



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JOÃO HENRIQUE DA SILVA E SILVA

MICROPARASITOS EUCARIOTOS EM *Pygocentrus* sp E *Serrasalmus* sp  
(CHARACIFORMES) NA PORÇÃO FINAL DO MÉDIO CURSO DO RIO  
TOCANTINS, MARANHÃO.

Imperatriz – MA

2025





JOÃO HENRIQUE DA SILVA E SILVA

MICROPARASITOS EUCARIOTOS EM *Pygocentrus* sp E *Serrasalmus* sp  
(CHARACIFORMES) NA PORÇÃO FINAL DO MÉDIO CURSO DO RIO  
TOCANTINS, MARANHÃO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro  
de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas – CCENT,  
da Universidade Estadual da Região Tocantina do  
Maranhão – UEMASUL, do curso Ciências Biológicas.

**Orientador(a):** Prof. Dr. Marcelo Francisco da Silva

Imperatriz – MA

2025



S586m

Silva, João Henrique da Silva e

Microparasitos Eucariotos em *Pygocentrus* sp e *Serrasalmus* sp (characiformes) na porção final do médio curso do Rio Tocantins, Maranhão. / João Henrique da Silva e Silva. – Imperatriz, MA, 2025.

36 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2025.

1. Parasitos. 2. Myxozoa. 3. Piranhas. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 597.554.1

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**






JOÃO HENRIQUE DA SILVA E SILVA

MICROPARASITOS EUCARIOTOS EM *Pygocentrus* sp E *Serrasalmus* sp  
(CHARACIFORMES) NA PORÇÃO FINAL DO MÉDIO CURSO DO RIO TOCANTINS,  
MARANHÃO.

Banca Examinadora:


Documento assinado digitalmente  
 MARCELO FRANCISCO DA SILVA  
Data: 29/07/2025 11:57:35-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Marcelo Francisco da Silva

Doutor em Biologia de Agentes Infecciosos e Parasitários Universidade

Estadual da Região Tocantina do Maranhão


Documento assinado digitalmente  
 SHEILA ELKE ARAUJO NUNES  
Data: 29/07/2025 17:52:28-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dra. Sheila Elke Araújo Nunes

Doutora em Medicina Tropical Universidade Estadual da Região

Tocantina do Maranhão

Documento assinado digitalmente  
 IVANEIDE DE OLIVEIRA NASCIMENTO  
Data: 29/07/2025 18:00:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dra. Ivaneide de Oliveira Nascimento

Doutora em Agroecologia Universidade Estadual da Região Tocantina

Do Maranhão





## DEDICATÓRIA

Dedico à toda comunidade científica, em especial aos biólogos, pois são os mais legais.





## AGRADECIMENTOS

A caminhada percorrida para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso não teria sido possível sem o apoio e incentivo de pessoas fundamentais ao longo desse do Curso.

Agradeço, em primeiro lugar, à minha família, que com amor, paciência e compreensão, sempre acreditou e me ofereceu suporte incondicional. Seus conselhos, palavras de encorajamento e exemplos de resiliência foram essenciais para que eu persistisse diante das dificuldades enfrentadas por um adulto funcional, que precisa trabalhar para se manter e estudar.

Aos amigos que, de diferentes formas, fizeram parte desta jornada acadêmica, meu sincero reconhecimento. Obrigado pelas conversas, pelos momentos de descontração, pelas trocas de experiências e pelo apoio mútuo nos momentos de incerteza. Cada gesto de companheirismo foi significativo para que eu mantivesse a motivação ao longo do curso. Em especial, agradeço a minha saudosa amiga, Professora Nice Rejane, que foi peça fundamental para que eu decidisse ingressar no mundo acadêmico.

Expresso minha gratidão aos professores do curso de Ciências Biológicas, pela dedicação, competência e comprometimento com o ensino. As aulas, orientações e provocações intelectuais foram determinantes para a minha formação crítica e científica. Agradeço especialmente ao meu orientador Dr. Marcelo Francisco da Silva, pelo acompanhamento atento, todos os encontros eram verdadeiras aulas. Obrigado Professor pela confiança.

Aos colegas de turma, que compartilharam comigo os desafios e conquistas da vida universitária, deixo minha admiração e carinho. Nossas vivências em grupo foram fundamentais não apenas para o desenvolvimento acadêmico, mas também para a formação de amizades que levarei para a vida.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta etapa fosse concluída com êxito.





## EPÍGRAFE

"É preciso ter o caos dentro de si para gerar uma  
estrela dançante."

- Friedrich Nietzsche





## RESUMO

A diversidade de parasitas associados a peixes na região tropical é alta, assim como a resposta do hospedeiro à ação desses organismos é ampla e pouco conhecida. Na bacia do rio Tocantins, peixes do grupo Piranha são amplamente capturados e utilizados para alimentar populações de baixa renda. Compreender e identificar agentes parasitários histozoicos e coleozoicos associados a essas espécies de peixes é o primeiro passo para uma melhor compreensão da dinâmica das relações parasita-hospedeiro na biota aquática da bacia do rio Tocantins e de outras bacias que compõem a porção maranhense da Amazônia oriental brasileira. Foram analisados 52 espécimes de Piranha, sendo 42 *Pygocentrus nattereri* e 10 *Serrasalmus rhombeus* coletados em dois pontos do rio Tocantins (zonas urbana e rural) no município de Imperatriz - MA. As piranhas apresentaram a ocorrência de mixozoários dos gêneros *Henneguya* e *Myxobolus* (este último apareceu apenas em *P. nattereri*). A maior frequência de infecção foi pelo gênero *Henneguya* (65%) contra 5% de infecção por *Myxobolus* e o maior sítio de ocorrência foram as brânquias. *Myxobolus* foi encontrado mais frequentemente no rim. A partir de dados morfométricos, foi realizada Análise de Componentes Principais (ACP) para ambos os gêneros de mixozoários, onde a espécie *Henneguya* sp (presente estudo) foi agrupada com *H. paraensis*, *Henneguya* sp2 e *H. santarensis*, tendo maior similaridade com *H. paraensis*, espécie encontrada em *Cichla temensis* (tucunaré). A ACP para *Myxobolus* sp1, *Myxobolus* sp2 mostraram proximidade entre si, estando próximos dos vetores LC (largura da cápsula polar), C (comprimento do esporo) e CC (comprimento da cápsula polar). Por outro lado, *Myxobolus*. sp3 demonstrou morfologia distinta, aparecendo isolado das demais amostras do presente estudo. Análises filogenéticas de *Myxobolus* Sp3. mostraram uma proximidade entre os mixozoários da família Myxobolidae que foram descritos parasitando outros peixes da família Serrasalminidae.

Palavras-chave: Parasitos; Myxozoa; Piranhas.





## ABSTRACT

The diversity of parasites associated with fish in the tropical region is high, as well as the host response to the action of these organisms is broad and little known. In the Tocantins River basin, fish from the Piranha group are widely captured and used to feed low-income populations. Understanding and identifying histozoic and coleozoic parasitic agents associated with these fish species is the first step towards a better understanding of the dynamics of parasite-host relationships in the aquatic biota of the Tocantins River basin and other basins that make up the Maranhão portion of the eastern Brazilian Amazon. Fifty-two Piranha specimens were analyzed, 42 *Pygocentrus nattereri* and 10 *Serrasalmus rhombeus* collected at two points on the Tocantins River (urban and rural areas) in the municipality of Imperatriz - MA. Piranhas presented the occurrence of myxozoans of the genera *Henneguya* and *Myxobolus* (the latter only appeared in *P. nattereri*). The highest frequency of infection was by the genus *Henneguya* (65%) against 5% of infection by *Myxobolus* and the highest site of occurrence was the Gills. *Myxobolus* was found most frequently in the kidney. From morphometric data, Principal Component Analysis (PCA) was performed for both genera of myxozoans, where the species *Henneguya* sp (present study) was grouped with *H. paraensis*, *Henneguya* sp2 and *H. santarensis*, having greater similarity with *H. paraensis*, a species found in *Cichla temensis* (peacock bass). PCA for *Myxobolus* sp1, *Myxobolus* sp2 showed proximity to each other, being close to the vectors LC (polar capsule width), C (spore length) and CC (polar capsule length). On the other hand, *Myxobolus*. sp3 demonstrated distinct morphology, appearing isolated from the other samples in the present study. Phylogenetic analyses of *Myxobolus* Sp3. showed a proximity between the myxozoans of the family Myxobolidae that were described parasitizing other fishes of the family Serrasalminidae.

Keywords: Parasites; Myxozoa; Piranhas.





## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciclo de vida hipotético de myxozoários parasitos de peixes. Adaptado por Eszterbauer et al. (2009) .....	13
<b>Figura 2.</b> Pontos de coleta dos espécimes de <i>Pygocentrus nattereri</i> . e <i>Serrasalmus rhombeus</i> .....	16
<b>Figura 3.</b> Coleta dos peixes através de redes de pesca .....	16
<b>Figura 4.</b> Triagem de myxozoário: A – aferição de peso do peixe; B – medição do comprimento total do peixe; C – análise das estruturas corpóreas do peixe através do microscópio estereoscópio (lupa); D – Cisto de <i>Myxobolus</i> no olho do peixe observado na Lupa; E – Cisto de <i>Myxobolus</i> sp. visualizado no microscópio óptico em aumento de 100x .....	17
<b>Figura 5.</b> Fotografia de <i>Serrasalmus nattereri</i> . (piranha vermelha).....	19
<b>Figura 06.</b> Fotografia de <i>Serrasalmus rhombeus</i> (piranha preta) .....	20
<b>Figura 07</b> Fotomicrografia de mixozoários. A – vários espécimes de <i>Myxobolus</i> splem aumento de 400x; B -Cisto alongado de <i>Myxobolus</i> nas brânquias de <i>P. Nattereri</i> em aumento de 100x; C – <i>Myxobolus</i> sp2 (seta vermelha) e <i>Myxobolus</i> sp3 (seta azul) em aumento de 600x; D – <i>Henneguya</i> Sp parasitando as branquias em aumento de 400x; E – Cisto alongado nas brânquias corado pela técnica Ziehl-Neelsen, evidenciando os esporos; F – Esporos corados tecnica ), Ziehl-Neelsen, evidenciando as capsulas polares. ....	23
<b>Figura 08.</b> Dendograma two-way cluster para verificação de semelhança.....	25
<b>Figura 09:</b> Fotomicrografia de <i>Henneguya</i> Sp.....	26
<b>Figura 10:</b> Dendograma de <i>Myxobolus</i> demonstrando distinções e similaridades para o gênero .....	28
<b>Figura 11.</b> Resultado de eletroforese de amplicons resultantes do PCR de amostras de mixozoários coletados em Piranha Vermelha do rio Tocantins .....	28
<b>Figura 12.</b> Resultado gráfico da comparação da sequencia parcial de <i>Myxobolus</i> sp, parasite histozóico de nadadeiras de exemplares de <i>P. nattereri</i> . capturados no rio Tocantins	29
<b>Figura 13.</b> Análise filogenética da sequencia parcial de <i>Myxobolus</i> sp, parasito histozóico de nadadeiras de exemplares de <i>P. nattereri</i> . no rio Tocantins, em relação a 98 sequências de Myxobolidae parasites de peixes da região tropical.....	30





## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Relação de Primers utilizados durante as ampliações de DNA ribossomal dos microparasitos .....	18
<b>Tabela 2</b> - Tabela comparativa com dados morfométricos em micrometros ( $\mu\text{m}$ ) do gênero <i>Henneguya</i> .....	24
<b>Tabela 3</b> - Tabela comparativa com dados morfométricos em micrometros ( $\mu\text{m}$ ) do gênero <i>Myxobolus</i> .....	26





## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Frequência de ocorrência dos mixozoários .....	21
<b>Gráfico 2.</b> Frequência de ocorrência e tecido parasitado .....	22
<b>Gráfico 3.</b> Inter-relações entre parasito, hospedeiro e local de infecção através de mapeamento de rede.....	23
<b>Gráfico 4.</b> PCA comparativo para <i>Henneguya</i> .....	25
<b>Gráfico 5.</b> PCA de comparativo de <i>Myxobolus</i> .....	27





## LISTA DE SIGLAS

C – Comprimento do corpo do mixosporídeo

CC – Comprimento da capsula Polar

Fig - Figura

L – Largura do corpo do mixosporídeo

LC – Largura da capsula polar

M. - *Myxobolus*

PCA - Análise de Componentes Principais





## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
3.1 Objetivo Geral .....	17
3.2 Objetivos Específicos .....	17
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>17</b>
4.1 Área de estudo.....	17
4.2 Coleta de peixes e caracterização de microparasitos.....	18
4.3 Análise molecular e filogenética .....	19
4.4 Hospedeiros analisados .....	20
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>22</b>
5.1 Análise morfométrica .....	23
5.2 Análises moleculares.....	30
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Identificados pela primeira vez no século XIX, os mixozoários constituem um grupo de microparasitos amplamente investigado ao longo das últimas décadas. Atualmente, mais de 2.600 espécies já foram descritas, representando cerca de 20% de todas as espécies conhecidas do filo Cnidária. Essa diversidade ultrapassa, inclusive, a soma de espécies de cifozoários, cubozoários e estaurozoários. Apesar dessa expressiva riqueza, o grupo ainda recebe pouca atenção científica e permanece relativamente pouco compreendido (Okamura et al., 2015).

Nos dias atuais, reconhece-se que parasitos desempenham um papel fundamental na manutenção da biodiversidade dos ecossistemas, atuando como reguladores naturais das populações hospedeiras. Muitos desses organismos influenciam diretamente nos processos ecológicos ao afetar a dinâmica populacional dos seus hospedeiros (Silva *et al.*, 2021).

Dentre os vertebrados, os peixes destacam-se como os mais frequentemente infectados por parasitos, resultado das características próprias do ambiente aquático, que favorecem a transmissão, a reprodução e o fechamento dos ciclos de vida desses organismos. Esse conjunto de fatores confere aos parasitos uma ampla capacidade de dispersão e manutenção em seus habitats (Malta, 1984). Os efeitos desses organismos parasitários ganham destaque não apenas sob a ótica ecológica, mas também sanitária e econômica.

O consumo mundial de alimentos de origem aquática tem aumentado consideravelmente desde 1961, onde o consumo per capita era de 9,1kg, chegando a 20,7kg em 2022. (Fao, 2022). De acordo com estimativas, aproximadamente 61,8 milhões de pessoas ao redor do mundo estão inseridas no setor primário da pesca e da aquicultura. Calcula-se que essas atividades garantam os meios de subsistência de cerca de 10 a 12% da população global (Fao, 2022). Em escala mundial, a pesca de pequena escala é responsável por empregar 90% dos pescadores, desempenhando um papel fundamental na segurança alimentar, no combate à pobreza e na oferta de proteína de elevado valor nutricional (Fao, 2016).

Para Cerdeira, Ruffino e Isaac (1997), na região amazônica os peixes são amplamente consumidos pelas classes de menor poder aquisitivo, provavelmente pela vasta disponibilidade do pescado em cidades com rios e lagos, facilitando o acesso a este recurso. De acordo com Bastos (2018), a ação de parasitos em peixes afeta diretamente a sanidade do pescado, logo o conhecimento sobre os parasitos, bem como seus aspectos biológicos são de suma importância para o entendimento de relação com o hospedeiro seus efeitos sobre o ele.



Entre os microparasitos eucariotos descritos em peixes na Amazônia, se encontram os Myxozoários parasitando sítios como brânquias, rins, musculatura, dentre outros órgãos (Matos *et al.*, 2005; Matos *et al.*, 2014). Os mixozoários compõem um grupo caracterizado por apresentar esporos multicelulares com filamentos polares.

Quando os plasmódios utilizam como sítio de desenvolvimento cavidades de órgãos, como vesícula biliar, os mixozoários são classificados como causando infecções celozóicas e a liberação de seus esporos maduros se dá geralmente através de ductos que desembocam no sistema digestório (Lom & Dyková, 2006).

O Subfilo Myxozoa está dividido em duas classes, Malacosporea e Myxosporea. A classe Myxosporea possui dois gêneros mais comuns em peixes de água doce e salgada, *Henneya* e *Myxobolus*, e algumas espécies podem causar sérios danos econômicos em cultivos e ambientes naturais. (Lom & Dyková, 2006).

Os mixozoários têm sido reconhecidos como agentes responsáveis por altas taxas de mortalidade entre organismos da biota aquática, afetando tanto populações em ambientes naturais quanto espécies mantidas em sistemas de cultivo (Azevedo; Matos, 2003; Lom; Dyková, 2006; Matos *et al.*, 2006; Videira *et al.*, 2016). Morais (2011), traz que fauna parasitária de *P. nattereri* pode ser utilizada como uma eficiente ferramenta bioindicadora, contribuindo para a compreensão da sanidade do peixe e monitoramento no ambiente do qual o peixe está inserido.

É nesse contexto que a compreensão da estrutura e relações filogenéticas de Myxozoários em peixes dos gêneros *Pygocentrus* e *Serrasalmus* no rio Tocantins, além de gerar conhecimento sobre esta parcela da biota aquática, pode possibilitar o entendimento sobre as possíveis influências destes parasitos na dinâmica de peixes na porção maranhense da Amazônia oriental brasileira.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Os Myxozoa são parasitos microscópicos do filo Cnidária, com complexos ciclos de vida que abrangem invertebrados e peixes, e atualmente incluem mais de 2.600 espécies descritas. No Brasil, destacam-se nos peixes de água doce, principalmente nos gêneros *Henneya* e *Myxobolus*, com notável tropismo por órgãos como brânquias, rins, nadadeiras e pele (Rodrigues, 2019). Seu ciclo de vida compreende dois hospedeiros obrigatórios, um vertebrado e outro invertebrado e dois estágios morfológicos diferentes, mixosporos e actinosporos (Fig. 1).

No hospedeiro vertebrado o mixosporo pode apresentar comportamento histozóico, formando cistos em uma variada gama de tecidos como brânquias, tegumento, musculatura e



parênquima hepático, levando invariavelmente a lesões quando do rompimento dos cistos para liberação dos esporos maduros para o ambiente (Silva *et al*, 2020).

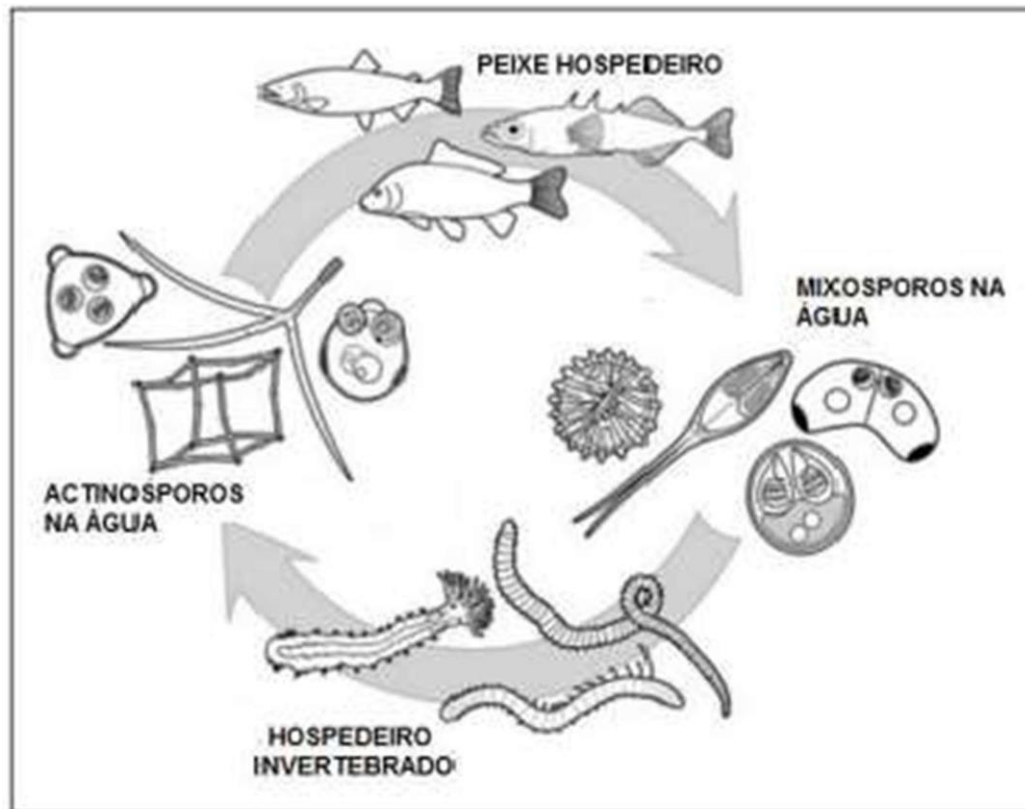


Figura 1 – Ciclo de vida hipotético de myxozoários parasitos de peixes. Adaptado por Eszterbauer *et al.* (2009).

