



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS AQUÁTICOS
TROPICAIS

ADRIANE DOS SANTOS MIRANDA LOBATO

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MOLECULAR DE UM
MYXOZOÁRIO EM *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840)
CAPTURADA NO LITORAL AMAZÔNICO

BELÉM- PA

2024

ADRIANE DOS SANTOS MIRANDA LOBATO

**CARACATERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MOLECULAR DE UM
MYXOZOÁRIO EM *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840)
CAPTURADA NO LITORAL AMAZÔNICO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Parasitologia de Organismos Aquáticos.

Orientador: Prof. Dr. Igor Guerreiro Hamoy

BELÉM

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L796c Lobato, Adriane dos Santos Miranda
CARACATERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MOLECULAR DE UM MYXOZOÁRIO EM
Brachyplatystoma vaillantii (Valenciennes, 1840) CAPTURADA NO LITORAL
AMAZÔNICO CARACATERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MOLECULAR DE UM MYXOZOÁRIO EM
Brachyplatystoma vaillantii (Valenciennes, 1840) CAPTURADA NO LITORAL AMAZÔNICO / Adriane
dos Santos Miranda Lobato. - 2024.
68 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Aquicultura e Recursos Aquáticos
Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia,
Belém, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Igor Guerreiro Hamoy

1. Amazônia. 2. Microparasitos. 3. Órgãos. 4. Peixes. I. Hamoy, Igor Guerreiro, orient. II. Título

CDD

616.960098115

ADRIANE DOS SANTOS MIRANDA LOBATO

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MOLECULAR DE UM
MYXOZOÁRIO EM *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840)
CAPTURADA NO LITORAL AMAZÔNICO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Igor Guerreiro Hamoy

Aprovado em 29 de maio de 2024

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Igor Hamoy. (Orientador)

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Prof. Dr. Diehgo Tuloza da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA



Prof. Dr. Marcelo Francisco da Silva

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL



Prof. Dr. Sávio Lucas De Matos Guerreiro

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

“Não sou nada. Nunca serei nada. Não posso querer ser nada. À parte isso, tenho em mim todos os sonhos do mundo”

(Fernando Pessoa)

*“Dedico este trabalho a minha avó:
Fabiana Benedita e ao meu avô José
Cruz; ao meu saudoso orientador:
Edilson Matos (in memoriam)”*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus pela dádiva da vida e por me proporcionar a oportunidade de realizar este trabalho. Sua orientação, guia e proteção foram fundamentais em cada passo desta jornada.

Agradeço à comunidade que fui adotada: “Estrela d’Água”, bem como aos dirigentes e anfitriões da casa. Por todo o trabalho e cânticos, gratidão.

Quero dedicar esta dissertação de mestrado ao meu falecido orientador, Edilson Rodrigues Matos. Suas lições, sabedoria e falas deixaram uma marca indelével em mim. Seus ensinamentos continuarão a inspirar meu caminho acadêmico e profissional. Obrigada por deixar transparente esse mundo de conhecimento intenso e grande de microparasitas.

Ao meu atual orientador, Igor Hamoy, expresso minha sincera gratidão por aceitar me orientar. Sua orientação, incentivo e expertise foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Gostaria de destacar e agradecer especialmente ao meu namorado, Gabriel Xavier, por todo cuidado, carinho e paciência ao longo deste processo. Sua presença constante e apoio incondicional foram fontes de força e inspiração. Além de contribuições acadêmicas pelas quais sou muito grata.

Também, às pessoas de mais destaque na minha vida, minha irmã gêmea e mãe, Adriny dos Santos Miranda Lobato e Adriana Carla Ribeiro dos Santos, expresso minha profunda gratidão e amor, por serem a melhor família que eu poderia imaginar. Seu amor, apoio e compreensão tornaram esta jornada possível e menos maçante. Sou eternamente grata por tudo que fizeram por mim. Quero homenagear e honrar todo o amor que foi fornecido. Muita gratidão.

Agradeço também aos amigos íntimos. E os colegas da Pós-graduação, e Biomedicina. As minhas amigas da veterinária, obrigada por deixar essa trajetória integral menos cansativa e as demais pessoas que de alguma forma contribuíram para este trabalho e para minha trajetória acadêmica.

Também, aos integrantes do grupo de pesquisa “PROTOPARASITAS DA AMAZÔNIA”, com o diretório do professor doutor Edilson Matos. Assim, é inestimável elucidar os ensinamentos que me foram repassados.

Por fim, agradeço à instituição UFRA e CAPES pelo apoio financeiro concedido, que tornou possível a realização deste projeto. Além do meu programa de pós-graduação: PPGAqRAT. Além dos laboratórios que eu pude fazer parte, o saudoso LPCA.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1.	Considerações gerais	17
1.2.	A importância do estudo de parasitos em peixes	19
1.3.	A pesca na região amazônica	19
1.4.	A pesca no Nordeste paraense (Colares)	20
1.5.	<i>Brachyplatystoma vaillantii</i> (Valenciennes, 1840)	22
1.6.	Microparasitos	24
1.7.	Parasitos do Filo <i>Cnidaria</i> , subfilo myxozoa	25
1.8.	Gênero <i>Ceratomyxa</i>	29
2	OBJETIVOS	31
2.1.	Objetivo Geral	31
2.2.	Objetivos Específicos	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1.	Caracterização do estudo	32
3.2.	Procedimentos éticos da pesquisa	32
3.3.	Descrição do local e população em estudo	33
3.4.	Microscopia de Luz (ML)	34
3.5.	Análise Molecular	35
3.6.	Coleta e Análise de Sequências de Nucleotídeos	36
3.7.	Alinhamento de Sequências do Gene SSU rRNA	36
3.8.	Análise filogenética de <i>Ceratomyxa sp.</i>	37
3.9.	Cálculo de distâncias genéticas:	37
4	RESULTADOS	39
4.1.	Microscopia de Luz (ML)	39
4.2.	Análise filogenética do gênero <i>Ceratomyxa</i>	43
4.3.	Relação morfométrica	45
4.4.	Taxonomia	46
5.	DISCUSSÃO	48
6.	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
	ANEXOS	64

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Mapa com a localização do município de Colares 21
- Figura 2- Realização da morfometria do exemplar de piramutaba: *Brachyplatystoma vaillantii*. 23
- Figura 3- A-Captura de *B. vaillantii* durante a Pesca de Arrasto nas Águas Abertas do Estuário do Amazonas. B- Ilustração da Piramutaba. 24
- Figura 4- Desenhos esquemáticos de cinco tipos de esporos de myxozoários correspondentes a diferentes gêneros: A) *Henneguya*; B) *Myxobolus*; C) *Ceratomyxa*; D) *Kudoa*; E) *Chloromyxum* 27
- Figura 5- Filograma esquemático apresentando as interconexões entre os principais clados de mixozoários. Os diagramas destacam exemplos de morfologias de mixósporos em cada grupo. A largura das pontas dos ramos representa a diversidade de espécies em cada grupo. 28
- Figura 6- Desenho esquemático de *Ceratomyxa* sp. Descrito com um mixósporo maduro de *Ceratomyxa sargus* n. sp. Barra de escala 5 μ m. 30
- Figura 7- Mapa da localização da coleta: praia do Humaita, município de Colares. 33
- Figura 8- Peixe *B. vaillantii* mortos e conservados em gelo 34
- Figura 9- Captura pelo DIC em Microscopia de Luz do esporo *Ceratomyxa* sp. Amostra a fresco; Presença da morfologia característica de “tesoura” ou “alicate”. Comprimento 5 μ m. 40
- Figura 10- Ilustração baseada na captura de imagem do *Ceratomyxa* sp pelo DIC. Característico pelo corpo alicate 41
- Figura 11- Esporos de *Ceratomyxa* sp encontrados na vesícula biliar da Piramutaba. Dispostos em vista valvar. Ilustrações A, B e D capturadas em objetiva 40X no DIC e ilustração B em objetiva de 20X. Apresentando Morfologia de tesoura. 42

Figura 12- Árvore de Máxima Verossimilhança, com base no sequenciamento do gene 18S rDNA demonstrando a relação do *Ceratomyxa* sp ao outros mixosporídeos. ... 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxonomia do <i>B. vaillantii</i>	23
Tabela 2 -Classificação Taxonômica	30
Tabela 3 - Matriz de identidade/similaridade entre as espécies de <i>Ceratomyxa</i> spp.	45
Tabela 4 - Distância de Similaridade (P) entre as principais espécies de <i>Ceratomyxa</i> spp.	45
Tabela 5 - Classificação Taxonômica	46
Tabela 6 - Dados para a comparação de <i>Ceratomyxa</i> n. sp. com as 4 espécies de <i>Ceratomyxa</i> spp. Fornecidos a espécime e sua localização de coleta, sítios de infecção e a distância dos esporos (medidas em μm).....	51

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

BLAST- Basic Local Alignment Search Tool;

BM - Biologia Molecular;

CEUA- Comissão de Ética de Uso de Animais;

Clustal X 3.1- Interface gráfica de linha de comando;

DIC- Contraste de Interferência Diferencial;

DNA – ácido desoxirribonucleico;

DTAs - Doenças Transmitidas por Alimentos;

FASTA- Extensão dos arquivos das sequências de nucleotídeos;

GenBank- Banco de Dados das sequências nucleotídicas;

ISPA - Instituto da Saúde e Produção Animal;

LGA- Laboratório de Genética Aplicada;

LPCA- Laboratório de Pesquisa Carlos Azevedo;

ML - Microscopia de luz;

PCR - Reação em Cadeia da Polimerase;

rDNA - Ribosomal DNA;

SISBIO- Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade;

SisGen- O Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado;

SSU rRNA- Small subunit ribosomal ribonucleic acid

TBE- Tris-Borato-EDTA

UFRA - Universidade Federal Rural da Amazônia;

RESUMO

Este estudo analisou os mixozoários, parasitos cnidários microscópicos altamente adaptados a relação parasitária com organismos aquáticos. Com mais de 2400 espécies catalogadas em ambientes marinhos e de água doce, os mixozoários estabelecem relação co-evolutiva significativa com seus hospedeiros. Neste estudo, foram analisados espécimes de *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840), popularmente conhecido na região norte do Brasil como Piramutaba, sendo um bagre de água doce amplamente distribuído na América do Sul. Para o estudo, foram conduzidas análises morfológicas e filogenéticas (18S rDNA) para caracterizar os parasitos mixozoários encontrados na piramutaba, visto que as espécies do gênero *Ceratomyxa* possuem tropismo tecidual pela vesícula biliar de peixes marinhos. O presente estudo busca identificar os aspectos morfológicos e filogenéticos da diversidade dos microparasitos, por meio de técnicas de Microscopia de Luz (ML) e Biologia Molecular (BM). Foram coletados 50 exemplares de *B. vaillantii* com o auxílio de pescadores artesanais em Colares/PA, utilizando instrumentos de pesca. Os peixes foram preservados em cubas isotérmicas com gelo e transportados ao Laboratório de Pesquisa Carlos Azevedo – UFRA, no campus UFRA/Belém, para processamento e observação utilizando as técnicas de ML e BM. Foram identificados na vesícula biliar estruturas de plasmódios e esporos com características morfológicas do gênero *Ceratomyxa*. Os plasmódios apresentaram movimentos lentos, com diferentes tamanhos, enquanto os esporos possuíam a morfologia furcada, com a seguinte morfometria: $19.7 \mu\text{m} \pm 1.2 \mu\text{m}$ de comprimento, largura $3.97 \mu\text{m} \pm 0.99 \mu\text{m}$; cápsula polar: $1.1 \mu\text{m} \pm 0.3 \mu\text{m}$ de comprimento, com $1.04 \pm 0,2 \mu\text{m}$ de largura. A análise apontou uma prevalência de 60% de sequências do gênero *Ceratomyxa* nas amostras coletadas. Os resultados obtidos indicam a presença de parasitos nos peixes estudados, ressaltando a importância da investigação morfológica de microparasitos em peixes. A compreensão da ecologia parasitária é crucial para implementar medidas eficazes de controle e prevenção de doenças. Portanto, este estudo visa preencher lacunas de conhecimentos na área de parasitologia de peixes, contribuindo para o avanço científico e o desenvolvimento de medidas eficazes de manejo e conservação dos recursos pesqueiros na região.

Palavras-chave: Amazônia; Microparasitos; Órgãos; Peixes.

ABSTRACT

This study analyzed myxozoans, microscopic cnidarian parasites highly adapted to parasitic relationships with aquatic organisms. With more than 2400 species cataloged in marine and freshwater environments, myxozoans establish a significant co-evolutionary relationship with their hosts. In this study, specimens of *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840), popularly known in the northern region of Brazil as Piramutaba, were analyzed, being a freshwater catfish widely distributed in South America. For the study, morphological and phylogenetic analyzes were conducted (18S rDNA) to characterize the myxozoan parasites found in piramutaba, since species of the genus *Ceratomyxa* have tissue tropism for the gallbladder of marine fish. The present study seeks to identify the morphological and phylogenetic aspects of the diversity of microparasites, using Light Microscopy (ML) and Molecular Biology (BM) techniques. 50 specimens of *B. vaillantii* were collected with the help of artisanal fishermen in Colares/PA, using fishing instruments. The fish were preserved in isothermal vats with ice and transported to the Carlos Azevedo Research Laboratory – UFRA, on the UFRA/Belém campus, for processing and observation using ML and BM techniques. Structures of plasmodia and spores with morphological characteristics of the genus *Ceratomyxa* were identified in the gallbladder. The plasmodia showed slow movements, with different sizes, while the spores had a furcated morphology, with the following morphometry: $19.7 \mu\text{m} \pm 1.2 \mu\text{m}$ in length, width $3.97 \mu\text{m} \pm 0.99 \mu\text{m}$; polar capsule: $1.1 \mu\text{m} \pm 0.3 \mu\text{m}$ long, $1.04 \pm 0.2 \mu\text{m}$ wide. The analysis showed a prevalence of 60% of sequences from the genus *Ceratomyxa* in the samples collected. The results obtained indicate the presence of parasites in the fish studied, highlighting the importance of morphological investigation of microparasites in fish. Understanding parasite ecology is crucial to implementing effective disease control and prevention measures. Therefore, this study aims to fill knowledge gaps in the area of fish parasitology, contributing to scientific advancement and the development of effective measures for the management and conservation of fishing resources in the region.

Keywords: Amazon; Microparasites; Organs; Fish.

1 INTRODUÇÃO

1.1.Considerações gerais

Os peixes são reconhecidos em diversos países como a principal fonte de proteína animal, especialmente para aqueles em desenvolvimento (FERREIRA, 2009). Assim, de acordo com dados recentes da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO NO BRASIL, 2022) a produção mundial de pescado atingiu 6,5 milhões de toneladas em 2022, um aumento em relação ao ano anterior.

Em contrapartida, é imprescindível mencionar que, os peixes, enquanto vertebrados, registram os mais elevados índices de infecção por parasitos, atribuídos às características inerentes ao meio aquático (SÁ *et al.*, 2022). Este ambiente se revela propício para o acesso e penetração de patógenos, especialmente em áreas sujeitas às influências das atividades antrópicas, as quais frequentemente resultam em poluição (CEZAR; COSTA; MASSATO, 2008).

A *Brachyplatystoma vaillantii* (Siluriformes:Pimelodidae), Valenciennes, 1840 (CUVIER *et al.*, 1828) conhecida popularmente como piramutaba, consiste em uma espécie de peixes presentes na alimentação diária de moradores locais e um dos recursos pesqueiros mais importantes da Amazônia (FORMIGA; BATISTA; ALVES-GOMES, 2021). Devido à sua significativa relevância como recurso pesqueiro Amazônia, há um crescente interesse em compreender a dinâmica da comunidade parasitária em espécies como *B. vaillantii* (BRITO; DIAS, 2021).

