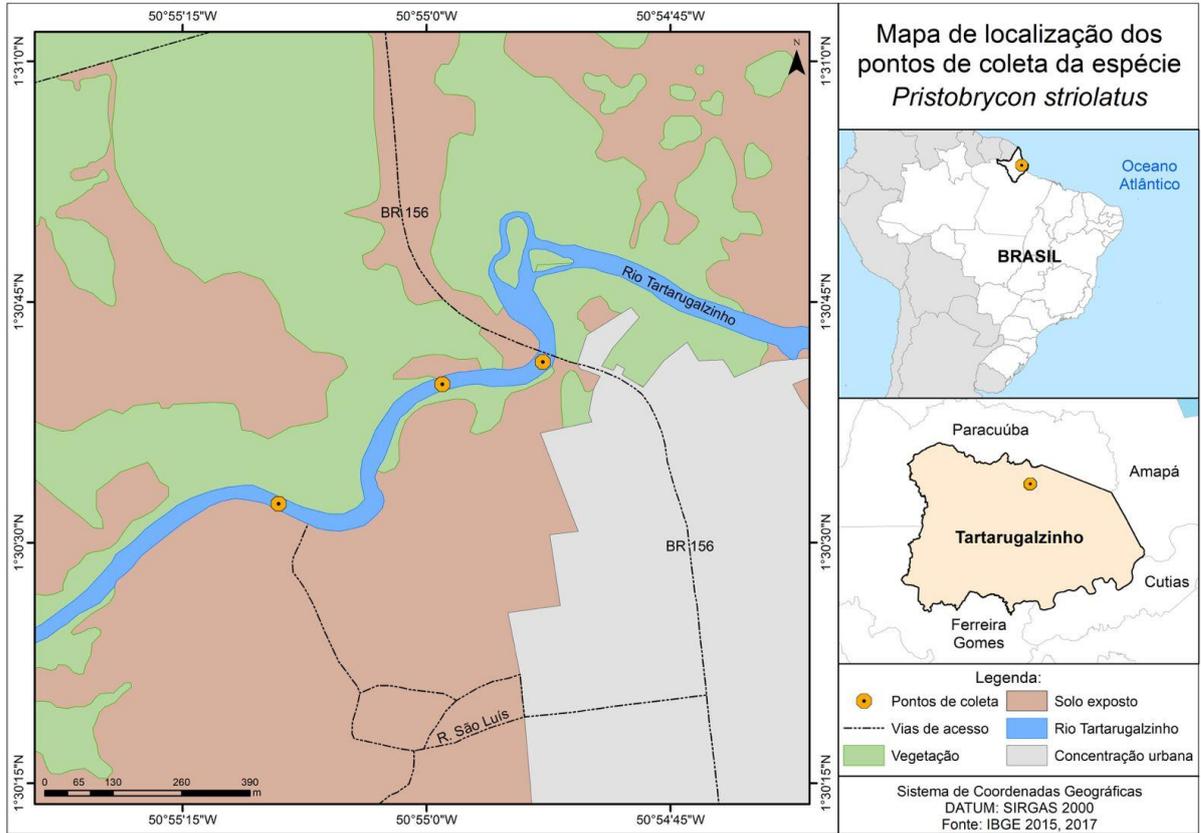
10

11

12

1

2



3

4 **Figura 1** – Mapa de localização dos pontos de coleta da espécie *Pristobrycon striolatus*.

5

6

7

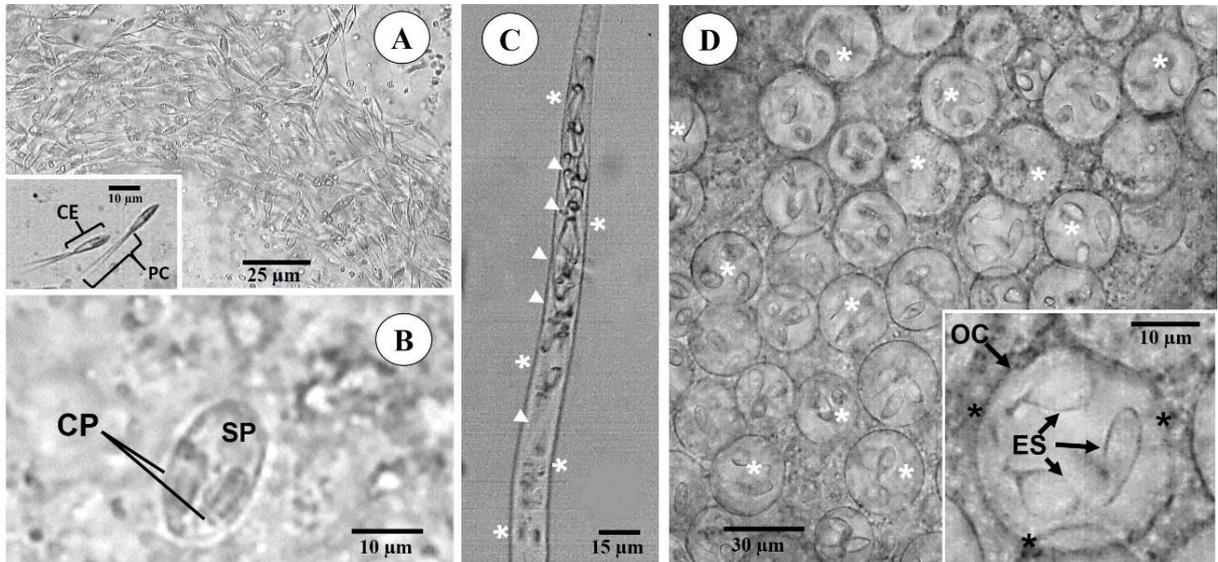
8

9

10

11

1



2

3 **Figura 2** – Fotomicrografia de microparasitos encontrados no hospedeiro *Pristobrycon*  
 4 *striolatus*, coletado no rio Tartarugalzinho, município de Tartarugalzinho, Estado do Amapá,  
 5 Amazônia Oriental, Brasil. **A.** Esporos de *Henneguya* sp. (Myxozoa) encontrados nas brânquias  
 6 do hospedeiro. Barra de escala 25µm. Destaque: corpo esporal (CE) e o prolongamento caudal  
 7 (PC). Barra de escala 10µm. **B.** Esporo de *Myxobolus* sp. (Myxozoa) encontrado no rim caudal,  
 8 observa-se o esporoplasma (SP) e as cápsulas polares (CP). Barra de escala 10µm. **C.** Esporos  
 9 de *Meglitschia* sp. (Myxozoa) (seta) dentro de um plasmódio (\*) encontrados na vesícula biliar.  
 10 Barra de escala 15µm. **D.** Oocistos de *Calyptospora* sp. (Apicomplexa) (\* branco) registrado  
 11 no fígado. Barra de escala 30µm. Destaque: Oocisto (OC) delimitado por (\* preto) e as setas  
 12 (ES) indicando três (3) dos quatro (4) esporocistos. Barra de escala 10 µm.