### 2.1. Ocorrência em *Serrasalmus*

Casal, Matos & Azevedo (1997) registraram a espécie *Henneguya striolata* em brânquias de *Serrasalmus striolatus* no rio Amazonas. Outros estudos, como o de Barassa *et al.* (2003), identificaram *Henneguya pilosa* em *Serrasalmus altuvei* (Piauí), indicando que estes hospedeiros do gênero *Serrasalmus* estão suscetíveis a infecção por myxozoários do gênero *Henneguya*. Não foi localizado trabalhos com ocorrência de *Myxobolus* em peixes do gênero *Serrasalmus*.

### 2.2. Ocorrência em *Pygocentrus nattereri*

Ambos os gêneros são encontrados amplamente em *P. nattereri*. *Myxobolus dermatoulcerans* foi descrita em *P. nattereri* do Peru, associada a lesões necroulcerativas na pele; o estudo detalha a morfologia de esporos e histopatologia cutânea (Still Well, 2020).

De Sena (2025), com dados moleculares descreve uma nova espécie de *Myxobolus* (*Myxobolus medusae*) parasitando o globo ocular de *P. nattereri*. Sena *et al.* (2025) também relataram infecção simultânea por *Henneguya* (44% de prevalência) nas brânquias e por



*Myxobolus* (22%) em cistos nas nadadeiras e rins de *P. nattereri* no Lago Sacaizal, Amapá. Diferentes morfotipos esporais foram identificados: esporos piriformes (brânquias, nadadeiras) e elípticos (rins), corroborando com o entendimento sobre a presença de ambos os gêneros de myxozoários identificados nesse trabalho (*Henneguya* e *Myxobolus*) parasitando *P. nattereri*.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

Identificar e analisar microparasitos eucariontes em peixes de ambientes naturais na região da bacia do médio rio Tocantins, na porção oeste do Estado do Maranhão.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Identificar Myxozoários hospedados em peixes das espécies *Serrasalmus rhombeus* e *Pygocentrus nattereri*.
- Caracterizar e comparar a morfologia dos microparasitos encontrados;
- Realizar análise molecular e comparar com parasitos já descritos;
- Realizar filogenia dos microparasitos encontrados nas duas espécies de piranhas

### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 4.1 Área de estudo

As coletas dos peixes foram realizadas na porção final do médio curso do rio Tocantins, especificamente no município de Imperatriz, estado do Maranhão, Brasil. Esta região é caracterizada por um ambiente fluvial de grande importância ecológica, inserido no bioma Amazônico, com influência antrópica variável entre os trechos urbanos e rurais.

Os pontos de amostragem contemplaram áreas localizadas tanto na zona urbana quanto na zona rural do município (Fig. 2), possibilitando a comparação entre ambientes sujeitos a diferentes níveis de interferência humana. A zona urbana inclui trechos do rio adjacentes ao perímetro urbano da cidade de Imperatriz, com potencial influência de esgoto doméstico, resíduos industriais e atividades de navegação. Já a zona rural abrange áreas menos impactadas, com presença predominante de vegetação ciliar e menor densidade populacional, representando ambientes relativamente preservados.



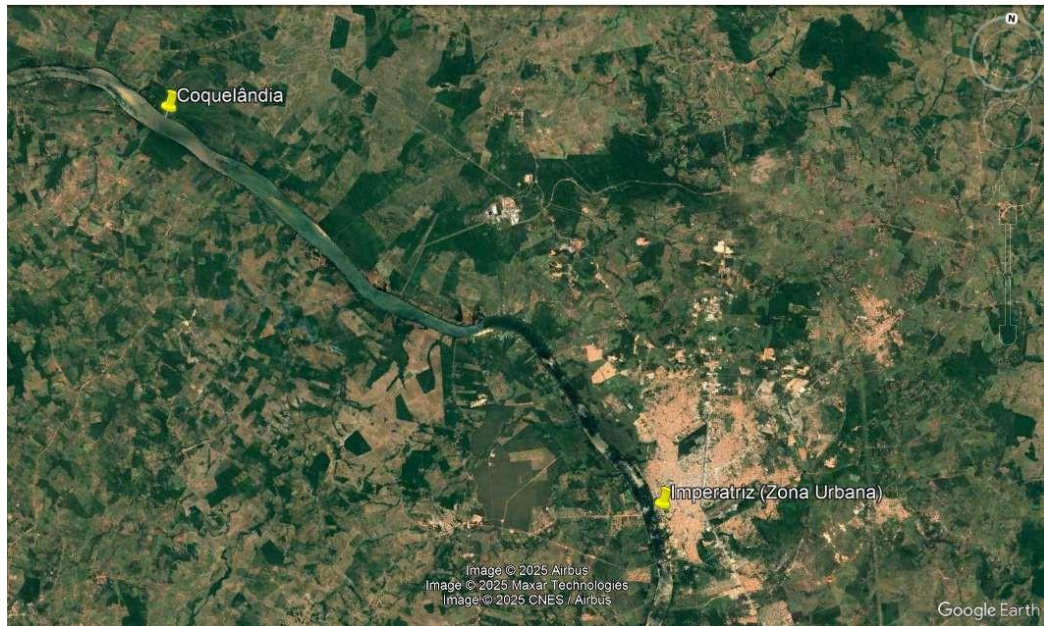


Figura 2: Pontos de coleta dos espécimes de *Pygocentrus nattereri*. e *Serrasalmus rhombeus*  
 Fonte: Google Earth (2025).

#### 4.2 Coleta de peixes e caracterização de microparasitos

As coletas de exemplares de *P. nattereri* e *S. rhombeus* foram realizadas por meio da pesca artesanal, com varas de pesca e anzóis e também com redes de pesca e tarrafas (Fig. 3), nas malhas 6mm e 4mm respectivamente.



Figura 3: Coleta dos peixes através de redes de pesca. Fonte: Do autor, 2025

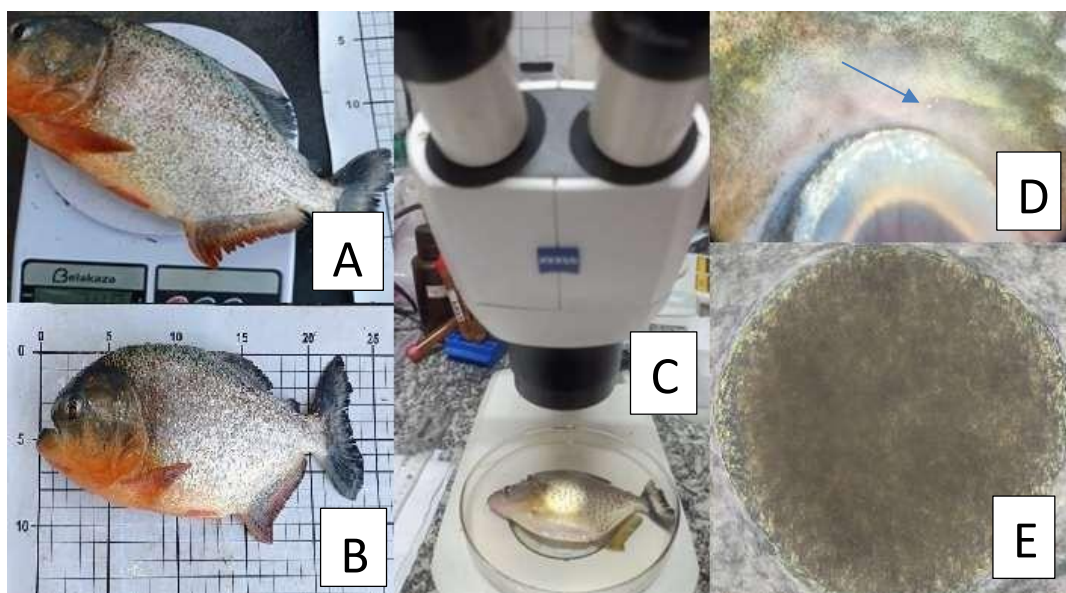
Após coleta, os peixes foram transportados em gelo ao laboratório, onde foram pesados, medidos e posteriormente, toda a superfície corpórea externa e os órgãos internos serão examinados através de microscópio estereoscópico, para verificação da existência de lesões ou cistos de microparasitos. Órgãos internos, músculos, brânquias e outros tecidos serão submetidos a exame por compressão entre lâmina e lamínula e analisados em microscópio óptico, conforme explicado na figura 4. Confirmada a ocorrência de microparasitos, serão feitas as fotomicrografias dos espécimes a fresco, onde foram aferidos comprimentos do corpo do espora, largura do corpo do espora e comprimento e largura das capsulas polares. Fragmentos



de tecidos foram fixados em solução de Davidson (álcool 95%, formaldeído, ácido acético e água) para estudos histológicos.

Os dados morfométricos mensurados foram comparados com outros trabalhos já publicados que apresentaram informações morfométricas equivalentes para o grupo dos Myxozoa. As inter-relações entre os parasitas e os diferentes locais de infecção foram avaliadas usando uma análise de mapeamento de rede, executada em Gephi v. 0.9.1 (Bastian *et al.* 2009).

Fragmentos de tecido fixados para histologia foram colocados em cassetes histológicos, desidratados em soluções com diferentes concentrações de etanol (80%, 90% e 100%), sendo uma hora em cada concentração. Logo após foram diafanizados em soluções de xilol para serem incluídos em parafina, finalizando a montagem do bloco histológico. Em seguida, os blocos histológicos foram cortados com o micrótomo na espessura de 6  $\mu\text{m}$  para serem corados pelas técnicas de hematoxilina e eosina (H & E), Ziehl-Neelsen e Giemsa para evidenciação de estruturas parasitárias (Casal *et al.*, 2007; Santiago *et al.*, 2012).



**Figura 4:** Triagem de mixozoário: A – aferição de peso do peixe; B – medição do comprimento total do peixe; C – análise das estruturas corpóreas do peixe através do microscópio estereoscópico (lupa); D – Cisto de *Myxobolus* no olho do peixe observado na Lupa; E – Cisto de *Myxobolus* sp. visualizado no microscópio óptico em aumento de 400x. Fonte: do autor, 2025.

### 4.3 Análise molecular e filogenética

Quando verificada a presença de parasitos em tecidos examinados entre lâmina e lamínula, o fragmento de tecido analisado foi armazenado em microtubo de eppendorff de 1ml e fixado em etanol 80% para a análise molecular. Para a extração e purificação das amostras de DNA foi utilizado o kit Ludwig Biotecnologia, seguindo-se as especificações do fabricante e adotando-se procedimentos de segurança rigorosos para evitar a contaminação das amostras. O



DNA obtido foi submetido à técnica de Reação em Cadeia da Polimerase (PCR).

