



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E RECURSOS
PESQUEIROS – PPGCARP

**FAUNA DE HELMINTOS DE JUVENIS DE PIRARUCU, *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822) E
ASPECTOS DE SUA PRODUÇÃO NO MUNICÍPIO DE MANACAPURU – AM**

MARILSON FARIAS GAMA

MANAUS - AM

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E
RECURSOS PESQUEIROS – PPGCARP

MARILSON FARIAS GAMA

FAUNA DE HELMINTOS DE JUVENIS DE PIRARUCU, *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822) E
ASPECTOS DE SUA PRODUÇÃO NO MUNICÍPIO DE MANACAPURU – AM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, na área de concentração Produção Animal.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Edsandra Campos Chagas

Coorientadora: Prof^ª. Dra. Gabriela Tomas Jerônimo

MANAUS - AM

2021

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

G184f Gama, Marilson Farias
Fauna de helmintos de juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) e aspectos de sua produção no município de Manacapuru-AM / Marilson Farias Gama, Edsandra Chagas. 2021 78 f.: il.; 31 cm.

Orientadora: Edsandra Campos Chagas
Coorientadora: Gabriela Tomas Jerônimo
Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Práticas de manejo. 2. Parasitos de peixes. 3. Pirarucu. 4. Piscicultura. I. Chagas, Edsandra. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

MARILSON FARIAS GAMA

Fauna de helmintos de juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) e aspectos de sua produção no município de Manacapuru - AM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, área de concentração em Produção Animal.

Aprovado em 18 de outubro de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Dra. Edsandra Campos Chagas - Presidente
EMBRAPA Amazônia Ocidental



Dr. Rodrigo Yudi Fujimoto – Membro
EMBRAPA Tabuleiros Costeiros



Dr. Sandro Loris de Aquino Pereira - Membro
EMBRAPA Roraima

DEDICATÓRIA

*Aos meus familiares e amigos, em especial a minha mãe Maria das Graças Leão de Farias, ao meu pai Cosmo da Gama Pereira, a minha esposa Maria Luzanilra Ferreira Inhuma e aos meus filhos Guilherme e Maria Clara Leão Inhuma Gama, que são a minha inspiração todos os dias e para os quais dedico tudo o que faço e sem os quais não conseguiria chegar até aqui. **Todos vocês fizeram parte desta caminhada tão importante na minha vida!***

AGRADECIMENTOS

À Deus pela companhia durante a pós-graduação e pelo apoio nos momentos mais difíceis, sem o qual não teria forças para superar as adversidades;

À Dra. Edsandra Campos Chagas pela amizade, incentivo, compreensão, paciência, orientação e apoio na realização da pesquisa;

À Dra. Gabriela Tomas Jerônimo pela amizade, incentivo, coorientação e contribuição na minha formação acadêmica;

Ao Dr. Franmir Rodrigues Brandão pela amizade, incentivo, ensinamentos e apoio em todas as coletas de campo;

À minha mãe Maria das Graças Leão de Farias e ao meu pai Cosmo da Gama Pereira pelo amor, acolhida, apoio e incentivo que sempre recebi e continuo recebendo.

À minha esposa Maria Luzanilra Ferreira Inhuma pelo amor, dedicação aos nossos filhos, compreensão nas ausências e por deixar seu lar para seguir comigo nesse sonho;

Aos meus irmãos, primos e sobrinhos pelo apoio e suporte, em especial à Cloves Pereira, Cosmo Filho, Mary Farias, Mario Gama, Adleison Negrão, Lucas Rafeal e Marcos Vinícius;

À Ronildo Rosas pelo apoio, suporte e valiosas contribuições à pesquisa no período mais crítico da pandemia;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo apoio logístico e financeiro para a realização da pesquisa;

À equipe de Sanidade de Espécies Aquícolas da Embrapa Amazônia Ocidental pelo convívio, ensinamentos e colaboração na pesquisa, em especial à Paula Ribeiro dos Santos, Maria Inês Braga de Oliveira, Damy Caroline de Melo Souza e Caio Santana Farias;

Às técnicas do Laboratório de Piscicultura da Embrapa Amazônia Ocidental, Iraní Moraes e Cláudia Majolo, pelo suporte técnico nas análises de qualidade de água;

Aos demais funcionários da Embrapa Amazônia Ocidental pela atenção e suporte nas atividades de campo;

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pela oportunidade de realização do curso de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros;

Às coordenadoras do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPG CARP), Prof^ª. Dra. Flávia Kelly Siqueira Souza e Prof^ª. Dra. Edsandra Campos Chagas pela condução das atividades e orientações durante o curso;

Aos Professores e Professoras do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPG CARP) pelos conhecimentos compartilhados e contribuições ao PPG CARP;

Aos colegas de turma do PPG CARP/2019-1, pelo apoio e companheirismo nessa caminhada da Pós-graduação. Não foi fácil finalizar;

Ao Dr. Esner Robert Santos Magalhães e aos discentes Markus Souza Leal e Fábio Matos Gonçalves, do Laboratório de Engenharia Aquícola da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), pelas valiosas contribuições à pesquisa.

Ao Laboratório de Parasitologia de Animais Aquáticos da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pelo espaço e coleta de parasitos, em especial à Missilene Ferreira e Elem Daiany Chaves;

À Thiago Macedo Santana do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPG CARP) pelo apoio, incentivo e valiosas contribuições à pesquisa.

À banca de qualificação do Mestrado, Dra. Sanny Maria Andrade Porto, Dra. Christiane Patrícia Feitosa de Oliveira e Dr. Daniel Brito Porto, pelas valiosas contribuições à pesquisa;

Ao Dr. Daniel Brito Porto e Dr. José Celso de Oliveira Malta do Laboratório de Parasitologia de Peixes do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), pela amizade, ensinamentos e contribuições na identificação e descrição dos parasitos;

Ao Laboratório Temático de Microscopia Óptica e Eletrônica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em especial aos técnicos Lucas Castanhola Dias e Maria Oneide Silva de Moraes, pelo processamento e imagens dos parasitos;

Ao Laboratório Temático de Biologia Molecular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em especial ao amigo Fabrício Barros de Souza, pelo apoio, incentivo e análises moleculares dos parasitos.

Ao amigo Hélio Daniel Beltrão dos Anjos pelos ensinamentos, apoio e contribuições na análise estatística dos dados;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pela bolsa de estudo, tão importante para continuidade no Mestrado;

Ao Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas – IPAAM, pelo apoio na disponibilização de dados;

Ao Engenheiro de Pesca Américo Vespúcio pelo apoio, informações e coletas na sua propriedade;

Aos demais produtores de *Arapaima gigas* que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa e para os quais as informações serão úteis;

À todas as demais pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a execução e consolidação da pesquisa.

MUITO OBRIGADO!

*“Nunca desista! Teime, teime meu
filho”*

Dona Lindu

RESUMO GERAL

Na América do Sul, o Brasil destaca-se com o maior produtor de peixes água doce e reúne condições favoráveis para tornar-se um dos maiores produtores de peixes do mundo. Um dos peixes nativos com potencial para piscicultura é o pirarucu (*Arapaima gigas*), desde que resolvidos os problemas na sua cadeia produtiva, nas áreas de reprodução, nutrição e sanidade. A falta de um pacote tecnológico na produção da espécie tem contribuído para baixa oferta de larvas e alevinos, além da alta taxa de mortalidade causada principalmente por doenças parasitárias e bacterianas. Com isso, o objetivo do estudo foi caracterizar as criações de *A. gigas*, registrar as ocorrências, identificar as espécies e determinar os índices de infestação/infecção parasitária (Capítulo I). Este estudo foi realizado em sete pisciculturas do município de Manacapuru – Amazonas, e registrado informações sobre estrutura de criação, área inundada, fonte de abastecimento de água, manejo e alimentação dos reprodutores, larvas e juvenis. Amostras de 10 peixes foram obtidas em cada piscicultura, totalizando 70 peixes. Cada amostra correspondeu a uma desova de *A. gigas* em cativeiro. Durante essas coletas foram registrados os parâmetros de qualidade de água. Os peixes foram medidos e pesados para cálculo da equação peso-comprimento e fator de condição. Após esta etapa, os peixes foram analisados quanto à presença de parasitos, e os espécimes encontrados foram fixados em etanol 70% e identificados a posteriori. Após quantificação dos parasitos foram calculados os índices parasitários. Nas pisciculturas a reprodução, alevinagem e recria de *A. gigas* eram realizadas em barragens e viveiros de terra, abastecidos com água represada, poço artesiano ou rio. A maioria das pisciculturas estão voltadas à reprodução e recria, os reprodutores eram alimentados com peixes forrageiros vivos e os juvenis inicialmente com zooplâncton natural, depois náuplios de artêmia até substituição total por ração comercial em pó. Os parâmetros de qualidade da água ficaram dentro dos padrões para o cultivo de espécies de peixes tropicais. O peso e comprimento dos peixes foram diferentes entre as pisciculturas ($p < 0,05$) e o fator de condição ($K_n = 1,2$) indicou boas condições corporais dos peixes. *A. gigas* apresentou crescimento alométrico negativo ($b < 3$), indicando crescimento maior em comprimento do que em peso. Dos 70 peixes examinados, 43 estavam parasitados. Foram coletados 133 parasitos e identificados monogenea e digenea e os gêneros *Hysterothylacium* sp., *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp. (Nematoda), *Neoechinorhynchus* sp. e *Polyacanthorhynchus* sp. (Acanthocephala). A prevalência variou de 30 a 100% (média de 61,4%), a intensidade média de 1,0 a 8,1 (média de $3,1 \pm 4,4$) e a abundância média de 0,3 a 5,7 (média de $1,9 \pm 3,8$). Os parasitos monogenea foram coletados nas brânquias, digenea encistados na bexiga natatória e as larvas de *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp. no intestino, todos com baixos índices parasitários. As larvas de *Hysterothylacium* sp. foram coletadas em todo o trato gastrointestinal de *A. gigas*, principalmente o mesentério. Os espécimes de *Neoechinorhynchus* sp. foram coletados no mesentério, enquanto *Polyacanthorhynchus* sp. no

intestino. *Hysterothylacium* sp. apresentou os maiores índices parasitários, seguido por *Neoechinorhynchus* sp. A correlação entre abundância de parasitos e fator de consição relativo dos peixes não foi significativo ($p > 0,05$), mas as correlações entre peso e comprimento e abundância de parasitos foram significativas ($p < 0,05$). Destaca-se que a fauna parasitária de juvenis de *A. gigas* é composta majoritariamente por espécies de endohelminthos, pelo nematoide *Hysterothylacium* sp., patogênica e com potencial zoonótico e pelo acantocéfalo *Neoechinorhynchus* sp. Em adição, nesse estudo foi descrita uma nova espécie do filo Acanthocephala, parasitando juvenis de *A. gigas* cultivados no estado do Amazonas (Capítulo II). A descrição da nova espécie somente foi possível porque todos os espécimes de *Neoechinorhynchus* sp. foram encontrados na fase adulta. A nova espécie distingue de todas as outras do gênero por uma combinação de caracteres incluindo tronco menor, espinhos anteriores menores nos machos, espinhos mediano e posterior do mesmo tamanho em ambos os sexos, duas vesículas seminais abaixo do reservatório de cimento e em posição ventral. O local de fixação desta espécie difere de todas as outras espécies de acantocéfalos, no mesentério. Esta é a primeira espécie de *Neoechinorhynchus* descrita para uma espécie de peixe da família Arapaimidae e a décima espécie do gênero registrada no Brasil, e o nome *Neoechinorhynchus arapaimensis* é proposto. Como medidas de prevenção e controle de parasitoses é recomendável: desinfetar as estruturas de produção no final do ciclo produtivo, eliminar micrófitas aquáticas, individualizar o abastecimento, instalar filtro ou tela no local de captação de água, realizar um rigoroso controle sanitário na reutilização da água, monitorar a qualidade de água, realizar avaliação sanitária dos peixes, adotar quarentena para peixes adquiridos em outras pisciculturas, ofertar uma dieta mista com peixes, ração e suplemento vitamínico e mineral, alimentar os peixes com zooplâncton congelado, incluir na dieta aditivos imunoestimulantes, contactar técnico especializado para diagnóstico de doenças e medidas de controle, desinfetar utensílios e manter a assepsia dos funcionários.

Palavras-chave: práticas de manejo, parasitos de peixes, pirarucu, piscicultura.