13

**CAPÍTULO 2 - *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae), new myxozoan of *Hemiodus gracilis* Günther, 1864 (Hemiodontidae) an ornamental fish from the Tartarugalzinho river, Amapá, Eastern Amazon, Brazil**

*Artigo submetido ao periódico “Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária”*

***Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae), new myxozoan of *Hemiodus gracilis* Günther, 1864 (Hemiodontidae) an ornamental fish from the Tartarugalzinho river, Amapá, Eastern Amazon, Brazil**

*Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae), novo mixozoário de *Hemiodus gracilis* Günther, 1864 (Hemiodontidae) um peixe ornamental do rio Tartarugalzinho, Amapá, Amazônia Oriental, Brasil

Priscila Gomes de Araújo<sup>1</sup>; Roger Leomar da Silva Ferreira<sup>2</sup>; Diehgo Tuloza da Silva<sup>3</sup>; Abthyllane Amaral de Carvalho<sup>2</sup>; Sávio Lucas de Matos Guerreiro<sup>4</sup>; Igor Hamoy<sup>5</sup>; Edilson Matos<sup>6</sup>; Marcela Nunes Videira<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, Macapá, Amapá, Brasil

<sup>2</sup>Biologia de Agentes Infecciosos e Parasitários, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém, Pará, Brasil

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém, Pará, Brasil

<sup>4</sup>Laboratório de Genética Humana e Médica, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém, Pará, Brasil

<sup>5</sup>Laboratório de Genética Aplicada, Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém, Pará, Brasil

<sup>6</sup>Laboratório de Pesquisa Carlos Azevedo, Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém, Pará, Brasil

<sup>7</sup>Laboratório de Morfofisiologia e Sanidade Animal, Universidade do Estado do Amapá – UEAP, Macapá, Amapá, Brasil

**ABSTRACT**

Mixozoans are parasites with a complex life cycle and that parasitize several groups of animals, being common in farmed fish and natural environment. The genus *Ceratomyxa* is considered one of the largest genera of Myxozoa, having more than 300 described species. *Hemiodus gracilis* is an ornamental species that has few studies on its biology and parasitology.

*Ceratomyxa* spores were found arranged in plasmodia in the gallbladder of *H. gracilis*,  $2.15\pm 0.06$  in width and  $31.95\pm 0.4$  in length. The polar capsules of the spores had measures of  $1.7\pm 0.4$  in length and  $1.31\pm 0.6$  in width. The polar filament presented 3-4 turns. Through the analysis of morphological and molecular characteristics (SSu rRNA) it was possible to identify a new species of *Ceratomyxa* for the species *H. gracilis* from the Tartarugalzinho river, Eastern Amazon. The new species was named *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. This was the first record of a Myxozoa microparasite for the *Hemiodus gracilis* species.

**Keywords:** Myxozoa, fishes, parasitology, SSu rRNA.

## RESUMO

Mixozoários são parasitos com ciclo de vida complexo e que parasitam diversos grupos de animais, sendo comuns em peixes de cultivo e ambiente natural. O gênero *Ceratomyxa* é considerado um dos maiores gêneros de Myxozoa, possuindo mais de 300 espécies descritas. *Hemiodus gracilis* é uma espécie com importância ornamental e que possui poucos estudos acerca de sua biologia e parasitologia. Esporos de *Ceratomyxa* foram encontrados dispostos em plasmódios na vesícula biliar de *H. gracilis* apresentando  $2.15\pm 0.06$  de largura e  $31.95\pm 0.4$  de comprimento. As cápsulas polares dos esporos apresentaram medidas de  $1.7\pm 0.4$  de comprimento e  $1.31\pm 0.6$  de largura. O filamento polar apresentou de 3-4 voltas. Através das análises de características morfológicas e moleculares (SSu rRNA) foi possível identificar uma nova espécie de *Ceratomyxa* para a espécie *H. gracilis* oriundo do rio Tartarugalzinho, Amazônia Oriental. A nova espécie foi denominada com o nome de *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. Este foi o primeiro registro de microparasito Myxozoa para a espécie *Hemiodus gracilis*.

**Palavras-chave:** Myxozoa, peixes, parasitologia, SSu rRNA.

## INTRODUÇÃO

Os Myxozoa são endoparasitos obrigatórios que apresentam um ciclo de vida heterógeno envolvendo vertebrados e invertebrados, e que estão em constante e rápida evolução (Lom & Dyková, 2006; Okamura, et al., 2015; Breyta, et al., 2020) sendo flexíveis em relação à procura de hospedeiros de diferentes grupos de animais (Holzer, et al., 2018). A ocorrência de parasitoses provenientes de mixozoários são comuns em peixes de ambiente natural e de cultivo (Casal, et al., 2017; Azizi, et al., 2020) já que a transmissão dos esporos de Myxozoa se dá pela água, e estes podem se apresentar em dois estágios diferentes: actinosporas e mixosporas (Ben-David, et al., 2016).

O gênero *Ceratomyxa* Thélohan, 1892 pertence à família Ceratomyxidae sendo considerado um dos maiores gêneros, abrangendo mais de 300 espécies (Eiras, 2018). As espécies de *Ceratomyxa* apresentam esporos alongados, geralmente em forma crescente ou arqueados, cápsulas polares sub-esféricas abrindo próximo à linha de sutura, em um plano perpendicular e esporoplasma binucleado (Gunter et al., 2009). Tradicionalmente, a diferenciação entre *Ceratomyxa* e outros Myxosporaea em geral foi alcançada através de critérios morfológicos comparativos, tais como dimensões do mixósporo, forma e tamanho lateral, e número de voltas do filamento polar (Rocha et al., 2016). Atualmente a biologia molecular auxilia na descrição de novas espécies (Paterson et al., 2021).

O gênero *Hemiodus* Müller, 1842, pertence à família Hemiodontidae e é o maior em número de espécies. Este gênero se caracteriza por possuir variação no padrão de cores, porém, a maioria das espécies possui uma mancha escura lateral redonda e uma curta faixa escura ao longo do lobo inferior da nadadeira caudal (Beltrão & Zuanon, 2012; Da Silva et al., 2020).