Durante as reações de amplificação de DNA foram utilizados conjuntos específicos de primers citados na literatura (Tab. 1). O conjunto de primers escolhidos para a aplicação nos PCRs fez a amplificação e sequenciamento da fração SSU (18S) do DNA ribossomal. Os produtos de PCR foram evidenciados pela eletroforese em gel de agarose e preparados para envio a terceiros para purificação e sequenciamento, conduzida pelo método de Sanger, também denominado método didesoxi.

Tabela 1 - Relação de Primers utilizados durante as amplificações de DNA ribossomal dos microparasitos

Primer	Sequência	Autor
18E	5'-CTGGTTGATCCTGCCAGT-3'	Hillis e Dixon (1991)
18R	5'-CTACGGAAACCTTGTACG-3'	Whipps et al., (2003)
ERIB1	5'-ACCTGGTTGATCCTGCCAG-3'	Barta et al., (1997)
ERIB10	5'-CTTCCGCAGGTTACCTACGG-3'	Barta et al., (1997)
MX5	5'-CTGCGGACGGCTCAGTAAATCAGT-3'	Andree et al. (1999)
MX3	5'-CCAGGACATCTTAGGGCATCACAGA-3'	Andree et al. (1999)
MC5	5'-CCTGAGAAACGGCTACCACATCCA-3'	Molnár et al. (2002)
MC3	5'-GATTTAGCCTGACAGATCACTCCACGA-3'	Molnár et al. (2002)

(Fonte: do Autor, 2025)

Os produtos do sequenciamento foram utilizados para geração do consenso por meio do software *Codoncode Aligner*, e alinhados com o auxílio do programa *BioEdit Sequence Alignment Editor* (Hall, 1999), tomando-se como base sequências homólogas disponíveis no GenBank. que foram comparados pela ferramenta BLASTn do NCBI com sequências depositadas no GenBank. A análise filogenética da sequência será processada pelo método de Inferência Baesiana utilizando-se o pacote *open access* BEAST.

#### 4.4 Hospedeiros analisados

Foram analisadas amostras das espécies *Pygocentrus nattereri* e *Serrasalmus rhombeus*, popularmente conhecidas por piranha vermelha e piranha preta (respectivamente), ambas pertencentes à ordem Characiformes e à família Serrasalminidae. Esses peixes são endêmicos das bacias hidrográficas sul-americanas e amplamente distribuídos na bacia do rio Tocantins (Jégu, 2003).

A espécie *Pygocentrus nattereri*. (fig. 5) é caracterizada por seu comportamento gregário e alimentação predominantemente carnívora, com preferência por peixes e invertebrados aquáticos. Possui corpo robusto, coloração prateada com regiões avermelhadas, especialmente na porção ventral, além de dentes afiados e triangulares adaptados ao corte (Machado-Allison, 1982). Esses peixes costumam habitar zonas de águas mais calmas, como



remansos e margens de rios, onde formam cardumes (Jégu, 2003).



Figura 5: Fotografia de *Serrasalmus nattereri*. (piranha vermelha). (Fonte: Adaptado de Prieto, 2016)

*Serrasalmus rhombeus*. (fig. 6), por sua vez, apresenta comportamento mais solitário e agressivo. Essa espécie possui corpo lateralmente comprimido, mandíbula proeminente e coloração variável, geralmente acinzentada ou amarelada, com manchas laterais. Apesar de também serem carnívoros, esses peixes frequentemente exibem comportamento necrófago, alimentando-se de restos orgânicos e peixes mortos (Goulding, 1980). São encontrados preferencialmente em áreas marginais de rios e lagos, com vegetação abundante e baixa correnteza (Planquette; Keith; Le Bail, 1996).



Figura 6: Fotografia de *Serrasalmus rhombeus* (piranha preta). (Fonte: adaptado de Prieto, 2016)

Ambas as espécies são muito pescadas e consumidas como recurso alimentar na região amazônica, além disso, desempenham papel ecológico relevante nos ambientes aquáticos, atuando como predadores e influenciando as dinâmicas tróficas locais. Os indivíduos analisados



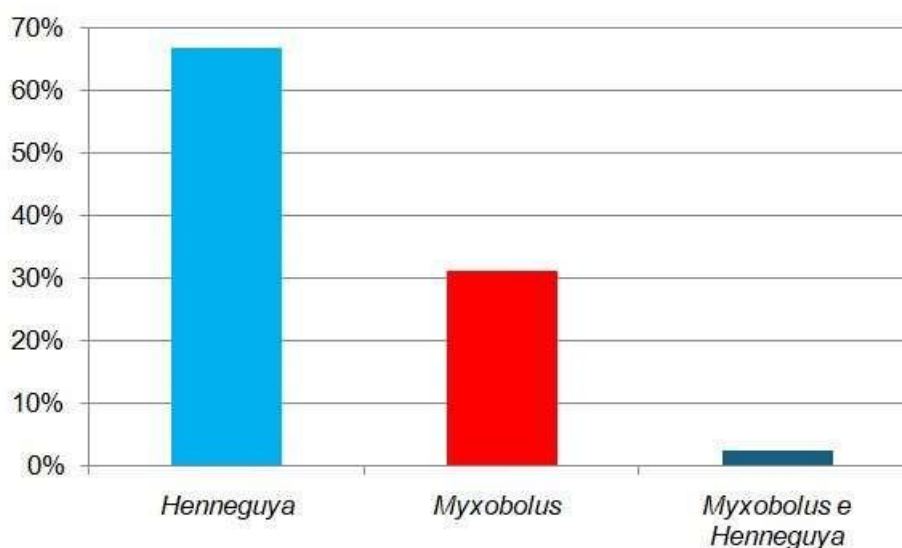
foram capturados em diferentes pontos do rio Tocantins, na região de Imperatriz (MA), considerando trechos com distintas características ambientais.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados 52 exemplares de Piranhas porção final do médio curso do rio Tocantins, entre regiões com mais e menos antropização. Dentre os espécimes coletados, apenas 10 (19,3%) eram de Piranhas Pretas (*S. rhombeus*), já a Piranha Vermelha (*P. nattereri*) apresentou uma frequência de aproximadamente 80,7% (42) dos peixes coletados, apontando que as populações dessa espécie é bem mais expressiva que outras espécies do grupo das Piranhas na região.

Os Myxozoários encontrados parasitando os peixes foram parasitos do genero *Henneguya* e *Myxobolus*, conforme apresentado no grafico 1, onde houve uma considerável frequência de *Henneguya* (67%) ocorrendo nos dois hospedeiros analisados, o gênero *Myxobolus* teve uma frequência de 31% e só foi observado em hospedeiros da espécie *P. nattereri*, o multiparasitismo dos dois gêneros citados foi observado em um único exemplar de Piranha Vermelha, adotando a frequência de aproximadamente 0,02%,.

Gráfico 1: Frequência de ocorrência dos myxozoários



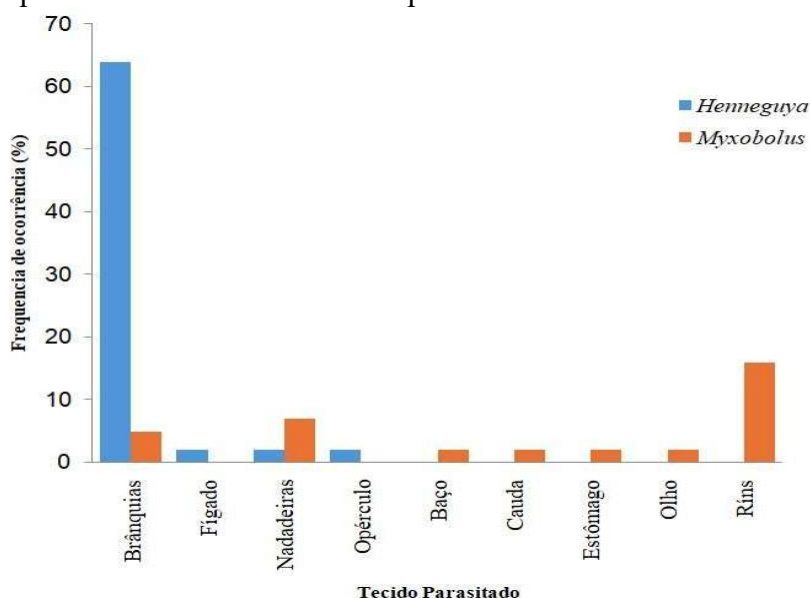
(Fonte: Do autor, 2025)

Em relação aos sítios de ocorrência e frequência dos parasitos verificados nos hospedeiros analisados, as brânquias foram a região de maior ocorrência de infecção, com destaque para o *Henneguya* sp. (65%) contra 5% de infecção por *Myxobolus* sp.. Também foi



observado *Henneguya* sp. na superfície externa do peixe parasitando Nadadeiras(2%) e Opérculo (2%) e também na parte interna do peixe, parasitando o fígado (2%). O *Myxobolus* sp teve ocorrência em brânquias, nadadeiras, cauda e em órgãos internos, como: baço, estômago e rins, sendo o rins o órgão com maior frequência (16%).

Gráfico 2: Frequência de ocorrência e tecido parasitado



(fonte: Do autor, 2025)

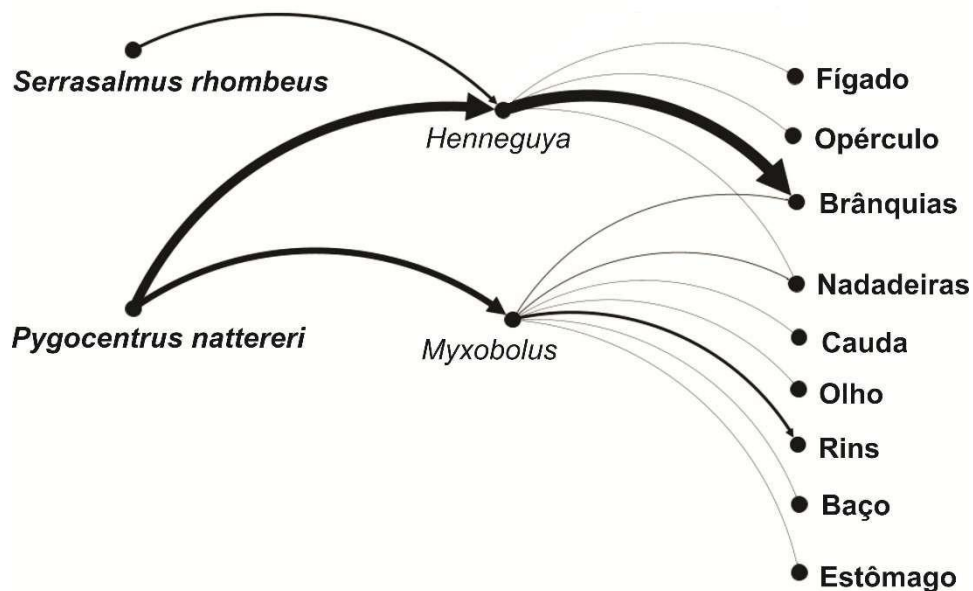
A partir dos dados levantados, foi elaborado um gráfico apontando as inter-relações entre os parasitas e os diferentes locais de infecção, com a utilização de uma análise de mapeamento de rede (Gráfico 3), executada em Gephi v. 0.9.1 (Bastian et al. 2009, Cherven 2015).