ABSTRACT

In South America, Brazil stands out as the largest producer of freshwater fish and gathers favorable conditions to become one of the largest fish producers in the world. One of the native fish with potential for fish farming is the pirarucu (*Arapaima gigas*), as long as the problems in its production chain, in the areas of reproduction, nutrition and health, are solved. The lack of a technological package in the production of the species has contributed to a low supply of larvae and fingerlings, in addition to the high mortality rate caused mainly by parasitic and bacterial diseases. With that, the objective of the study was to characterize the *A. gigas* creations, register the occurrences, identify the species and determine the infestation/parasitic infection rates (Chapter I). This study was carried out in seven fish farms in the municipality of Manacapuru – Amazonas, and recorded information on the structure of rearing, flooded area, water supply source, management and feeding of breeders, larvae and juveniles. Samples of 10 fish were obtained from each fish farm, totaling 70 fish. Each sample corresponded to one spawn of *A. gigas* in captivity. During these collections, the water quality parameters were recorded. Fish were measured and weighed to calculate the weight-length equation and condition factor. After this step, the fish were analyzed for the presence of parasites, and the specimens found were fixed in 70% ethanol and identified a posteriori. After quantification of the parasites, the parasite indices were calculated. In fish farms, the reproduction, hatchery and rearing of *A. gigas* were carried out in dams and earthen ponds, supplied with dammed water, an artesian well or a river. Most of the fish farms are dedicated to reproduction and re-creation, the broodstocks were fed live forage fish and the juveniles initially with natural zooplankton, then brine shrimp nauplii until total replacement by powdered commercial feed. The water quality parameters were within the standards for the cultivation of tropical fish species. Fish weight and length were different between fish farms ($p < 0.05$) and the condition factor ($K_n = 1.2$) indicated good body condition of fish. *A. gigas* showed negative allometric growth ($b < 3$), indicating greater growth in length than in weight. Of the 70 fish examined, 43 were parasitized. A total of 133 parasites were collected and monogenea and digenea were identified and the genera *Hysterothylacium* sp., *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp. (Nematoda), *Neoechinorhynchus* sp. and *Polyacanthorhynchus* sp. (Acanthocephala). The prevalence varied from 30 to 100% (mean 61.4%), the mean intensity from 1.0 to 8.1 (mean 3.1 ± 4.4) and the mean abundance from 0.3 to 5.7 (mean 1.9 ± 3.8). Monogenea parasites were collected in the gills, digenea encysted in the swim bladder and the larvae of *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp. in the intestine, all with low parasitic indices. The larvae of *Hysterothylacium* sp. were collected from the entire gastrointestinal tract of *A. gigas*, mainly the mesentery. Specimens of *Neoechinorhynchus* sp. were collected from the mesentery, while *Polyacanthorhynchus* sp. in the intestine. *Hysterothylacium* sp. presented the highest parasitic indices, followed by *Neoechinorhynchus* sp. The correlation between parasite abundance and fish

relative condition factor was not significant ($p > 0.05$), but correlations between weight and length and parasite abundance were significant ($p < 0.05$). It is noteworthy that the parasitic fauna of juveniles of *A. gigas* is mainly composed of species of endohelminths, the pathogenic nematode *Hysterothylacium* sp., with zoonotic potential, and the acanthocephalon *Neoechinorhynchus* sp. In addition, this study described a new species of the phylum Acanthocephala, parasitizing juveniles of *A. gigas* cultivated in the state of Amazonas (Chapter II). The description of the new species was only possible because all specimens of *Neoechinorhynchus* sp. were found in adulthood. The new species is distinguished from all others in the genus by a combination of characters including smaller trunk, smaller anterior spines in males, medial and posterior spines of the same size in both sexes, two seminal vesicles below the cement reservoir and in a ventral position. The attachment site of this species differs from all other acanthocephalic species in the mesentery. This is the first species of *Neoechinorhynchus* described for a fish species of the Arapaimidae family and the tenth species of the genus recorded in Brazil, and the name *Neoechinorhynchus arapaimensis* is proposed. As measures to prevent and control parasites, it is recommended to: disinfect production structures at the end of the production cycle, eliminate aquatic microphytes, individualize the supply, install a filter or screen at the water collection site, carry out a strict sanitary control in the reuse of water, monitor water quality, carry out fish health assessment, adopt quarantine for fish acquired in other fish farms, offer a mixed diet with fish, feed and vitamin and mineral supplement, feed fish with frozen zooplankton, include immunostimulant additives in the diet, contact specialized technician for disease diagnosis and control measures, disinfecting utensils and keeping employees clean.

Key-words: management practices, fish parasites, pirarucu, fish farming.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Locais de coleta dos juvenis de <i>Arapaima gigas</i> no município de Manacapuru, Amazonas.....	27
Figura 2. Peso e comprimento total dos juvenis de <i>Arapaima gigas</i> amostrados nas pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.....	31
Figura 3. Relação peso-comprimento de juvenis de <i>Arapaima gigas</i> coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.....	32
Figura 4. Correlação fator de condição relativo (Kn) e comprimento total (cm) de juvenis de <i>Arapaima gigas</i> coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.....	32
Figura 5. Correlação entre abundância de parasitos com peso total (g) (A) e com comprimento total (cm) (B) de <i>Arapaima gigas</i> coletados em pisciculturas no município de Manacapuru, Amazonas.....	37
Figura 6. Análise dos Componentes Principais (PCA) entre os dados coletados nas pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.....	37

CAPÍTULO II

Figura 1. A. Macho adulto de <i>Neoechinorhynchus arapaimensis</i> n. sp. B. órgãos internos do macho: TA – testículo anterior. TP- testículo posterior. GC- glândula de cimento. RC- reservatório de cimento. VS- vesícula seminal. BS- bolsa de Seafftigen. C. Probóscide do macho. D. Sistema reprodutivo da fêmea. E. Gancho anterior do macho. F. Gancho mediano e posterior do macho. Scale-bars: A.400 µm; B 100 µm; C 100 µm; D 150 µm; E and F 50 µm.....	65
Figura 2. SEM do macho de <i>Neoechinorhynchus arapaimensis</i> n. sp. de <i>Arapaima gigas</i> Schinz, 1822. A. Probóscide. B. Detalhes dos ganchos medianos e posteriores. C. Parte posterior do corpo. D. Poros da parte anterior.....	66
Figura 3. SEM da fêmea de <i>Neoechinorhynchus arapaimensis</i> sp. n. A. Probóscide. B. Ápice da probóscide. C. Parte posterior da fêmea mostrando poro genital subterminal. D. Detalhes dos poros da superfície do poro genital.....	67

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Coordenadas geográficas, estrutura, área inundada, fonte de água, fase da produção e alimento ofertado aos reprodutores e juvenis de <i>Arapaima gigas</i> , de pisciculturas do município de Manacapuru, AM.....	29
Tabela 2. Valores médios e desvio padrão de peso total (Wt), comprimento total (Lt), fator de condição relativo (Kn) de juvenis de <i>Arapaima gigas</i> coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.....	30
Tabela 3. Prevalência (%), intensidade média (IM), abundância média (AM) e número de parasitos coletados (N) em juvenis de <i>Arapaima gigas</i> de pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.....	33
Tabela 4. Prevalência (%), parasitos coletados (N) e frequência de ocorrência (%) de parasitos em juvenis de <i>Arapaima gigas</i> coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.....	34
Tabela 5. Registros de parasitos monogenea e digenea em juvenis de <i>Arapaima gigas</i> coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.....	34
Tabela 6. Registros de espécies de nematoides em juvenis de <i>Arapaima gigas</i> coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.....	35
Tabela 7. Espécies de acantocéfalos em juvenis de <i>Arapaima gigas</i> coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.....	36

CAPÍTULO II

Tabela 1. Comparação entre medidas, local de infecção e distribuição de <i>Neoechinorhynchus arapaimensis</i> n. sp. com outras espécies. Medidas em µm. GA – gancho anterior, CT-comprimento do tronco, FT – forma do tronco, GC- glândula de cimento, LI- local de infestação, GM – gancho mediano, NM – não medido, GP – gancho posterior.....	68
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
EDTA	Ácido Etilenodiaminotetracético
kg	Quilograma
L ₃	Estágio Larval Tipo III
PB	Proteína Bruta
PCA	Análise de Componentes Principais
PEIXE BR	Anuário Brasileiro de Piscicultura
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
SEM	Microscopia Eletrônica de Varredura

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL.....	16
HIPÓTESES.....	21
OBJETIVOS.....	22
Objetivo Geral.....	22
Objetivos Específicos.....	22
Capítulo I.....	23
Parasitismo de <i>Arapaima gigas</i> (Schinz, 1822) em pisciculturas do estado do Amazonas.....	23
Introdução.....	25
Material e métodos.....	27
Resultados.....	28
<i>Caracterização das pisciculturas.....</i>	<i>28</i>
<i>Características morfológicas e fator de condição dos peixes.....</i>	<i>3030</i>
<i>Análise parasitológica dos peixes e suas interações.....</i>	<i>33</i>
Discussão.....	388
<i>Caracterização das pisciculturas.....</i>	<i>388</i>
<i>Características morfológicas e fator de condição dos peixes.....</i>	<i>41</i>
<i>Análise parasitológica dos peixes e suas interações.....</i>	<i>42</i>
Conclusões.....	45
Agradecimentos.....	45
Referências.....	46
Capítulo II.....	50
<i>Neoechinorhynchus arapaimensis</i> n. sp. (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae): nova espécie de acantocéfalo parasitando <i>Arapaima gigas</i> (Schinz, 1822) na Amazônia brasileira.....	52
Introdução.....	54
Material e métodos.....	555
Resultados.....	566
Discussão.....	58
Agradecimentos.....	60

Suporte financeiro.....	60
Conflito de Interesse.....	60
Padrões éticos.....	60
Disponibilidade dos dados.....	60
Referências.....	61
CONCLUSÕES GERAIS.....	69
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	70
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	68

INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura na América do Sul tem desempenhado um papel importante na produção de alimentos como peixes marinhos, peixes continentais, camarões, moluscos e rãs, com impacto na economia local e global (Valladão et al., 2018). Neste continente, o Brasil destaca-se como o maior produtor de peixes de água doce e reúne todas as condições para inserir-se no contexto internacional como um dos maiores produtores de peixes do mundo. O país possui um vasto território, com região litorânea, além de grande diversidade de espécies nativas e condições climáticas indicadas para criação de espécies tropicais (Barreto, 2009).

Segundo o Anuário Brasileiro de Piscicultura (PEIXE BR, 2021), o desempenho da piscicultura brasileira foi positivo em 2020, com crescimento de 5,93% e produção de 802.930 toneladas (ton) de pescado, impulsionada pela tilapicultura (60,6%), seguida pelos peixes nativos (34,7%) e outras espécies de peixes (4,7%). Nos últimos sete anos, a produção de peixes no Brasil cresceu 39% no acumulado, passou de 578.800 ton em 2014 para 802.930 ton em 2020, uma produção adicional de 224.130 ton de pescado. Com queda na produção de 1,5%, a Região Norte foi da 2ª para 3ª posição entre as regiões com maior produção de peixes do país. No estado do Amazonas a produção de peixes nativos cresceu 4,4%, saltou de 20.596 ton em 2019 para 21.500 em 2020, mantendo a 5ª posição entre os estados produtores de peixes nativos do Brasil.

Das espécies de peixes nativos com potencial de produção no Brasil e na América do Sul o *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) vem se destacando como promissor, especialmente na Região Amazônica (Valladão et al., 2018; Pereira-Filho et al., 2020). Nesta região, o *A. gigas* tem grande importância econômica para a pesca extrativista e socieconomia (Drumond et al., 2010; Serrano-Martínez et al., 2015; Pereira-Filho et al., 2020). É o maior peixe de escama de água doce do mundo, um dos maiores da América do Sul e o maior criado em cativeiro na Amazônia (Lima et al., 2015; Serrano-Martínez et al., 2015; Valladão et al., 2018). Além de ser carnívoro, sua alimentação varia conforme seu desenvolvimento ontogenético, iniciando com a ingestão de microcrustáceos, depois moluscos e finaliza com peixes (Soares et al., 2006; Delgado et al., 2013; Pereira-Filho et al., 2020).

Com certeza é um forte candidato a destacar-se na aquicultura futuramente, quando solucionados os problemas da sua cadeia produtiva (Lima et al., 2015; 2018). Possui como aspectos marcantes o rápido crescimento no primeiro ano de criação, acima de 10 kg, e sua adaptação à respiração aérea obrigatória, e como características propícias à sua criação em cativeiro destaca-se a troca do alimento vivo por ração comercial e a capacidade de suportar altas densidades de estocagem tanto na larvicultura quanto na engorda (Brandão et al., 2006; Oliveira et al., 2012; Oliveira et al., 2020; Pereira-Filho et al., 2020; Santana et al., 2020). Quanto à sua aceitação no mercado, a sua carne é altamente nutritiva, quase sem espinhos e de sabor leve, sendo muito apreciada no Brasil e no exterior (Lima et al., 2015; Pereira-Filho et al., 2020).

Apesar do seu potencial para criação em cativeiro, essa espécie têm enfrentado grandes problemas na reprodução, nutrição e sanidade (Valladão et al., 2018; Pereira-Filho et al., 2020). Os principais desafios na sua reprodução são a identificação sexual das matrizes e reprodutores e o adequado manejo das larvas e alevinos. Nesse sentido, o que se tem feito é a estocagem de vários peixes adultos em barragens e viveiros no período chuvoso na espera de sucessivas desovas e coleta de larvas e alevinos. Contudo, esse método tem se mostrado inadequado pela baixa oferta de larvas e alevinos e aumento dos riscos de endogamia (Lima et al., 2015). A falta de pacotes tecnológicos na produção da espécie é um dos fatores que contribuem para essa baixa oferta de alevinos no mercado, pois não há uma padronização da produção. É comum o relato de produtores de peixes sobre a comercialização de alevinos não treinados adequadamente para consumir ração, causando prejuízos na etapa seguinte de produção. Soma-se a isso a alta taxa de mortalidade que é observada nessa fase, devido principalmente a ocorrência de doenças parasitárias e bacterianas (Guerra et al., 2002; Araújo et al., 2009a; Araújo et al., 2009b; Morey et al., 2020; Pereira-Filho et al., 2020).

As doenças parasitárias são as principais patologias registradas em *A. gigas*, incluindo os grupos de protozoários, mixosporídeos, monogeneas, digenéticos, cestoides, nematoides, acantocéfalos, crustáceos e pentastomídeos (Araújo et al., 2009a; Miranda et al., 2012; Marinho et al., 2013; Silva et al., 2016; Maciel et al., 2017; 2018; Morey et al., 2020; Pereira-Filho et al., 2020). A composição da fauna parasitária em peixes é dependente de fatores relacionados à qualidade da água, aos hospedeiros e parasitos (Cardoso et al., 2017). No caso de ectoparasitos, o grupo monogenea é o mais comum em peixes e fatores relacionados ao seu ciclo de vida direto tem facilitado a sua propagação na aquicultura (Hoai, 2020). Na Amazônia, esse grupo é um dos principais ectoparasitos de *A. gigas* e a espécie *Dawestrema cycloancistrum* é a principal responsável pela mortalidade de juvenis em cativeiro (Morey et al., 2019; Maciel & Alves, 2020).