A espécie de peixe *Hemiodus gracillis* Günther, 1864, é conhecida popularmente como “peixe cruzeiro do sul”, possui tamanho máximo de 16 cm, têm importância ornamental e está distribuído geograficamente no Rio Negro, Tapajós, Madeira, Solimões, Amazonas e Orinoco (Langeani, 2003).

O presente estudo descreve uma nova espécie de Myxozoa, *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. que foi encontrado na vesícula biliar de *Hemiodus gracillis* na Amazônia Oriental e descrito com auxílio de análise morfológica e biologia molecular.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os 40 espécimes de *Hemiodus gracillis* utilizados neste estudo foram provenientes do rio Tartarugalzinho, localizado no município de Tartarugalzinho, Estado do Amapá, Brasil. O local exato de coleta dos peixes está nos pontos correspondentes a 50°55'9,925"W1°30'32,719"N e 50°54'41,713"W1°30'44,221"N (Figura 1). Os animais foram capturados pela equipe do Laboratório de Morfofisiologia e Sanidade Animal (LABMORSA) da Universidade do Estado do Amapá (UEAP) e pescadores da região no período de setembro de 2019 a agosto de 2021, com o auxílio de apetrechos de pesca tais como: redes de emalhar (25 mm, 5 mm entre nós), tarrafas e anzol. Estas coletas foram devidamente registradas e autorizadas pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) (autorização número 50376-2) e CEUA Comitê de Uso de Animais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amapá (EMBRAPA) (012-2018).

Logo após a captura, os animais foram acondicionados vivos em caixas térmicas com aeração artificial promovida por bombas a pilha e transportados até o LABMORSA/UEAP. Os peixes foram aclimatados em aquários de vidro com aeração promovida por bombas elétricas e logo após foram realizadas as análises macroscópicas e microscópicas. Os animais foram dessensibilizados através de mielotomia neural, com auxílio de uma pinça pontiaguda. Em seguida foi feita a análise de toda a superfície corpórea através de um microscópio estereoscópico para verificar a existência de possíveis cistos de parasitos.

Logo após a etapa anterior foi realizado um corte na região ventral do peixe, a fim de expor suas vísceras e órgãos, tendo como objetivo uma análise mais minuciosa. Ao analisar a vesícula biliar foi encontrado um possível foco de parasito. Este órgão foi retirado de forma cuidadosa para ser visualizado a fresco comprimido entre lâmina e lamínula em um microscópio biológico de luz convencional, em que foi detectada a presença de esporos em formato arqueado, que apresentavam duas cápsulas polares que se abriam próximo à linha de sutura e esporoplasma binucleado, caracterizando o parasito do gênero *Ceratomyxa*.

A metodologia proposta por Bush et al. (1997) foi utilizada para calcular a prevalência. Os esporos e plasmódios foram fotografados com o auxílio de um Microscópio Lumen acoplado a uma câmera Moticam 2300. Foram realizadas medições de acordo com Lom & Arthur (1989), com valores médios sendo calculados a partir das medidas de 30 esporos.

Para caracterização molecular do microparasito, foram fixadas amostras da vesícula biliar em álcool etílico 80% a 4°C. O DNA total das amostras foi extraído utilizando o kit EasyPure Genomic DNA (Transgen Biotech) seguindo o protocolo do fabricante. O DNA extraído foi quantificado em um espectrofotômetro Biodrop Duo. As reações em cadeia da polimerase (PCR) foram utilizadas para amplificação de fragmentos de genes do DNA ribossômico da subunidade (SSU rRNA) no SimpliAm Termociclador (Applied Biosystems).

O preparo para Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) foi configurado em dois pares de primer 18E/18R e MC3/MC5. Foi realizada uma PCR com o 18E/18R e em seguida um semi-nested com o MC3/MC5 com as seguintes instruções: 18E/18R: 95°C por 5 minutos, seguido de 40 ciclos de 95°C por 1 minuto, 50°C (temperatura de anelamento) por 2 minutos, 72°C por 4 minutos e meio, e com uma extensão final de 72°C por 10 minutos. Para MC3/MC5: 95°C por 5 minutos, seguido por 35 ciclos de 95°C por 30 segundos, 56°C por 30 segundos, 72°C por 1 minuto, e com uma extensão final de 72°C por 10 minutos.

O volume final da reação em cadeia da polimerase (PCR) foi de 25 µL usando a polimerase de DNA taq 1,25 µL, 10 pmol de cada primer e template de DNA a 50 ng/µL. Uma fração de 3 µl do composto de PCR foi submetido a eletroforese em gel de agarose a 1% com 1 × Tris-Borate-EDTA (TBE), corados com SYBR® Safe (Invitrogen, EUA), visualizados sob luz azul.

Posterior a esta etapa, os produtos de PCR foram purificados utilizando ExoSAP-IT PCR Product Cleanup Reagent (Thermo Fisher Scientific) e submetidos a reação de sequenciamento utilizando o kit de sequenciamento Big Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing kit (Applied Biosystems, USA).

Os procedimentos acerca da caracterização molecular do parasito foram realizados no Laboratório de Genética Aplicada da UFRA (Universidade Federal Rural da Amazônia), Belém, Pará, Brasil.

O Genbank foi utilizado para possibilitar a comparação entre 40 sequências de outras espécies que são relacionadas as espécies de *Ceratomyxa* spp. descritos em água doce e marinhos disponíveis na plataforma. O software BioEdit foi seguidamente recorrido para fazer a edição e alinhamento das sequências de nucleotídeos (Hall, 1999). O grupo externo foi composto por *Kudoa* spp. mixozoário que pertence à família Kudoidae, diferente do grupo em estudo. A relação filogenética foi analisada através da distância *p* com auxílio o programa PAUP 4.0 b10 (Swofford, 2002), no qual foi possível estabelecer as relações utilizando o *p* padrão para o gene SSU rRNA. O programa MrBayes 3.1.2 (Ronquist & Huelsenbeck, 2003), foi utilizado para as análises bayesianas. A filogenia foi baseada no General Time Revers-modelo evolutivo estável (GTR+R), que foi selecionado por jModelTest (Darriba et al., 2012).

## RESULTADOS

### **Análise morfológica, morfométrica e descrição taxonômica**

Os espécimes de *Hemiodus gracilis* apresentaram comprimento total médio de 17,17±1,93 cm e peso médio total de 57,06±18,98 g. Os peixes apresentaram prevalência de 82% N= (33/40) para o parasito *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. que estava parasitando a vesícula biliar de *H. gracilis*. Este parasito estava disposto em plasmódios que apresentavam movimentos ofídicos oscilatórios (Figura 2).