### 5.1 Análise morfométrica

Os parasitos encontrados foram examinados com o material a fresco entre lâmina e laminula a partir do microscópio óptico, onde foram feitas fotomicrografias (Fig. 5) de cistos e esporos dos myxozoários encontrados para aferição de dados morfométricos das estruturas encontradas, a fim de comparar com dados já presentes na literatura. As morfometrias foram aferidas em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) utilizando o programa ImageJ versão 1.46r e, posteriormente, foram obtidos valores de média e desvio padrão.



**Gráfico 3: Inter-relações entre parasito, hospedeiro e local de infecção através de Mapeamento de rede.**



(Fonte: Do autor, 2025)

Foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) multivariada para compilar os seguintes dados para *Henneguya* sp.: comprimento e largura das capsulas polares, comprimento, largura e tamanho total do esporo e tamanho da cauda do esporo. Para o gênero *Myxobolus*, foi medido comprimento e largura das capsulas polares e comprimento e largura do corpo do esporo. As análises foram realizadas utilizando o software PAST 3.0.

O PCA para *Henneguya* sp. (gráfico 5) revelou a existência de dois grandes agrupamentos de espécies, indicando padrões de similaridade e distinção baseados nas variáveis ambientais ou nas localidades amostradas. O primeiro componente principal (Eixo 1), responsável por 47,7% da variação, separou nitidamente espécies como *H. amazonica*, *H. rhamdia* e *H. paraensis*, que se distanciam das demais e mostram correlação com os “CPC” (comprimento das capsulas polares) e CT (comprimento total do myxosporo). O *Henneguya* sp1 (presente estudo), teve uma similaridade maior com o *H. paraensis* e se agrupou juntamente com *H. aequidens* e *H. saccacaensis*. *Henneguya* sp2 e *H. santarensis*. Um padrão recorrente em todos os foi o sítio de infecção, as brânquias.



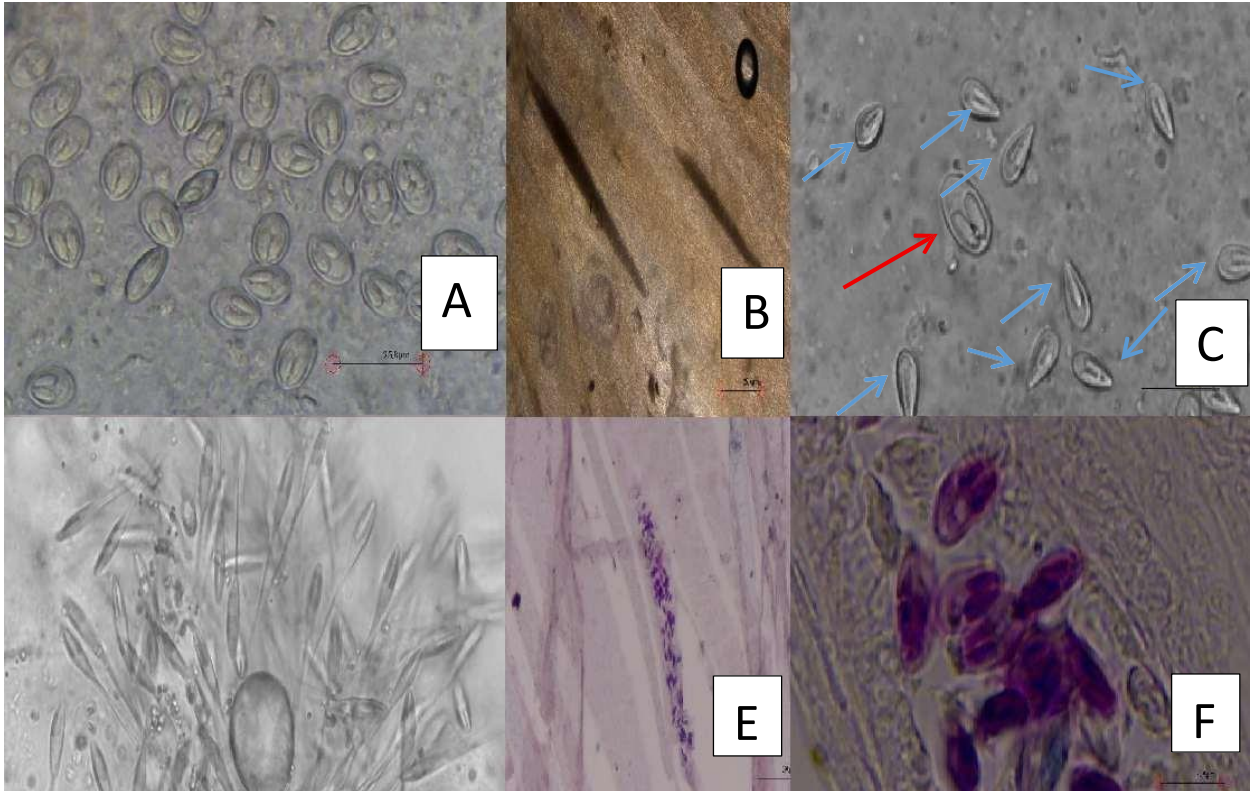


Figura 7: Fotomicrografia de mixozoários. A – vários espécimes de *Myxobolus* sp1 em aumento de 400x; B -Cisto alongado de *Myxobolus* nas brânquias de *P. Nattereri* em aumento de 100x; C – Multiparasitismo de *Myxobolus*: *Myxobolus* sp2 (seta vermelha) e *Myxobolus* sp3 (seta azul) em aumento de 600x; D – *Henneguya* sp parasitando as brânquias em aumento de 400x; E – Cisto alongado nas brânquias corado pela técnica Ziehl-Neelsen, evidenciando os esporos; F – Esporos corados tecnica Ziehl-Neelsen, evidenciando as capsulas polares.

O dendrograma de análise de agrupamento *Two-Way* (figura 8) também agrupou as espécies de *Henneguya* em dois grandes grupos, apresentando forte similaridade intragrupo e distinção entre os grupos. O *Henneguya* sp1 se agrupou com *H. paraensis*, *Henneguya* sp2 e *H. santarensis*, tendo maior similaridade com o *H. paraensis*, espécie encontrada no *Cichla temensis* (tucunaré). Vale ressaltar que as análises das morfometrias para *Henneguya* apresentaram uma diversidade de hospedeiros (tabela 2), onde *Henneguya* sp1 parasita *P. nattereri* (Serrasalmídeo), *H. paraensis*, *H. aequidens*, *H. sacacaensis* e *H. amazonica* foram encontrados em Ciclídeos, enquanto as espécies *H. rhambia* e *H. santarensis* foram encontrados em peixes da família Pimelodidae.

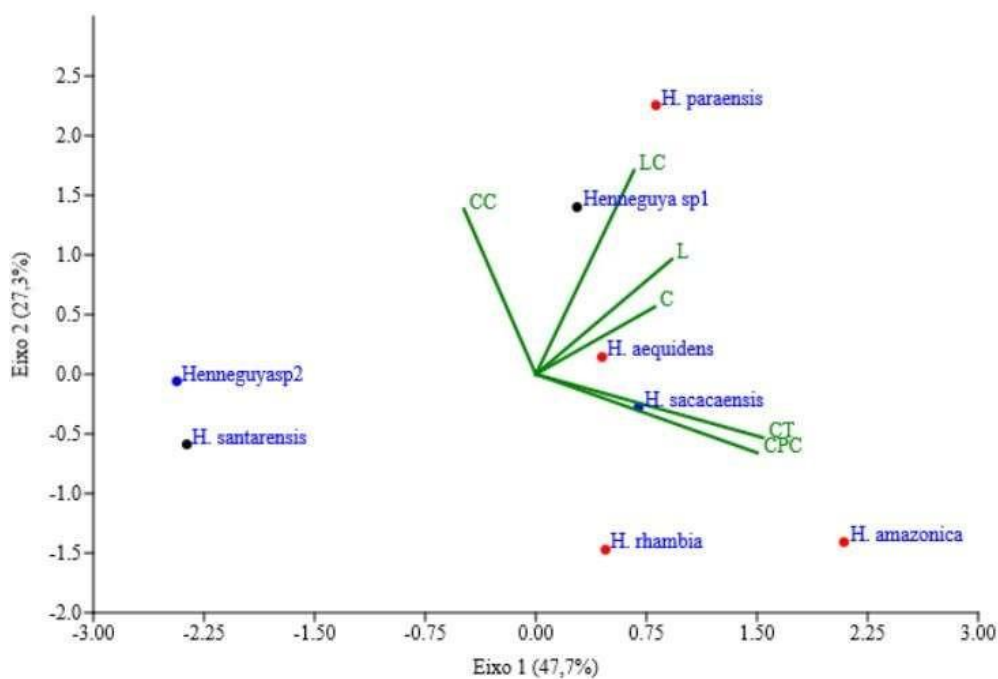


Tabela 2: Morfometria comparada para o gênero *Henneguya*. CT-Comprimento Total; CC-Comprimento do prolongamento caudal.