As espécies de monogenea são em sua maioria ectoparasitos hermafroditas de ciclo de vida direto, encontrados principalmente na superfície do corpo e brânquias, morfologicamente identificados pela presença de uma estrutura localizada na extremidade posterior do corpo, denominada haptor, que tem a função de fixação no hospedeiro e que os diferencia dos platelmintos cestoides e digenéticos (Cardoso et al., 2017; Morey et al., 2019, Morey et al., 2020; Hoai, 2020).

Outro grupo de parasitos encontrados nos peixes são os platelmintos Digenea, endoparasitos de ciclo de vida complexo que envolve moluscos e crustáceos como hospedeiros intermediários e peixes, aves ou mamíferos piscívoros como hospedeiros definitivos. Apresenta corpo achatado e ovoide com ventosas ventrais e todas as espécies de Digenea parasitas de peixes são hermafroditas e de patogenicidade dependente da espécie, localização, tamanho e fase de evolução (Thatcher, 2006; Morey et al., 2019; Dominguez et al., 2020).

As larvas (metacercárias) de Digenea são mais prejudiciais aos hospedeiros, mas em peixes redondos, como pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e seus híbridos tambacu (*Colossoma macropomum* fêmea x *P. mesopotamis* macho) e patinga (*P. mesopotamis* fêmea x *P. brachypomus* macho) não foram observadas anormalidades, sinais clínicos ou patogenicidade (Ishikawa et al., 2016). Segundo Dominguez et al. (2020), peixes infectados com larvas de Digenea podem não apresentar sinais clínicos devido a estabilidade entre parasito-hospedeiro, mas em peixes debilitados podem levá-los à morte. Há relatos de parasitos do gênero *Clinostomum* encistados no tecido subcutâneo dos peixes ornamentais *Parambassius ranga* e *Corydora paleatus* e encapsulados nas brânquias de *Xiphophorus maculatus* e *Carassius auratus* (Dominguez et al., 2020). No *A. gigas* criado em cativeiro foram encontradas as espécies *Caballerotrema arapaimense* no estômago (Delgado et al., 2013) e *C. brasiliense* no intestino (Serrano-Martínez et al., 2015).

Destacam-se também os endoparasitos acantocéfalos e nematoides, cujos registros desses parasitos em *A. gigas* criados em cativeiro têm aumentado nos últimos anos, evidenciando que estes parasitos são altamente patogênicos (Andrade-Porto et al., 2015; Marinho et al., 2015; Silva et al., 2016; Azevedo et al., 2017; Miler et al., 2017; Santana et al., 2017; Silva et al., 2017; Morey et al., 2020; Pereira-Filho et al., 2020). Os acantocéfalos são dioicos, as fêmeas são maiores que os machos da mesma espécie (Thatcher, 2006; Santos et al., 2013), tem ciclo de vida indireto, baseado na cadeia trófica, e necessitam de um artrópode como hospedeiro intermediário e um vertebrado como hospedeiro definitivo (Santos et al., 2013). São desprovidos de tubo digestório e absorvem o alimento digerido pelo hospedeiro através do tegumento.

Os acantocéfalos possuem uma probóscide invaginável com ganchos localizada na região anterior do corpo, uma estrutura de fixação no hospedeiro que pode causar danos superficiais, profundos ou lesões mais graves, relacionados principalmente com o grau de penetração da probóscide no intestino (Santos et al., 2013; Dezfuli et al., 2016). A ação mecânica da probóscide promove alterações histopatológicas que incluem o enrijecimento e o espessamento da parede do intestino e isso estimula um processo inflamatório intenso, predominantemente formado por macrófagos, células de Langerhans e linfócitos, necrose e degeneração do tecido (Dezfuli et al., 2008; 2013; Jerônimo et al., 2017; Matos et al., 2017; Sakthivel et al., 2020). Em *A. gigas*, os acantocéfalos ao se prenderem na parede intestinal do hospedeiro causam danos significativos no epitélio e submucosa, além de atingir a camada da mucosa, provocando reações inflamatórias, com infiltrações celulares e hemorragias nos sítios de fixação (Thatcher, 1981).

É importante destacar o sério problema sanitário na piscicultura do tambaqui (*Colossoma macropomum*), especialmente na Região Norte do Brasil, devido a ocorrência do acantocéfalo *Neoechinorhynchus buttnerae*, o que tem causado perdas econômicas significativas na produção do tambaqui (Malta et al., 2001; Silva-Gomes et al., 2017; Chagas et al., 2019; Valladão et al., 2020).

Esse problema mostra a fragilidade do sistema e evidencia a necessidade do emprego de protocolos de biossegurança (Chagas et al., 2015; 2019; Valladão et al., 2020). Por isso, os estudos sobre o levantamento de ocorrência de acantocéfalos em *A. gigas* são urgentes e necessários, uma vez que o diagnóstico correto auxilia na adequada tomada de decisões para evitar a disseminação dessas enfermidades.

Já os nematoides são animais metazoários, em geral alongados, vermiformes e cilíndricos, de cor branca a esbranquiçada, cobertos por uma cutícula bem desenvolvida, sistema digestivo completo ou incompleto em todos os estágios de desenvolvimento, com uma segunda cavidade corporal, quatro principais acordes hipodérmicos longitudinais, esôfago, anel nervoso circular, espículas copulatórias e um a dois tubos gonadais abertos separadamente nas fêmeas e dentro do reto dos machos. Contudo, são desprovidos de cílios, protonefrídios, órgãos respiratórios e sistema sanguíneo (Moravec, 1998)

Os estudos dos nematoides parasitos de *A. gigas* selvagens e criados em cativeiros são significativos dada a importância econômica dessa espécie de peixe, principalmente na Região Norte do Brasil (Luque et al., 2011). Nesta região, com ênfase no estado do Amazonas, os estudos com *A. gigas* criados em cativeiro têm registrado a ocorrência de espécies de nematoides altamente patogênicas e uma com potencial zoonótico (Santos & Moravec, 2009; Gaines et al., 2012; Marinho et al., 2013; Andrade-Porto et al., 2015; Silva et al., 2016; Azevedo et al., 2017; Miler et al., 2017; Santana et al., 2017). Os nematoides pode causar graves lesões ulcerativas, necrose na glândula gástrica, reações inflamatórias no estômago, anorexia, letargia, perda de peso, descoloração das escamas, perda de muco, anemia, hepatomegalia, hemorragia, danos no estômago e a morte de alevinos de *A. gigas* (Menezes et al., 2011; Azevedo et al., 2017; Miler et al., 2017).

A. gigas é parasitado em cativeiro, principalmente nas fases iniciais do seu desenvolvimento, pelos nematoides *Goezia spinulosa* (Diesing, 1839) (Azevedo et al., 2017; Miler et al., 2017), *Camallanus* (*C.*) *tridentatus* (Drasche, 1884) e *Terranova serrata* (Drasche, 1884) (Araújo et al., 2009a), *Spirocamallanus inopinatus* (Travassos, 1929) (Gaines et al., 2012), *Nilonema senticosum* (Baylis, 1927) (Serrano-Martínez et al., 2015), *Capillostrongyloides arapaimae* (Santos et al., 2008), larvas de *Hysterothylacium* sp. (Andrade-Porto et al., 2015; Azevedo et al., 2017) e larvas de *Ascaridoidea* gen. sp. (Silva et al., 2016). Segundo esses autores, esses parasitos podem ser encontrados em um ou mais órgãos, assim como em todo trato digestivo dependendo da espécie de endoparasito.

Um registro importante do ponto de vista veterinário e de saúde pública foi realizado por Andrade-Porto et al. (2015), que relataram pela primeira vez larvas L₃ de *Hysterothylacium* sp. parasitando *A. gigas* criados no estado do Amazonas. Foram encontradas 590 larvas no intestino, estômago e cecos pilóricos de *A. gigas*, variando de 1 a 40 larvas por hospedeiro. Três peixes

apresentaram ascite, lesões e petéquias na mucosa intestinal e um peixe obstrução total do intestino. Todavia, *Hysterothylacium* sp. é um nematoide com potencial zoonótico, podendo causar anasaquiose em humanos, e *A. gigas* é provavelmente seu hospedeiro intermediário ou paratênico.

As altas taxas de mortalidade em criações de *A. gigas* na Região Norte, especialmente no estado do Amazonas, são favorecidas pelo emprego de práticas de manejo inadequadas, como altas densidades de estocagem e baixa qualidade da água, que contribuem para a disseminação de doenças na criação. Assim, considerando os fatos mencionados sobre o impacto dos helmintos nas criações de *A. gigas* no estado do Amazonas e a necessidade do acompanhamento constante da sanidade dos peixes, o presente estudo se propõe caracterizar as criações de juvenis de *A. gigas* e identificar a ocorrência e as espécies de parasitos nas pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas, de modo a estabelecer medidas de biosseguridade para evitar a disseminação dessas parasitoses.

Essa **Dissertação** é composta por uma Introdução Geral e por dois capítulos:

O **Capítulo I** teve como objetivo caracterizar as criações de *A. gigas*, registrar as ocorrências, identificar as espécies e determinar os índices de infestação/infecção parasitária.

O **Capítulo II** teve como objetivo descrever uma nova espécie do filo Acanthocephala, parasitando juvenis de *Arapaima gigas* cultivados na Amazônia brasileira.

HIPÓTESES

- ❖ O nível de parasitismo por ectoparasitos e endoparasitos de *Arapaima gigas* difere entre as sete pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas, em função das estruturas de cultivo e manejo adotados.
- ❖ O fator de condição de *A. gigas* é influenciado negativamente pelo parasitismo.
- ❖ A fauna parasitária de juvenis de *Arapaima gigas* criados no município de Manacapuru, Amazonas, é composta majoritariamente por espécies de endohelmintos.
- ❖ Parasitos com potencial zoonótico compõem a fauna parasitária de *A. gigas*, com altos índices parasitários.
- ❖ Novas espécies do filo Acanthocephala parasitam juvenis de *A. gigas* cultivados no estado do Amazonas.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Investigar o parasitismo e a relação parasito-hospedeiro em juvenis de *Arapaima gigas* criados em sete pisciculturas do estado do Amazonas, com caracterização da sua estrutura de produção e manejo adotados.

Objetivos Específicos

- Descrever a estrutura de criação e manejo adotados por sete pisciculturas que criam *A. gigas* no município de Manacapuru, Amazonas;
- Avaliar a relação peso x comprimento e o fator de condição de juvenis de *A. gigas* criados nas sete pisciculturas selecionadas para o estudo;
- Registrar a ocorrência de ectoparasitos e endoparasitos em criações de *A. gigas*;
- Identificar as espécies de parasitos de *A. gigas* criados em cativeiro e determinar os níveis de infestação/infecção parasitária;
- Indicar práticas de manejo que contribuam para a biossegurança do cultivo de *A. gigas* no estado do Amazonas.

Capítulo I

Parasitismo de *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) em pisciculturas do estado do Amazonas

Artigo elaborado conforme as normas da Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária

Parasitismo de *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) em pisciculturas do estado do Amazonas

Resumo

O objetivo deste estudo foi caracterizar as criações de *A. gigas*, registrar as ocorrências, identificar as espécies e determinar os índices de infestação/infecção parasitária de sete pisciculturas do estado do Amazonas, para propor práticas profiláticas que contribuam para a biossegurança do cultivo. Um total de 70 juvenis de *A. gigas* de 20 a 30 dias de idade foram coletados em sete pisciculturas localizadas no município de Manacapuru, Amazonas, que foram caracterizadas quanto à estrutura de criação, área inundada, fonte e qualidade da água de abastecimento, fase de criação dos peixes, produção de formas jovens e alimentação dos peixes. Os peixes apresentaram alometria negativa no crescimento, indicando maior crescimento em comprimento do que em peso. Dos 70 peixes avaliados, 43 estavam infestados/infectados com um total de 133 parasitos coletados. As pisciculturas 2, 4 e 6 apresentaram os maiores índices parasitários de prevalência (100%, 70% e 70%), intensidade média ($4,1 \pm 2,6$, $8,1 \pm 9,2$ e $2,1 \pm 1,3$) e abundância média ($4,1 \pm 2,6$, $5,7 \pm 8,1$ e $1,5 \pm 1,5$), respectivamente. A prevalência variou de 30% a 100%, intensidade média de 1,0 a 8,1 e abundância média de 0,3 a 5,7. Foram identificados Monogenea, Digenea, Nematoda (*Hysterothylacium* sp. e *Procamallanus* sp.) e Acanthocephala (*Neoechinorhynchus* sp. e *Polyacanthorhynchus* sp.). *Hysterothylacium* sp. e *Neoechinorhynchus* sp. foram os parasitos mais prevalentes (31,43% e 15,71%, respectivamente). Como medidas de prevenção e controle das doenças parasitárias recomenda-se produzir alimento natural, desinfetar as estruturas de produção no final do ciclo produtivo, eliminar micrófitas aquáticas, individualizar o abastecimento, instalar filtro ou tela no local de captação de água, realizar um rigoroso controle sanitário na reutilização da água, monitorar a qualidade de água, realizar avaliação sanitária dos peixes, adotar quarentena para peixes adquiridos em outras pisciculturas, ofertar uma dieta mista com peixes, ração e suplemento vitamínico e mineral, alimentar os peixes com zooplâncton congelado, incluir na dieta aditivos imunostimulantes, contactar técnico especializado para diagnóstico de doenças e medidas de controle, desinfetar utensílios e manter a assepsia dos funcionários.