Este estudo de natureza microparasitária visa proporcionar suporte para a identificação morfológica e molecular dos parasitos presentes em peixes teleósteos (MARINHO, 2023; OLIVEIRA, 2019) provenientes da praia do Humaitá, localizada no município de Colares, no nordeste paraense. Portanto, a pesquisa das doenças parasitárias em peixes (CAVALINE, 2019; DIAS *et al.*, 2015), especificamente na espécie *B. vaillantii*, surge como uma necessidade premente, dada a relevância econômica e ecológica dessa região (BEGOT, 2018; BRITO *et al.*, 2016a). A falta de estudos abrangentes e aprofundados sobre a parasitologia de peixes cria uma lacuna significativa

no entendimento dos microparasitos presentes nesses animais, impactando diretamente o setor pesqueiro local e a economia regional (NASCIMENTO *et al.*, 2021).

A pesquisa sobre parasitas de organismos aquáticos está ganhando destaque significativo, especialmente devido ao seu impacto em hospedeiros que são importantes para a aquicultura e o comércio (JONES, 2001; MORAES, 2023; SITJÀ-BOBADILLA; ESTENSORO; PÉREZ-SÁNCHEZ, 2016). Assim, as infecções provenientes de agentes parasitários têm o potencial de comprometer o ganho de massa corporal dos animais e até mesmo tornar a criação economicamente inviável (VIEGAS *et al.*, 2012).

Os parasitas que afetam os peixes podem promover a perdas econômica significativa, quando os parasitas de importância médica e relevância veterinária estão associados a infecções graves e generalizadas em todo o mundo. Essas infecções resultam em grandes desafios socioeconômico considerável aos países e prejudicam a produtividade das indústrias agrícolas (SITJÀ-BOBADILLA; ESTENSORO; PÉREZ-SÁNCHEZ, 2016).

A presença de infecções parasitárias não apenas prejudica a saúde dos peixes (SÁ *et al.*, 2022), mas também pode levar a impactos econômicos significativos, especialmente em comunidades onde a atividade pesqueira é uma fonte predominante de renda (JONES, 2001; VIEGAS *et al.*, 2012). A necessidade de compreender a morfologia e a diversidade dos microparasitos (MONTEIRO, 2023), identificar suas características taxonômicas e entender as interações parasito-hospedeiro é crucial para subsidiar estratégias eficazes de prevenção, controle e manejo dessas infecções (GRACIANO, 2022; KOH, 2019).

No escopo deste estudo, foram conduzidas análises morfológicas para o microparásita *Ceratomyxa*, Thélohan, 1892, bem como análise filogenética (18S rDNA) para caracterizá-lo. A expectativa é que esta pesquisa contribua substancialmente para a compreensão da morfologia e diversidade dos microparasitos em espécies específicas, subsidiando estratégias de prevenção, controle e manejo de infecções parasitárias em peixes. Além disso, a divulgação dos resultados busca elevar a consciência acerca da presença e do impacto desses microparasitos na saúde dos peixes, promovendo, assim, a conservação dos recursos pesqueiros no litoral amazônico.

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é identificar a morfologia de microparasitos por meio da aplicação de técnicas morfológicas e Biologia Molecular (BM), focalizando na espécie *B. vaillantii*, encontradas no litoral amazônico. Essas metodologias permitem uma análise minuciosa dos parasitos, contribuindo para um

aprofundamento do entendimento de sua estrutura morfológica e características taxonômicas, bem como para a identificação precisa das espécies presentes na área de estudo.

1.2. A importância do estudo de parasitos em peixes

Os parasitos, ao buscarem recursos nos hospedeiros para sobreviver e se desenvolver, podem causar doenças ou adaptar-se por meio de associações coevolutivas (FORATTINI, 2002). Nesse contexto, microparasitos, como os de Apicomplexa, Microsporidia e Myxozoa, ganham destaque pela relevância ao infectar animais vertebrados e invertebrados (NEGRELLI, 2022). À medida que os sistemas de produção são intensificados, surgem enfermidades que frequentemente acarretam prejuízos econômicos consideráveis aos produtores (JONES, 2001; SITJÀ-BOBADILLA; ESTENSORO; PÉREZ-SÁNCHEZ, 2016; VIEGAS *et al.*, 2012).

No âmbito das doenças em peixes, merece destaque aquelas originadas por agentes parasitários, sejam eles ectoparasitas ou endoparasitas (MARTINS *et al.*, 2015). Esses agentes parasitários são classificados como patógenos primários, pois têm a capacidade de estabelecer uma relação com o hospedeiro independentemente de fatores prévios. Essa característica torna a presença de parasitos em pisciculturas recorrente, com grande potencial de disseminação e difícil controle (EIRAS; CRUZ; SARAIVA, 2018).

Os danos decorrentes de doenças parasitárias variam conforme o grupo de parasito, sua localização e o modo específico de atuação sobre o hospedeiro. Nesse contexto, o entendimento das lesões provocadas pelos parasitos torna-se crucial, pois os órgãos afetados reagem à presença desses agentes, gerando infecções que podem resultar na diminuição ou perda da atividade correspondente. Em situações mais graves, essas infecções podem levar à morte do hospedeiro (CEZAR; COSTA; MASSATO, 2008; EIRAS; CRUZ; SARAIVA, 2018).

1.3. A pesca na região amazônica

A bacia amazônica representa a maior bacia hidrológica do planeta, obtendo a supremacia da diversidade de peixes de água doce do mundo (ABREU *et al.*, 2019). Além disso, inúmeras dessas espécies possuem importância econômica na caça e pesca para as populações locais (MCGRATH *et al.*, 2015). Esta região contém a maior biodiversidade de peixes de água doce, com aproximadamente 2716 espécies autenticadas (DAGOSTA; PINNA, 2019).

A vasta diversidade de espécies pesqueiras no Brasil é notável, especialmente em seu extenso sistema hidrográfico na Bacia Amazônica. Destacando-se devido a considerável riqueza em termos de diversidade pesqueira e recursos naturais (SOUSA; MONTE; SANTOS, 2017). Os Estados que compõem a Amazônia brasileira se destacam significativamente na atividade pesqueira em comparação com outras regiões, devido à alta diversidade de espécies encontradas nessa área. Além disso, a quantidade de pescado capturado para fins de produção é notável, assim como a dependência das populações tradicionais dessa região em relação a essa atividade (PAIVA; SILVA, 2020)

1.4.A pesca no Nordeste paraense (Colares)

O processo de coleta foi realizado no município de Colares, ilha localizada na mesorregião do nordeste do Estado do Pará, microrregião do salgado, na praia do Humaitá (Figura 1).

A predominância da fonte de renda local consiste na atividade pesqueira, realizada tradicionalmente por homens adultos (BRITO *et al.*, 2016b). São evidentes as relações intersociais e a dinâmica da caça de animais na ilha de Colares, com a captura de mamíferos, répteis e aves (ALVARENGA; LISBOA, 2009; SOUSA; MONTE; SANTOS, 2017).

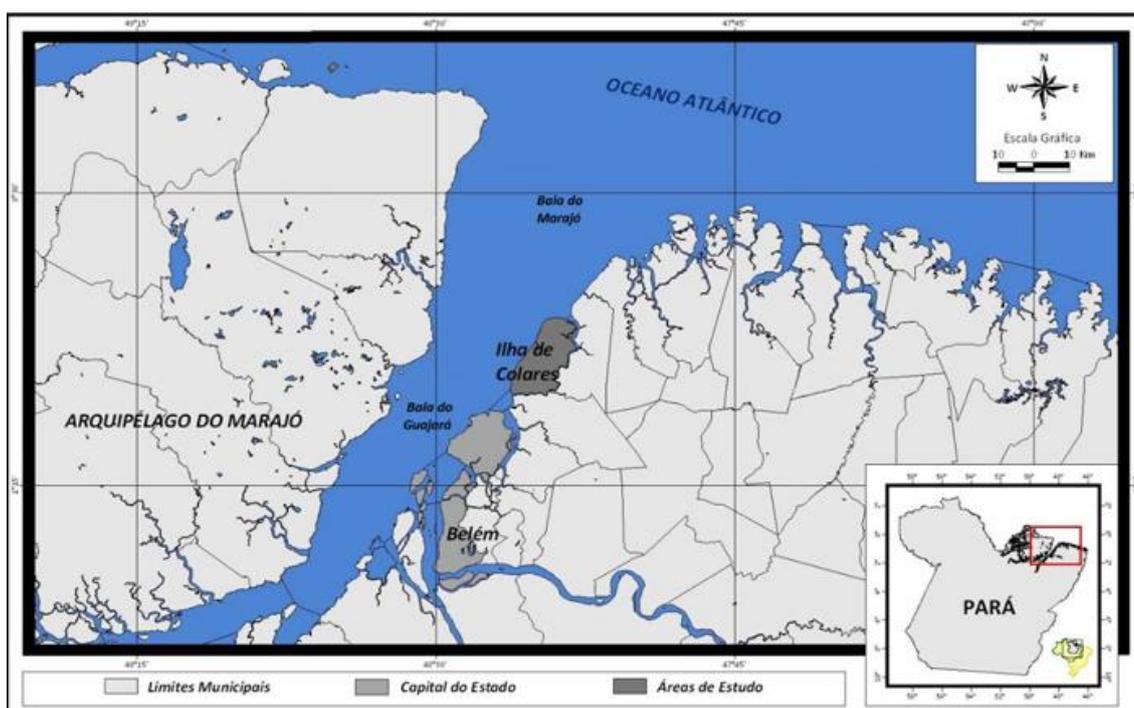
Haja vista que a biodiversidade local é singular em regiões tropicais, como na região amazônica (ALVARENGA; LISBOA, 2009; GOMES, 2001). O município de Colares é vislumbrado como uma zona costeira com possibilidade de empreendedorismo pesqueiro na Amazonia com destaque cultural, socioeconômico e ecológico (BEGOT, 2018).

A pesca representa um fator antrópico de desenvolvimento socioeconômico e cultural das comunidades ribeirinhas amazônicas do município de Colares. Apresentando

habilidades de caça e pesca, além de conhecimentos oriundos do trabalho local a respeito do ambiente, da sua fauna e da flora. Assim a pesca é uma das fontes de renda e subsistência para a comunidade (BRITO *et al.*, 2016b).

A praia do Humaitá, além de desempenhar um papel fundamental no setor pesqueiro da região, apresenta condições propícias para a proliferação e desenvolvimento de diversos microparasitos devido à diversidade geográfica e à presença da fauna aquática em uma variedade de habitats. A interação parasito-hospedeiro, resulta em infecções parasitárias que podem causar alterações morfofisiológicas nos peixes nativos, afetando organismos de interesse econômico, como peixes, moluscos e crustáceos (MONTEIRO, 2023). Como resultado dessa interação parasito-hospedeiro, são observadas alterações morfofisiológicas, que podem desencadear processos inflamatórios e, em casos graves, levar à mortalidade dos hospedeiros (CASAL *et al.*, 2009).

Figura 1- Mapa com a localização do município de Colares



Fonte: (BRITO *et al.*, 2016b)

1.5. *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840)

O *B. vaillantii* (CUVIER *et al.*, 1828) (Siluriformes: Pimelodidae) (piramutaba em português, pirabutón em espanhol, laulao catfish em inglês), consiste em um pimelodídeo amazônico (Tabela 1), é uma espécie de bagre de água doce encontrada em várias bacias hidrográficas da América do Sul, incluindo a Bacia Amazônica e a Bacia do Prata (PRESTES *et al.*, 2022). Esses peixes possuem um corpo robusto e alongado, com coloração cinza-escuro na região dorsal e cinza clara na região ventral, são reconhecidos por seus barbílhões longos e proeminentes (Figura 2), que desempenham um papel importante na detecção de alimentos e na orientação durante a migração (RAMOS, 2010; SANTOS; CARAMASCHI, 2011).

A piramutaba é uma espécie migratória (PRESTES *et al.*, 2022), realizando deslocamentos ao longo dos rios para completar seu ciclo de vida. Durante a estação das chuvas (PAIVA; SILVA, 2020), esses peixes migram para áreas de reprodução (ISAAC; BRAGA, 1999) e desova, geralmente em ambientes de água doce com baixa salinidade, como em águas turvas e barrentas (PAIVA; SILVA, 2020).

A deslocação de uma espécie implica a potencial introdução de uma porção ou da totalidade de seus parasitas autóctones, acarretando possíveis consequências adversas para as populações de peixes já estabelecidas no respectivo ambiente local (PRADAMEJIA, 2021). Sua alimentação é baseada principalmente em peixes e crustáceos, desempenhando um papel importante na regulação de populações de presas e no fluxo de energia nos ecossistemas aquáticos (BARTHEM, 1997).

Além de sua importância ecológica, *B. vaillantii* também possui relevância socioeconômica na pesca comercial, como a pesca de arrasto (Figura 3) e de subsistência em várias regiões, pois as espécies migratórias são os peixes comerciais de destaque da Amazônia (PRESTES *et al.*, 2022). A captura desses peixes é realizada até 40 metros de profundidade (PAIVA, 1997) principalmente por pescadores artesanais, que utilizam redes de emalhar e outros equipamentos de pesca tradicionais. No entanto, a sobrepesca e a degradação do habitat representam ameaças significativas para a conservação dessa espécie (YEMMEN; BAHRI, 2019)

Tabela 1- Taxonomia do *B. vaillantii*

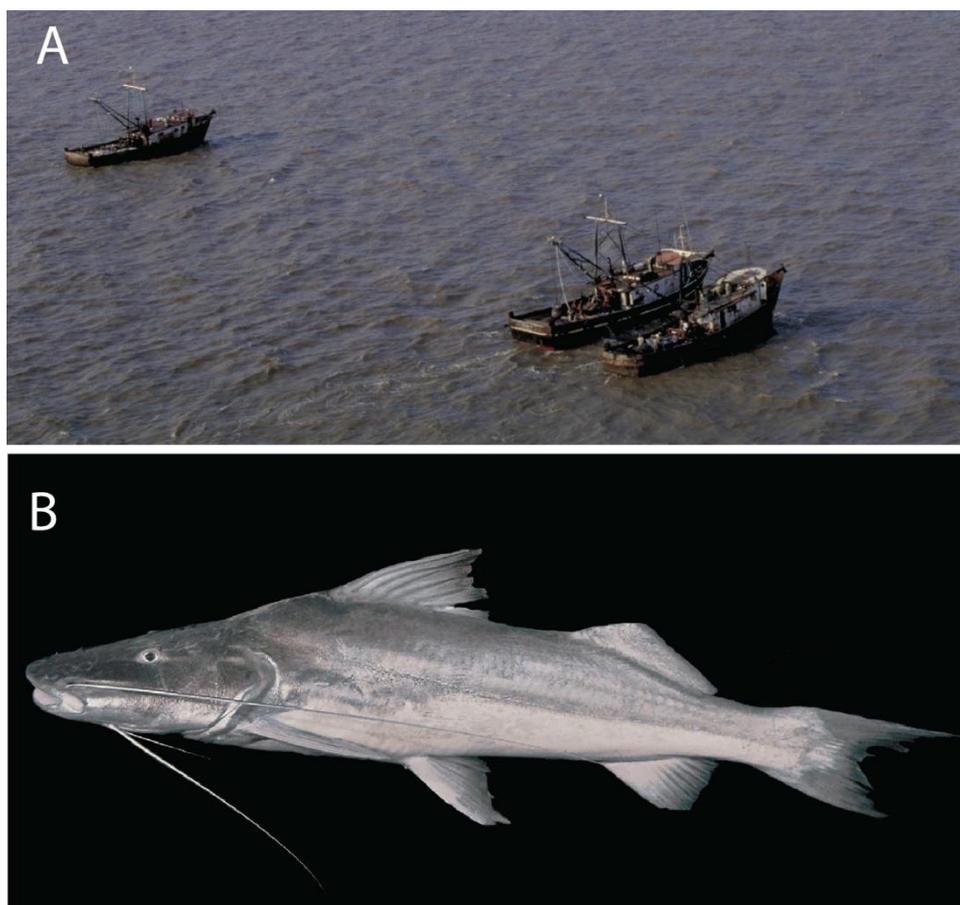
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Classe	Osteichthyes
Ordem	Siluriformes
Família	Pimelodidae
Gênero	<i>Brachyplatystoma</i>
Espécie	<i>Brachyplatystoma vaillantii</i> .