Os esporos se apresentaram de formato irregular, com tamanhos variados, assimétricos, com cápsulas esféricas. A medição foi realizada e apresentou os seguintes valores:  $31.95 \pm 4.1$  para comprimento;  $2.15 \pm 0.6$  largura. As cápsulas polares apresentaram comprimento de  $1.7 \pm 0.46$  e largura  $1.31 \pm 0.6$  (Tabela 2).

A classificação taxonômica:

Reino: Metazoa Linnaeus, 1758

Filo: Cnidaria Hatscheck, 1888

Classe: Myxozoa Grassé, 1970 (Kyger et al., 2021)

Subclasse: Myxosporea Bütschli, 1881

Ordem: Bivalvulida Shulman, 1959

Família: Ceratomyxidae Doflein, 1899

Gênero: *Ceratomyxa* Thélohan, 1892

Espécie *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. (Figura 3)

Hospedeiro: *Hemiodus gracilis* Günther, 1864

Sítio de infecção: Vesícula biliar

Local de coleta: rio Tartarugalzinho, Município de Tartarugalzinho, estado do Amapá, Brasil

Prevalência: 82% estavam parasitados por esporos de *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp.

Depósito da espécie: Uma lâmina de vidro contendo esporos corados será depositada na coleção do Instituto de Pesquisa da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil.

Sequência de DNA: O 18S rDNA (1037 pares de base) foi depositada no GenBank sob o número de acesso: OK644286

Etimologia: o epíteto específico refere-se ao município de Tartarugalzinho, local de coleta do hospedeiro *Hemiodus gracilis*.

### **Análise molecular e relações filogenéticas**

A sequência parcial de rDNA de SSU *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. obtida no presente estudo tinha 1037 pares de bases, dos quais 46,7% eram G + C (A = 0,2780, C = 0,1890, G = 0,2567, T = 0,2763). Assumindo um modelo GTR + G de substituição de nucleotídeos, as taxas de substituição de nucleotídeos estimadas foram A - C = 1,0620, A - G = 2,3249, A - T = 1,0946, C - G = 0,8885 C - T = 3,5966, G - T = 1,0000, com uma distribuição gama de G = 0,4460.

A análise filogenética (Figura 4) mostrou que o clado de *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. abrigou 9 espécies, com 2 subclados, o maior abrigando espécies com localização geográfica brasileira amazônica e de ambientes dulcícolas *Ceratomyxa fonsecai* (Da Silva et al., 2020), *Ceratomyxa gracillima* (Zatti et al., 2018), *Ceratomyxa macapaensis* (Bittencourt et al., 2021),

*Ceratomyxa vermiformis* (Adriano & Okamura, 2017), *Ceratomyxa brasiliensis* (Zatti et al., 2017) e *Ceratomyxa amazonensis* (Mathews et al., 2016). O menor subclado incluiu espécies marinhas pertencentes a regiões da Tunísia *Ceratomyxa pallida* (Thabet, et al., 2019), *Ceratomyxa ghannouchensis* (Thabet, et al., 2019) e *Ceratomyxa tunisiensis* (Thabet et al., 2016).

As menores distâncias *p* entre *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. e outras espécies de *Ceratomyxa* descritos na região amazônica foi de 0,044 para *Ceratomyxa vermiformis* e 0,050 para *Ceratomyxa macapaensis* (Tabela 1).

## DISCUSSÃO

A nova espécie *Ceratomyxa tartarugalis* foi encontrada na vesícula biliar de *Hemiodus gracilis*, no município de Tartarugalzinho, no Estado do Amapá. O Estado do Amapá possui apenas uma espécie do gênero *Ceratomyxa* descrita, *Ceratomyxa macapaensis* no peixe Cichlidae *Mesonauta festivus* (Bittencourt et al., 2021).

Na região amazônica já foram descritas duas espécies de *Ceratomyxa* em peixes da família Hemiodontidae, *Ceratomyxa microlepis* em *Hemiodus microlepis* (Azevedo et al., 2013) e *Ceratomyxa fonsecai* em *Hemiodus unimaculatus* (Silva et al., 2020).

Plasmódios onde estão dispostos os esporos de *C. tartarugalis* n. sp. são semelhantes aos descritos em *Ceratomyxa vermiformis* (Adriano & Okamura, 2017), *C. gracilima* (Zatti et al., 2018), *C. fonsecai* (Da Silva et al., 2020) e *C. macapaensis* (Bittencourt et al., 2021). Adriano & Okamura (2017) sugerem que estes plasmódios são compostos por um citoesqueleto rico em actina, com uma camada externa abundante em microtúbulos e retículo endoplasmático rugoso.

O comprimento total dos esporos de *C. tartarugalis* n. sp. é maior que os descritos anteriormente para este gênero na Amazônia. Porém quando comparados outros aspectos morfológicos tais como: largura do esporo, comprimento da cápsula e largura da cápsula estes se assemelham a resultados já descritos para outras espécies de *Ceratomyxa* descritos na região amazônica.

A maioria das espécies de *Ceratomyxa* spp. descritas na região amazônica apresentam de 3-4 voltas de filamento polar (Mathews et al., 2016; Adriano & Okamura, 2017; Zatti et al., 2017; Da Silva et al., 2020; Bittencourt et al., 2021), *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. não se demonstrou diferente.

Eiras et al., (2018) sugerem que o número de espécies de *Ceratomyxa* existentes em peixes de água doce é maior do que realmente se acredita, e a descrição desta nova espécie corrobora com o entendimento dos autores. Da Silva et al., (2020) alerta que são necessários

mais estudos para se compreender de forma mais conclusiva a diversidade, distribuição e a cadeia trófica deste mixozoário.

A descrição de *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. torna-se o primeiro registro de um microparasito Myxozoa para a espécie *Hemiodus gracilis*, em literatura científica.

### AGRADECIMENTOS

Aos membros do grupo de pesquisa Sanidade de Organismos Aquáticos na Amazônia. Aos técnicos do Laboratório de Morfofisiologia e Sanidade Animal da Universidade do Estado do Amapá.