Palavras-chave: práticas de manejo, parasitos de peixes, pirarucu, piscicultura

Introdução

A aquicultura na América do Sul tem um papel importante na produção de alimentos, e neste continente o Brasil destaca-se como o maior produtor de peixes de água doce, possuindo todas as condições para tornar-se um dos maiores produtores de peixes do mundo (Valladão et al., 2018; Valenti et al., 2021). Uma espécie de peixe nativo com grande potencial para a aquicultura é o *Arapaima gigas* (Schinz, 1822), conhecido popularmente como pirarucu, que possui como aspectos biológicos marcantes seu rápido crescimento e respiração aérea, e como características propícias à criação a transição alimentar do alimento vivo para ração comercial e a capacidade de suportar altas densidades de estocagem na larvicultura e engorda (Oliveira et al., 2020; Pereira-Filho et al., 2020; Santana et al., 2020; Lima et al., 2021a), além de ter sua carne apreciada no Brasil e no exterior em função de sua qualidade nutricional e filé livre de espinhas (Lima et al., 2015; Pereira-Filho et al., 2020; Rodrigues de Rosa et al., 2021).

Apesar do seu potencial para criação, essa espécie enfrenta grandes problemas na sua cadeia produtiva (Lima et al., 2015; 2018a; Valladão et al., 2018; Valenti et al., 2021; Pereira-Filho et al., 2020). Do ponto de vista sanitário, o principal desafio é reduzir a alta taxa de mortalidade na fase de alevinagem, causada principalmente pela ocorrência de doenças parasitárias e bacterianas (Morey et al., 2020; Pereira-Filho et al., 2020; Costa et al., 2021; Ferreira Junior et al., 2021; Proietti-Junior et al., 2021). Com destaque para as doenças parasitárias registradas em *A. gigas*, inclui-se os grupos de protozoários, mixosporídeos, monogeneas, digenéticos, cestóides, nematóides, acantocéfalos, crustáceos e pentastomídeos (Morey et al., 2020; Pereira-Filho et al., 2020). Destes, os registros de helmintos monogenea, digenea, nematóides e acantocéfalos na criação de *A. gigas* têm aumentado nos últimos anos, sendo estes parasitos altamente patogênicos e alguns apresentam potencial zoonótico (Marinho et al., 2013; Andrade-Porto et al., 2015; Silva et al., 2016; Azevedo et al., 2017; Maciel et al., 2017; Santana et al., 2017; Morey et al., 2019; Ferreira Junior et al., 2021).

No filo Platyhelminthes são encontrados três classes parasitando *A. gigas*, das quais destacamos principalmente Monogenea e Digenea (Maciel et al., 2017; Morey et al., 2019; Serrano-Martínez et al., 2015; Delgado et al., 2007). Para monogenea há o registro de duas espécies, *Dawestrema cycloancistrum* (Price & Nowlin, 1967) e *Dawestrema cycloancistroides* (Kritsky et al., 1985), sendo a primeira espécie a mais abundante (Araújo et al., 2009; Delgado et al., 2013; Marinho et al., 2013; Maciel et al., 2017; Morey et al., 2019). Estes parasitos, encontrados na pele e nas brânquias dos peixes, apresentam ciclo de vida monóxeno, com alta capacidade de proliferação (Noga, 2010). Elevada infestação por monogenea pode causar importantes alterações histopatológicas como hipersecreção de muco, hiperplasia e fusão das lamelas branquiais, podendo culminar na mortalidade dos peixes devido a problemas respiratórios (Tavares-Dias et al., 2021). Para digenea há registro das espécies *Caballerotrema brasiliense* (Thatcher, 1980) e

Caballerotrema arapaimense (Thatcher, 1980) em *A. gigas* (Serrano-Martínez et al., 2015; Delgado et al., 2007). Estes parasitos apresentam ciclo de vida heteroxeno, e quando adultos habitam o intestino, enquanto na fase larval, metacercárias, são consideradas mais agressivas e se encistam no fígado, baço, brânquias, rins, musculatura, intestino e olhos (Noga, 2010; Tavares-Dias et al., 2021).

Com relação aos nematoides, a espécie considerada mais patogênica na criação de *A. gigas* é *Goezia spinulosa* (Diesing, 1839) (Santos & Moravec, 2009; Azevedo et al., 2017; Silva et al., 2016; 2017). Outras espécies incluem *Camallanus tridentatus* (Drasche, 1884), *Terranova serrata* (Drasche, 1884) (Araújo et al., 2009a), *Nilonema senticosum* (Baylis, 1927) (Serrano-Martínez et al., 2015), *Spirocamallanus inopinatus* (Travassos, 1929) (Gaines et al., 2012), *Capillostrongyloides arapaimae* n. sp. (Santos et al., 2008) e larvas de Ascaridoidea gen. sp. (Silva et al., 2016). Com potencial zoonótico, as larvas de *Hysterothylacium* sp. (L₃) (Ward & Magath, 1917) podem causar a anasaquidose em humanos (Andrade-Porto et al., 2015; Silva et al., 2016; Azevedo et al., 2017). Altas infecções por nematoides causam graves lesões ulcerativas, necroses na glândula gástrica, reações inflamatórias no estômago, podendo levar a morte de juvenis de *A. gigas* (Menezes et al., 2011; Gaines et al., 2012; Azevedo et al., 2017; Miler et al., 2017).

Em *A. gigas* há registro de duas espécies de acantocéfalos, *Polyacanthorhynchus macrorhynchus* e *Polyacanthorhynchus rhopalorhynchus*, sendo esta última em peixes de ambiente natural (Thatcher, 2006; Santos et al., 2008; Marinho et al., 2013; Santana et al., 2017). Entretanto, Silva et al. (2016) relataram a ocorrência de três gêneros do filo Acanthocephala: *Polyacanthorhynchus* sp., *Neoechinorhynchus* sp. e *Acanthocephala* gen. sp., em *A. gigas* criado em sistema semi-intensivo. Estes parasitos apresentam ciclo de vida heteroxeno e são providos de uma probóscide, que com sua ação mecânica promove o enrijecimento e o espessamento da parede do intestino, estimulando um processo inflamatório formado por macrófagos, células de Langerhans e linfócitos, necrose e degeneração do tecido (Jerônimo et al., 2017; Tavares-Dias et al., 2021).

Nesse contexto, com o crescimento da criação de *A. gigas* e da intensificação dos sistemas produtivos, tais fatos tem contribuído para a ocorrência e disseminação de doenças parasitárias, principalmente na fase de alevinagem. Portanto, estudos epidemiológicos devem ser contínuos e são de vital importância de forma a identificar potenciais fatores de risco para a ocorrência destas doenças, e nesse sentido o levantamento de informações sobre infraestrutura e práticas de manejo adotadas na rotina da produção de formas jovens se somam para traçar abordagens práticas para a prevenção das doenças parasitárias na criação de *A. gigas*. Assim, o presente estudo teve como objetivo investigar o parasitismo e a relação parasito-hospedeiro em juvenis de *A. gigas* de sete pisciculturas do estado do Amazonas, bem como propor práticas profiláticas que contribuam para a biossegurança do cultivo.

Material e métodos

Um total de 70 juvenis de *A. gigas* de 20 a 30 dias de idade foram coletados em sete pisciculturas localizadas no município de Manacapuru, estado do Amazonas, no período de março de 2020 a março de 2021 (Figura 1). Essas pisciculturas foram caracterizadas quanto aos seguintes aspectos: 1) Localização geográfica, 2) Estrutura de criação, 3) Área inundada, 4) Fonte de abastecimento de água, 5) Fase da produção dos peixes realizada na piscicultura, 6) Plantel de reprodutores e 7) Alimentação dos peixes.

Este estudo foi desenvolvido com a aprovação de seu protocolo pela Comissão de Ética para Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Amazônia Ocidental (protocolo nº 03/2019).

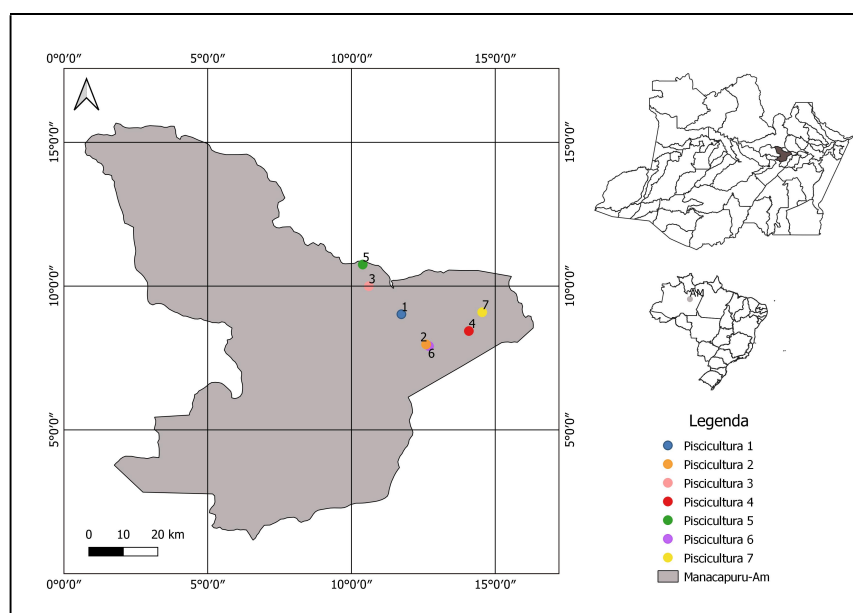


Figura 1. Locais de coleta dos juvenis de *Arapaima gigas* no município de Manacapuru, Amazonas.

Os peixes provenientes de sete desovas naturais ocorridas nos meses de março, junho e julho de 2020 e janeiro e março de 2021 foram coletados diretamente de viveiros e barragens e de caixas de fibra de vidro de 1.000 L, imediatamente após as capturas nos locais de reprodução. Após as coletas, os peixes foram transportados em sistema fechado para o campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, em Manaus-AM, para análise parasitológica.

Durante as coletas de peixes nas sete pisciculturas foram mensurados os parâmetros de qualidade de água como pH ($8,49 \pm 1,44$), temperatura ($31,63 \pm 0,96^{\circ}\text{C}$) e oxigênio dissolvido ($5,40 \pm 2,69 \text{ mg L}^{-1}$), com aparelhos digitais (pHmetro YSI Ambiental 100 e oxímetro YSI Pro20, Ohio, USA) e a transparência da água ($56,25 \pm 30,09 \text{ cm}$) com disco de Secchi. A alcalinidade ($17,82 \pm 10,32 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$) e a dureza ($16,56 \pm 9,62 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$) da água foram determinados por

titulação com EDTA e alaranjado de metila, respectivamente, e a amônia total ($0,44 \pm 0,63 \text{ mg L}^{-1}$) pelo método do endofenol (APHA, 1998), com seus valores referenciados por Oliveira et al. (2020).

No laboratório, os peixes foram anestesiados por aspersão com benzocaína (Honzaryk & Inoue, 2010) para registro de peso (g) e comprimento total (cm), para posterior cálculo da relação peso-comprimento e fator de condição relativo (Kn) (Le-Cren, 1951). Após a biometria, os peixes foram eutanasiados para realização da avaliação parasitológica, com análise do corpo, olhos, boca, opérculos, brânquias e trato gastrointestinal. A coleta, fixação, identificação e contagem dos parasitos foi realizada segundo metodologia de Amato et al. (1991), Eiras et al. (2006) e Thatcher (2006). O cálculo dos índices parasitários de prevalência (P), intensidade média (IM) e abundância média (AM) foi realizado conforme Bush et al. (1997).

A relação peso-comprimento foi obtida pela equação $Wt = a \cdot Lt^b$, onde Wt é o peso total (g), Lt o comprimento total (cm) e a e b as constantes (Le Cren, 1951). As constantes foram estimadas pela regressão linear da equação transformada: $\ln Wt = \ln a + b \ln Lt$, onde $\ln$ é o logaritmo natural. O nível de significância de r foi estimado e o valor de b , testado através do teste t para verificar se $b = 0$, critério adotado para classificação do tipo de crescimento da espécie.

O fator de condição relativo foi calculado e testado com o padrão $Kn = 1,00$ segundo Le Cren (1951), usando teste t a 5% de probabilidade. O coeficiente de correlação de Spearman (r) foi usado para determinar a possível correlação entre peso total (g), comprimento total (cm), abundância de parasitos e fator de condição relativo. Foi aplicada a Análise de Componentes Principais (PCA) para verificar uma possível relação entre pisciculturas, dados biométricos, parasitos e fator de condição relativo (Zar, 1999).

Resultados

Caracterização das pisciculturas

As estruturas de produção das sete pisciculturas selecionadas neste estudo foram utilizadas para reprodução, recria e/ou engorda de *A. gigas*, com área inundada por barragens de 0,3 a 56,7 hectares (ha) e viveiros de terra de 0,6 a 216 ha, sendo 71,4% das pisciculturas voltadas à reprodução e recria de *A. gigas*. Nas pisciculturas 1, 2, 5, 6 e 7 foram realizadas a reprodução e recria de *A. gigas* em barragens e viveiros de terra abastecidos com água de nascentes represadas, poço artesiano e rio. A piscicultura 4 realizou somente a reprodução de *A. gigas* em barragem abastecida com água de nascente represada, enquanto a piscicultura 3 realizou a reprodução, recria e engorda de *A. gigas* em barragem e viveiro abastecidos com água de nascente represada (Tabela 1).

Em geral, não foram registrados nas pisciculturas avaliadas, especialmente as abastecidas com água represada e do rio, a presença de filtros ou telas de proteção na entrada de água, monitoramento contínuo da qualidade de água, controle de aves, redes antipássaros e escoamento total

da água das barragens, o que consequentemente não permite a desinfecção e adubação. Na piscicultura 2, com a retração da água do rio Solimões algumas barragens são esvaziadas e outras permanecem com água e alguns viveiros de terra têm sistema de abastecimento e escoamento da água. Na piscicultura 5, foi registrado o esvaziamento total da água, seguido de desinfecção e adubação dos viveiros de terra para estimular a produção de zooplâncton que servirá como alimento para as pós-larvas e juvenis de *A. gigas*.