Fonte: Adaptado (CUVIER; VALENCIENNES, 1828; LUNDBERG; AKAMA, 2005)

Figura 2- Realização da morfometria do exemplar de piramutaba: *Brachyplatystoma vaillantii*.

Fonte: LPCA,2023.

Figura 3- A-Captura de *B. vaillantii* durante a Pesca de Arrasto nas Águas Abertas do Estuário do Amazonas. B- Ilustração da Piramutaba.



Fonte: Adaptado (PRESTES *et al.*, 2022)

1.6.Microparasitos

A Amazônia é conhecida pela alta biodiversidade na fauna e flora (ISPN, 2020), entre esses representantes estão os peixes, que possuem valor econômico intrínseco na localidade, porém, estão propensos a inúmeras enfermidades causadas por microparasitos (DOS SANTOS, 2017). Logo, ao consumir o pescado, em condições parasitárias pode infectar o indivíduo causando sérios agravos à saúde humana (RODRIGUES *et al.*, 2015).

A maioria dos organismos com a capacidade de causar doenças em organismos aquáticos são oportunistas (PORTZ *et al.*, 2013) , pois geralmente habitam em sistemas

aquáticos, convivendo em equilíbrio com os peixes sem causar danos (CEZAR; COSTA; MASSATO, 2008).

Inúmeras doenças de peixes têm se tornado uma problemática na piscicultura nacional (BALDISSEROTTO, 2008). Devido ao estabelecimento de sistemas hídricos há facilidade de infecção por diversas espécies de parasitos. Como consequência ocorre lesão tecidual do animal comprometendo o consumo da carne pelos humanos ou a morte deste cultivo (DOS SANTOS, 2017; IWASHITA; MACIEL, 2013; TAIRA, 2011). Popularmente, a presença de parasitos nos produtos da pesca é desmerecida. No entanto, são considerados perigos sanitários, pois algumas espécies podem acarretar enfermidades graves (IWASHITA; MACIEL, 2013; TAIRA, 2011).

1.7. Parasitos do Filo Cnidaria (Hatschek 1888), subfilo myxozoa (Grassé, 1970)

O filo Cnidária, Hatschek 1888, são invertebrados amplamente reconhecidos por sua importância ecológica e econômica, contribuindo para a qualidade de vida dos hospedeiros, além de serem representantes típicos de ambientes marinhos e de água doce. Até recentemente, todos os cnidários eram vistos como animais de vida livre, no entanto, atualmente é evidente que um grupo de Cnidaria divergiu em épocas antigas, adotando o parasitismo intracelular, constituindo Myxozoa (mixozoários) (OKAMURA; GRUHL; BARTHOLOMEW, 2015a). Representam endoparasitas obrigatórios que infectam inúmeras espécies de peixes, anfíbios, répteis, mamíferos e aves aquáticas, com cerca de 2600 espécies descritas (OKAMURA; GRUHL; BARTHOLOMEW, 2015a).

O subfilo Myxozoa, Grassé, 1970 é constituído pelas classes Malacosporea, Canning al., 2000 e Myxosporea, Buetschli, 1881 (LOM; DYKOVÁ, 2006a). Assim, a classe Myxosporea é fragmentada em duas ordens, Bivalvulida, Schulman 1959, formologicamente possuem o esporo com duas valvas e cápsulas polares variando de uma a quatro, também, Multivalvulida, Schulman 1959, contendo cerca de três a sete valvas e duas a sete cápsulas polares (SILVA JUNIOR, 2014). Incluído na classe Myxosporea, os mixozoários agrupam cerca de 2.180 espécies e estão divididos em 62 gêneros diferentes (ATKINSON; BARTHOLOMEW; LOTAN, 2018; LOM; DYKOVÁ, 2006a).

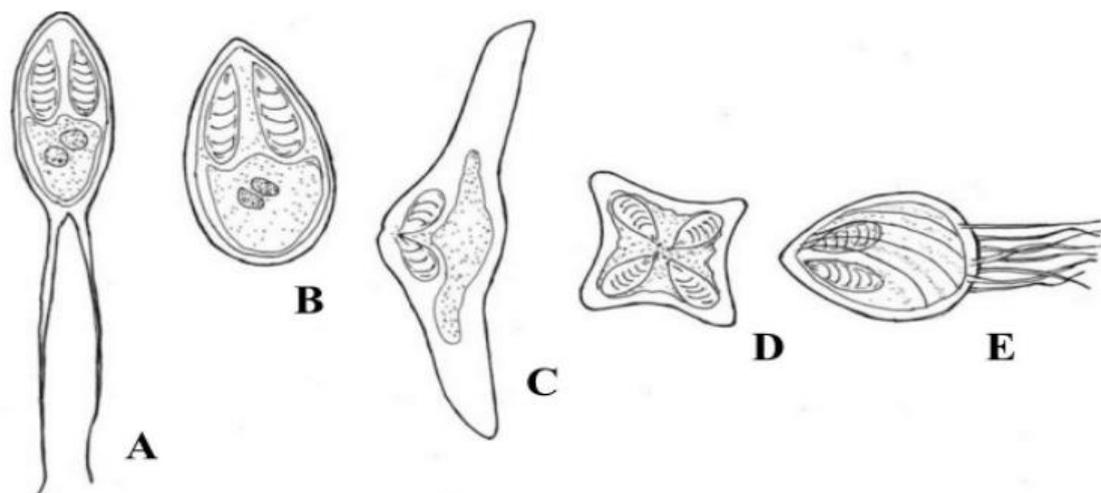
Estudos evidenciam que os mixosporídeos possuem uma ampla distribuição geográfica e são frequentemente identificados como parasitas comuns em peixes. (LOM;

DYKOVÁ, 2006b; YEMMEN; BAHRI, 2019; CHINH *et al.*, 2022; ROCHA *et al.*, 2023; DAR *et al.*, 2024). Portanto, os mixozoários, uma classe de cnidários parasitas de dimensões microscópicas, são notavelmente adaptados a ambientes aquáticos. Sua presença é quase exclusiva nesses habitats, revelando uma especialização notável para a vida parasitária em meios aquáticos (ALAMA-BERMEJO *et al.*, 2021; CHINH *et al.*, 2022; ROCHA *et al.*, 2023; DAR *et al.*, 2024).

As infecções por mixozoários têm o potencial de prejudicar a saúde dos peixes, tanto em ambientes naturais quanto em aquiculturas, impactando negativamente seu valor comercial (NEVES, 2018). O parasitos do filo Cnidaria, subfilo Myxozoa, chamados de mixozoários são classificados como endoparasitas, com o plano corporal simples e ciclos de vida complexos que geralmente envolve o peixe como hospedeiro, assim constituindo uma ameaça ao sistema de produção industrial agrícola (LOM; DYKOVÁ, 2006b; OKAMURA; GRUHL; BARTHOLOMEW, 2015a; ROCHA *et al.*, 2023; DAR *et al.*, 2024).

Parasitando tanto vertebrados quanto invertebrados; seus esporos são compostos por válvulas em forma de concha, acompanhadas de tubos polares enrolados e germes ameboides infecciosos (DAR *et al.*, 2024). Há pouco estudo e pesquisa acerca de parasitos do Filo Cnidaria em peixes no Brasil (AZEVEDO-SANTOS *et al.*, 2017). Assim, a categoria Myxozoa representa um conjunto significativo de parasitas de grande relevância econômica. Investigar esses microparasitas eucarióticos é crucial, pois são agentes patogênicos que afetam peixes tanto em ambientes marinhos quanto de água doce, e são encontrados em anfíbios, répteis e aves. No entanto, em seres humanos, as incidências são consideradas raros eventos, onde os esporos detectados nas fezes dos pacientes provavelmente resultaram da ingestão de peixes infectados (OKAMURA; GRUHL; BARTHOLOMEW, 2015b; PRUNESCU *et al.*, 2007).

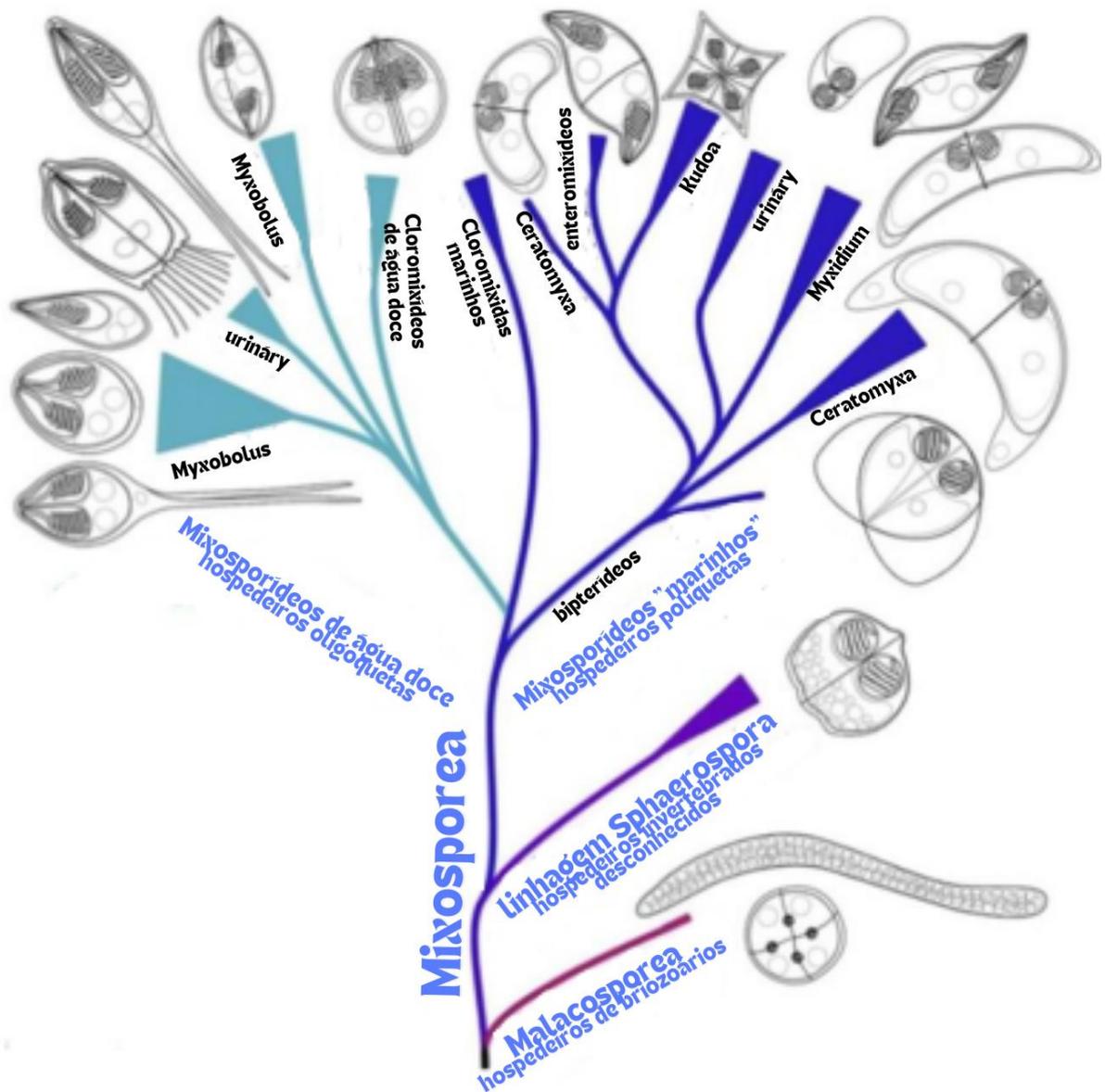
Figura 4- Desenhos esquemáticos de cinco tipos de esporos de myxozoários correspondentes a diferentes gêneros: A) *Henneguya*; B) *Myxobolus*; C) *Ceratomyxa*; D) *Kudoa*; E) *Chloromyxum*



Fonte: (CASAL *et al.*, 2009)(adaptado).

A detecção desses parasitas só pode ser realizada por meio da análise de estruturas como: esporos e/ou cistos, presentes em diversos órgãos, tal como: a pele, brânquias, músculos, coração, rins, fígado, intestino e bexiga. Haja vista que, a forma dos esporos pode variar consideravelmente, podendo ser arredondada, oval, quadrada, elíptica, em forma de pêra, fusiforme, curva ou até mesmo triangular. Além disso, quanto às dimensões e espessura, estas podem variar de acordo com o gênero do parasita. São parasitos microscópicos, multicelulares e produtores de esporos, constituem espécies descritas em ambientes marinhos e de água doce (OKAMURA; HARTIGAN; NALDONI, 2018), os mixozoários têm uma forte relação co-evolutiva com seus hospedeiros, o que reflete sua rápida radiação adaptativa (BARTOŠOVÁ-SOJKOVÁ *et al.*, 2018).

Figura 5- Filograma esquemático apresentando as interconexões entre os principais clados de mixozoários. Os diagramas destacam exemplos de morfologias de mixósporos em cada grupo. A largura das pontas dos ramos representa a diversidade de espécies em cada grupo.



Fonte: Adaptado de (ATKINSON; BARTHOLOMEW; LOTAN, 2018).

1.8. Gênero *Ceratomyxa* (Thélohan, 1892)

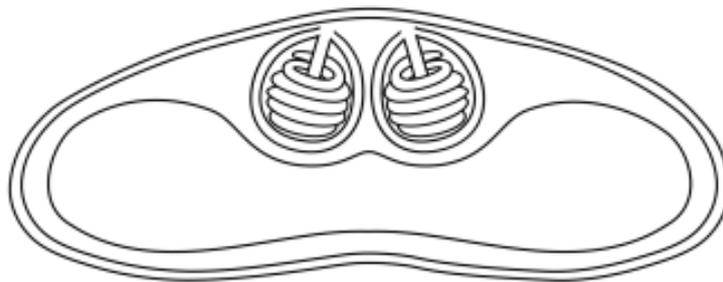
O gênero *Ceratomyxa*, Thélohan, 1892 (Cnidaria, Myxosporea) é reconhecido como um dos gêneros proeminentes e diverso dentro da classe Myxosporea, Butschli em 1881 (Tabela 2). Com uma distribuição global, este gênero se destaca pela sua ampla diversidade e presença em diferentes ecossistemas aquáticos. Por isso, é imprescindível o estudo científico a respeito deste microparasita (ZHANG *et al.*, 2019).

Assim, o gênero *Ceratomyxa* é notável por sua vasta diversidade, contando com mais de 290 espécies e representando aproximadamente 11% da biodiversidade de mixozoários (QIAO *et al.*, 2019). As espécies de *Ceratomyxa* infectam principalmente a vesícula biliar de peixes marinhos (FRANZOLIN *et al.*, 2022) e raramente infectam histozoicamente ou celozoicamente peixes de água doce (LI *et al.*, 2023).

Morfologicamente, os esporos têm um formato crescente ou arqueado, com corpo alongado e espesso, formado por duas válvulas e duas cápsulas polares subesféricas, localizadas no ápice dos esporos, adjacente à linha de sutura (WHIPPS *et al.*, 2003). A categorização das mixosporídeos em termos de espécie é determinada com base nas dimensões dos esporos e das cápsulas polares, além de outros detalhes da estrutura dos mixosporídeos, incluindo o número de voltas do filamento polar, a presença de sulcos e estrias nas válvulas de esporos, a existência ou ausência de um envelope mucoso, o número de esporoplasmas e seus núcleos (LOM; ARTHUR, 1989).