ESPÉCIE	HOSPEDEIRO	SITIO DE INFECCÃO	LOCALIDADE	CT	CORPO DO ESPORO		CC	CÁPSULA POLAR		REFERENCIA
					Comp.	Larg.		Comp.	Larg.	
<i>Henneguya</i> sp1		Branquias	Maranhão	45,1	18,5	4,5	28,1	8,8	2,1	Trabalho atual
<i>Henneguyasp2</i>	<i>Pygocentrus nattereri</i>	Branquias	Amapá	32,4	12,9	4,5	19	6,6	1,2	Sena et al. (2024)
<i>H. paraensis</i>	<i>Cichla temensis</i>	Brânquias	Pará	42,3	12,8	8,6	29,5	7,4	2,6	Velasco et al.,(2016)
<i>H. aequidens</i>	<i>Aequidens plagiozonatus</i>	Brânquias	Pará	41	15	6	27	3	2	Videiraetal.,(2015)
<i>H. sacacaensis</i>	<i>Satanoperca jurupari</i>	Brânquias	Amapá	46,5	16,5	5,1	30	3,8	1,7	Ferreira et al., (2020)
<i>H. rhambia</i>	<i>Rhamdia quelen</i>	Brânquias	Pará	50	13,1	5,2	36,9	4,7	1,1	Matos et al.,(2005)
<i>H. amazonica</i>	<i>Crenicichla lepidota</i>		Pará	59,3	13,9	5,7	45,4	3,3	1,5	Rocha et al., (1992)
<i>H. santarensis</i>	<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	Brânquias	Pará	31,9	10,8	4,3	21	4,6	1,4	Naldoni et al., (2018)

(Fonte: Adaptado de De Sena, 2024)

Grafico 4: PCA comparativo para o gênero *Henneguya*



(Fonte: Do Autor, 2025)



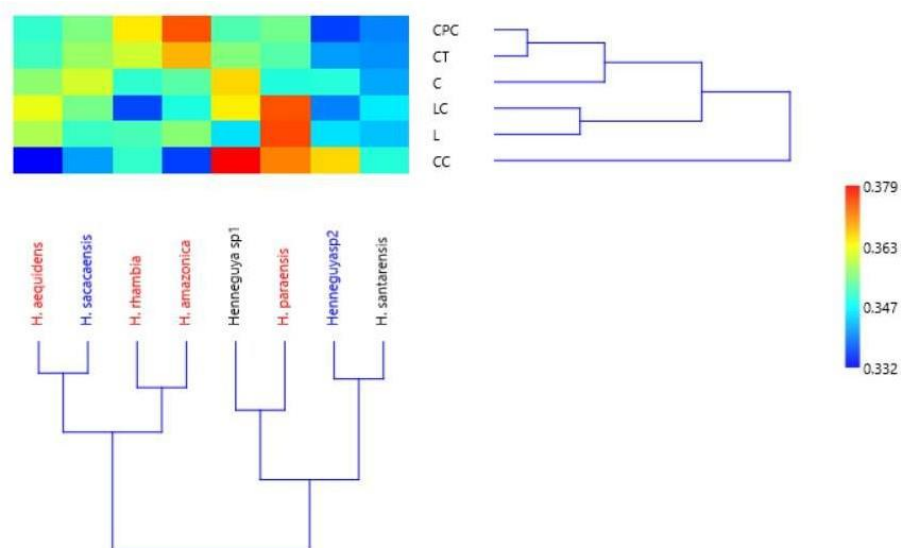


Figura 8: Dendrograma two-way cluster para verificação de semelhança. (Fonte: Do autor, 2025)

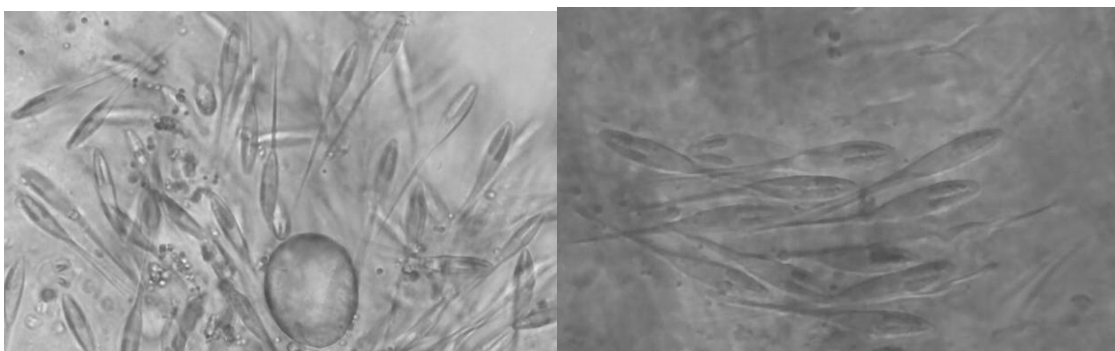


Figura 9: Fotomicrografia de *Hennequya sp.* (Fonte: Do autor, 2025)

Dentre os *Myxobolus* encontrados, o presente estudo observou 3 morfologias diferentes, onde foram classificadas como *Myxobolus* sp.1, *Myxobolus* sp.2 e *Myxobolus* sp.3, sendo que o *Myxobolus* sp1 foi encontrado parasitando as brânquias e *Myxobolus* Sp2 e Sp3 foram encontrados parasitando o mesmo órgão (rim), ambos em hospedeiros da espécie *P. Nattereri*. Estes *Myxobolus* foram comparados com outros descritos na literatura (tabela 3), a partir disso foi feito PCA e dendrograma de agrupamento Two-Way.



TABELA 3: Tabela comparativa com dados morfométricos em micrometros ( $\mu\text{m}$ ) do gênero *Myxobolus*.

PARASITO	HOSPEDEIRO	LOCAL DE INFECÇÃO	LOCALIDADE	ESPORO		CÁPSULA POLAR		REFERÊNCIA
				Comp.	Larg.	Comp.	Larg.	
<i>Myxobolus</i> sp1	<i>Pygocentrus nattereri</i>	Brânquias	Maranhão	15,7	9,4	8,7	3,1	Presente Estudo
<i>Myxobolus</i> sp2	<i>Pygocentrus nattereri</i>	Rim	Maranhão	16,6	10,1	8,8	3,7	Presente Estudo
<i>Myxobolus</i> sp3	<i>Pygocentrus nattereri</i>	Rim	Maranhão	11,7	5,7	7,3	1,7	Presente Estudo
<i>Myxobolus</i> sp4	<i>Pygocentrus nattereri</i>	Filamento branquial, nadadeira caudal e rim	Amapá	18,5	10	9,1	2,9	Sena et al. (2024)
<i>Myxobolus</i> sp5	<i>Pygocentrus nattereri</i>	Nadadeira caudal e rim	Amapá	12	7,5	8,4	1,9	Sena et al. (2024)
<i>Myxobolus</i> sp6	<i>Metynnis lippincottianus</i>	Arco branquial e rim	Amapá	9,3	2,9	15	2,4	Façanha et al., (2024)
<i>Myxobolus</i> sp7	<i>Metynnis lippincottianus</i>	Sangue e rim	Amapá	11	4,1	6,5	1,6	Façanha et al., (2024)
<i>Myxobolus</i> sp8	<i>Metynnis hypsauchen</i>	Sangue e rim	Pará	12,5	7,3	6,2	2,8	Oliveira et al., (2020)
<i>M. maculatus</i>	<i>Metynnis maculatus</i>	Rim	Pará	21	8,9	12,7	3,2	Casal et al., (2002)
<i>M. tapajosi</i>	<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	Filamento branquial	Pará	15	10,7	5,8	3	Zatti et al., (2018)
<i>M. niger</i>	<i>Corydoras melini</i>	Arco branquial	Amazonas	11,3	6,8	5	2	Mathews et al., (2016)
<i>M. marajoensis</i>	<i>Rhamdia quelen</i>	Intestino	Pará	9,1	2,9	5,3	1,6	Abrunhosa et al., (2017)
<i>M. metynnis</i>	<i>Metynnis argenteus</i>	Região orbicular	Pará	13,1	7,8	5,2	3,2	Casal et al., (2006)
<i>M. freitasi</i>	<i>Brachyhyppopomus beebei</i>	Cérebro	Pará	18,6	8,6	13	5,6	Sindeaux-Neto et al., (2021)

Para o gênero *Myxobolus*, gráfico de dispersão na PCA (gráfico 5) evidencia que o Eixo 1 explicou 66,7% da variância e o Eixo 2, 24,6%, totalizando 91,3% da variabilidade dos dados, o que indica forte representatividade dos componentes principais em relação às variáveis.

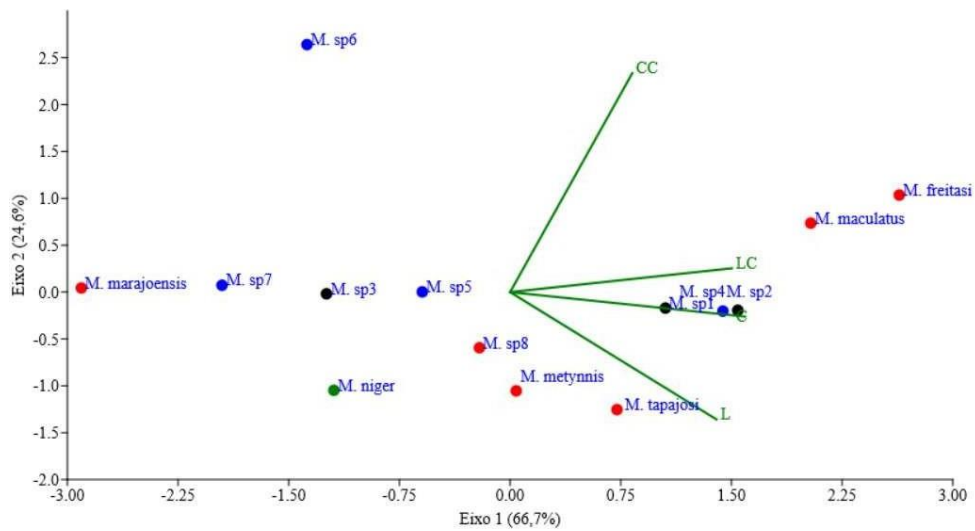
As amostras de *M. sp1* e *M. sp2* apresentaram proximidade entre si, ficando próximas dos vetores LC (largura da capsula polar), C (comprimento do esporo) e CC (comprimento da capsula polar). Esta associação morfoecológica pode refletir estratégias parasitárias semelhantes. Por outro lado, *M. sp3* demonstrou morfologia distinta, aparecendo isolada das outras amostras do presente estudo.

O dendrograma gerado a partir da análise de agrupamento hierárquico mostra a



formação de agrupamentos bem definidos, baseados na similaridade entre os parasitos. *M. sp1* e *M. sp2* (ambas do presente estudo) aparecem fortemente agrupadas entre si, sugerindo elevada similaridade morfológica. *M. sp3*, no entanto, aparece em um ramo diferente, mais próximo de *M. sp5* e distante dos grupos formados por *M. sp1* e *M. sp2* (gráfico 5). Isso reforça o padrão identificado na PCA: a diferenciação de *M. sp3* em relação aos demais, corroborando a análise PCA.

Gráfico 5: PCA de comparativo de *Myxobolus*



(fonte: do autor, 2025)

A análise de similaridade reforça o resultado da PCA, confirmando a proximidade entre *M. sp1* e *M. sp2* e a singularidade ecológica de *M. sp3*.