Quanto ao plantel de reprodutores, nas sete pisciculturas amostradas, registrou-se que os reprodutores de *A. gigas*, com peso médio de 85 kg, foram mantidos isolados e/ou consorciados com outras espécies de peixes, como tambaqui (*Colossoma macropomum*) e matrinxã (*Brycon amazonicus*). A proporção de *A. gigas* machos e fêmeas adultos variou com o tipo e dimensão das estruturas de produção e tamanho dos reprodutores, sendo descrita pelos piscicultores proporções de 1:1 e 3:2, respectivamente. Foram capturados de 2.500 a 3.000 juvenis de *A. gigas* por desova, com relato de quantidades maiores que as informadas.

Quanto à alimentação, nas pisciculturas 1, 3, 4, e 5 os reprodutores de *A. gigas* foram alimentados com peixes forrageiros vivos mantidos em suas barragens e viveiros de terra, nas pisciculturas 2 e 6 com peixes congelados e na piscicultura 7 tanto peixe quanto ração. A alimentação dos juvenis foi inicialmente o zooplâncton vivo presente nas barragens e viveiros de terra. Após capturados, os peixes não vendidos à piscicultores foram transferidos para caixas de fibra de vidro ou piscinas plásticas de 1.000L usadas como berçários. Nos berçários das pisciculturas 2 e 6, os peixes foram alimentados somente com zooplâncton, nas pisciculturas 1, 3, 4 e 5 zooplâncton, náuplios de artêmia até ração comercial em pó contendo 45% PB e na piscicultura 7 peixe triturado (Tabela 1).

Tabela 1. Coordenadas geográficas, estrutura, área inundada, fonte de água, fase da produção e alimento ofertado aos reprodutores e juvenis de *Arapaima gigas*, de pisciculturas do município de Manacapuru, AM.

Piscicultura	Coordenadas geográficas	Estrutura	Área (ha)	Água	Fase	Alimento
1	03°13'54,10"S	Barragem	0,3	Nascente	Reprodução e recria	Peixes forrageiros -
	60°39'26,62"W	viveiro	0,6	Poço		reprodutores e zooplâncton, artêmia e ração - juvenis
2	03°18'37,98"S 60°35'34,26"W	Barragem	56,7	Rio	Reprodução e recria	Peixe congelado - reprodutores e zooplâncton – juvenis
3	03°09'31,08"S 60°44'32,86"W	Barragem Viveiro	8,0 216,1	Nascente	Reprodução, recria e	Peixes forrageiros - reprodutores e zooplâncton,

					engorda	artêmia e ração – juvenis
4	03°16'31,90"S 60°28'52,50"W	Barragem	1,5	Nascente	Reprodução	Peixes forrageiros - reprodutores e zooplâncton, artêmia e ração – juvenis
5	03°06'07,18"S 60°45'30,10"W	Viveiro	1,73	Poço	Reprodução e recria	Peixes forrageiros - reprodutores e zooplâncton, artêmia e ração – juvenis
6	03°18'54,00"S 60°35'07,30"W	Barragem	56,7	Rio	Reprodução e recria	Peixe congelado - reprodutores e zooplâncton – juvenis
7	03°13'35,40"S 60°26'47,01"W	Viveiro	2,49	Rio	Reprodução e recria	Peixe e ração - reprodutores e peixe triturado – juvenis

Características morfológicas e fator de condição dos peixes

Foram coletados em cada piscicultura dez juvenis de *A. gigas* por ninhada, totalizando 70 peixes amostrados. O peso total variou de 0,9 a 38,0 g, com média de $10,2 \pm 10,9$ g, e o comprimento total variou de 4,2 a 19,0 cm, com média de $10,5 \pm 4,2$ cm. O fator de condição variou de 1,0 a 1,03, com média de $1,02 \pm 0,22$ (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão de peso total (Wt), comprimento total (Lt), fator de condição relativo (Kn) de juvenis de *Arapaima gigas* coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.

Pisciculturas	N	Wt (g) $\pm$ DP	Lt (cm) $\pm$ DP	Kn $\pm$ DP
1	10	$1,56 \pm 0,14$	$6,54 \pm 0,23$	$1,01 \pm 0,10$
2	10	$16,15 \pm 0,88$	$14,02 \pm 0,27$	$1,00 \pm 0,01$
3	10	$14,93 \pm 0,31$	$12,88 \pm 0,27$	$1,00 \pm 0,00$
4	10	$32,13 \pm 4,10$	$18,05 \pm 0,86$	$1,00 \pm 0,01$
5	10	$3,02 \pm 0,47$	$8,83 \pm 0,24$	$1,02 \pm 0,18$
6	10	$1,77 \pm 0,17$	$6,73 \pm 0,47$	$1,03 \pm 0,18$
7	10	$2,17 \pm 0,66$	$6,65 \pm 1,04$	$1,02 \pm 0,19$
Média Geral	10	$10,2 \pm 10,9$	$10,5 \pm 4,2$	$1,02 \pm 0,22$

O peso e comprimento total dos peixes foi estatisticamente diferente entre as pisciculturas 1, 5, 6 e 7 e as pisciculturas 2, 3 e 4 ($p < 0,05$), com destaque para piscicultura 4 onde foram coletados peixes de tamanhos maiores (Figura 2).

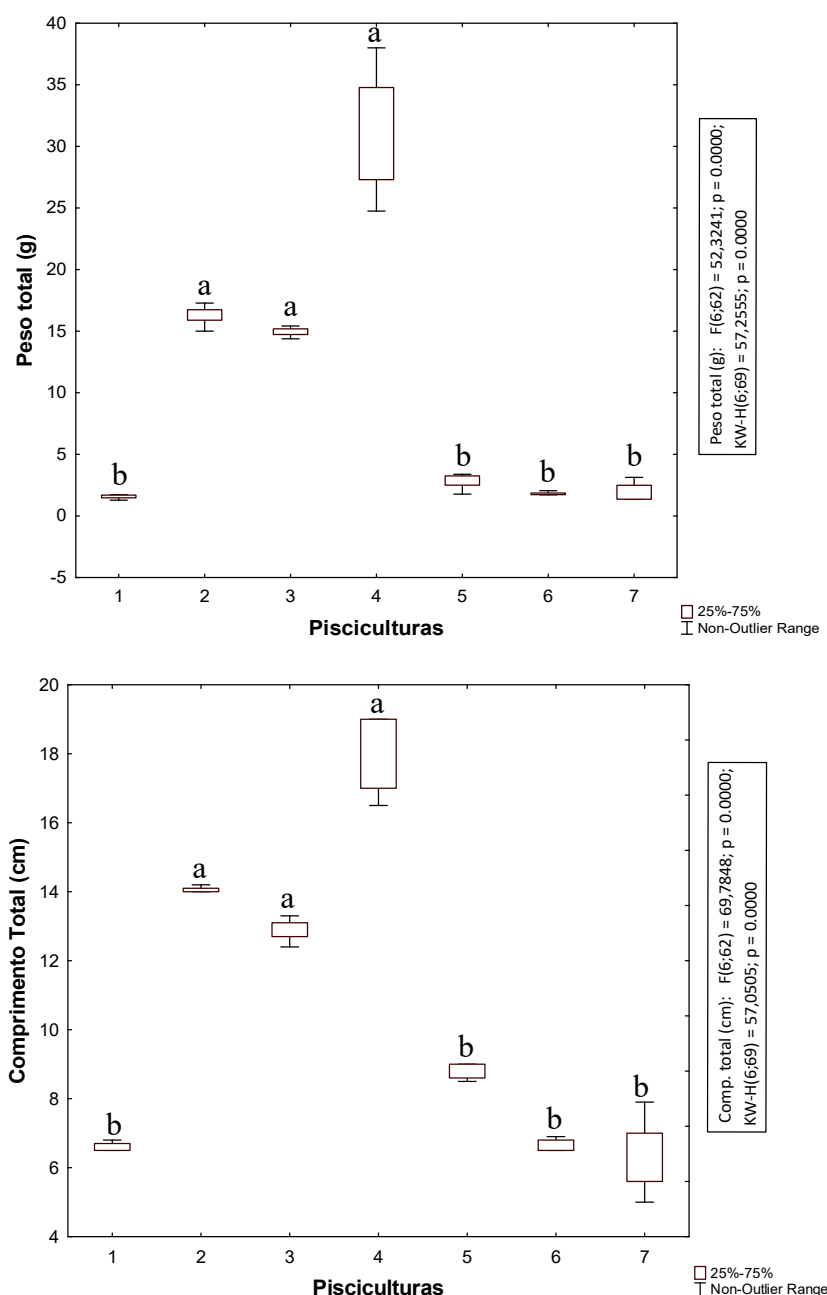


Figura 2. Peso e comprimento total dos juvenis de *Arapaima gigas* coletados nas pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.

O diagrama de dispersão da relação entre peso e comprimento demonstra quanto à amplitude de variação, peixes com tamanhos homogêneos nas pisciculturas e ausência de amostras de peixes nas faixas de 9,0 a 12,0 cm de comprimento. A equação da relação peso-comprimento dos peixes foi $W_t = 0,0068 * L_t^{2,9354}$ e $r^2 = 1,00$. O valor de b diferiu estatisticamente de 3 ($p < 0,05$), indicando que *A. gigas* apresenta crescimento alométrico negativo, $b < 3$, um incremento maior em comprimento do que em peso (Figura 3).

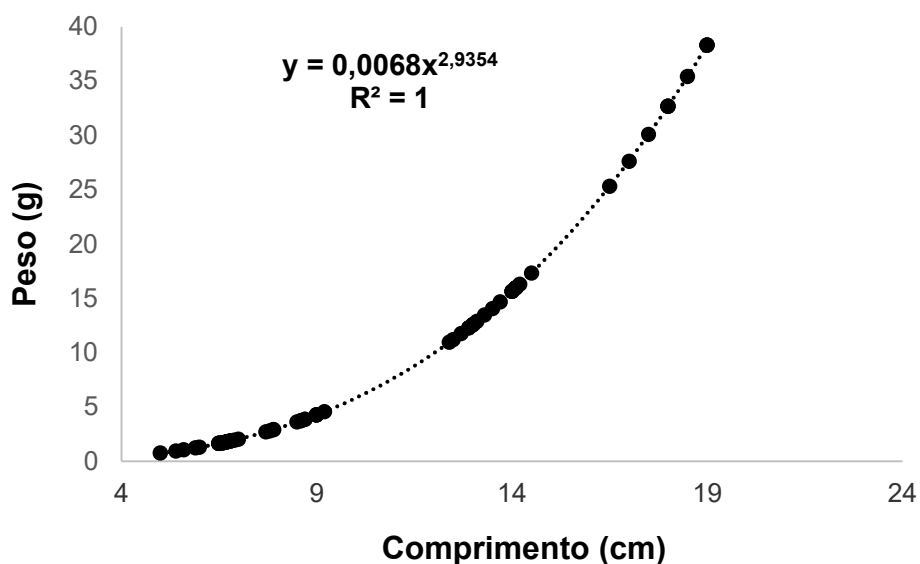
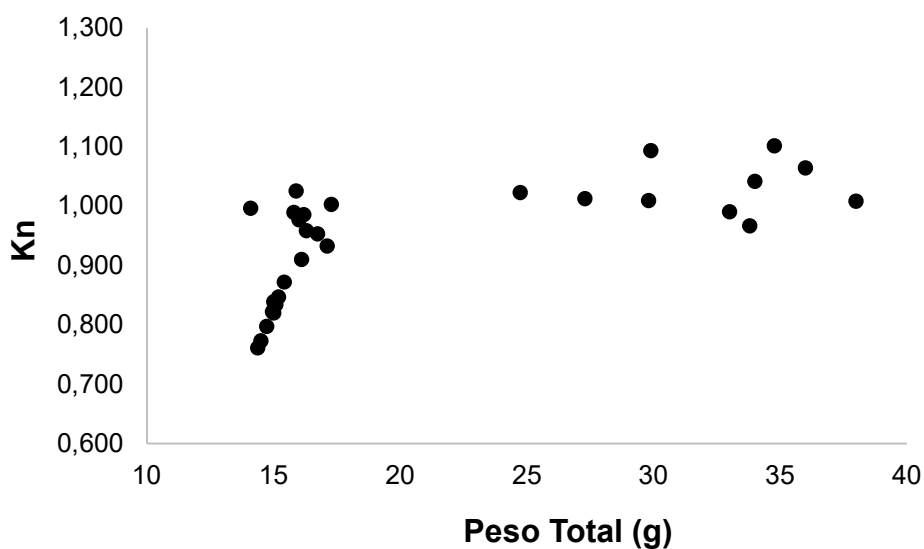


Figura 3. Relação peso-comprimento de juvenis de *Arapaima gigas* coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.

As análises dos diagramas de dispersão da correlação entre Kn e peso e comprimento total mostram que apesar do aumento de peso e comprimento o fator de condição dos juvenis de *A. gigas* permaneceu constante, indicando boas condições corporais dos peixes coletados em diferentes pisciculturas (Figura 4).