Os parasitas proliferam-se em cistos, os quais podem causar compressão do tecido do hospedeiro. São multicelulares e suas formas resistentes, os esporos, dependendo da espécie, apresentando cápsulas polar, contendo um filamento espiralado no seu interior (filamento polar). No interior dos esporos estão presentes uma ou mais esporoplasmas, que possuem forma amebóide e representam as células infectantes para o novo hospedeiro (Figura 6) (DA COSTA EIRAS, 1994).

Figura 6- Desenho esquemático de *Ceratomyxa* sp. Descrito com um mixósporo maduro de *Ceratomyxa sargus* n. sp. Barra de escala 5 µm.



Fonte: (ROCHA *et al.*, 2023)

Tabela 2- Classificação Taxonômica

Colocação Taxonômica	
Reino	Animal
Filo	Cnidários
Subfilo	Endocnidozoários
Classe	Mixozoários Mixosporea
Ordem	Bivalvulida
Subordem	Varisporina
Família	Ceratomyxidae
Gênero	<i>Ceratomyxa</i>

Fonte: Adaptado de (EIRAS, 2006; THÉLOHAN, 1891)

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- Caracterizar o *Ceratomyxa* sp. presentes em *B. vaillantii* pelas técnicas morfológicas e filogenéticas (18S rDNA) encontradas na vesícula biliar, da espécie.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar os parasitos do filo Cnidaria presentes nos órgãos da espécie de peixe *B. vaillantii*, utilizando microscopia de luz para análise detalhada.
- Determinar a prevalência dos órgãos parasitados por *Ceratomyxa* na população de Piramutabas.
- Descrever a morfologia dos microparasitas identificados, incluindo características anatômicas e estruturais relevantes, utilizando técnicas de microscopia de alta resolução.
- Coletar amostras de DNA dos microparasitas encontrados para subsequente análise filogenética, visando entender suas relações evolutivas e taxonômicas.
- Realizar análises de filogenia molecular utilizando as sequências de DNA obtidas, empregando métodos computacionais adequados para reconstruir árvores filogenéticas precisas e detalhadas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização do estudo

A presente seção aborda a caracterização do estudo, destacando os aspectos essenciais que fundamentam a abordagem adotada na pesquisa. Para uma compreensão abrangente, serão discutidos aspectos relacionados à coleta dos espécimes, Análise Microscópica, Análise Molecular, Análise Filogenética, ferramentas computacionais e recursos online, seleção do melhor modelo de nucleotídeos e inferência bayesiana, cálculo de distâncias genéticas, bem como a aplicação de técnicas específicas na investigação da morfologia e diversidade dos microparasitos em *B. vaillantii* no litoral amazônico, na praia do Humaitá, em Colares, Estado do Pará. Essa caracterização é crucial para fundamentar a metodologia adotada, garantindo a robustez e a aplicabilidade dos resultados obtidos ao longo da pesquisa.

3.2. Procedimentos éticos da pesquisa

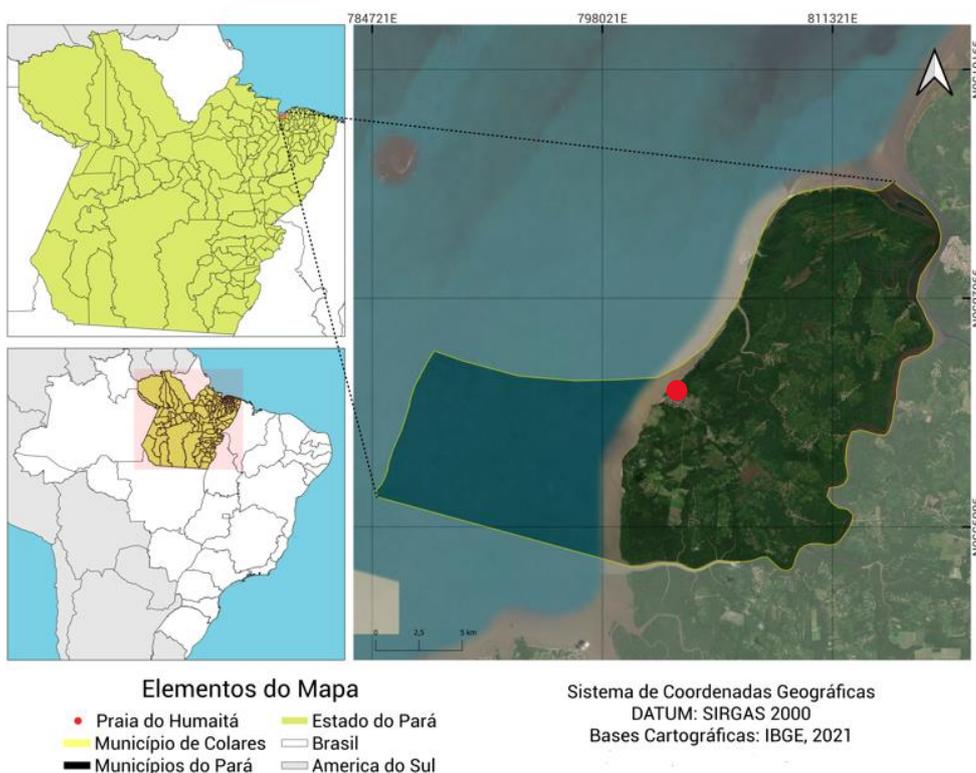
Os procedimentos experimentais deste estudo foram submetidos à apreciação e aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA-CEUA), conforme registro nº 8323110522/2022, e registrados no Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO/ICMBIO), obtendo a Licença 27.119 para sua execução. Bem como, a submissão do projeto ao SisGen (<https://sisgen.gov.br>), conforme o registro nº ACE75A7.

3.3. Descrição do local e população em estudo

Cinquenta Espécimes de *B. vaillantii*, foram capturados com o auxílio de pescadores artesanais utilizando equipamentos de pesca, tal como: a rede de emalhar e tarrafa (BARTHEM, 1997; SILVA *et al.*, 2020). Os peixes foram transportados mortos e conservados em baldes/caixas isotérmicas com resfriamento e gelo (Figura 8).

O processo de coleta foi realizado na praia do Humaita, município de Colares (Figura 7), ilha localizada na mesorregião do nordeste do Estado do Pará, microrregião do salgado, na praia do Humaitá, próximo ao Mercado Municipal, centro da cidade ($00^{\circ} 56' S 48^{\circ} 16' W$), durante o período binário referente a 2022-2023. Todo o material coletado foi encaminhado ao Laboratório de Pesquisa Carlos Azevedo (LPCA), vinculado ao Instituto da Saúde e Produção Animal (ISPA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

Figura 7- Mapa da localização da coleta: praia do Humaita, município de Colares.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 8- Peixe *B. vaillantii* mortos e conservados em gelo

Fonte: Autor, 2023.

3.4. Microscopia de Luz (ML)

Inicialmente, procedeu-se à mensuração de dados morfométricos, incluindo comprimento total (cm) e peso (g) dos exemplares sob investigação. Foram analisados diferentes fragmentos de órgãos do hospedeiro em lupa e Microscopia de Luz (ML) (ACUÑA, 2008; SOUZA, 2018), como a vesícula biliar e a partir de regiões sugestivas de focos inflamatórios e/ou cistos (ARAÚJO, 2016), foram retirados e colocados entre lâmina e lamínula com uma gota de água, para observação ao Microscopia de Luz (FELIPE *et al.*, 2022; HÖFLING; GONÇALVES, 2009; SILVA, 2023) e em Microscópio de Contraste de interferência diferencial (DIC) (SILVA, 2011), para evidenciar a presença de parasitos (LUNA, 1968).

Foram capturadas fotografias de lâminas contendo material fresco coletado, utilizando um microscópio de luz para documentar a presença do *Ceratomyxa* sp. (DIAS, 2013; PATRICIO, 2021; SANTOS, 2019). As fotomicrografias, são realizadas no microscópio PRIMO STAR ZEISS com câmera acoplado ZEISS AxioCam ERC 5s (ANDRADE,

2020; DIAS, 2023; MONTEIRO, 2023) e software AxionVision 5.1 (DIC), para documentação do material científico (DIAS, 2023). As dimensões dos esporos e capsula polar foram medidas a partir de esporos maduros a fresco, e as medidas foram tomadas em micrômetros (LUNA, 1968) .

3.5. Análise Molecular

Para a Biologia Molecular, os materiais coletados (cistos e/ou tecidos infectados com esporos dos microparasitos) foram inicialmente fixados em álcool etílico 80% (MONTEIRO, 2023). A extração do DNA total de cada amostra será realizada com uso do PureLink Genomic DNA mini kit (Invitrogen®), seguindo as instruções do fabricante. Após extração, a quantidade do conteúdo de DNA foi determinada utilizando o equipamento BioDropDuo. A região do gene (18S rDNA) foi amplificada usando os iniciadores 18E/18R (primers) (WHIPPS *et al.*, 2003) , desenvolvidos por Barta *et al.* (1997) – ERIB1 (5'– ACCTGGATCCTGCCAG – 3') e ERIB10 (5' – CTTCCGCAGGTTACCTACGG – 3'). As condições da Reação em Cadeia de Polimerase (PCR) foram: volume final de 25 µl, contendo 2 µl de DNA, 12,5 µl de Taq DNA Polymerase Master MIX RED Ampliqon®, 0,25 µl de cada primer (ERIB1 e ERIB10) e 10 µl de WATER Molecular Biology Reagent SIGMA®.

A reação foi realizada em um termociclador LOCCUS. O programa utilizado consistiu nos seguintes ciclos: 94 °C por 3 min, seguido por 35 ciclos de 94°C para 13 desnaturação e 55°C por 1 min para o anelamento, 72°C por 1 min, com um período de extensão adicional de 72°C por 5 min no último ciclo, conforme o protocolo de cada primers utilizados, descritos nos manuscritos deste estudo; com o resultado, é encaminhado ao aparelho de foto documentação: LOCCUS L- PIX. Os produtos da PCR serão corados em azul de bromofenol, passando por eletroforese em gel de agarose 1% em substância tampão TBE (Tris-Borato-EDTA) (MONTEIRO, 2023) e analisados no aparelho de fotodocumentação L-Pix STi, a fim de analisar as bandas de DNA. Confirmada a amplificação de DNA, as amostras foram purificadas usando o GFX PCR

DNA e Gel Band Purification Kit (GE Healthcare), de acordo com especificações do fabricante.

A qualidade do DNA extraído e das PCRs foram verificados através da realização da eletroforese em gel de agarose a 1%, pelo equipamento Grs Fonte Eletrefores. Em seguida as amostras de PCR passaram por uma etapa de purificação para remoção do excesso de reagentes utilizando a enzima USB® ExoSAP-IT antes do sequenciamento (MOREIRA, 2013), seguindo o protocolo padrão do laboratório (PAITHANKAR; PRASAD, 1991). O sequenciamento foi realizado no sequenciador de DNA automático ABI Genetic Analyzer 3500 XL (Applied Biosystems), seguindo as instruções do fabricante. As sequências obtidas através deste procedimento foram alinhadas no software BioEdit (HALL, 1999) e as bases ambíguas foram esclarecidas utilizando os respectivos cromatogramas.

3.6. Coleta e Análise de Sequências de Nucleotídeos

Foram obtidas sequências de nucleotídeos de diversas espécies de *Ceratomyxa* depositadas no GenBank. A sequência de DNA obtida dos microparasitos foi analisada no NCBI ([//www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/)) por meio da Ferramenta Básica de Pesquisa de Alinhamento Local [BLAST] (ALTSCHUL *et al.*, 1990), resultando em um conjunto de 338 sequências de Ceratomyxidae. Como critério de seleção foram escolhidas sequências de espécies com score acima de 90% e que apresentavam morfologia semelhante, compatíveis com as espécies do presente estudo. Após consulta do BLAST, foram selecionados 51 espécimes de myxozoa para a análise filogenética. As numerações de acesso das sequências foram formatadas de acordo com os padrões do NCBI e as sequências foram salvas no formato FASTA.

3.7. Alinhamento de Sequências do Gene SSU rRNA

As sequências do gene SSU rRNA das espécies de mixozoários depositadas no GenBank foram submetidas a um alinhamento utilizando o software Clustal X 3.1

(THOMPSON; HIGGINS; GIBSON, 1994) com as configurações padrão. A seleção das sequências do GenBank para inclusão na análise foi baseada em critérios de alta similaridade, conforme obtido a partir do BLAST.

3.8. Análise filogenética de *Ceratomyxa* sp.

Foi realizada uma análise filogenética para avaliar a diversidade e distribuição do gênero *Ceratomyxa*. As sequências foram alinhadas no MAFFT (KATOH *et al.*, 2019). Foi utilizado como critério a inferência filogenética por Inferência Bayesiana, realizada no programa MrBayes, versão 3.3.7, que utiliza uma abordagem estatística para construir a árvore filogenética que melhor explique os dados evolutivos. Foi utilizado o ModelFinder (KALYAANAMOORTHY *et al.*, 2017) para encontrar o melhor modelo evolutivo de substituição a ser utilizado na construção da árvore. Foi utilizado como outgroup o táxon *Hoferellus cyprini* (KU141404.1) e a construção da árvore foi realizada em duas execuções simultâneas de quatro cadeias, cada uma com 5.000.000 de gerações e (MAROUELLI, 2009).

A cada 500 gerações, foram amostradas 500 árvores. As primeiras mil árvores foram descartadas como burn-in (NASCIMENTO, 2016). As árvores resultantes foram visualizadas utilizando o FigTree v1.4 (<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>). A validação da filogenia foi feita pelo método de bootstrap a fim de verificar o suporte dos clados, gerando diversas árvores possíveis e testando o grau de repetição dos nós, atestando a probabilidade de serem realistas.

3.9. Cálculo de distâncias genéticas:

As distâncias genéticas foram calculadas no software PAUP* 4.0b1 (HAUSCHILD, 2011; SWOFFORD; SULLIVAN, 2003) utilizando o parâmetro p padrão para o gene SSU rRNA. Essa abordagem metodológica permitiu a análise filogenética

das sequências de *Ceratomyxa* sp e a investigação de suas relações evolutivas de maneira abrangente e sistemática.

4 RESULTADOS

Foram realizadas seis coletas na praia do Humaitá, no período binário correspondente a agosto de 2022 e agosto de 2023, nas quais foram capturados 50 exemplares de *B. vaillantii*. Estes apresentavam, em média, 23,00 cm de comprimento (variação de 6,00 a 40,00 cm) e peso médio de 10,5 g (variação de 8,4 a 12,7 g). Durante a análise, observamos que 30 desses exemplares estavam parasitados por *Ceratomyxa* sp. na vesícula biliar.

Na vesícula biliar, observamos esporos em plasmódios tubulares em movimentos ofídicos, com características morfológicas correspondentes a espécies de *Ceratomyxa* sp.