### REFERÊNCIAS

- Adriano EA; Okamura B. Motility, morphology and phylogeny of the plasmodial worm, *Ceratomyxa vermiformis* n. sp. (Cnidaria: Myxozoa: Myxosporea). *Parasitology* 2017; 144(2): 158–168. <https://doi.org/10.1017/S0031182016001852>.
- Azevedo C, Rocha S, Casal G, São Clemente SC, Matos P, Al-Quraishy S, Matos E. Ultrastructural description of *Ceratomyxa microlepis* sp. nov. (phylum Myxozoa): a parasite infecting the gall bladder of *Hemiodus microlepis*, a freshwater teleost from the Amazon River. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2013; 108(2):150-4. <https://doi.org/10.1590/0074-0276108022013004>.
- Azizi R, Yemmen C, Rangel LF, Santo MJ, Bahiri S. Morphology, seasonality and molecular characterization of *Ceratomyxa draconis* n. sp. parasite of *Trachinus draco* (L.) from the Bay of Bizerte, Tunisia. *Parasitology Research* 2020; 119(8): 2431–2438. <https://doi.org/10.1007/s00436-020-06664-w>.
- Beltrão H, Zuanon J. *Hemiodus langeanii* (Characiformes: Hemiodontidae), a new species from rio Amana, rio Maués-Açú drainage, Amazon basin, Brazil. *Neotrop Ichthyol* 2012; 10(2): 255–262. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252012000200004>.
- Ben-David J, Atkinson SD, Pollak Y, Yossifon G, Shavit U, Bartholomew JL, Lotan T. Myxozoan polar tubules display structural and functional variation. *Parasit Vectors* 2016; 9(1): 549. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1819-4>.
- Bittencourt LS, Da Silva DT, Hamoy I, De Carvalho AA, Da Silva MF et al. Morphological and Phylogenetic Features of *Ceratomyxa macapaensis* n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae) in *Mesonauta festivus* Heckel, 1840 (Cichliformes: Cichlidae) from the Eastern Amazon Region. *Acta Parasitol* 2021. <https://doi.org/10.1007/s11686-021-00460-x>.
- Breyta R, Atkinson SD, Bartolomew JL. Evolutionary dynamics of *Ceratonova* species (Cnidaria: Myxozoa) reveal different host adaptation strategies. *Infect Genet Evol* 2020; 78: 104081. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2019.104081>.

- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J Parasitol* 1997; 83(4): 575-83. <https://doi.org/10.2307/3284227>.
- Casal G, São Clemente SC, Lopes L, Rocha S, Felizardo N, Oliveira E, Al-Quaraisy S, Azevedo C. Ultrastructural morphology and phylogeny of *Henneguya gilbert* n. sp. (Myxozoa) infecting the teleostean *Cyphocharax gilbert* (Characiformes: Curimatidae) from Brazil. *Parasitol Res* 2017; 116(10): 2747–2756. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5585-9>.
- Da Silva MF, De Carvalho AEFB, Hamoy I, Matos ER. Coelozoic parasite of the family Ceratomyxidae (Myxozoa, Bivalvulida) described from motile vermiform plasmodia found in *Hemiodus unimaculatus* Bloch, 1794. *Parasitol Res* 2020; 119(3): 871–878. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06505-5>.
- Da Silva MF, De Carvalho AEFB, Hamoy I, Matos ER. Coelozoic parasite of the family Ceratomyxidae (Myxozoa, Bivalvulida) described from motile vermiform plasmodia found in *Hemiodus unimaculatus* Bloch, 1794. *Parasitol Res* 2020; 119(3): 871–878. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06505-5>.
- Darriba D, Taboada GL, Doallo R, Posada D. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nat Methods* 2012; 9(8): 772. <http://dx.doi.org/10.1038/nmeth.2109>.
- Eiras JC, Cruz C, Saraiva A. Synopsis of the species of *Ceratomyxa* Thélohan, 1892 (Cnidaria, Myxosporea, Ceratomyxidae) described between 2007 and 2017. *Syst Parasitol* 2018; 95(5): 427–446. <https://doi.org/10.1007/s11230-018-9791-3>.
- Gunter NL, Whipps CM, Adlard RD. *Ceratomyxa* (Myxozoa: Bivalvulida): Robust taxon or genus of convenience? *Int J Parasitol* 2009; 39(12): 1395–1405. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2009.04.008>.
- Hall TA. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp Ser* 1999; 41: 95-98.
- Holzer AS, Bartošová-Sojtková P, Born-Torrijos A, Lövy A, Hartigan A, et al. The joint evolution of the Myxozoa and their alternate hosts: A cnidarian recipe for success and vast biodiversity. *Mol Ecol* 2018; 27(7): 1651–1666. <https://doi.org/10.1111/mec.14558>.
- Kyger R, Luzuriaga-Neira A, Layman T, Milkewitz STO, Singh D, et al. Myxosporea (Myxozoa, Cnidaria) Lack DNA Cytosine Methylation. *Mol Biol Evol* 2021; 38(2): 393–404. <https://doi.org/10.1093/molbev/msaa214>.
- Langeani F. Family Hemiodontidae (Hemiodontids). In: Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ (Eds.). *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Porto Alegre:

EDIPU-CRS; 2003. p. 96–100.

Lom J, Arthur JR. A guideline for the preparation of species descriptions in Myxosporea. *J Fish Dis* 1989; 12(2): 151-156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1989.tb00287.x>.

Lom J., Dyovká I. Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life-cycle terminology and pathogenic species. *Folia Parasitol* 2006; 53(1): 1–36. <https://doi.org/10.14411/fp.2006.001>.

Mathews PD, Naldoni J, Maia AA, Adriano EA. Morphology and small subunit rDNA-based phylogeny of *Ceratomyxa amazonensis* n. sp. parasite of *Symphysodon discus*, an ornamental freshwater fish from Amazon. *Parasitol Res* 2016; 115(10): 4021–4025. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5173-4>.

Okamura B, Gruhl A, Bartholomew JL. Myxozoan Evolution, Ecology and Development. Cham: Springer International Publishing [online]. 2015. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14753-6>.

Paterson RA, Viozzi GP, Rauque CA, Flores VR, Poulin R. A Global Assessment of Parasite Diversity in Galaxiid Fishes. *Diversity* 2021; 13(1): 27. <https://doi.org/10.3390/d13010027>.

Rocha S, Rangel LF, Castro R, Severino R, Azevedo C et al. Ultrastructure and phylogeny of *Ceratomyxa diplodae* (Myxosporea: Ceratomyxidae), from gall bladder of European seabass *Dicentrarchus labrax*. *Dis Aquat Organ* 2016; 121 (2): 117–128. <https://doi.org/10.3354/dao03049>.

Ronquist F, Huelsenbeck JP. MrBayes 3: bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* 2003; 19(12): 1572- 1574. <http://dx.doi.org/10.1093/bioinformatics/btg180>. PMID:12912839.

Swofford DL. *PAUP\*: Phylogenetic analysis using parsimony (\*and other methods)*. Sunderland: Sinauer Associates; 2002.