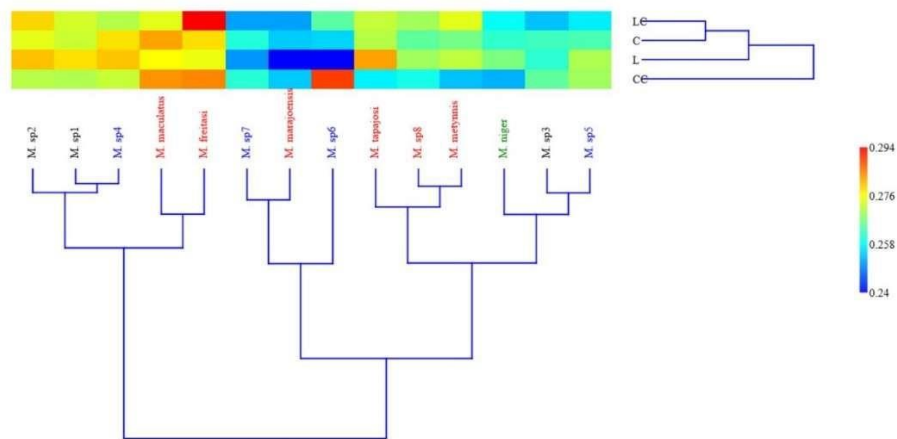


Figura 10: Dendrograma de *Myxobolus* demonstrando distinções e similaridades para o gênero. (fonte: do autor, 2025)



## 5.2 Análises moleculares

A técnica de Reação de Cadeia Polimerase foi utilizada a fim de obter amplificação parcial do gene 18S dos mixosporídeos coletados. Após evidenciação da presença de material genético nos amplicons obtidos (Fig. 11) o material foi encaminhado para o serviço de sequenciamento. De 22 amostras enviadas para sequenciamento, somente duas resultaram em sequências de nucleotídeos com qualidade para comparação com a base de dados do NCBI.

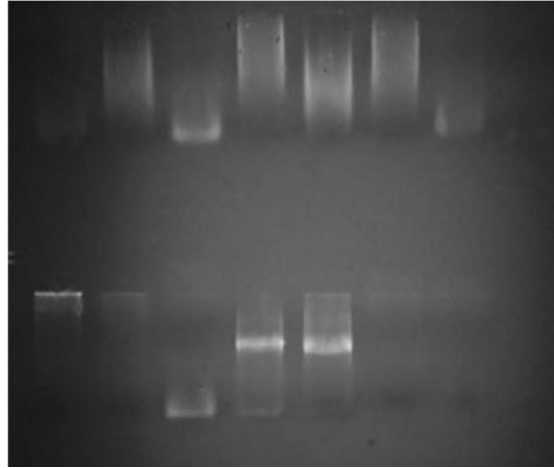


Figura 11 – Resultado de eletroforese de amplicons resultantes do PCR de amostras de mixozoários coletados em Piranha Vermelha do rio Tocantins. Fonte: Do autor, 2025.

O material amplificado a partir das amostras de *Myxobolus* sp4 coletados de cistos nas nadadeiras de *P. nattereri* na gerou um contig com 965 pares de bases que apresentou durante comparação com a base de dados do NCBI maior cobertura em relação a *Myxobolus dermatoulcerans* (MT912631) parasito de *Pygocentrus nattereri* na América do Norte e maior identidade em relação a *Myxobolus duriensis* (MK053783) parasito de *Pseudochondrostoma duriense* na porção ibérica do continente europeu (Fig. 12).

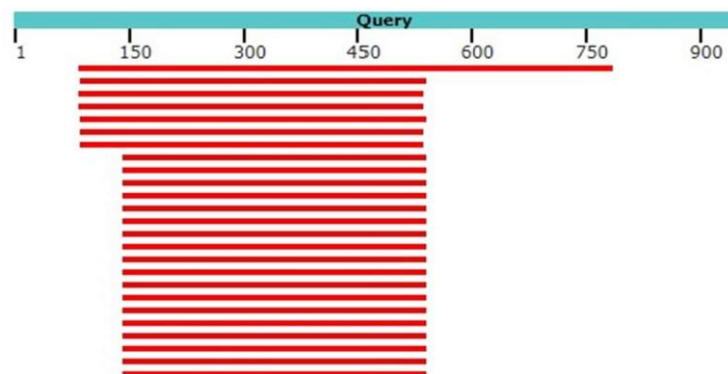


Figura 12 – Resultado gráfico da comparação da sequência parcial de *Myxobolus* sp, parasite histozóico de nadadeiras de exemplares de *P. nattereri*, capturados no rio Tocantins.

A análise filogenética o *Myxobolus* sp encontrado no tecido branquial e nadadeiras de de *P. nattereri*, quando comparado a outros Myxobolídeos parasitos de peixes brasileiros, se



alinhou ao clado de parasitos de peixes da familia Serrasalmidae na região amazônica (Fig. 6). A melhoria no tamanho da sequência parcial é necessária para a verificação se este parasito de peixes na bacia do rio Tocantins é uma nova espécie ou uma nova ocorrência de distribuição de uma espécie já conhecida de *Myxobolus*.

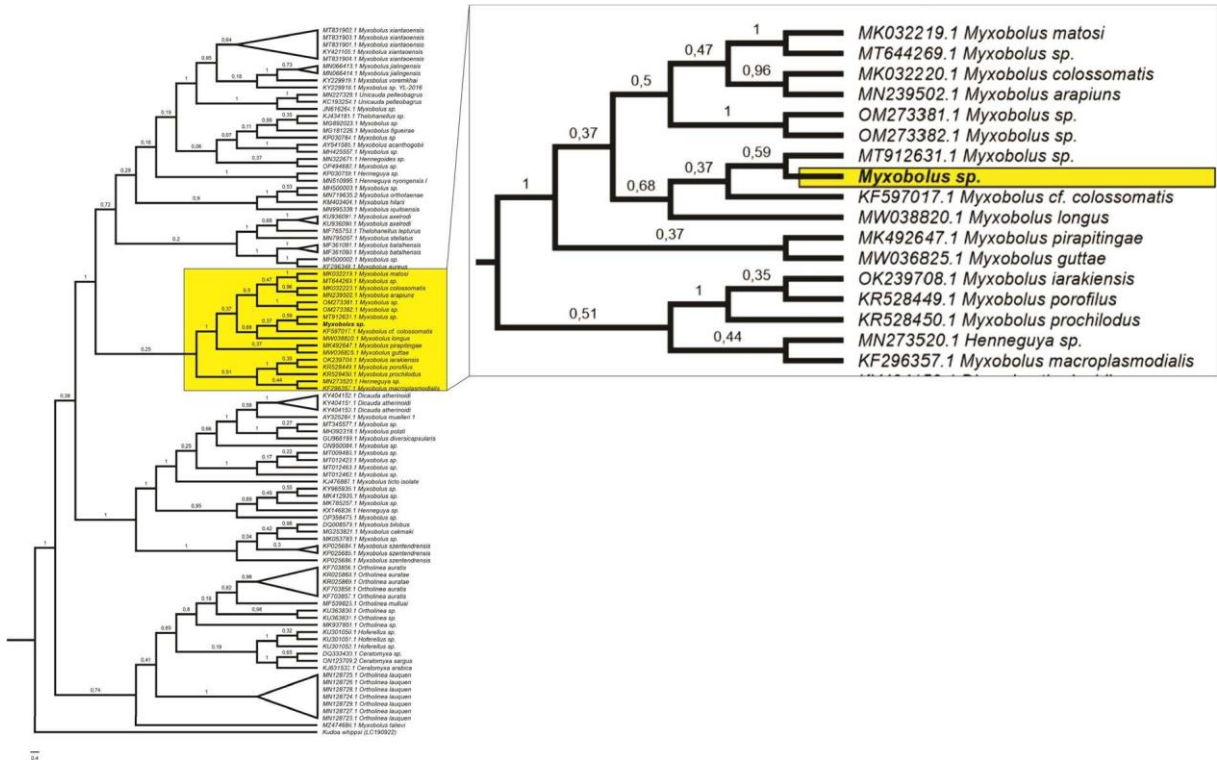


Figura 13 – Análise filogenética da sequência parcial de *Myxobolus* sp, parasito histozóico de nadadeiras de exemplares de *P. nattereri*. no rio Tocantins, em relação a 98 sequências de Myxobolidae parasites de peixes da região tropical.

A diversidade conhecida de myxozoários na região tocantina do rio Tocantins ainda é baixa. Como citado por Silva et al. (2021), o endemismo quanto a distribuição geográfica e a especificidade em relação aos hospedeiros são fatores já bastante discutidos e estudados em relação aos myxozoários e reforça a idéia de que o aumento do esforço de pesquisa na região pode trazer como resultado a elevação na descrição de novas species de myxozoários parasitos de peixes nativos na bacia do rio Tocantins.

A presença de representantes do gênero *Myxobolus* na região de estudo já foi citado por Silva et al (2019). Contudo, os parasitos citados para esse gênero ainda não haviam sido Identificados utilizando-se ferramentas de biologia molecular e portanto não foi possível a discussão sobre a filogenia destes parasitos. A abordagem utilizada o presente estudo, com a descrição morfológica e molecular deste grupo de parasitos encontrados em espécimes de peixes Serrasalmideos nativos da bacia do rio Tocantins, tem o potencial de ampliar de forma significativa a diversidade conhecida deste clado de microparasitos na região tropical.



## 6 CONCLUSÃO

Os resultados das análises possibilitaram evidenciar a presença de agentes parasitários em duas espécies de Piranhas capturados na bacia do rio Tocantins, no município de Imperatriz - MA. O myxozoa com maior ocorrência foi do gênero *Henneguya*, que foi observado em 65% dos peixes analisados, enquanto do gênero *Myxobolus* apresentou uma ocorrência de 5 %. *Henneguya* foi observado tanto no hospedeiro *P. nattereri*, quanto no *S. rhombeus*, tendo uma notável preferência por parasitar as branquias dos peixes. Os *Myxobolus* não foram observados em *S. rhombeus*, entretanto, a quantidade de espécimes coletadas foi ligeiramente baixa (10 espécimes), uma quantidade maior de amostras se faz necessário para discutir a ocorrência ou não do parasito desse gênero no hospedeiro citado.

A partir de dados morfométricos foi feita Análise de Componentes Principais (PCA) para ambos os gêneros de mixozoários, onde a espécie *Henneguya sp* (presente estudo) se agrupou com *H. paraensis*, *Henneguya sp2* e *H. santarensis*, tendo maior similaridade com o *H. paraensis*, espécie encontrada no *Cichla temensis* (tucunaré). Enquanto a PCA para *Myxobolus sp1*, *Myxobolus sp2* apresentaram proximidade entre si, ficando próximas dos vetores LC (largura da capsula polar), C (comprimento do esporo) e CC (comprimento da capsula polar). Por outro lado, *Myxobolus. sp3* demonstrou morfologia distinta, aparecendo isolada das outras amostras do presente estudo.