4.1. Microscopia de Luz (ML)

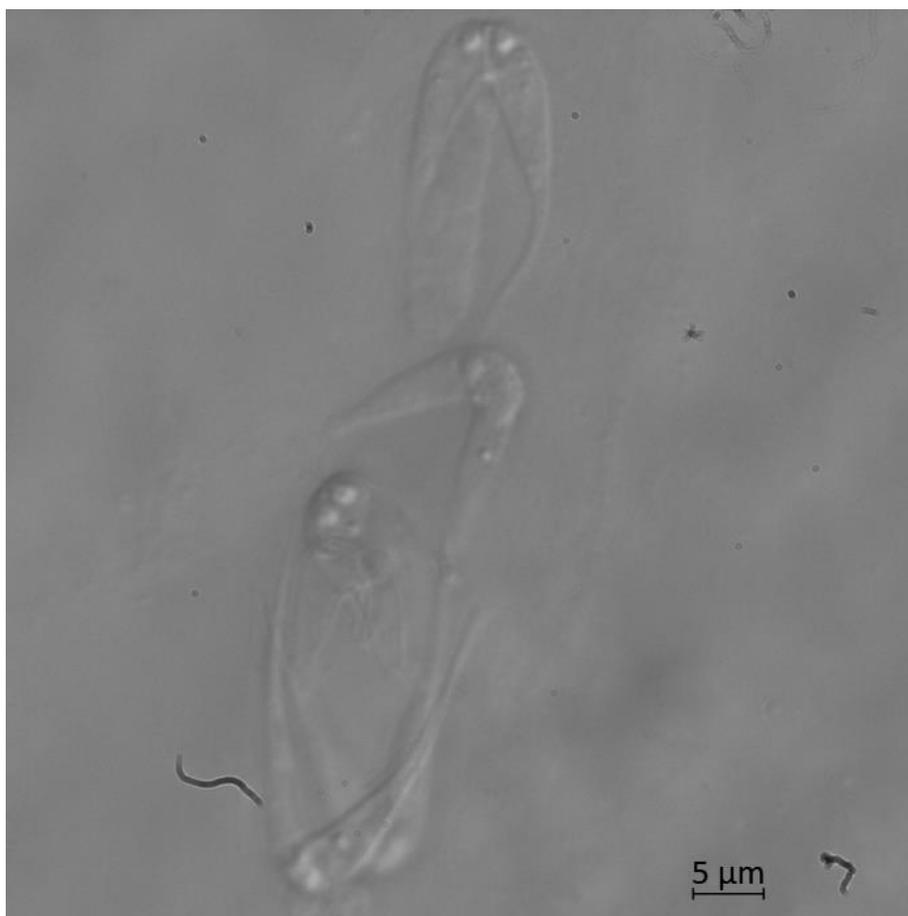
Os exemplares de peixes submetidos à análise não manifestaram evidências externas de infecção ou sintomas de doença, e não foram observados relatos de morbidade ou mortalidade nos estoques amostrados pesqueiros. Durante a inspeção macroscópica e a análise microscópica de cinco órgãos distintos (fígado, rins, músculo, bexiga urinária e vesícula biliar), constatou-se a presença de uma infecção por mixosporídeos na vesícula biliar, sendo o agente causal identificado como *Ceratomyxa* sp.

Na vesícula biliar da Piramutaba examinados, os esporos estavam dispostos em vista valvar, apresentaram duas capsulas de tamanho igual da região apical do esporo, os plasmódios apresentaram movimentos ofídicos, sendo que em alguns destes havia esporos maduros. A infecção estava presente em ambos os sexos independente do comprimento dos peixes, com alta taxa de infecção nos hospedeiros (60%), confirmado pela histologia dos fragmentos, contendo no interior ou entre a estrutura do órgão vesícula biliar, esporos imaturos e maduros de formato furcados, dispostas paralelamente, com 2 cápsulas polares (Figura 11).

Os esporos observados na bile apresentaram em média 19.7 ± 1.2 μm de comprimento, 3.97 ± 0.99 μm de largura e eram fortemente furcados e arqueados em forma de alicate ou tesoura, furcados, com plasmódios dotados de motilidade, nadando na vesícula biliar do hospedeiro. Compostos por duas válvulas simétricas de tamanho igual, cada válvula possuía um corpo afilante oposto, orientado paralelamente à ponta

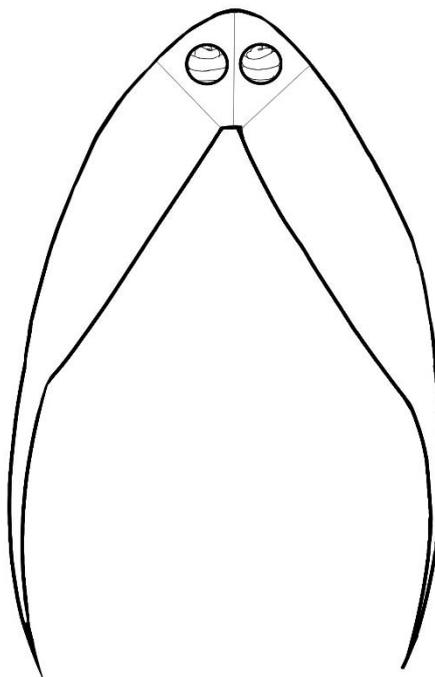
basal dos apêndices e unido ao longo de uma linha de sutura direita, formando um fio espesso, em formato de V. Em seu interior a Cápsula polar possuía a medida com 1.1 ± 0.3 μm de comprimento e 1.043 ± 0.2 μm de largura. Cada cápsula contém um filamento polar com cinco (raramente seis) voltas. O esporoplasma binucleado tinha forma irregular, continha vários esporoplasmosomos.

Figura 9- Captura pelo DIC em Microscopia de Luz do esporo *Ceratomyxa* sp. Amostra a fresco; Presença da morfologia característica de “tesoura” ou “alicate”. Comprimento 5 μm .



Fonte: Autor, 2022.

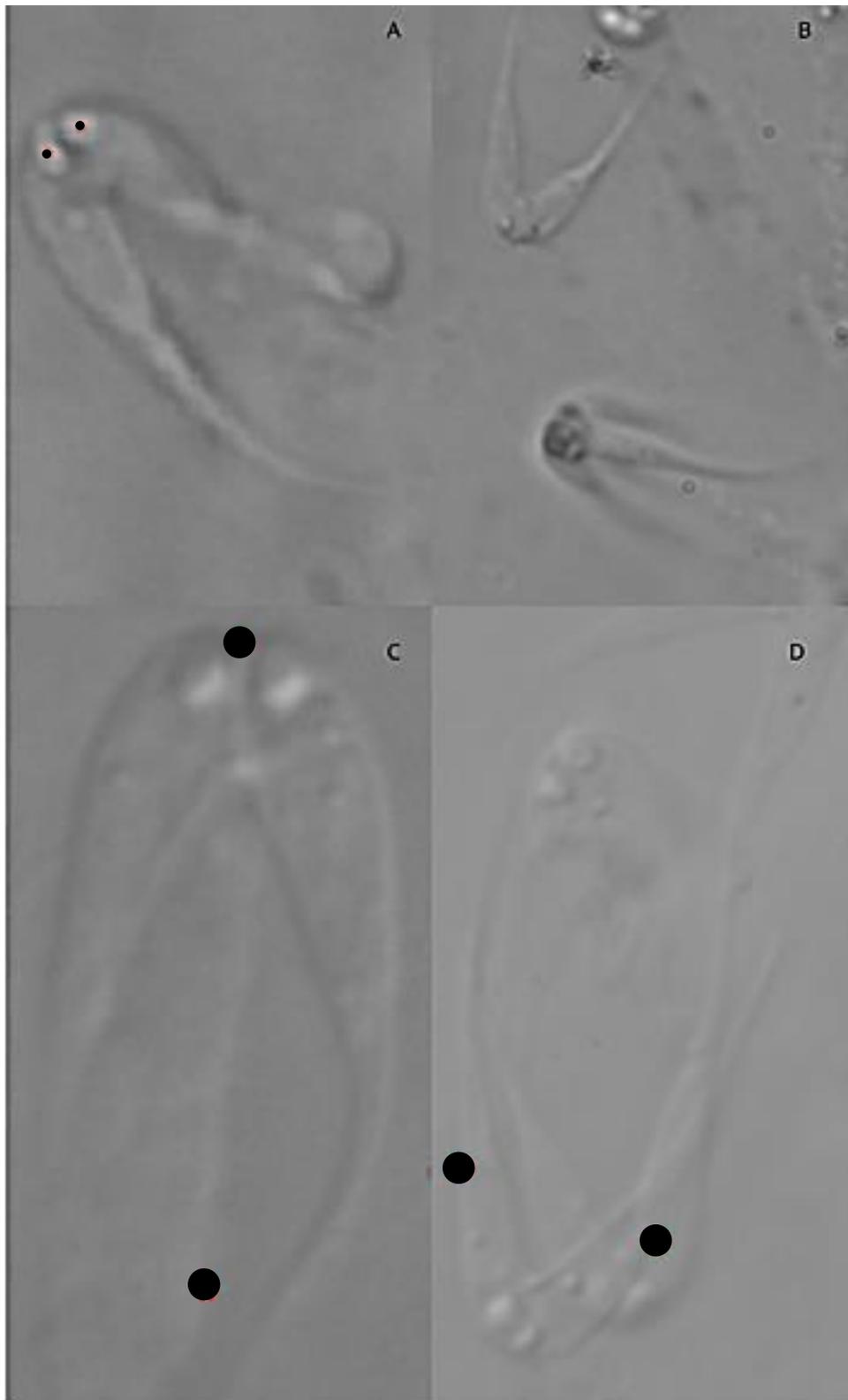
Figura 10- Ilustração baseada na captura de imagem do *Ceratomyxa* sp pelo DIC. Característico pelo corpo alicate



Fonte: Autor, 2023.

Durante a análise morfológica dos microparasitos na vesícula biliar da piramutaba, observamos características distintivas nos esporos, sugerindo a possível identificação de uma nova espécie de *Ceratomyxa* sp. Os esporos exibiram uma morfologia típica do gênero *Ceratomyxa*, com formato arqueado e dois apêndices caudais afilados. Além disso, foram observadas projeções citoplasmáticas da membrana plasmoidal externa, uma característica comum em parasitas celozoários, especialmente na vesícula biliar, indicando uma possível adaptação evolutiva desse microparasito ao ambiente específico do hospedeiro. Essas observações fornecem insights valiosos para a taxonomia e a compreensão da diversidade genética dentro do gênero *Ceratomyxa*, destacando a importância da investigação morfológica na identificação e classificação precisas de parasitos.

Figura 11- Esporos de *Ceratomyxa* sp encontrados na vesícula biliar da Piramutaba. Dispostos em vista valvar. Ilustrações A, B e D capturadas em objetiva 40X no DIC e ilustração B em objetiva de 20X. Apresentando Morfologia de tesoura.

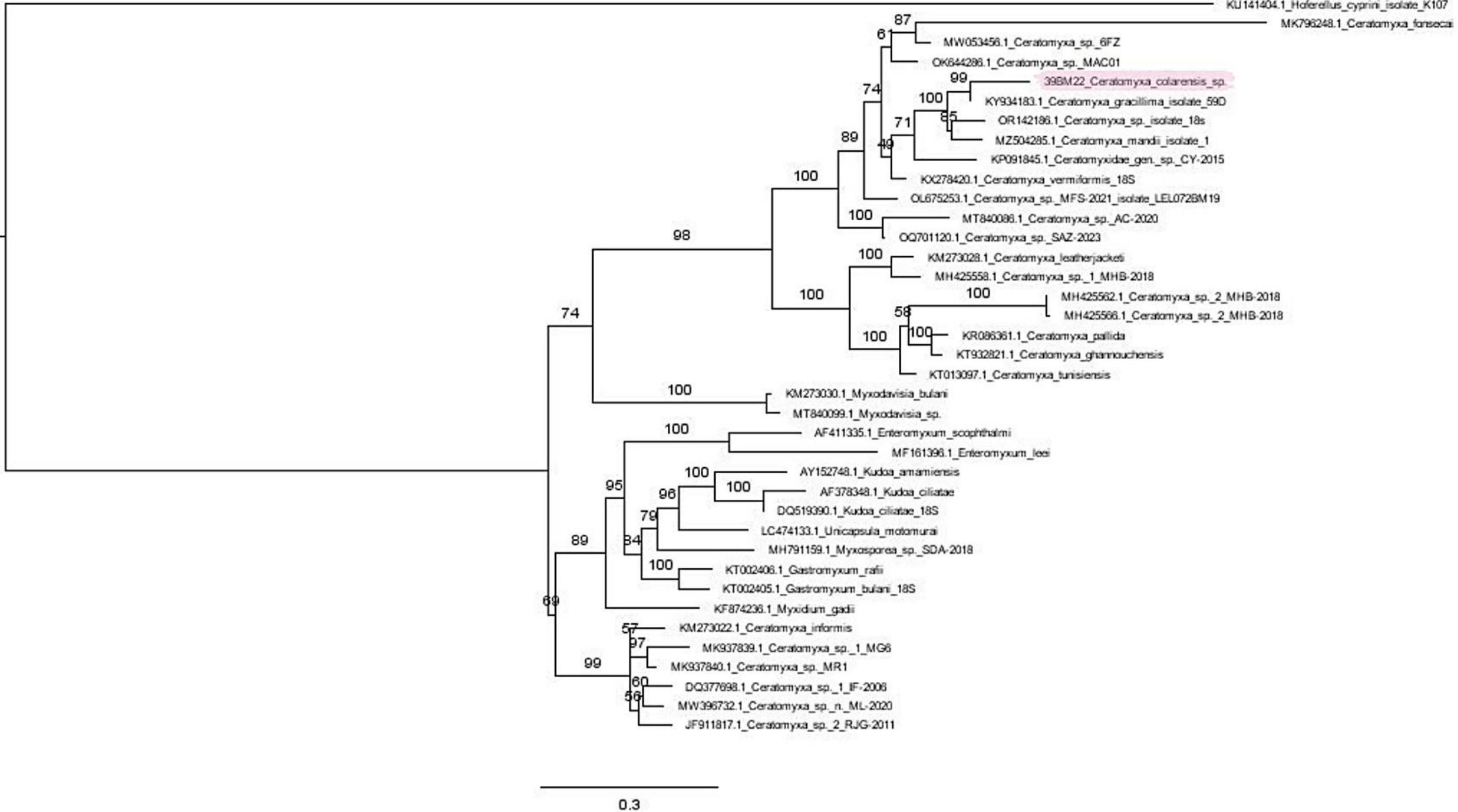


4.2. Análise filogenética do gênero *Ceratomyxa*

Através da análise filogenética, foi analisada a disposição e variabilidade genética dos Mixozoários analisados. As sequências foram obtidas através do alto índice de identidade que compartilhavam e a árvore filogenética comprovou sua relação evolutiva. Foram utilizadas sequências gênicas de SSU rRNA (Small subunit ribosomal ribonucleic acid), um marcador molecular amplamente utilizado para análises genéticas de mixozoários. Após as análises microscópicas e filogenéticas, foram encontrados fortes indícios de uma provável nova espécie de microparasito infectante de peixes, pertencente ao gênero *Ceratomyxa* e encontrada na vesícula biliar de Piramutabas na região de Colares.

É possível de se observar isso na filogenia devido à proximidade evolutiva da sequência do novo parasito com diversas outras sequências do gênero *Ceratomyxa*, juntamente do elevado índice de identidade com este gênero. A distância dela, na árvore, para os outros gêneros, como *Hoferellus* e *Myxidium* também atesta para a sua identificação conclusiva. A árvore filogenética construída encontra-se ilustrada na Figura 12.

Figura 12- Árvore de Máxima Verossimilhança, com base no sequenciamento do gene 18S rDNA demonstrando a relação do *Ceratomyxa* sp ao outros mixosporídeos.



Fonte: Autor, 2024

4.3. Relação morfométrica

Tabela 3- Matriz de identidade/similaridade entre as espécies de *Ceratomyxa* spp.

	Espécies	1	2	3	4	5	6
1	<i>Ceratomyxa</i> sp (XXXXX)						
2	<i>Ceratomyxa gracillima</i> (KY934184.1)	80.68					
3	<i>Ceratomyxa verudensis</i> (KM273027.1)	71.85	78.37				
4	<i>Ceratomyxa leatherjacketi</i> (KM273028.1)	71.74	80.58	77.02			
5	<i>Ceratomyxa buri</i> (AB530264.1)	71.30	76.31	82.54	82.06		
6	<i>Ceratomyxa seriola</i> (AB530265.1)	71.08	76.96	91.03	83.48	86.17	

Após a apresentação da tabela de similaridade indicando as distâncias genéticas entre as sequências do gene 18S rDNA de *Ceratomyxa* sp, conclui-se que a espécie *Ceratomyxa* sp compartilha alta similaridade de identidade com o *Ceratomyxa gracillima* (80,68%) e o *Ceratomyxa verudensis* (71,85%). Esses achados sugerem uma possível relação genética entre essas espécies. Por isso, a análise molecular é fundamental para distinguir a *Ceratomyxa* sp das outras espécies, já que a morfologia pode ser semelhante. Assim a matriz de identidade/similaridade fornece insights valiosos para a compreensão das relações genéticas entre as diferentes espécies de *Ceratomyxa*.