Thabet A, Abdel-Baki AAS, Harrath AH, Mansour L. Morphological and molecular aspects of *Ceratomyxa ghannouchensis* n. sp. and *C. pallida* Thélohan 1894 infecting the bogue, *Boops boops* (l.). *J Nat Hist* 2019; 53(9–10): 541–556. <https://doi.org/10.1080/00222933.2019.1597202>.

Thabet A, Mansour L, Al Omar SY, Tlig-Zouari S. *Ceratomyxa tunisiensis* n. sp. (Myxosporea: Bivalvulida) from the Gallbladders of Two Carangid Fish Caught Off the Coast of Tunisia. *J Eukaryot Microbiol* 2016; 63(1): 86–92. <https://doi.org/10.1111/jeu.12251>.

Zatti SA, Atkinson SD, Bartholomew JL, Maia AAM, Adriano EA. Amazonian waters harbour an ancient freshwater *Ceratomyxa* lineage (Cnidaria: Myxosporea). *Acta Trop* 2017; 169: 100–

106. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.02.006>.

Zatti SA, Atkinson SD, Bartholomew JL, Maia AAM, Adriano EA. *Ceratomyxa gracillima* n. sp. (Cnidaria: Myxosporea) provides evidence of panmixia and ceratomyxid radiation in the Amazon basin. *Parasitology* 2018; 145(9): 1137–1146. <https://doi.org/10.1017/S0031182017002323>.

**Tabela 1** – Distância *p* entre os *Ceratomyxa* de água doce (amazônicos) e *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp.

**Tabela 2** – Medidas de *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. e comparação da morfometria ( $\mu\text{m}$ ) das espécies de *Ceratomyxa* encontradas na vesícula biliar de peixes na Amazônia Brasileira.

**Figura 1** – Mapa de localização dos pontos de coleta da espécie *Hemiodus gracilis*.

**Figura 2** – Plasmódio (\*) de *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. (seta) encontrados na vesícula biliar de *Hemiodus gracilis* (Bar= 30  $\mu\text{m}$ ). Esporo de *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. Destaque SP: Esporoplasma; CP= Cápsulas polares (Bar = 10 $\mu\text{m}$ ).

**Figura 3** – (A) Desenho esquemático Plasmódio de *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. (Bar=100  $\mu\text{m}$ ). (B) Desenho esquemático de *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. (Bar=10  $\mu\text{m}$ ).

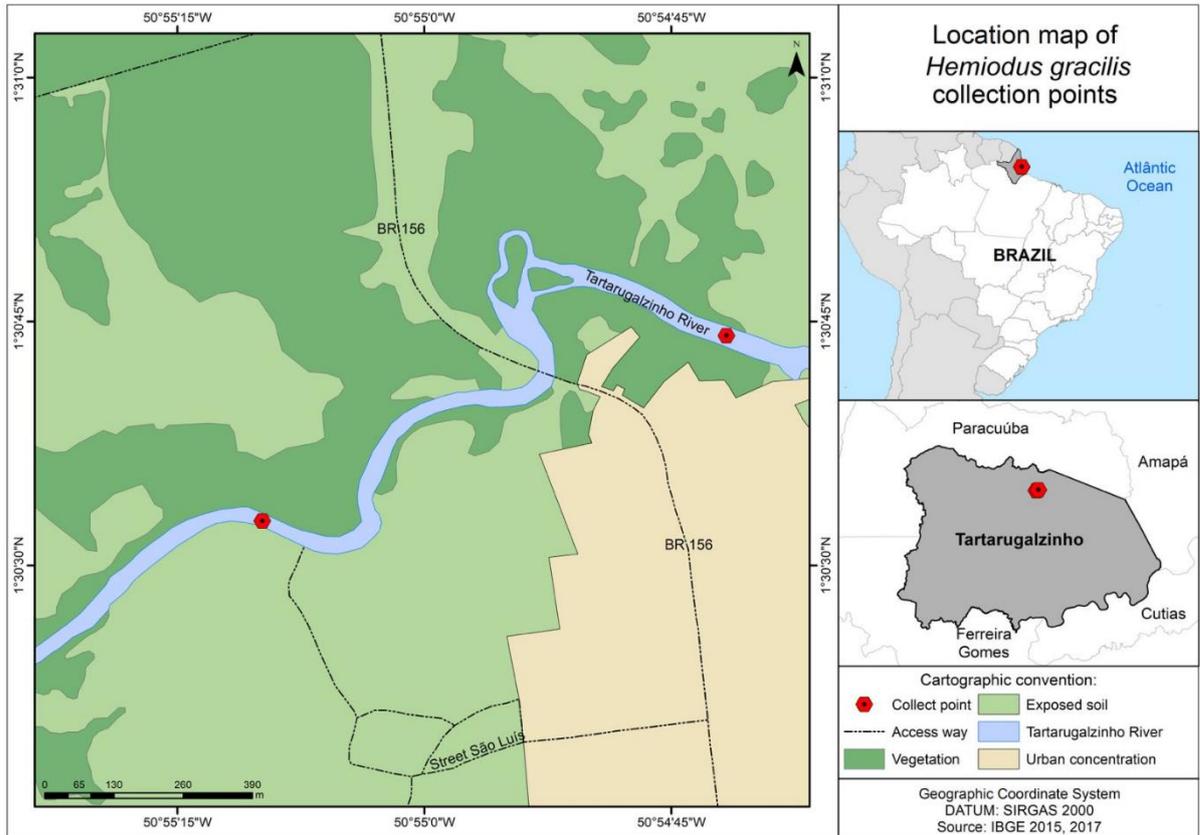
**Figura 4** – Árvore filogenética Bayesiana com base nas sequências SSU rDNA de espécies Ceratomixyidae. Espécies da família kudoidae foram utilizados como grupo externo. Os números de acesso do Genbank são mostrados ao lado dos nomes das espécies. Os valores dos nós são as probabilidades posteriores da inferência Bayesiana.