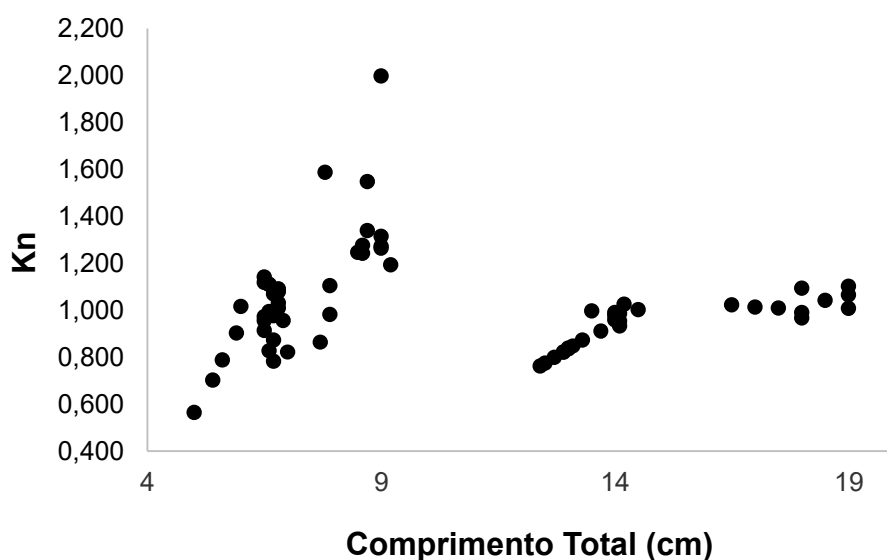


Figura 4. Correlação fator de condição relativo (Kn) e peso (g) e comprimento total (cm) de juvenis de *Arapaima gigas* coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.

Análise parasitológica dos peixes e suas interações

Os peixes foram obtidos em dois períodos de desova de *A. gigas*, cinco coletas de março a julho de 2020 e duas de janeiro a março de 2021. Dos 70 peixes examinados, 43 (61,4%) foram infestados/infectados por 133 parasitos. A prevalência variou de 30 a 100%, com média de 61,4%, a intensidade média de 1,0 a 8,1, com média de $3,1 \pm 4,4$ e abundância média de 0,3 a 5,7, com média de $1,9 \pm 3,8$. Os peixes mais parasitados foram encontrados nas pisciculturas 4, 2 e 6 com 57, 41 e 15 espécimes de parasitos, respectivamente. A menor infecção ocorreu na piscicultura 5 com três peixes infectados por uma espécie de parasito (Tabela 3).

Tabela 3. Prevalência (%), intensidade média (IM), abundância média (AM) e número de parasitos coletados (N) em juvenis de *Arapaima gigas* de pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.

Pisciculturas	P (%)	IM $\pm$ DP	AM $\pm$ DP	N
1	60	$1,0 \pm 0,0$	$0,6 \pm 0,5$	6
2	100	$4,1 \pm 2,6$	$4,1 \pm 2,6$	41
3	40	$1,0 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,5$	4
4	70	$8,1 \pm 9,2$	$5,7 \pm 8,1$	57
5	30	$1,0 \pm 0,0$	$0,3 \pm 0,5$	3
6	70	$2,1 \pm 1,3$	$1,5 \pm 1,5$	15
7	60	$1,2 \pm 0,4$	$0,7 \pm 0,7$	7
Média	61,4	$3,1 \pm 4,4$	$1,9 \pm 3,8$	133

À nível de grupo foram identificados parasitos monogenoidea (Monogenea) e trematoda (Digenea), e a nível de gênero *Hysterothylacium* sp., *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp. (Nematoda), *Neoechinorhynchus* sp. e *Polyacanthorhynchus* sp. (Acanthocephala). Monogenea e Digenea tiveram baixa prevalência (< 6 %) e poucos espécimes coletados (< 4 %). *Hysterothylacium* sp. foi o parasito mais prevalente (31,43 %) e o mais coletado (58,65 %) neste estudo, seguido de *Neoechinorhynchus* sp., *Polyacanthorhynchus* sp. e *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp. (Tabela 4).

Tabela 4. Prevalência (%), parasitos coletados (N) e frequência de ocorrência (%) de parasitos em juvenis de *Arapaima gigas* coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.

Parasitos	P (%)	N	F (%)
Monogenea	5,71	4	3,01
Digenea	5,71	5	3,76
<i>Hysterothylacium</i> sp.	31,43	78	58,65
<i>Procamallanus</i> sp.	1,43	1	0,75
<i>Neoechinorhynchus</i> sp.	15,71	39	29,32
<i>Polyacanthorhynchus</i> sp.	8,57	6	4,51
Total	68,56	133	100

Monogeneas foram coletadas nas brânquias dos peixes e Digeneas encistadas na bexiga natatória dos peixes, na forma de ovo com larva, ambas em duas pisciculturas com prevalência entre 10 e 30%. Os peixes da piscicultura 7 apresentaram altos índices de infestação/infecção parasitária (intensidade média e abundância média) (Tabela 5).

Tabela 5. Registros de parasitos monogenea e digenea em juvenis de *Arapaima gigas* coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.

Pisciculturas	Monogenea			Digenea		
	P (%)	IM ± DP	AM ± DP	P (%)	IM ± DP	AM ± DP
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	10,0	2,0 ± 0,0	0,20 ± 2,6
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-

6	10,0	1,0 ± 0,0	0,10 ± 1,4	-	-	-
7	30,0	1,0 ± 0,0	0,30 ± 0,7	30,0	1,0 ± 0,0	0,30 ± 0,7

Os parasitos nematoides do gênero *Hysterothylacium* sp. foram coletados em *A. gigas* das pisciculturas 2, 3, 4, 5 e 6, todos no estágio larval L₃. Foram encontradas 77 larvas no mesentério, uma no estômago e cinco no intestino dos peixes, indicando o mesentério como principal local de fixação dessas larvas. A coleta durou em média 30 minutos e variou conforme o número de larvas em cada peixe.

Para este nematoide, índices parasitários com prevalência de 30 a 70%, intensidade média 1,0 a 8,1 e abundância média 0,3 a 5,7 foram considerados moderados. A piscicultura 4 apresentou os maiores índices parasitários, com prevalência de 70%, IM 8,1 ± 9,2 e AM 5,7 ± 8,2. Quanto ao nematoide *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp., somente um juvenil foi coletado neste estudo, no intestino de um peixe. Assim, os índices parasitários para este parasito foram baixos (Tabela 6).

Tabela 6. Registros de espécies de nematoides em juvenis de *Arapaima gigas* coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.

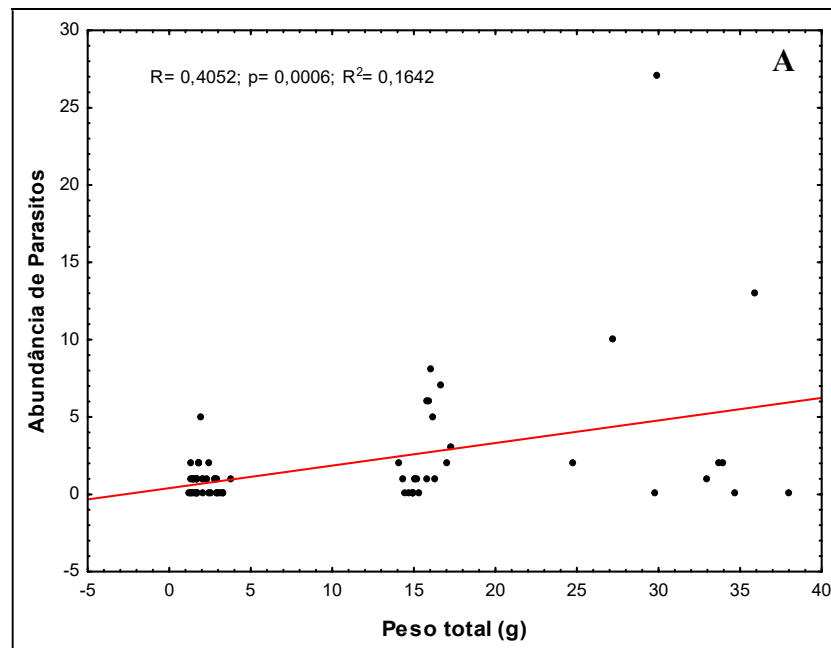
Pisciculturas	<i>Hysterothylacium</i> sp.			<i>Procamallanus</i> sp.		
	P (%)	IM ± DP	AM ± DP	P (%)	IM ± DP	AM ± DP
1	-	-	-	-	-	-
2	10,0	1,0 ± 0,0	0,1 ± 2,6	10,0	1,0 ± 0,0	0,1 ± 2,6
3	40,0	1,0 ± 0,0	0,4 ± 0,5	-	-	-
4	70,0	8,1 ± 9,2	5,7 ± 8,2	-	-	-
5	30,0	1,0 ± 0,0	0,3 ± 0,5	-	-	-
6	60,0	2,2 ± 1,5	1,3 ± 1,4	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-

Os espécimes de *Neoechinorhynchus* sp. foram coletados no mesentério e intestino dos peixes de três pisciculturas, enquanto *Polyacanthorhynchus* sp. foi encontrado no intestino dos peixes de uma única piscicultura. *Neoechinorhynchus* sp. foi parasito dos maiores peixes amostrados neste estudo. A ocorrência deste acantocéfalo nas pisciculturas 2, 6 e 7 pode ter relação com o uso de água do rio para abastecimento das estruturas de produção. Nas pisciculturas 1 e 2 foram registrados índices parasitários altos de prevalência (60 e 90%), intensidade média (1,0 ± 0,0 e 4,1 ± 2,8) e abundância média (0,6 ± 0,5 e 3,7 ± 2,6) para os acantocéfalos *Polyacanthorhynchus* sp. e *Neoechinorhynchus* sp., respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7. Espécies de acantocéfalos em juvenis de *Arapaima gigas* coletados em pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.

Pisciculturas	<i>Neoechinorhynchus</i> sp.			<i>Polyacanthorhynchus</i> sp.		
	P (%)	IM $\pm$ DP	AM $\pm$ DP	P (%)	IM $\pm$ DP	AM $\pm$ DP
1	-	-	-	60,0	1,0 $\pm$ 0,0	0,6 $\pm$ 0,5
2	90,0	4,1 $\pm$ 2,8	3,7 $\pm$ 2,6	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	10,0	1,0 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 1,4	-	-	-
7	10,0	1,0 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,7	-	-	-

A correlação entre abundância de parasitos e fator de condição relativo dos peixes não foi significativa ($p > 0,05$), mas as correlações entre peso e comprimento e a abundância de parasitos foram significativas ($p < 0,05$), mas pelo valor de r^2 explica somente 16% dessa correlação, e em ambas as correlações apesar de positivas são fracas. A abundância de parasitos permaneceu constante e não influenciou o crescimento de *A. gigas* (Figura 5).



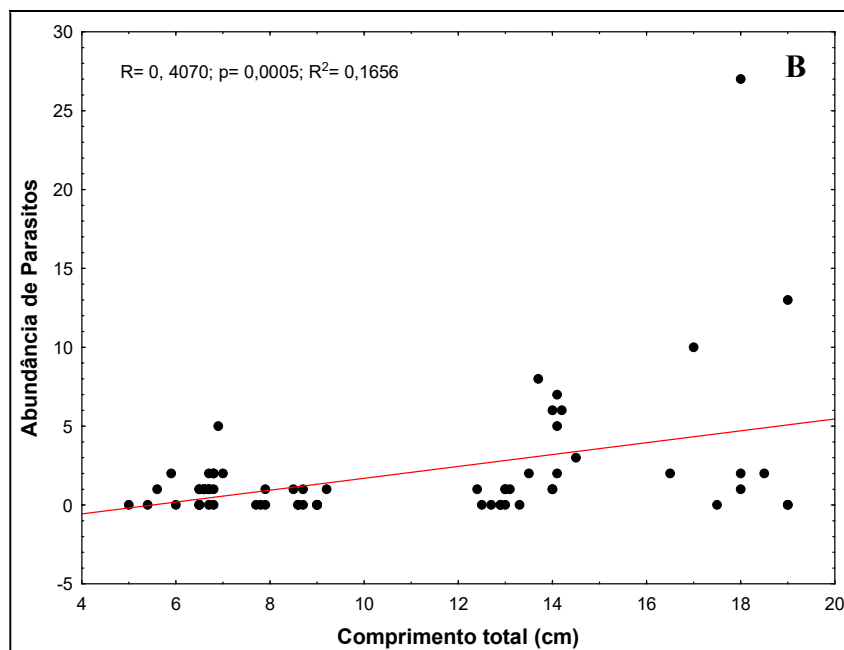


Figura 5. Correlação entre abundância de parasitos com peso total (g) (A) e com comprimento total (cm) (B) de *Arapaima gigas* coletados em pisciculturas no município de Manacapuru, Amazonas.

Na análise de componentes principais (PCA) os dois primeiros componentes explicam 40,4% da variância total dos dados para *A. gigas*. No eixo 1 (PCA 1) observamos uma relação forte e positiva entre os parasitos *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp. e *Neoechinorhynchus* sp. O eixo 2 (PCA 2) mostra uma relação forte entre os parasitos Monogenea e Digenea e as pisciculturas, porém essa relação é negativa. Para os parasitos *Hysterothylacium* sp., *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp. e *Neoechinorhynchus*, eixos 1 e 2, também foi observada uma relação forte e positiva com o peso e comprimento dos peixes. Foi observada uma relação forte entre o fator de condição e o acantocéfalo *Polyacanthorhynchus* sp., mas estes não tiveram relação adicional com nenhuma outra variável analisada (Figura 6).

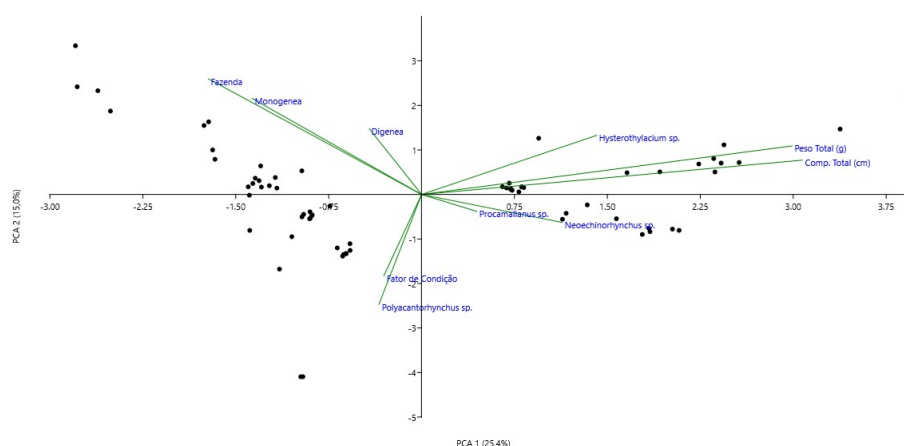


Figura 6. Análise dos Componentes Principais (PCA) entre os dados coletados nas pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas.