Tabela 4- Distância de Similaridade (P) entre as principais espécies de *Ceratomyxa* spp.

	Espécies	1	2	3	4	5	6
1	<i>Ceratomyxa</i> sp (XXXXX)						
2	<i>Ceratomyxa gracillima</i> (KY934184.1)	0,252					
3	<i>Ceratomyxa leatherjacketi</i> (KM273028.1)	0,371	0,162				
4	<i>Ceratomyxa buri</i> (AB530264.1)	0,477	0,278	0,281			
5	<i>Ceratomyxa verudensis</i> (KM273027.1)	0,470	0,265	0,271	0,229		
6	<i>Ceratomyxa seriola</i> (AB530265.1)	0,473	0,281	0,291	0,217	0,109	

Os resultados da análise da distância de similaridade (P) entre as principais espécies de *Ceratomyxa* spp. (conforme apresentados na Tabela 4) fornecem insights cruciais sobre a diversidade genética dentro desse gênero parasitário. Os valores indicam a proximidade ou divergência dos materiais genéticos entre as espécies investigadas. Notavelmente, enquanto algumas espécies, como *Ceratomyxa gracillima*, exibem uma distância de similaridade moderada em relação às demais, outras, como *Ceratomyxa seriolae*, demonstram uma maior divergência genética. Essa diversidade genética pode ter implicações significativas para a ecologia, distribuição e adaptação desses parasitas, afetando sua capacidade de parasitismo e, conseqüentemente, sua interação com os hospedeiros.

Esses dados também são essenciais para estudos taxonômicos e filogenéticos, contribuindo para uma melhor compreensão das relações evolutivas entre as espécies de *Ceratomyxa* e sua classificação no contexto biológico mais amplo.

4.4. Taxonomia

De acordo com os aspectos morfológicos baseados na Microscopia de luz e a Filogenia a classificação taxonômica do microparasito estudado:

Tabela 5- Classificação Taxonômica

Colocação taxonômica	
Reino	Metazoários
Filo	Cnidários
Classe	Mixozoários
Ordem	Bivalvulida
Família	Ceratomyxidae
Gênero	<i>Ceratomyxa</i>
Espécie	<i>Ceratomyxa</i> sp

Hospedeiro: Piramutaba.

Localidade: praia do Humaita; município de Colares-PA.

Local de infecção: vesícula biliar.

Tipo de Material: Lâmina a fresco.

Os sequenciamentos do gene 18S rDNA de) de *Ceratomyxa sp.*, coletados da piramutaba, sendo o sítio de infecção a vesícula biliar, gerando uma sequência parcial de 1813 nucleotídeos.

5. DISCUSSÃO

A pesca artesanal na Amazônia é um tema de importância central, não apenas do ponto de vista econômico, mas também social e ambiental. Como mencionado por SILVANO; HALLWASS, 2021, desempenha um papel crucial como meio de subsistência para as comunidades locais e como fonte de sustento para muitas famílias e comunidades locais. No entanto, além de seu impacto direto na economia e na vida das pessoas, a pesca artesanal também tem implicações significativas para a segurança alimentar (MOURA, 2021; OLIVEIRA; BEZERRA; SANTOS, 2024) e a conservação dos recursos naturais na região amazônica (DA SILVA; DE SOUZA; DA SILVA, 2024; WAGNER; LIMA, 2024).

Com o crescente consumo de peixes no Brasil e demais localidades, surge a necessidade premente de compreendermos os riscos associados à ingestão de alimentos contaminados, bem como, os benefícios à saúde humana do consumo de pescado (FURLAN *et al.*, 2023). Assim, os peixes, como fonte importante de proteína na dieta humana (SARTORI; AMANCIO, 2012), podem abrigar uma diversidade de parasitas responsáveis por Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs). Essas DTAs representam uma ameaça significativa à saúde pública (FARIAS; PALA; ARAÚJO, 2021), uma vez que podem resultar em uma série de sintomas gastrointestinais, como náuseas, vômitos e diarreia, além de complicações mais sérias em casos graves (MINISTÉRIO DA SAÚDE; SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE; DEPARTAMENTO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA, 2010).

Em pesquisas, alguns mixozoários têm sido identificados como agentes causadores de doenças emergentes. Além disso, infecções por mixozoários podem acarretar perdas econômicas consideráveis para a indústria da aquicultura e da pesca. Essas infecções afetam diretamente a saúde dos peixes, bem como diminuem sua comercialização. Vale ressaltar que, a saúde humana também pode ser comprometida pelos mixozoários, especialmente quando peixes crus infectados são consumidos por indivíduos com o sistema imunológico comprometido (OKAMURA; GRUHL; BARTHOLOMEW, 2015b).

É importante salientar que a família Ceratomyxidae inclui os gêneros *Ceratomyxa*, *Meglitschia*, *Ellipsomyxa* e *Ceratonova* (RIBEIRO, 2020). Assim, os aspectos morfológicos e ultraestruturais dos mixósporos, revelando uma organização furcada e

arqueada e apresentam notável semelhança com aqueles previamente descritos no gênero *Meglitschia* (ZHAO et al., 2008). Logo, a morfologia do mixósporo, caracterizada pelo formato arqueado com dois apêndices caudais afilados, alinhados com a base dos esporos, juntamente com a análise do número e posição das voltas dos filamentos polares (PFc) e cápsulas polares (PC), sugere, erroneamente, que este parasita pertence ao gênero *Meglitschia*.

Além disso, por meio da combinação de análises moleculares e morfológicas sustentam a premissa original de Meglitsch que algumas espécies de *Ceratomyxa* produzem mixósporos altamente arqueados com válvulas alongadas e cônicas (ADRIANO; OKAMURA, 2017). Então, com base nessas diferenças morfológicas, foi proposta a criação de uma nova espécie e sua atribuição ao gênero *Ceratomyxa*, uma decisão fundamentada em dados filogenéticos moleculares (ADRIANO; OKAMURA, 2017). Ademais, a arquitetura básica dos esporos de *Meglitschia insolita* (MEGLITSCH, 1960), originalmente descrita como *Ceratomyxa insolita*, apoia a sua reclassificação para o gênero *Ceratomyxa*.

Ao identificar e caracterizar essa possível nova espécie de *Ceratomyxa sp.* no *B. vaillantii*, contribuímos significativamente para a compreensão da diversidade parasitária nesta espécie de peixe. Além disso, ao situar a espécie dentro de um contexto filogenético, fornecemos informações valiosas que podem influenciar a classificação e taxonomia do gênero. Estas descobertas têm implicações importantes não apenas para a parasitologia, mas também para a biologia evolutiva e a sistemática dos ceratomyxídeos. Embora *B. vaillantii* esteja amplamente distribuído na bacia amazônica, há uma escassez de estudos sobre seus parasitas, especialmente no que diz respeito à taxonomia (BRITO; DIAS, 2021).

A tabela de similaridade indicando as distâncias genéticas entre as sequências do gene 18S rDNA de *Ceratomyxa sp.* em relação aos outros os mixósporos de *Ceratomyxa sp.* presente no estudo (tabela 3), denominado na filogenia como *Ceratomyxa sp.*, assemelham-se aos demais microparasitas do gênero *Ceratomyxa*, quanto a sua morfologia, mas pode ser facilmente distinguida com base em dados moleculares (ARAÚJO, 2021). O *Ceratomyxa sp.* (*Ceratomyxa colarensis*) compartilharam 80,68% de similaridade de identidade com o *Ceratomyxa gracillima* n sp., também possui 71,85% de similaridade com o *Ceratomyxa verudensis*. Além disso, apresenta 71,74% de identidade frente o *Ceratomyxa leatherjacketi*, bem como apresenta 71,30% e 71,08% de similaridade aos respectivos *Ceratomyxa buri* e *Ceratomyxa seriolae*.

A análise revela a distância de similaridade (P) entre as principais espécies de *Ceratomyxa* spp. (Tabela 4) fornecendo *insights* fundamentais sobre a diversidade genética dentro deste gênero parasitário. Os valores apresentados refletem a proximidade ou divergência dos materiais genéticos entre as espécies investigadas. Observa-se que, enquanto algumas espécies, como *Ceratomyxa gracillima*, exibem uma distância de similaridade moderada em relação às demais, outras, como *Ceratomyxa seriolae*, demonstram uma maior divergência genética. Essa diversidade genética pode ter implicações significativas para a ecologia, distribuição e adaptação desses parasitas, influenciando sua capacidade de parasitismo e, conseqüentemente, sua interação com os hospedeiros (ANJOS, 2022; JONES, 2001; MORAES, 2023; NEGRELLI, 2022; SITJÀ-BOBADILLA; ESTENSORO; PÉREZ-SÁNCHEZ, 2016). Além disso, esses dados são de suma importância para estudos taxonômicos e filogenéticos, contribuindo para uma melhor compreensão das relações evolutivas entre as espécies de *Ceratomyxa* e sua classificação dentro do contexto biológico mais amplo (BEGOT, 2018; BRITO *et al.*, 2016a; MARINHO, 2023; OLIVEIRA, 2019).

Outras semelhanças podem ser observadas, como a presença do microparasita *Ceratomyxa gracillima* (ZATTI *et al.*, 2022) e de *Ceratomyxa* sp. no estudo em questão. Ambos, foram encontrados na vesícula biliar de bagres, especificamente no *Brachyplatystoma rouseauxii* (Castelnau, 1855) conhecido como Dourada, e no *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840), conhecido como Piramutaba. Esses achados ocorreram na Amazônia e envolveram peixes da ordem Siluriformes.

Também, a predominância de infecções pertencentes às espécies presentes em *Ceratomyxa* sp, geralmente, o local da infecção é a vesícula biliar pode ser atribuída a fatores evolutivos e ecológicos (EIRAS, 2006; LOM; DYKOVÁ, 2006^a). Como característica comum observada em parasitas celozóicos, as projeções citoplasmáticas da membrana plasmática externa, particularmente encontrado na vesícula biliar, e sua presença está estreitamente ligada ao tipo de nutrição (SITJÀ-BOBADILLA; ALVAREZ-PELLITERO, 1993)

A taxa de infecção por *Ceratomyxa* sp., identificado no estudo envolvendo *B. vaillantii*, demonstrou ser mais elevada em comparação com a prevalência de infecção por *Ceratomyxa sargus* n. sp. No específico caso do hospedeiro *Diplodus sargus*, (Linnaeus, 1758), na Vesícula biliar, ao sul de Portugal, a prevalência de infecção foi registrada em 11,8% em 54 espécimes analisados, sendo notável que esses peixes não apresentaram quaisquer sinais externos de infecção ou doença, conforme observado por

(ROCHA *et al.*, 2023). Além disso, a prevalência de infecção presente no estudo também foi superior ao *Ceratomyxa binhthuanensis* n. sp. encontrado no hospedeiro *Epinephelus fasciatus* (Forsskål, 1775), na província de Binhthuan (Vietnã), com a taxa de infecção em 15% (CHINH *et al.*, 2022).

Tabela 6- Dados para a comparação de *Ceratomyxa* n. sp. com as 4 espécies de *Ceratomyxa* spp. Fornecidos a espécime e sua localização de coleta, sítios de infecção e a distância dos esporos (medidas em μm).

Espécie	<i>Ceratomyxa</i> n. sp	<i>Ceratomyxa</i> cf. <i>fonsecai</i>	<i>Ceratomyxa fonsecai</i> n. sp	<i>Ceratomyxa amazonensis</i>	<i>Ceratomyxa macapaensis</i> n. sp.
Localização	Praia do Humaitá	Rio do Paraná (Rio da Prata)	Rio Tocantins (MA)	Rio Unini (Estado do Amazonas)	Rio Piririm (Amapá)
Habitat	Água Salobra	Água doce	Água doce	Água doce	Água doce
Hospedeiro	<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	<i>Hemiodus orthonops</i>	<i>Hemiodus unimaculatus</i>	<i>Symphysodon discus</i>	<i>Mesonauta festivus</i> Heckel, 1840
Local de infecção	Vesícula Biliar	Vesícula Biliar	Vesícula Biliar	Vesícula Biliar	Vesícula biliar
Esporos					
Comprimento	19.7 ± 1.2 μm	3.3 ± 0.2 (2.9–3.9) μm	28,9 ± 2,7 μm	7,0 ± 0,3 μm	4,2 ± 0,5 μm
Largura	3.97 ± 0,99 μm	14,4 ± 3,3 (10,4–20,7) μm	2,6 ± 0,1 μm	15,8 ± 0,4 μm	22,75 ± 0,3 μm
Forma do esporo	Formato em tesoura ou V, com plasmódio dotado de motilidade.	Formato vermiforme. Plasmódios dotados de motilidade.	Formato vermiforme. Os esporos alongados e em forma de meia-lua	Formato fortemente arqueado	Forma de crescente ou arco com duas cápsulas polares
Cápsula polar:					
Comprimento	1,1 ± 0.3 μm	1.6 ± 0.3 (1.11–2.3) μm	1,9 ± 0,3 μm	3,22 ± 0,34 μm	1,86 ± 0,3 μm
Largura	1.043 ± 0,2 μm	1.5 ± 0.3 (0.9–2.1) μm	1,7 ± 0,2 μm	2,63 ± 0,17 μm	1,63 ± 0,1 μm
Referências	Presente no estudo	(ZATTI <i>et al.</i> , 2022)	(DA SILVA <i>et al.</i> , 2020)	(MATHEWS <i>et al.</i> , 2016)	(BITTENCOURT <i>et al.</i> , 2022)

A Comparação de *Ceratomyxa* n. sp. com as 4 espécies de *Ceratomyxa* sp, dispostas na tabela 6, as espécimes que estão presentes na região amazônica com a similaridade de pertencerem ao ambiente de água doce, deve-se aos estudos que vêm

descrevendo novas espécies de parasitando peixes de água doce na América do Sul, pois tradicionalmente são, parasitos de peixes marinhos (FRANZOLIN, 2021; LOM; DYKOVÁ, 2006^a; MATHEWS DELGADO, 2018; ZATTI, SUELLEN APARECIDA, 2017).

Logo, os resultados obtidos no presente estudo, demonstram a presença de *Ceratomyxa* sp na piramutaba, assim, tem-se um fator de alerta para uma possível contaminação ao pescado comercializado no litoral amazônico.

Por fim, o presente trabalho, a partir dos dados gerados, proporcionou uma visão aprofundada sobre a interação complexa entre a pesca artesanal na Amazônia, e a conservação dos recursos naturais. Ao identificar uma possível nova espécie de *Ceratomyxa* sp e analisar sua diversidade genética, contribuí para o conhecimento científico, também para a gestão sustentável dos ecossistemas aquáticos e a proteção da biodiversidade regional. Essas descobertas destacam a importância da continuidade da pesquisa na área da parasitologia, visando compreender a biologia dos parasitas do gênero *Ceratomyxa*.

6. CONCLUSÃO

A análise filogenética revelou uma possível nova espécie, estabelecendo um agrupamento próximo com outras espécies do gênero *Ceratomyxa* encontradas em ambientes de água salgada no nordeste paraense. Este achado, representa um marco significativo, pois configura-se como a primeira descrição de um táxon pertencente ao gênero *Ceratomyxa* em peixes do nordeste paraense, em *B. vaillantii* pertencente ao município de Colares (PA). Essa contribuição taxonômica oferece entendimentos valiosos para a compreensão da diversidade parasitária nesse ecossistema específico, destacando a importância dessa investigação de microparasitas ao pescado comercial no litoral amazônico.