**Tabela 1**

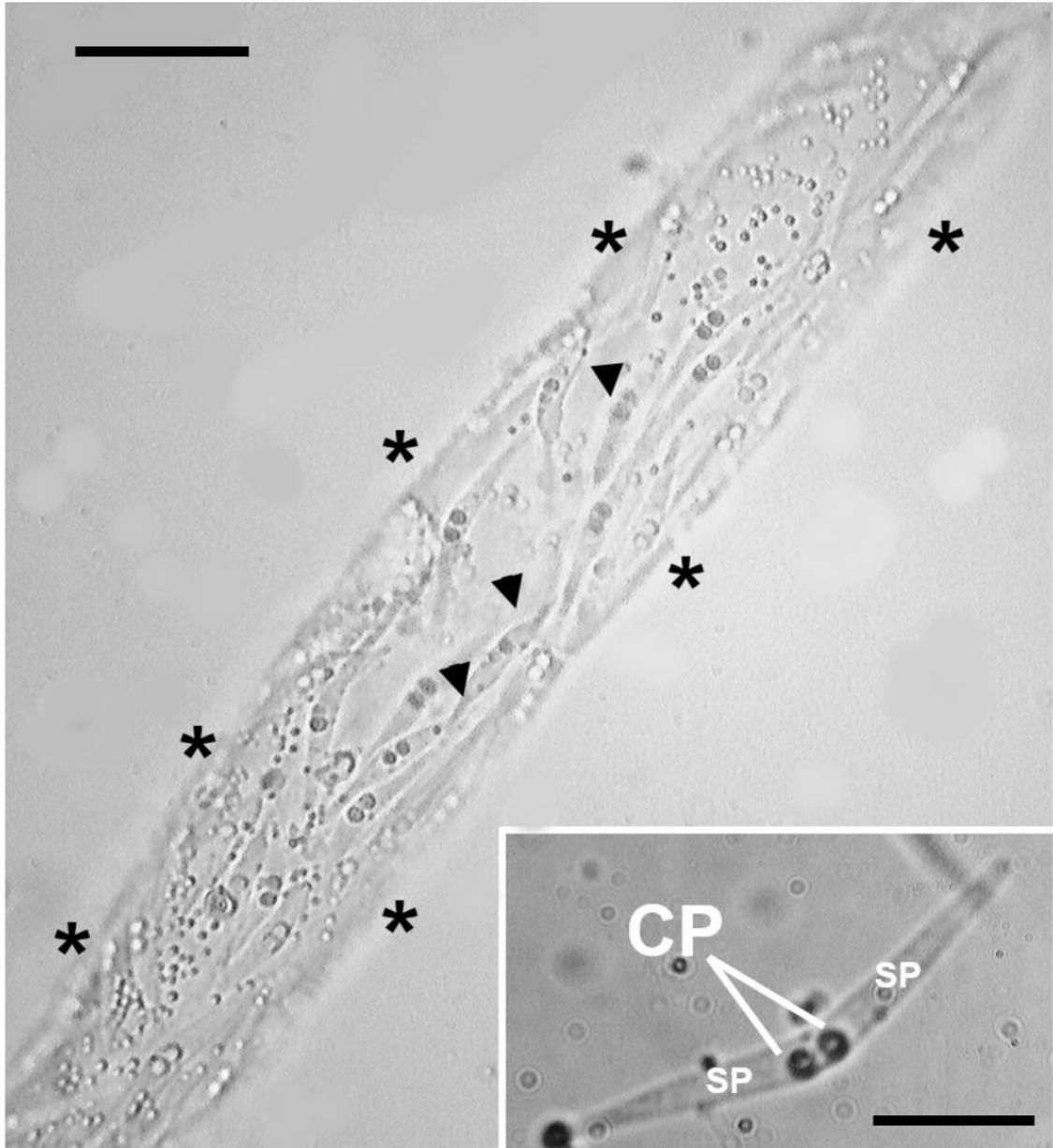
<b>Espécies</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
(01) <i>Ceratomyxa tartarugalis</i> n. sp. (OK644286)						
(02) <i>Ceratomyxa macapaensis</i> (MT939250)	0,050					
(03) <i>Ceratomyxa brasiliensis</i> (KU978813)	0,071	0,063				
(04) <i>Ceratomyxa amazonensis</i> (KX236169)	0,071	0,059	0,028			
(05) <i>Ceratomyxa fonsecai</i> (MK796248)	0,198	0,224	0,205	0,203		
(06) <i>Ceratomyxa vermiformis</i> (KX278420)	0,044	0,014	0,048	0,045	0,198	
(07) <i>Ceratomyxa gracillima</i> (KY934182)	0,074	0,069	0,075	0,078	0,202	0,059

**Tabela 2**

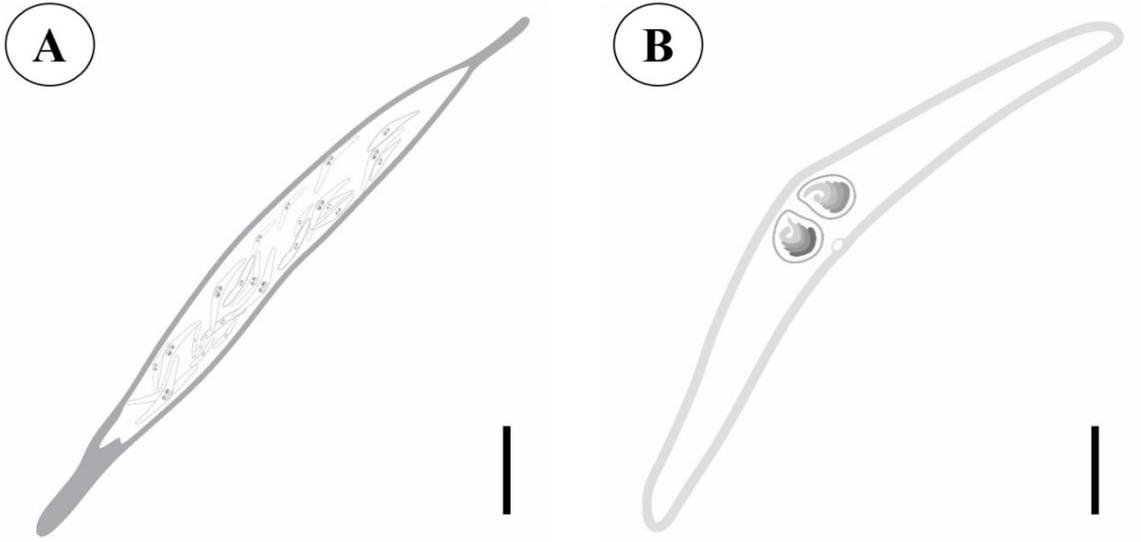
Espécies	Largura do esporo	Comprimento do esporo	Comprimento da cápsula	Largura da cápsula	Coils	Reference
<i>Ceratomyxa tartarugalis</i> n. sp.	2.15±0.06	31.95 ±0.4	1.7 ±0.46	1.31±00.6	3-4	Presente estudo
<i>Ceratomyxa macapaensis</i>	*	4.2±0.5	1.86±0.3	1.63±0.1	3-4	Bittencourt et al., 2021
<i>Ceratomyxa fonsecai</i>	2.6 ± 0.1	2.6 ±0.1	1.9 ± 0.3	1.7 ±0.2	3-4	Silva et al., 2020
<i>Ceratomyxa microlepis</i>	*	5.2 ± 0.4	2.2 ± 0.3	*	5-6	Azevedo et al., 2013
<i>Ceratomyxa amazonensis</i>	2.63 ± 0.17	7.0 ± 0.3	3.22 ± 0.3	2.63 ± 0.17	3-4	Mathews et al., 2016
<i>Ceratomyxa brasiliensis</i>	*	6.3 ± 0.6	2.6 ± 0.3	2.5 ± 0.4	3-4	Zatti et al., 2017
<i>Ceratomyxa gracillima</i>	7.0±0.5	28±3	1.9 ±0.3	*	2-3	Zatti et al., 2018
<i>Ceratomyxa vermiformis</i>	*	4.5 ±0.2	2.7 ±0.1	*	3-4	Adriano & Okamura 2017