Com os 965 pares de bases gerados a partir de amostra de DNA do *Myxobolus sp3.*, encontrado na *P. nattereri*, foi possível fazer o alinhamento com diversas sequências de pares de base de outros myxobolídeos e constatar que há uma proximidade filogenética com outros parasitos que ocorrem na família de peixes Serrasalmus. Mais complementos na sequência de nucleotídeos se faz necessário para a discussão se de fato está sendo verificado uma espécie de nova ocorrência.



## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO C, MATOS E. *Amazonspora* Hassar. gen. and n. sp. (Phylum Microsporídia, Fam. Glugeidae), a parasite of the amazonian teleost *Hassarorestis* (Fam. Doradidae). **Journal of Parasitology**89 (2): 336-341, 2003.
- AZEVEDO, Carlos et al. A new species of Myxozoa, *Henneguya rondoni* n. sp.(Myxozoa), from the peripheral nervous system of the Amazonian fish, *Gymnorhamphichthys rondoni* (Teleostei). **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 55, n. 3, p. 229-234, 2008.
- AZEVEDO C. Morphological and ultrastructural redescription of *Calyptospora serrasalmi* Cheung, Nigrelli & Ruggieri, 1986 (Apicomplexa: Calyptosporidae), a parasite found in two new host species of the genus *Serrasalmus*. **Brazilian Journal of Morphological Sciences**24: 11-16, 2007.
- BARASSA, B; ADRIANO EA, ARANA S, CORDEIRO NS. *Henneguya curvata* sp. n. (Myxosporia: Myxobolidae) parasitando as brânquias de *Serrasalmus spilopleura* (Characidae: Serrasalminae), um peixe de água doce sul-americano. *Folia Parasitol (Praha)* 2003;50(2):151–153. doi: 10.14411/fp.2003.
- BASTIAN M, HEYMANN S, JACOMY M. 2009. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media.
- BASTOS, Danielle Lucas. Estudo morfológico de microparasitas eucariotos encontrados em AmuréEleotrisaff. pisonis e Jacundá *Crenicichlasaxatilis* coletados no distrito de Outeiro, Belém, Pará, Brasil. 2018.
- BELLAY, S.; TAKEMOTO, R. M.; OLIVEIRA, E. F. Is the community of fish gill parasites structured in a Neotropical floodplain? *ActaParasitologica*, 57(1), 53–60. 2012.
- Beth Okamura et al. Extensive Uncharted Biodiversity: The Parasite Dimension. **Integrative and Comparative Biology**, Volume 58, Issue 6, Dezembro, 2018.
- CASAL G, PADOVAN I, MATOS E, PADOVAN P, MATOS P, GUIMARÃES A, AZEVEDO C. Morphological and ultrastructural redescription of *Calyptospora serrasalmi* Cheung, Nigrelli & Ruggieri, 1986 (Apicomplexa: Calyptosporidae), a parasite found in two new host species of the genus *Serrasalmus*. **Brazilian Journal of Morphological Sciences**24: 11-16, 2007.
- CASAL, G.; MATOS, E.; AZEVEDO, C. Some ultrastructural aspects of *Henneguya striolata* sp. nov.(Myxozoa, Myxosporia), a parasite of the Amazonian fish *Serrasalmus striolatus*. **Parasitology Research**, v. 83, n. 1, p. 93-95, 1997.
- CERDEIRA, Regina Glória Pinheiro; RUFFINO, Mauro Luis; ISAAC, Victoria Judith. Consumo de Pescado E Outros Alimentos Pela POPULAÇÃO Ribeirinha do Lago Grande de Monte Alegre, PA-Brasil. **Acta Amazonica**, v. 27, n. 3, p. 213-227, 1997.
- CHERVEN K. 2015. Mastering Gephi network visualization. Birmingham: Packt Publishing.
- DE SENA, Nayana Moraes et al. Multiparasitism by myxozoans in *Pygocentrus nattereri* (Characiformes: Serrasalminidae) from Sacaizal Lake, in the municipality of Pracuúba, state of



Amapá, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária/Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, v. 34, n. 1, p. e001125, 2025.

DE SENA, Nayana Moraes et al. *Myxobolus medusae* n. sp., a new species of Myxozoa with dendritic appendages. **Parasitology International**, p. 103106, 2025.

ESZTERBAUERE; KALLERT,DM; GRABNER,D;EL-MATBOULI,M. Differentially expressed parasite genes involved in hostre cognition and invasion of the *triactinomyx* on stage of *Myxoboluscerebralis* (Myxozoa).**Parasit.**136:367-377,2009.

**FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.***The Stateof World FisheriesandAquaculture 2022: Towards Blue Transformation.*Rome: FAO, 2022.

FAO. El estado mundial de la pesca y laacuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y lanutrición para todos, Roma, Itália, 2016. 224 pp. 2016.

GOOGLE EARTH. *Trecho do Rio Tocantins, Maranhão – Brasil.* Mountain View: Google, 2025. Imagem de satélite. Disponível em: <https://earth.google.com>. Acesso em: 2 jul. 2025.

GOULDING, M. *The Fishes and the Forest: Explorations in Amazonian Natural History.* Berkeley: University of California Press, 1980.

HALL,TA. BioEdit: a user-friendlybiologicalsequencealignment editor andanalysisprogram for Windows 95/98/NT. **NucleicAcidsSymp** 41: 95–98, 1999 *Hydrobiologia*. 701:13–23. 2013. in *Brachyplatystoma vaillantii* trapped at the Vigia, State of Pará, Brazil. **Brazilian**

JÉGU, M. Serrasalminae (Pacus and piranhas). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR., C. J. (Ed.). *Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America.* Porto Alegre:

LOM, J.; DYKOVÁ, I. Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, lifecycle terminology and oathogenic species. *Fol. Parasitol.* 43:1-36, 2006.

LOM, J.; DYKOVÁ, I. Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life-cycle terminology and pathogenic species. *Folia Parasitologica*, v. 49, p. 1–36, 2002.

MACHADO-ALLISON, A. *Estudios sobre la subfamilia Serrasalminae (Pisces-Characidae). Parte I. Revisión taxonómica del género Serrasalmus.* *Acta Biologica Venezuelica*, v. 11, n. 4, p. 1–140, 1982.

macropomum (Cuvier, 1818) (Characidae, Serrasalminae) in the Amazon region, Brazil. *Aquaculture reports*, v. 3, p. 31-34, 2016.

MALTA, J.C.O. Os peixes de um lago de várzea da Amazonia Central (Lago Janauacá, rioSolimões) e suas relações com os crustáceos ectoparasitas (Branchiura: Argulidae). **ActaAmazonica**14 (3-4):355-372. 1984.

MALTA, José Celso de Oliveira. Os peixes de um lago de várzea da Amazônia Central (Lago Janauacá, Rio Solimões) e suas relações com os crustáceos ectoparasitas (Branchiura: Argulidae). **Acta Amazonica**, v. 14, n. 3-4, p. 355-372, 1984.



MATOS, E. et al. Infection of the heart of *Pimelodus ornatus* (Teleostei, Pimelodidae), by *Myxobolus* sp. (Myxozoa, Myxobolidae). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 23, n. 4, p. 543-546, 2014.

MATOS, E.; BRESSAN, C. M.; CECCARELLI, P. S.; TAKEMOTO, R. M. *Henneguya* spp. (Myxozoa) parasitizing gills of *Serrasalmus* spp. from the Amazon basin, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 23, n. 4, p. 500-504, 2014.

MATOS, E.; MENDONÇA, I.; AZEVEDO, C. *Vavraia lutzomyiae* sp. (Phylum Microspora) infecting the sand fly *Lutzomyia longipalpis* (Psychodidae, Phlebotominae), a vector of human visceral leishmaniasis. **Europ. J. of Prot.** 42:21–28. 2006.

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.

MORAES, F. R. et al. Aspectos gerais da parasitologia de peixes de água doce do Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 18, n. Supl. 1, p. 1-13, 2009.

MORAIS, A. M. Biodiversidade de parasitos da piranha vermelha *Pygocentrus nattereri* (Kner, 1858) (Characiformes; Serrasalminidae) e sua avaliação como bioindicadores na Amazônia Central. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2011.

OKAMURA, Beth; GRUHL, Alexander; BARTHOLOMEW, Jerri L. **An introduction to myxozoan evolution, ecology and development**. Springer International Publishing, 2015.

PLANQUETTE, P.; KEITH, P.; LE BAIL, P. Y. *Atlas des poissons d'eau douce de Guyane*. Tome 1. Collection du Patrimoine Naturel. Paris: INRA, 1996. 429 p.

PRIETO, Edgar. Realidades y mitos de los “Peces que comen primero”: Las pirañas amazónicas. **Revista Digital Fulica**, v. 4, p. 4-6, 2016.

RODRIGUES, Raissa Nunes. Revisão de literatura das espécies de *Henneguya* e *Myxobolus* (Cnidaria, Myxosporea) descritas em peixes dulcícolas do Brasil. Orientador: Jacqueline Pompeu Abrunhosa. 2021. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, 2021

SANTIAGO H, CORRÊA JL, TORTELLY R, MENEZES RC, MATOS P, MATOS E. Morphology and histopathology of *Calyptospora* sp. (Apicomplexa: Calyptosporidae) in speckled peacock bass, *Cichla temensis* Humboldt, 1821 (Perciformes: Cichlidae), from the Marajó-Açu River, Marajó Island, Brazil. **Parasitology Research** 110: 2569–2572, 2012.

SILVA MC, SÃO CLEMENTE SC, PIKANÇO JÚNIOR JÁ, SILVA MVO. *Calyptospora* sp.

SILVA, MF, NEGREIROS-MENDES FG, LOPES-SILVA LE, SINDEAUX-NETO JL,

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* 119, 871–878.

STILWELL, Justin M. et al. Necroulcerative dermatitis associated with *Myxobolus dermatoulcerans* n. sp.(Cnidaria: Myxobolidae) in red-bellied piranha, *Pygocentrus nattereri* Kner (Characiformes: Serrasalminidae), from Peru. **Systematic Parasitology**, v. 97, p. 649-659, 2020.

VIDEIRA, M.; VELASCO, M.; MALCHER, C. S.; SANTOS, P. N. S.; MATOS, P; MATOS, Vital, J. F., Varella, A. M. B., Porto, D. B., & Malta, J. C. O. (2011). Sazonalidade da fauna de metazoários de *Pygocentrusnattereri* (Kner, 1858) no lago Piranha (Amazonas, Brasil) e a avaliação de seu potencial como indicadora da saúde do ambiente. *Biota Neotropica*, 11(4), 1-10. 2016.