Assim, os resultados obtidos demonstram a presença de *Ceratomyxa* sp. na piramutaba, ressaltando a importância da investigação morfológica de microparasitos em peixes. A compreensão da ecologia parasitária é crucial para implementar medidas eficazes de controle, prevenção de doenças e conservação dos recursos pesqueiros na região. Portanto, este estudo preenche uma lacuna de conhecimento na área de parasitologia de peixes, contribuindo para o avanço científico e o desenvolvimento de medidas eficazes de manejo e conservação dos recursos pesqueiros na região.

FINANCIAMENTO/APOIO FINANCEIRO

Este estudo foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio de uma bolsa de estudos. Agradecemos também ao Laboratório de Pesquisas Aquáticas Carlos Azevedo, da Universidade Federal Rural da Amazônia (LPCA), e ao Laboratório de Genética Aplicada (LGA).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J. M. S. et al. Historical biogeography of fishes from coastal basins of Maranhão State, northeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 17, n. 2, p. e180156, 2019.

ACUÑA, D. O. F. **Morfologia e ultraestrutura de larvas de nematóides encontradas em *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca, Gastropoda) e sua relação com a atividade antrópica no município de Mesquita, Rio de Janeiro, Brasil.** Orientador: Prof. Dr. Jairo Pinheiro da Silva. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ - RJ, 2008.

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, fev. 2017.

ALAMA-BERMEJO, G. et al. Two novel myxosporean parasite species of *Ceratomyxa* Thélohan, 1892 from the banded cusk-eel *Raneya brasiliensis* (Kaup) (Ophidiiformes: Ophidiidae) off Patagonia, Argentina. **Parasitology International**, v. 85, p. 102433, dez. 2021.

ALTSCHUL, S. F. et al. Basic local alignment search tool. **Journal of Molecular Biology**, v. 215, n. 3, p. 403–410, 5 out. 1990.

ALVARENGA, L. D. P.; LISBOA, R. C. L. Contribuição para o conhecimento da taxonomia, ecologia e fitogeografia de Briófitas da Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 495–504, set. 2009.

ANDRADE, P. F. P. **Avaliação do efeito do extrato etanólico de *Pseudobrickellia brasiliensis* em ratos com periodontite induzida por ligadura.** Orientador: Prof. Dr. Wagner de Fátima Pereira. 2020. 81 p. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

ANJOS, C. S. DOS. **Manipulação e interação parasitária em organismos aquáticos amazônicos: adaptações e estratégias.** Tese de Doutorado—Manaus, Amazonas: Biologia de Água Doce e Pesca Interior - BADPI, 30 jun. 2022.

ARAÚJO, R. S. DE. **Aspectos morfológicos de parasitos dos filos Myxozoa e Apicomplexa em *Thoracocharax stellatus* (Kner, 1858)(Characiformes: Gasteropelecidae) capturados em igarapé na margem direita do Rio Guamá, Belém, Pará.** Orientador: Prof. Dr. Edilson Rodrigues Matos. 2023. 73 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2016.

ARAÚJO, P. G. D. **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.** Orientadora: Dra. Marcela Nunes Videira. 2021. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais - Universidade Federal do Amapá, Macapá, AP, 2021.

ATKINSON, S. D.; BARTHOLOMEW, J. L.; LOTAN, T. Myxozoans: *Ancient metazoan parasites find a home in phylum Cnidaria*. **Zoology**, v. 129, p. 66–68, ago. 2018.

AZEVEDO-SANTOS, V. M. et al. Removing the abyss between conservation science and policy decisions in Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 7, p. 1745–1752, jun. 2017.

BALDISSEROTTO, B. Piscicultura continental no Rio Grande do Sul: situação atual, problemas e perspectivas para o futuro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 291–299, 20 ago. 2008.

BARTHEM, R. **Os Bagres Balizadores: Ecologia, Migração E Conservação De Peixes Amazonicos**. [s.l.] Mamirauá, 1997.

BARTOŠOVÁ-SOJKOVÁ, P. et al. Life in a rock pool: Radiation and population genetics of myxozoan parasites in hosts inhabiting restricted spaces. **PLoS One**, v. 13, n. 3, p. e0194042, 2018.

BEGOT, L. H. Valoração e sustentabilidade da pesca artesanal de Curuçá e Colares, Estado do Pará: uma análise das externalidades de um projeto portuário na percepção dos pescadores. 2018.

BITTENCOURT, L. S. 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 Parasitologica**, v. 67, n. 1, p. 322–329, mar. 2022.

BRITO, I. A.; DIAS, M. T. Diversity of ectoparasites and endoparasites infecting *Brachyplatystoma vaillantii* (Siluriformes: Pimelodidae), a large migratory catfish from the Amazon. **Acta Amazonica**, v. 51, n. 2, p. 122–128, jun. 2021.

BRITO, T. P. et al. A PESCA ARTESANAL E O CONHECIMENTO ECOLÓGICO SOBRE PEIXES-BOI (ORDEM SIRENIA) NA ILHA DE COLARES – PARÁ – REGIÃO NORTE – BRASIL. n. 1, p. p.027-049, abr. 2016a.

BRITO, T. P. et al. A pesca artesanal e o conhecimento ecológico sobre peixes-boi (ordem sirenia) na Ilha de Colares – Pará – Região Norte – Brasil. **Revista Ouricuri**, v. 6, n. 1, p. 027–049, 17 nov. 2016b.

CASAL, G. et al. Fine structure of *Chloromyxum menticirrho* n. sp. (Myxozoa) infecting the urinary bladder of the marine teleost *Menticirrhus americanus* (Sciaenidae) in Southern Brazil. **European Journal of Protistology**, v. 45, n. 2, p. 139–146, maio 2009.

CAVALINE, R. B. Percepção sobre a ocorrência de parasitos em peixes marinhos em Piúma-ES. 2019.

CEZAR, P., Gilberto; COSTA, E., Jorge da; MASSATO, T., Ricardo. **Doenças De Peixes: Profilaxia, Diagnóstico E Tratamento**. 2. ed. Maringá: Eduem, 2008.

CHINH, N. N. et al. Morphological and molecular characterization of *Ceratomyxa binhthuanensis* n. sp. (Myxosporea: Ceratomyxidae) from the gall bladder of blacktip grouper *Epinephelus fasciatus* (Perciformes: Serranidae) in the East Sea of Vietnam. **Parasitology Research**, v. 121, n. 2, p. 613–621, 2022.

CUVIER, G. et al. **Histoire naturelle des poissons**. Paris: Chez F. G. Levrault; [etc., etc.], 1828.

CUVIER, G.; VALENCIENNES, A. **Histoire naturelle des poissons**. Biblioteca Pública de Lyon: Bertrand, 1828. v. 1

DA COSTA EIRAS, J. **Elementos de ictioparasitologia**. [s.l.: s.n.].

DA SILVA, A. J. B.; DE SOUZA, M. C. D. S. A.; DA SILVA, Y. F. T. The importance of preservation, conservation and recovery of natural resources in the Manaus Sustainable Development Reserve to halt warming and climate change in the Amazon. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 2, p. e3460, 9 fev. 2024.

DA SILVA, M. F. et al. 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, mar. 2020.

DAGOSTA, F. C. P.; PINNA, M. D. The Fishes of the Amazon: Distribution and Biogeographical Patterns, with a Comprehensive List of Species. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 2019, n. 431, p. 1, 13 jun. 2019.

DAR, S. A. et al. Strategies for describing myxozoan pathogens, dreadful fish diseases in aquaculture. **Microbial Pathogenesis**, v. 187, p. 106512, fev. 2024.

DIAS, B. S. **Análise morfológica e histológica de *Myxobolus* sp. em *Pellona castelnaeana* valenciennes, 1847 provenientes do rio Arari, Cachoeira do Arari–Pa**. Orientador: Prof. Dr. Igor Guerreiro Hamoy. 2023. 40f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia de pesca) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Bélem, PA, 2023.

DIAS, L. N. S. Fauna microparasitária de *Brachyplatystoma rousseauxii* e *Mugil curema* desembarcados na Amazônia oriental. 2013.

DIAS, M. K. R. et al. Parasitismo em tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*, Characidae) cultivados na Amazônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 2, p. 231–238, jun. 2015.

DOS SANTOS, C. A. M. L. doEnÇaS ParaSitáriaS aSSociadaS ao conSUmo dE PEScado no braSil: incidÊncia E EPidEmioloGia. **Higiene Alimentar**, v. 31, n. 270/271, 2017.

EIRAS, J. C. Synopsis of the species of *Ceratomyxa* Thélohan, 1892 (Myxozoa: Myxosporae: Ceratomyxidae). **Systematic Parasitology**, v. 65, n. 1, p. 49–71, set. 2006.

EIRAS, J. C.; CRUZ, C.; SARAIVA, A. Synopsis of the species of *Ceratomyxa* Thélohan, 1892 (Cnidaria, Myxosporae, Ceratomyxidae) described between 2007 and 2017. **Systematic Parasitology**, v. 95, n. 5, p. 427–446, jun. 2018.

FAO NO BRASIL. **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação: Uma produção pesqueira e aquícola sem precedentes contribui decisivamente para a segurança alimentar global**. Roma: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/es/c/1585153/>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

FARIAS, T. H. V.; PALA, G.; ARAÚJO, L. R. S. Parasitas de peixes com potencial zoonótico descritos no Brasil. **Ars Veterinaria**, v. 37, n. 4, p. 211–224, 2021.

FELIPE, G. R. et al. **Técnicas histológicas para estudo de tecidos**. [s.l.] Fundação de Ensino Octavio Bastos, 2022.

FERREIRA, E. J. G. **Peixes Comerciais De Manaus**. [s.l.] Editora INPA, 2009.

- FORATTINI, O. P. O pensamento epidemiológico evolutivo sobre as infecções. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 257–262, jun. 2002.
- FORMIGA, K. M.; BATISTA, J. D. S.; ALVES-GOMES, J. A. The most important fishery resource in the Amazon, the migratory catfish *Brachyplatystoma vaillantii* (Siluriformes: Pimelodidae), is composed by an unique and genetically diverse population in the Solimões-Amazonas River System. **Neotropical Ichthyology**, v. 19, n. 1, p. e200082, 2021.
- FRANZOLIN, G. N. **Taxonomia e sistemática de *Ceratomyxa* sp. (Cnidaria: Myxozoa), parasito de *Rhaphiodon vulpinus* (Characiformes: Cynodontidae) da Bacia Amazônica.** 2021.
- FRANZOLIN, G. N. et al. Occurrence of the host-parasite system *Rhaphiodon vulpinus* and *Ceratomyxa barbata* n. sp. in the two largest watersheds in South America. **Parasitology International**, v. 91, p. 102651, dez. 2022.
- FURLAN, E. F. et al. RISCOS DE CONTAMINANTES AMBIENTAIS EM PESCADO NA BAIXADA SANTISTA (SP): SEGURANÇA ALIMENTAR E ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO. Em: CRUZ, A. G.; AZEREDO, D. R. P.; SIGNORI, K. (Eds.). **Pesquisas e avanços em Segurança de Alimentos.** [s.l.] Agron Food Academy, 2023.
- GOMES, I. A. **Natureza, Homem E Manejo De Recursos Naturais Na Regiao De Caxiuana.** [s.l.] Museu Goeldi, 2001.
- GRACIANO, J. M. **Diversidade de helmintos de pequenos mamíferos em três ambientes adjacentes na Mata Atlântica.** [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2022.
- HALL, T. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. **Nucleic Acid Symposium Series**, v. 41, p. 95–98, 1999.
- HAUSCHILD, C. B. *Aegla platensis* (Schimit, 1942): um complexo de espécies? Evidências a partir do gene mitocondrial COI. 2011.
- HÖFLING, J. F.; GONÇALVES, R. B. **Microscopia de luz em microbiologia: morfologia bacteriana e fúngica.** [s.l.] Artmed Editora, 2009.
- ISAAC, V. J.; BRAGA, T. M. P. Rejeição de pescado nas pescarias da região norte do Brasil. 1999.
- ISPN. **Fauna e Flora da Amazônia. ISPN - Instituto Sociedade, População e Natureza,** 2020.
- IWASHITA, M. K. P.; MACIEL, P. O. Princípios básicos de sanidade de peixes. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimento, Brasília, Distrito Federal, Brasil.** ed, v. 7, p. 215–269, 2013.
- JONES, S. R. The occurrence and mechanisms of innate immunity against parasites in fish. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 25, n. 8–9, p. 841–852, 2001.
- KOH, C. C. Redes extracelulares de DNA de linfócitos T: Sua possível importância nas interações parasito-hospedeiro e na patogênese da leishmaniose tegumentar americana. 2019.

LI, Z. Y. et al. Morphological and molecular characterization of a new freshwater *Ceratomyxa* species (Cnidaria: Myxozoa) from the yellow catfish, *Trachysurus fulvidraco* in China. **Parasitology International**, v. 97, p. 102778, dez. 2023.

LOM, J.; ARTHUR, J. R. A guideline for the preparation of species descriptions in Myxosporea. **Journal of Fish Diseases**, v. 12, n. 2, p. 151–156, 1989.

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, 1 mar. 2006a.

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, 1 mar. 2006b.

LUNA, L. G. (ED.). **Manual of histologic Staining methods of the Armed Forces Institute of pathology**. 3. ed ed. London: MacGraw, 1968.

LUNDBERG, J. G.; AKAMA, A. *Brachyplatystoma capapretum*: a New Species of Goliath Catfish from the Amazon Basin, with a Reclassification of Allied Catfishes (Siluriformes: Pimelodidae). **Copeia**, v. 2005, n. 3, p. 492–516, ago. 2005.

MARINHO, A. M. R. **Identificação e filogenia de novas espécies de mixozoários (Cnidaria: Myxozoa) parasitas de peixes ornamentais de ambientes naturais brasileiros**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2023.

MARQUELLI, L. P. Análise filogenética de acessos do gênero *Heliconia* L.(Heliconiaceae) utilizando marcadores moleculares. 2009.

MARTINS, M. L. et al. Protozoan infections in farmed fish from Brazil: diagnosis and pathogenesis. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 24, n. 1, p. 1–20, mar. 2015.

MATHEWS DELGADO, P. **Sistemática e interação parasito-hospedeiro de mixosporídeos parasitas de peixes ornamentais da Bacia Amazônica**. Doutor em Biologia Animal—Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 25 jan. 2018.

MATHEWS, P. D. et al. 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, out. 2016.

MCGRATH, D. G. et al. Market Formalization, Governance, and the Integration of Community Fisheries in the Brazilian Amazon. **Society & Natural Resources**, v. 28, n. 5, p. 513–529, 4 maio 2015.

MEGLITSCH, P. A. Some coelozoic myxosporidia from New Zealand fishes. v. 88, 1960.

MINISTÉRIO DA SAÚDE; SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE; DEPARTAMENTO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA. **Manual Integrado de Vigilância, Prevenção e Controle de Doenças transmitidas por Alimentos**. 1 edição ed. Brasília- DF: Ms - Editora do Ministério da saúde, 2010.

MONTEIRO, E. P. **Caracterização morfológica e filogenia molecular de microparasitos eucarióticos em *Batrachoides surinamensis* (Bloch e Schneider,**

1801) e *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758) capturados no estuário do município de Viseu, estado do Pará. [s.l.] UFRA-Campus Belém, 2023.

MORAES, L. S. C. D. **Sobre a invasão de parasitas de peixes em ambientes de água doce: desenovelando eventos de spillback e spillover.** [s.l.] Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia, 2023.