**Figura 1**



**Figura 2**



**Figura 3**

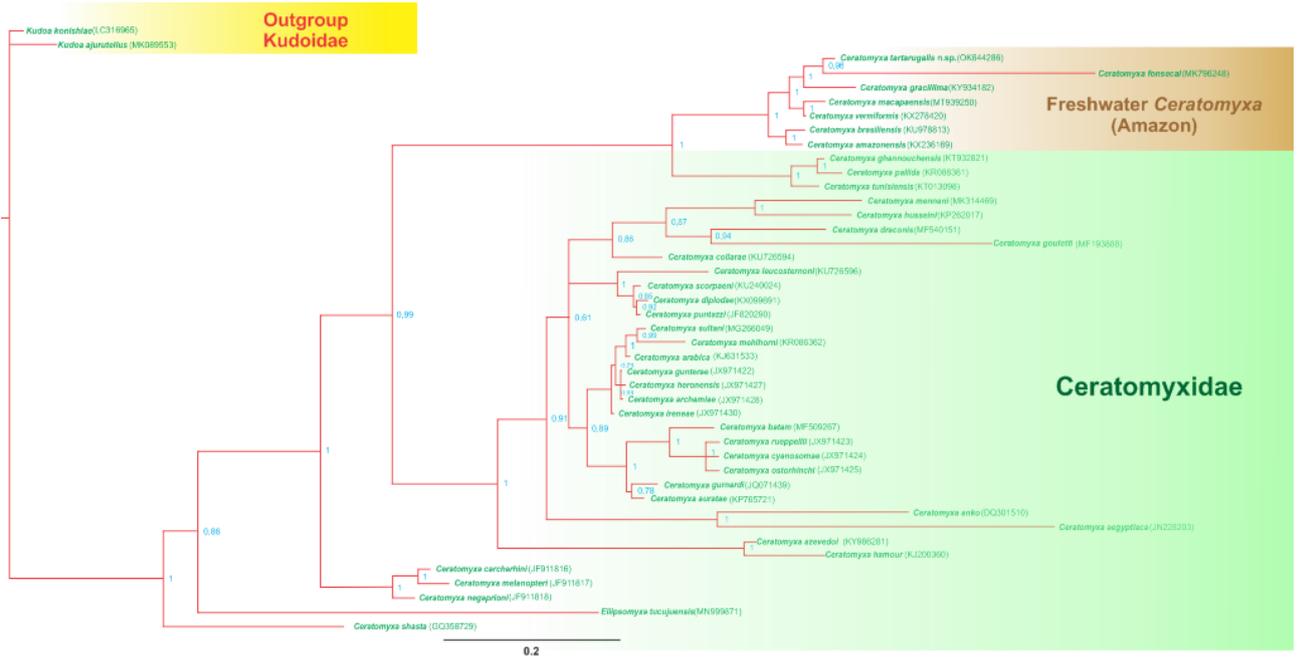


Figura 4

## 6. CONCLUSÕES GERAIS

*P. striolatus* é um tipo de piranha que apresentou fauna microparasitária diversa com maior suscetibilidade a Classe Myxozoa, principalmente aos gêneros *Henneguya* e *Myxobolus*. Análises morfológicas e moleculares mostraram que o *H. gracilis* estava parasitado por uma nova espécie de parasito Myxozoa, *Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. com sítio de infecção na vesícula biliar. Ambas as espécies são oriundas do Rio Tartarugalzinho e possuem poucos estudos acerca de suas faunas microparasitárias, o que demonstra a importância deste estudo.

## ANEXO A

COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO “Fauna microparasitária de *Pristobrycon striolatus* oriundo do rio Tartarugalzinho, Amazônia Oriental, Brasil” ao periódico “Ciência rural”

 **Ciência Rural**

[# Home](#)

[/ Author](#)

---

## Submission Confirmation [Print](#)

---

Thank you for your submission

---

**Submitted to**  
Ciência Rural

**Manuscript ID**  
CR-2021-0733

**Title**  
Fauna microparasitária de *Pristobrycon striolatus* oriundo do rio Tartarugalzinho, Amazônia Oriental, Brasil

**Authors**  
Araújo, Priscila  
Carvalho, Abthyllane  
Ferreira, Roger Leomar  
Reis, Luize  
Matos, Edilson  
Vieira, Marcela

**Date Submitted**  
14-Oct-2021

---

---

[Author Dashboard](#)

## ANEXO B

COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO “*Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae), new myxozoan of *Hemiodus gracilis* Günther, 1864 (Hemiodontidae) an ornamental fish from the Tartarugalzinho river, Amapá, Eastern Amazon, Brazil”

← Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária - Manuscript ID RBPV-2021-0217

Traduzir a mensagem para: Português (Brasil) | Nunca traduzir do: Inglês

RM

Rosangela Machado <onbehalf@manuscriptcentral.com>  
Sex, 03/12/2021 15:34

Para: marcela.videira@ueap.edu.br

Cc: prizsla@hotmail.com; rogersilfer@yahoo.com.br; tuloza01@gmail.com; abthyllaneamaral@gmail.com; savio.guerreiro@outlook.com; igor.hamoy@ufra.edu.br; edilson.matos9@gmail.com; marcela.videira@ueap.edu.br

↩ ↶ → ⋮

03-Dec-2021

Dear Dr. Videira:

Your manuscript entitled "*Ceratomyxa tartarugalis* n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae), a new myxozoan in *Hemiodus gracilis* (Hemiodontidae), an ornamental fish from the Tartarugalzinho river, Amapá, Eastern Amazon, Brazil" 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-2021-0217.

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://na01.safelinks.protection.outlook.com/?>