Discussão

Caracterização das pisciculturas

O estado do Amazonas possui grandes pólos produtores de peixes, com destaque para o município de Manacapuru que contribui significativamente para a produção de *A. gigas*, espécie de peixe que têm grande potencial para aquicultura (Araújo et al., 2009; Lima et al., 2015; 2018a; Santana et al., 2017; Valladão et al., 2018; Valenti et al., 2021; Pereira-Filho et al., 2020). Esta espécie se destaca em função de suas características de rusticidade no manejo, rápido crescimento, aceitação de alimento artificial e capacidade de suportar altas densidades de estocagem, baixas concentrações de oxigênio dissolvido e elevadas concentrações de amônia na água, entre outros (Santana et al., 2017; Valladão et al., 2018; Valenti et al., 2021; Pereira-Filho et al., 2020; Santana et al., 2020). Em adição, destaca-se que a carne de *A. gigas* é altamente nutritiva, devido às concentrações de proteínas e lipídios aumentarem com a idade dos peixes (Rodrigues de Rosa et al., 2021).

A criação de *A. gigas* é realizada em três fases de produção distintas: alevinagem, recria e engorda. Na fase de alevinagem, que dura entre 20 a 30 dias, os juvenis com 2-3 cm são capturados nos tanques de reprodutores, passam pelo processo de treinamento alimentar e quando atingem entre 10 a 20 cm passam para a fase seguinte. Na fase de recria, por sua vez, os juvenis são criados por cerca de 100 dias, até alcançarem peso entre 500 g a 1,0 kg, quando passam para a fase de engorda. Esta última fase pode durar até um ano, quando os peixes alcançam cerca de 10 a 12 kg (Lima et al., 2017). Neste estudo, cinco pisciculturas realizavam alevinagem e recria, e somente uma realizava somente alevinagem e outra realizava as três fases de produção de *A. gigas*. Como todas as pisciculturas realizavam alevinagem, é importante destacar a necessidade da avaliação sanitária dos juvenis de *A. gigas*, pois estes podem ser acometidos por diferentes patógenos que podem estar presentes no ambiente de criação ou nos peixes e outros organismos, entre outros fatores, e esse monitoramento constante pode evitar a transferência de patógenos para as outras fases de produção.

Neste estudo os juvenis de *A. gigas* eram provenientes de reprodução natural de reprodutores criados em barragens e viveiros. Estas estruturas de criação são utilizadas por 93,33% das pisciculturas do estado do Amazonas, e no município de Manacapuru somente uma piscicultura tem capacidade de produzir meio milhão de juvenis de *A. gigas* por ano, enquanto outra pode produzir até 2 milhões entre juvenis de *A. gigas*, *C. macropomum* e *B. amazonicus* (Lima et al., 2019). Destaca-se que nas sete pisciculturas avaliadas neste estudo são produzidos de 2500 a 3000 juvenis de *A. gigas* por desova, com os reprodutores mantidos isolados e/ou consorciados com outras espécies de peixes, na proporção de machos e fêmeas de 1:1 e 3:2. Esses resultado foi

inferior ao encontrado por Rebouças et al. (2014), que na proporção 1:1 tiveram 29% de sucesso reprodutivo, com produção de 1.550 e 1.750 juvenis de *A. gigas* em tanques de 350 m² e 400 m², respectivamente. Os juvenis de *A. gigas*, produzidos nas pisciculturas amostradas, após 20 a 30 dias de idade são comercializados em todo o estado do Amazonas, principalmente na região metropolitana de Manaus, ao preço de R\$ 1,00 a R\$ 1,50 o centímetro, com destinação para a engorda da espécie.

Destaca-se que nas pisciculturas avaliadas os reprodutores de *A. gigas* eram alimentados com peixes forrageiros vivos ou peixes forrageiros eviscerados e congelados, e em somente uma piscicultura também era associada ração para peixes carnívoros. Fonseca & Pereira (2021) justificam que o emprego desta estratégia alimentar se deve à ausência de ração comercial que atenda às necessidades nutricionais da espécie e ao alto custo das rações para peixes carnívoros, embora o alimento mais recomendado para nutrição destes reprodutores seja uma dieta mista a base de ração comercial (40% PB), com inclusão de peixes eviscerados e de suplemento vitamínico e mineral. Já com relação aos juvenis de *A. gigas* estes eram alimentados com alimento natural, zooplâncton e náuplios de artêmia, com transição para o alimento inerte, ração moída para carnívoros. Com relação ao fornecimento de alimento natural, Lima et al. (2021a) relataram que a utilização de zooplâncton congelado, como dieta inicial para o treinamento alimentar de *A. gigas*, é uma alternativa que não prejudica o crescimento e a sobrevivência dos peixes, podendo esta ser uma estratégia para minimizar a transmissão de parasitas pela via oral pelo zooplâncton durante a fase de treinamento alimentar. Outra recomendação é a inclusão na dieta de juvenis de *A. gigas* (1 g kg⁻¹) de um complexo enzimático (pectinase 4.000 UI kg⁻¹, protease 700 UI kg⁻¹, fitase 300 UI kg⁻¹, β -glucanase 200 UI kg⁻¹, xilanase 100 UI kg⁻¹, celulase 40 UI kg⁻¹ e amilase 30 UI kg⁻¹) para melhorar a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho zootécnico destes peixes (Lima et al., 2021b). Nesse sentido, acrescenta-se ainda a necessidade de inclusão de aditivos imunoestimulantes (Aquate Fish TM®, 12 g kg⁻¹ dieta), que promovem melhora na imunidade de alevinos de *A. gigas*, aumentando as defesas dos peixes frente aos patógenos (Dias et al., 2019).

Quanto à fonte de abastecimento de água, as sete pisciculturas utilizavam água de nascentes represadas e do rio próximo às pisciculturas, que favorece a entrada de hospedeiros intermediários na criação de *A. gigas*, e de poço artesiano, que reduz essa possibilidade. Esta informação é importante de ser avaliada, pois a fonte de abastecimento também pode contribuir para a entrada de hospedeiros intermediários nos tanques, favorecendo a reprodução dos parasitos que possuem ciclo de vida heteroxeno. Nesse sentido, reforça-se que o abastecimento dos tanques deve ser individualizado, para evitar a transferência de patógenos entre os tanques de criação. Neste estudo, as pisciculturas com tanques abastecidos por água de rio/nascente apresentaram os maiores índices parasitários, com ocorrência de parasitos Monogenea, Digenea, Nematoda e Acanthocephala.

Quanto aos parâmetros físico-químicos da água dos tanques, os valores médios de pH 8,49, temperatura 31,63 °C, oxigênio dissolvido 5,40 mg L⁻¹, transparência da água 56,25 cm, alcalinidade 17,82 mg L⁻¹ CaCO₃, dureza 16,56 mg L⁻¹ CaCO₃ e amônia total 0,44 mg L⁻¹ são adequados à criação de *A. gigas*, e esta é uma espécie que se destaca em cultivo, em parte, por tolerar baixas concentrações de oxigênio dissolvido e elevadas concentrações de amônia na água (Oliveira et al., 2020; Pereira-Filho et al., 2020). Embora a tolerância da espécie seja alta para baixas concentrações de oxigênio, não se deve negligenciar o correto preparo e adubação dos tanques, uma vez que o alimento natural é aproveitado até quando o pirarucu atinge uma média de 750 g (Lima et al., 2018b). Considerando a fase de recria do pirarucu, Lima et al. (2018b) indicam que mesmo usando ração comercial (40% PB), *A. gigas* continua a ingerir o alimento natural disponível nos tanques de criação, e os peixes mantidos em tanques fertilizados ganham 20% a mais em peso, ressaltando a importância da fertilização dos tanques para os estágios iniciais de *A. gigas* (Lima et al., 2018a).

Como boas práticas para produção de formas jovens de *A. gigas*, desde a alevinagem até a recria, recomenda-se:

1. No uso de barragens e viveiros de terras na produção de formas jovens de *A. gigas*: fertilizar barragens e viveiros para a produção de alimento natural, com ganho de 20% a mais no peso dos peixes; realizar a desinfecção das estruturas de criação após o fim do processo produtivo; eliminar as macrófitas aquáticas das estruturas de criação, pois são abrigo para hospedeiros intermediários e substrato para postura de ovos de parasitos.

2. No uso de água de nascentes represadas e de rio para abastecimento das estruturas de produção de *A. gigas*: individualizar o abastecimento para evitar a transferência de patógenos entre os tanques de criação e usar filtro ou tela no local de captação, barragens e viveiros para evitar a entrada de hospedeiros intermediários, ovos e parasitos no ambiente de criação; reaproveitar a água desde que haja um rigoroso controle sanitário;

3. Quanto aos parâmetros físico-químicos da água adequados a criação de juvenis de *A. gigas*: monitorar, identificar alterações e corrigir os parâmetros de qualidade da água para não afetar a saúde e desempenho dos peixes; desinfetar e adubar as estruturas de criação para a produção de fito e zooplâncton, refletindo nos níveis de oxigênio e na produção de alimento natural.

4. Na realização das fases de alevinagem, recria e engorda de *A. gigas*: realizar a avaliação sanitária dos peixes em todas as fases de produção, principalmente na alevinagem quando são acometidos por diferentes patógenos, e esse monitoramento pode evitar a transferência de patógenos; adotar a quarentena de juvenis de *A. gigas* adquiridos em outras pisciculturas para acompanhamento das condições de saúde e em casos de doenças poder intervir, realizando posteriormente a secagem e desinfecção;

5. No uso de peixes forrageiros na alimentação de reprodutores de *A. gigas*: ofertar aos reprodutores uma dieta mista a base de ração comercial contendo 40% de PB, com inclusão de peixes eviscerados e suplemento vitamínico e mineral; ofertar aos juvenis de *A. gigas* zooplâncton congelado como dieta inicial para o treinamento alimentar, pois não prejudica o crescimento e sobrevivência e reduz a transmissão de parasitos pelo zooplâncton.

6. Na uso de zooplâncton vivo, artêmia e ração comercial contendo 45% de PB de alimentação de juvenis de *A. gigas*: Incluir na dieta de juvenis de *A. gigas* (1g Kg⁻¹) complexo enzimático (pectinase 4.000 UI kg⁻¹, protease 700 UI kg⁻¹, fitase 300 UI kg⁻¹, β -glucanase 200 UI kg⁻¹, xilanase 100 UI kg⁻¹, celulase 40 UI kg⁻¹ e amilase 30 UI kg⁻¹); e aditivos imunoestimulantes na dieta (Aquate Fish TM®, 12 g kg⁻¹ dieta), para melhorar a imunidade de juvenis de *A. gigas*, e aumentar a defesa frente a patógenos.

7. No registro de ocorrência de ecto e endoparasitos em juvenis de *A. gigas*: Contactar técnico especializado para o diagnóstico correto da doença e emprego de medidas de controle; Desinfetar utensílios e manter a assepsia de funcionários durante a rotina da piscicultura para evitar a transferência de parasitos entre tanques e entre pisciculturas, se houver compartilhamento.

Características morfológicas e fator de condição dos peixes

A relação peso-comprimento é uma importante ferramenta para estimar o peso dos peixes quando somente o seu comprimento é conhecido, permitindo comparações de peixes da mesma espécie oriundos de diferentes pisciculturas, além destas informações serem úteis para o cálculo do fator de condição, que permite inferir sobre as condições de saúde dos peixes (Tavares-Dias et al., 2010; Lima-Sobrinho et al., 2020). De forma geral, o crescimento isométrico é o padrão ideal para peixes de criação, pois sugere que o incremento em peso e comprimento ocorrem na mesma proporção, e este padrão foi observado em *A. gigas* pesando 2,87 kg (Tavares-Dias et al., 2010) e de 23,58 a 52,87 kg (Lima-Sobrinho et al., 2020). Entretanto, neste estudo o padrão de crescimento de juvenis de *A. gigas* nas pisciculturas foi homogêneo, mas entre as pisciculturas, o peso e o comprimento foram estatisticamente diferentes, e o crescimento apresentou alometria negativa, inferindo sobre um maior incremento em comprimento do que em peso. Portanto, os estudos mostram que *A. gigas* não mantém um padrão homogêneo ao longo do seu desenvolvimento ontogenético, apresentando tanto padrão de crescimento alométrico quanto isométrico (Tavares-Dias et al., 2010; Lima-Sobrinho et al., 2020).

Neste estudo, a variação no peso e comprimento de *A. gigas* não afetou o fator de condição ($K_n = 1,02 \pm 0,22$), e o valor de K_n permaneceu constante nos peixes pertencentes às sete pisciculturas, sugerindo boas condições de saúde e bem-estar dos peixes. De forma semelhante, Rebouças et al. (2014) não encontraram diferenças no fator de condição de reprodutores e juvenis

de *A. gigas* em viveiros de diferentes tamanhos, ressaltando o bem-estar dos peixes durante o período de criação. Os resultados deste estudo mostram que a boa condição de desenvolvimento e saúde dos juvenis de *A. gigas* está relacionada a índices parasitários baixos e a disponibilidade de alimento natural. Estas condições também foram observadas em outros estudos para diferentes espécies de peixes como *C. macropomum* e *B. amazonicus* (Tavares-Dias et al., 2008) e *Rhamdia quelen* (Rossato et al., 2021) em monocultivo e em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em policultivo com camarão (*Litopenaeus vannamei*) (Brum et al., 2019).