MOREIRA, G. S. A. **Taxonomia, filogenia e interação parasita-hospedeiro na infecção de mixosporídeos em piapara (*Leporinus obtusidens*) e dourado (*Salminus brasiliensis*) oriundos do rio Mogi Guaçu, São Paulo, Brasil.** Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal—Pirassununga: Universidade de São Paulo, 26 fev. 2013.

MOURA, C. F. DE. Alterações socioambientais e segurança alimentar e nutricional na comunidade de pescadores da praia de Paquetá, Canoas-Rio Grande do Sul. 2021.

NASCIMENTO, N. F. F. DO. DNA e Paleodistribuição potenciaç de *Chiroxiphia pareola* mostram diversificação e conexões históricas em florestas na América. 2016.

NASCIMENTO, I. R. M. A. et al. Patógenos em peixes de ambientes naturais e de cultivo no Estado do Maranhão: Uma visão geral e perspectivas para pesquisa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e15910716284–e15910716284, 17 jun. 2021.

NEGRELLI, D. C. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS CAMPUS DE BOTUCATU. 2022.

NEVES, F. L. A. **Fauna parasitológica de *Zungaro zungaro* Humeboldt e Valenciennes, 1821 provenientes da Amazônia Brasileira.** ARAGUAÍNA - TO: Universidade Federal do Tocantins., 2018.

OKAMURA, B.; GRUHL, A.; BARTHOLOMEW, J. L. An Introduction to Myxozoan Evolution, Ecology and Development. Em: OKAMURA, B.; GRUHL, A.; BARTHOLOMEW, J. L. (Eds.). **Myxozoan Evolution, Ecology and Development.** Cham: Springer International Publishing, 2015a. p. 1–20.

OKAMURA, B.; GRUHL, A.; BARTHOLOMEW, J. L. **An introduction to myxozoan evolution, ecology and development.** [s.l.] Springer, 2015b.

OKAMURA, B.; HARTIGAN, A.; NALDONI, J. Extensive uncharted biodiversity: the parasite dimension. **Integrative and Comparative Biology**, v. 58, n. 6, p. 1132–1145, 2018.

OLIVEIRA, J. M. DE. **Estudo morfológico e molecular de *Anacanthorus* spp.(Monogenea: Dactylogyridae) parasitando peixes serrasalmídeos (Characiformes) no Brasil.** [s.l.] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2019.

OLIVEIRA, J. P. G. D.; BEZERRA, A. C. V.; SANTOS, S. L. D. DERRAMAMENTO DE PETRÓLEO E A REPRODUÇÃO SOCIAL DA SAÚDE DE PESCADORES ARTESANAIS NO NORDESTE BRASILEIRO. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 20, p. e2033, 10 abr. 2024.

PAITHANKAR, K. R.; PRASAD, K. S. N. Precipitation of DNA by polyethylene glycol and ethanol. **Nucleic Acids Research**, v. 19, n. 6, p. 1346–1346, 1991.

PAIVA, E. J. S. D.; SILVA, R. G. D. C. Territórios pesqueiros na Amazônia: dinâmica de pescadores comerciais e de subsistência em comunidade ribeirinha da tríplice fronteira Colômbia-Brasil-Peru. **Revista Cerrados**, v. 18, n. 02, p. 395–423, 13 nov. 2020.

- PAIVA, M. P. Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil. 1997.
- PATRICIO, L. F. **Dinâmica da reprodução da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) no Sudeste-Sul do Brasil.** [s.l.] Universidade de São Paulo, 2021.
- PORTZ, L. et al. Parasitos de peixes de cultivo e ornamentais. **Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Maringá: Eduem**, p. 85–114, 2013.
- PRADA-MEJIA, K. D. **Aspectos morfológicos e filogenéticos de *Calyptospora* (Apicomplexa: Calyptosporidae) no Médio Tietê-SP.** Dissertação—São Paulo: Universidade Estadual Paulista (Unesp), 5 jul. 2021.
- PRESTES, L. et al. Proactively averting the collapse of Amazon fisheries based on three migratory flagship species. **PLOS ONE**, v. 17, n. 3, p. e0264490, 2 mar. 2022.
- PRUNESCU, C.-C. et al. The first finding of myxosporean development from plasmodia to spores in terrestrial mammals: *Soricimyxum fegati* gen. et sp. n.(Myxozoa) from *Sorex araneus* (Soricomorpha). 2007.
- QIAO, Y. et al. Morphological and molecular characterization of *Ceratomyxa batam* n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae) infecting the gallbladder of the cultured *Trachinotus ovatus* (Perciformes: Carangidae) in Batam Island, Indonesia. **Parasitology Research**, v. 118, n. 5, p. 1647–1651, maio 2019.
- RAMOS, M. M. **A gestão das pescarias da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii* - Valenciennes, 1840) no estuário Amazônico, Pará: situação atual e perspectivas.** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 26 ago. 2010.
- RIBEIRO, A. M. **Deteção de mixosporídeos por PCR em Tempo Real e PCR Convencional em amostras de água de piscicultura.** Dissertação—Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2020.
- ROCHA, S. et al. Occurrence of two myxosporean parasites in the gall bladder of white seabream *Diplodus sargus* (L.) (Teleostei, Sparidae), with the morphological and molecular description of *Ceratomyxa sargus* n. sp. **PeerJ**, v. 11, p. e14599, 13 jan. 2023.
- RODRIGUES, M. V. et al. Prevalence for nematodes of hygiene-sanitary importance in fish from Colares Island and Vigia, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 22, n. 2, p. 124–128, 2015.
- SÁ, M. K. S. D. et al. Incidência de enteroparasitos em peixes oriundos de três afluentes do Rio Madeira: Uma questão de Saúde Única em Rondônia, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, p. e292111537308, 17 nov. 2022.
- SANTOS, A. C. D. A.; CARAMASCHI, É. P. Temporal variation in fish composition and abundance in a perennial tributary of the rio Paraguaçu, a little-known drainage in the Brazilian semi-arid region. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, n. 1, p. 153–160, 4 mar. 2011.
- SANTOS, W. J. P. **Aspectos morfológico e molecular de microparasitos eucarióticos em *Trachelyopterus galeatus* e *Trachycorystes porosus* (Siluriformes: Auchenipteridae) oriundos dos Municípios de Peixe-Boi e Cachoeira do Arari/Marajó-Pa.** [s.l.] UFRA/Belém, 2019.
- SARTORI, A. G. D. O.; AMANCIO, R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 19, n. 2, p. 83–93, 11 fev. 2012.

SILVA, Á. P. C. et al. Análise cienciométrica regional em redes de pesca: um panorama das tendências estabelecidas por pescadores artesanais brasileiros. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 25626–25645, 2020.

SILVA, M. C. DA. **Microsporidiose e coccidiose em peixes da espécie *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840) capturados na região costeira do município de Vigia de Nazaré, estado do Pará**. Doutorado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal—Niterói: Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, 2011.

SILVA, J. M. V. **Mixosporidiose em *Symphysodon aequifasciatus* Pellegrin, 1904, (Osteichthyes: Cichlidae) oriundo do município de Cametá/PA**. [s.l.] Ufra-Campus Belém, 2023.

SILVA JUNIOR, A. C. S. Myxosporidiose em peixes de água doce. **Estação Científica (Unifap)**, v. 2, n. 2, p. 25–39, 2014.

SILVANO, R. A. M.; HALLWASS, G. Uso sustentável de recursos naturais: o exemplo da pesca na Amazônia. v. 1, dez. 2021.

SITJÀ-BOBADILLA, A.; ALVAREZ-PELLITERO, P. *Zschokkella mugilis* N. Sp. (Myxosporia: Bivalvulida) from Mulletts (Teleostei: Mugilidae) of Mediterranean Waters: Light and Electron Microscopic Description. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 40, n. 6, p. 755–764, nov. 1993.

SITJÀ-BOBADILLA, A.; ESTENSORO, I.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J. Immunity to gastrointestinal microparasites of fish. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 64, p. 187–201, nov. 2016.

SOUSA, W. L.; MONTE, L. D. F. D. O.; SANTOS, Á. O. O. D. A pesca artesanal na região Amazônica: estudo de caso dos pescadores do bairro do pérola Maicá em Santarém-Pará. **A pesca artesanal na região Amazônica: estudo de caso dos pescadores do bairro do pérola Maicá em Santarém-Pará**, v. 37, n. 1, p. 95–104, 28 jun. 2017.

SOUZA, D. L. B. D. **ESTUDO MORFOLÓGICO DE MICROPARASITAS EUCARIOTOS ENCONTRADOS EM *Eleotris Aff. Pisonis* e *Crenicichla saxatilis* COLETADOS NO DISTRITO DE OUTEIRO, BELÉM, PARÁ, BRASIL**. Orientador: Prof. Dr. Edilson Rodrigues Matos. 2018. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2018

SWOFFORD, D. L.; SULLIVAN, J. Phylogeny inference based on parsimony and other methods using PAUP*. **The phylogenetic handbook: a practical approach to DNA and protein phylogeny**, v. 7, p. 160–206, 2003.

TAIRA, K. K. **Principais parasitas com potencial zoonótico transmitidos pelo consumo de pescado no Brasil**. Monografia—Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2011.

THÉLOHAN, P. **Observations sur les Myxosporidies et essai de classification de ces organismes**. [s.l.: s.n.].

THOMPSON, J. D.; HIGGINS, D. G.; GIBSON, T. J. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting,

position-specific gap penalties and weight matrix choice. **Nucleic Acids Research**, v. 22, n. 22, p. 4673, 11 nov. 1994.

VIEGAS, E. M. et al. Métodos de abate e qualidade da carne de peixe. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 237, p. 41–50, 2012.

WAGNER, C.; LIMA, R. A. Estratégias de conservação e uso sustentável de áreas protegidas na região Amazônica: uma revisão sistemática. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 12, n. 1, p. 015–023, 14 fev. 2024.

WHIPPS, C. M. et al. Two unusual myxozoans, *kudoa quadricornis* n. Sp. (Multivalvulida) from the muscle of goldspotted trevally (*carangoides fulvoguttatus*) and *kudoa permulticapsula* n. Sp. (Multivalvulida) from the muscle of spanish mackerel (*scomberomorus commerson*) from the great barrier reef, australia. **Journal of Parasitology**, v. 89, n. 1, p. 168–173, fev. 2003.

YEMMEN, C.; BAHRI, S. Morphological description and seasonality of *ceratomyxa* sp. (Myxosporidia: Ceratomyxidae) infecting the gallbladder of the Adriatic Sole (*Pegusa impar*) from the north coasts of Tunisia. **Archives de l'Institut Pasteur de Tunis**, 2019.

ZATTI, S. A. et al. Expanding the geographic distribution of the freshwater parasite *Ceratomyxa* (Cnidaria: Myxozoa) with vermiform-type plasmodia. **Microbial Pathogenesis**, v. 162, p. 105370, jan. 2022.

ZATTI, SUELEN APARECIDA. **Sistemática e distribuição de mixosporídeos (Cnidaria: Myxozoa) parasitos de tucunaré (*Cichla* spp.) e dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*) na Bacia Amazônica**. Doutora em Biologia Animal—Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 6 out. 2017.

ZHANG, D. et al. Morphological and Molecular Identification of a Novel Species, *Ceratomyxa siganicola* n. sp. (Myxozoa: Ceratomyxidae) from *Siganus fuscescens*, in East China Sea. **Acta Parasitologica**, v. 64, n. 3, p. 596–602, set. 2019.

ZHAO, Y. et al. Replacement of the Preoccupied Name *Davisia* Laird 1953 and Description of a New Myxozoan Species (Myxosporidia: Sinuolineidae) from *Sebastiscus marmoratus* (Cuvier, 1829) in the East China Sea. **Journal of Parasitology**, v. 94, n. 1, p. 269–279, fev. 2008.

ANEXOS

ANEXO A – FICHA DE COLETA DO MATERIAL BIOLÓGICO



DATA:
ESPÉCIE:
LOCAL DE COLETA:
SEXO:
Nº de REGISTRO:

PESO TOTAL:
PESO EVISCERADO:
COMPRIMENTO TOTAL:
COMPRIMENTO PADRÃO:

ANÁLISE DA PRESENÇA DE PARASITAS:

OBSERVAÇÕES:

ANEXO B – FICHA DE PROCESSAMENTO PARA BIOLOGIA MOLECULAR.

**PREPARAÇÃO DE MATERIAL PARA BIOLOGIA MOLECULAR**

MATERIAL..... N°..... DATA:.....

() NORMAL

() MICROPARASITAS

OBS: ANTES DE INICIAR A COLHEITA DO MATERIAL BIOLÓGICO PREPARAR TODO O INSTRUMENTAL E MATERIAL NECESSÁRIO E INDISPENSÁVEL AO TRABALHO

INÍCIO FIM OBS

FIXAÇÃO

Alcool 80 – manter em freezer até processamento

Centrifugação

Com enzima para formar pellet

Extração DNA – proteinase (lizar) + lavagem em tampões e eluidores**Amplificação DNA** – Primer (marcador molecular 18S, usando para PCR (Termociclador)**Eletroforese** em gel de agarose (observar formação de bandas)**Fotodocumentação** (observar bandas)**Purificação da PCR** (formação de bandas) (quantificação)**Reação de sequenciamento (Termociclador)****Sequenciador****Blastagem:** identificação programa em computador – BLAST (animal ou parasito)**Edição e alinhamento** (comparar com outras sequências no GenBank)**Filogenia** (construção de árvore) (determinação de gênero ou espécie nova)**Observação final**

ANEXO C – FICHA DE PROCESSAMENTO PARA COLHEITA/COLETA DO MATERIAL BIOLÓGICO.



COLHEITA DE MATERIAL

DATA:

LOCALIDADE DE COLHEITA (CIDADE):

MATERIAL COLETADO:
POSSIVELMENTE DO GRUPO:

HOSPEDEIRO

NOME VULGAR:

NOME FAMÍLIA / GÊNERO / ESPÉCIE: / /

AUTOR:

LOCAL DA COLHEITA:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS:

FIXAÇÃO: GLUTARALDEÍDO 5% pH 7,2 0,2 M / ÓSMIO 2% TAMPÃO
CACODILATO DE SÓDIO 0,2 M

BLOCOS DE EPON Nº: 02 BL. Nº DE BLOCOS ENVIADOS
:...

FORAM ENVIADOS BLOCOS FICANDO blocos de RESERVA

LÂMINAS PARA USMÍN nº:

PREVALÊNCIA:

VIDRO (FRASCO) COM MATERIAL PARA SEM:

OBSERVAÇÕES: MATERIAL MUITO IMPORTANTE

Belém,

O Pesquisador

Nome: EDILSON RODRIGUES MATOS

ANEXO D- FOLHA DE APROVAÇÃO DO SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO (SisGen)



Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO

Comprovante de Cadastro de Acesso
Cadastro nº ACE75A7

A atividade de acesso ao Patrimônio Genético, nos termos abaixo resumida, foi cadastrada no SisGen, em atendimento ao previsto na Lei nº 13.123/2015 e seus regulamentos.

Número do cadastro: ACE75A7
Usuário: UFRA
CPF/CNPJ: 05.200.001/0001-01
Objeto do Acesso: Patrimônio Genético
Finalidade do Acesso: Pesquisa

Espécie

Ceratomyxa spp

Título da Atividade: CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MOLECULAR DO *Ceratomyxa* EM *Brachyplatystoma vailantii* (Valenciennes, 1840) NO MUNICÍPIO DE COLARES/PA

Equipe

Igor Guerreiro Hamoy UFRA

Data do Cadastro: 16/04/2024 13:34:18

Situação do Cadastro: Concluído

Conselho de Gestão do Patrimônio Genético
Situação cadastral conforme consulta ao SisGen em 13:35 de 16/04/2024.



SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO
DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL
ASSOCIADO - SISGEN

ANEXO E-INSTRUMENTOS PARA COLETA DE DADOS

- TARRAFA- Fornecida e empregada pelo pescador.