Análise parasitológica dos peixes e suas interações

Os juvenis de *A. gigas* foram analisados quanto à presença de parasitos, e foram encontrados nas brânquias Monogenea e no trato gastrointestinal Digenea, *Hysterothylacium* sp., *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp. (Nematoda), *Neoechinorhynchus* sp. n. e *Polyacanthorhynchus* sp. (Acanthocephala). Os registros de ecto e endoparasitos em criações de *A. gigas* têm aumentado nos últimos anos, e com destaque para os endoparasitos que são altamente patogênicos, com registro de espécies que apresentam potencial zoonótico (Andrade-Porto et al., 2015; Silva et al., 2016; Azevedo et al., 2017; Santana et al., 2017; Morey et al., 2020). Destaca-se que o hábito alimentar carnívoro de *A. gigas*, iniciando com zooplâncton, depois moluscos e peixes, aumentam as chances de infecção por endoparasitos, com destaque para Digenea, Nematoda e Acanthocephala (Pereira-Filho et al., 2020; Morey et al., 2020).

Hysterothylacium sp. (Nematoda: Anisakidae) foi o parasito mais coletado em *A. gigas* (58,65%), todos no estágio larval tipo III, localizando-se no estômago e intestino, mas principalmente no mesentério dos peixes. Este parasito com potencial zoonótico foi coletado em cinco pisciculturas, cujos índices parasitários variaram de baixo a moderado, mas com os registros mais altos na piscicultura 4 que teve prevalência de 70%, IM $8,1 \pm 9,2$ e AM $5,7 \pm 8,2$. Andrade-Porto et al. (2015) registraram pela primeira vez a ocorrência de larvas (L3) de *Hysterothylacium* sp. em *A. gigas*, criados no município de Rio Preto da Eva, Amazonas. No estudo de Andrade-Porto et al. (2015) a prevalência de 98%, maior que determinado neste estudo, mas a intensidade média de $6,02 \pm 5,75$ e abundância média de $5,9 \pm 5,76$ foram menores. É importante destacar que a anisakidose é uma doença parasitária que afeta humanos, podendo causar sintomas gastrointestinais e reações alérgicas ou gastroalérgicas, e essa infecção se dá pelo consumo de peixes crus ou mal cozidos, parasitados por larvas (L3) de nematoides da família Anisakidae (Falla-Zuñiga et al., 2019). Destaca-se que os nematoides *Hysterothylacium* sp. apresentaram uma relação forte e positiva com o peso e comprimento total de *A. gigas* (PCA), evidenciando que a infecção ocorre em peixes de diferentes tamanhos, e estas correlações positivas entre peso e comprimento do hospedeiro e nível de parasitismo são bem exploradas nos estudos (Serrano-Martínez et al., 2015; Azevedo et al.,

2017). Por outro lado, no estudo de Azevedo et al. (2017) a correlação entre *Hysterothylacium* sp. e comprimento dos peixes foi positiva, contudo, fraca, e em adição alguns autores ressaltam que a presença de larvas de *Hysterothylacium* sp. sugere que os juvenis de *A. gigas* são hospedeiros intermediários ou paratênicos deste parasito (Andrade-Porto et al., 2015; Azevedo et al., 2017).

Espécimes de *A. gigas* podem ser parasitados por diferentes espécies de nematoides, em um ou mais órgãos, assim como em todo o trato digestivo (Santos et al., 2008; Araújo et al., 2009a; Santos & Malta, 2010; Gaines et al., 2012; Serrano-Martínez et al., 2015; Azevedo et al., 2017; Zevallos & Cotrina, 2017; Morey et al., 2020). Neste estudo também foi registrada a ocorrência de *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) sp., em menor frequência e com baixos índices parasitários ($P = 10\%$, $IM = 1,0 \pm 0,0$ e $AM = 0,1 \pm 2,6$), ocorrendo em apenas uma piscicultura. Esta espécie de parasito também foi relatada em aproximadamente 82 espécies de peixes de água doce do Brasil, incluindo *A. gigas*, com baixos valores de abundância e intensidade média, além de prevalência variando de baixa a moderada, e esse baixo nível de parasitismo pode ser, em parte, devido ao seu complexo ciclo de vida heteroxeno (Neves et al., 2020). Para o nematoide *Procamallanus* sp., de forma similar ao observado para *Hysterothylacium* sp., também foi encontrada uma relação forte e positiva deste parasito com o peso e comprimento total de *A. gigas*. Entretanto, embora os índices parasitários deste estudo tenham sido baixos, é importante destacar que altos níveis de infecção por *Procamallanus* sp. pode causar obstrução intestinal (Rivadeneira et al., 2020), além de alterações histopatológicas como áreas de necrose focal, descamações, infiltrado inflamatório, hemorragia e citólise (Gaines et al., 2012), o que reforça a necessidade de constante monitoramento da fauna parasitária dos peixes.

Neoechinorhynchus sp. foi o segundo parasito mais coletado e todos na fase adulta, principalmente nas três pisciculturas que usam água do rio para o abastecimento de seus viveiros, sendo os maiores índices parasitários obtidos na piscicultura 2, com prevalência de 90%, IM e AM de 4,1 e 3,7, respectivamente, além de ser observada relação forte e positiva destes parasitos com o peso e comprimento total, com infecção dos peixes de tamanhos diferentes. Já a forte relação do acantocéfalo *Neoechinorhynchus* sp. com o nematoide *Procamallanus* sp. permite inferir que há a presença de hospedeiros intermediários no ambiente de criação, seja na água de abastecimento ou via alimentação natural dos alevinos de *A. gigas*. Vale ressaltar que até recentemente o único acantocéfalo parasito de *A. gigas* em cativeiro no Brasil era *P. macrorhynchus* (Marinho et al., 2013). Entretanto, Silva et al. (2016) identificou, além do gênero *Polyacanthorhynchus* sp., os gêneros *Neoechinorhynchus* sp. e *Acanthocephala* gen. sp., ressaltando que *A. gigas* criado em sistemas semi-intensivos pode ser parasitado por outras espécies de acantocéfalos. Neste estudo, o acantocéfalo *Polyacanthorhynchus* sp. foi registrado em apenas uma piscicultura do município de Manacapuru, sendo o terceiro parasito mais frequente, com prevalência de 60%, IM e AM de 1,0 e

0,6, respectivamente, e o parasito *P. macrorhynchus* foi registrado por Santana et al. (2017) com baixos índices parasitários, prevalência de 20%, IM de 1,25 e AM de 0,25, sendo essa ocorrência atribuída à alimentação de *A. gigas* a base de peixes, o que pode contribuir na transmissão dos parasitos. É importante destacar também que o acantocéfalo *Neoechinorhynchus buttnerae* representa na atualidade um sério problema sanitário na criação de *C. macropomum*, principalmente na região Norte do Brasil, com registro de perdas econômicas significativas na produção dos peixes (Silva-Gomes et al., 2017; Chagas et al., 2019; Valladão et al., 2020). Portanto, é urgente e necessário identificar e descrever as espécies de acantocéfalos que acometem *A. gigas* em cultivo, de forma a contribuir para elaboração de estratégias de prevenção e controle desta parasitose.

Digenea e monogenea apresentaram a quarta e a quinta frequência de ocorrência, respectivamente, dentre todos grupos de parasitos identificados, sendo observada uma relação positiva, porém fraca, entre as pisciculturas e estes parasitos, segundo análise da PCA. Digeneas foram encontradas encistadas na bexiga natatória de *A. gigas* em apenas duas pisciculturas, com prevalência variando de 10 a 30%, intensidade média entre 1,0 e 2,0 e abundância média entre 0,2 e 0,3 parasitos por peixe. Há registro de ocorrência da espécie *Caballerotrema brasiliense* no intestino de *A. gigas* com mais de um ano de idade, com baixos índices parasitários (P = 6,7%, IM = 2,0 e AM = 0,1) (Serrano-Martínez et al., 2015), enquanto alta infecção por *Caballerotrema arapaimense* foi registrada (P = 75%, IM = 28,3 e AM = 21,5), estando estes parasitos fixados na parede do estômago de *A. gigas* (Delgado et al., 2007). Estes vermes achatados têm dois órgãos de fixação semelhantes a ventosas, e causam danos significativos quando estão encistados em vários órgãos dos peixes, com exceção do intestino onde os danos são localizados no lúmen intestinal pela fixação e alimentação do parasito (Dezfuli et al., 2016).

Monogenea são parasitos que se proliferam rapidamente devido ao seu ciclo de vida monoxeno, podendo ocorrer principalmente na superfície corporal, brânquias e narinas dos peixes. O seu órgão de fixação se denomina haptor e se localiza na região posterior do corpo (Noga, 2010). Elevada infecção pode ocasionar importantes alterações sanguíneas e histopatológicas, e culminar na mortalidade de peixes devido a problemas respiratórios (Tavares-Dias et al., 2021). Em *A. gigas* cultivados são relatadas duas espécies, *D. cycloancistrum* e *D. cycloancistroides*, sendo a primeira a espécie mais abundante (Araújo et al., 2009; Delgado et al., 2013; Marinho et al., 2013; Maciel et al., 2017; Morey et al., 2019). Neste estudo, os parasitos monogenea apresentaram frequência de ocorrência em *A. gigas* de 3,01%, com prevalência entre 10 e 30%, intensidade média 1,0 e abundância média variando de 0,1 a 0,3, e essa taxa de infestação foi baixa comparado aos valores registrados por Morey et al. (2019) em *A. gigas* (70,7 g) criado em Iquitos, Peru, com valores de prevalência de 100% e abundância média de 243,2 para *D. cycloancistrum*. Marinho et al. (2013) relataram prevalência de 70 e 100%, intensidade média de 57,3 e 214,7 e abundância média de 40,1

e 214,7 para as espécies *D. cycloancistrum* e *D. cycloancistroides* em *A. gigas* (15 g) de duas pisciculturas do estado do Amapá, e em adição os autores citam correlação negativa do fator de condição com o número de monogenea, que indica uma maior patogenicidade desses parasitos, o que não foi observado neste estudo em função dos baixos níveis de infestação.

De forma geral, os juvenis de *A. gigas* criados em sete pisciculturas do município de Manacapuru, Amazonas, estavam parasitados por pelo menos uma espécie de parasito, mas a abundância destes organismos foi de moderada a baixa. Diferente de outros estudos, os exemplares de *A. gigas* foram acometidos principalmente por endohelmintos, e a patogenia destes é dependente da espécie, intensidade da infecção, órgão ou tecido afetado e intensidade dos danos histopatológicos, entre outros fatores (Dezfuli et al., 2016). Em adição, é importante destacar que estes parasitos tem ciclo de vida heteroxeno e portanto necessitam da presença de hospedeiros intermediários e definitivos no ambiente para completar o seu desenvolvimento, e esses resultados reforçam a necessidade de monitoramento constante dos peixes nos ambientes de criação, visando o diagnóstico adequado para o estabelecimento de medidas de prevenção e controle das doenças parasitárias, e consequentemente evitar altas taxas de mortalidade de *A. gigas* na fase de alevinagem, um dos grandes entraves na criação dessa espécie.

Conclusões

O conjunto das informações geradas neste estudo é de grande importância para ressaltar a necessidade da avaliação sanitária dos juvenis de *A. gigas* na fase de alevinagem, pois o diagnóstico correto e precoce é essencial para o estabelecimento de medidas de prevenção e controle dessas parasitoses, e assim evitar a transferência de patógenos para as outras fases de produção, como recria e engorda, e assim contribuir para reduzir as altas taxas de mortalidade na fase de alevinagem, que é considerado um dos grandes entraves na criação dessa espécie.

Agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa e ao Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) (Convênio 37/2018) pelo suporte financeiro ao projeto Aquicultura com Tecnologia e Sustentabilidade – Aquitech. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM pela concessão de bolsa de estudo para M.F. Gama e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (315771/2020-8) pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida a E.C. Chagas. Ao Dr. Esner Robert Santos Magalhães e ao M.Sc. Thiago Macedo Santana, da Universidade Federal do Amazonas – UFAM pela doação de material biológico. Aos piscicultores e Aquamazon Gigas Ltda pelo fornecimento de informações e material biológico.

Referências

- Amato JFR, Boeger WA, Amato SB. *Protocolos para laboratório, coleta e processamento de parasitos do pescado*. Rio de Janeiro: Imprensa Universitária, Universidade Federal do Rio de Janeiro; 1991.
- Andrade-Porto SM, Cárdenas MQ, Martins ML, Oliveira JKQ, Pereira JN, Araújo CSO, Malta JC. First record of larvae of *Hysterothylacium* (Nematoda: Anisakidae) with zoonotic potential in the pirarucu *Arapaima gigas* (Osteichthyes: Arapaimidae) from South America. *Braz J Biol* 2015; 75(4): 790-795. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.22213>
- APHA - American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: American Water Works Association and Water Environmental Federation; 1998.
- Araújo CSO, Gomes AL, Tavares-Dias M, Andrade SMS, Belém-Costa A, Borges JT, Queiroz MN, Barbosa M. Parasitic infections in pirarucu fry, *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimatidae) kept in a semi-intensive fish farm in Central Amazon, Brazil. *Vet Arhiv* 2009a; 79(5): 499-507.
- Araújo CSO, Tavares-Dias M, Gomes ALS, Andrade SMS, Lemos JRG, Oliveira AT, Cruz WR, Affonso EG. *Infecções parasitárias e parâmetros sanguíneos em Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) cultivados no estado do Amazonas, Brasil. In: Manejo e sanidade de peixes em cultivo. Macapá: Embrapa Amapá; 2009b.
- Azevedo PB, Morey GAM, Malta JCO. Mortalidade de juvenis de *Arapaima gigas* (Pisces: Arapaimidae) de piscicultura do norte do Brasil, causadas por *Hysterothylacium* sp. e *Goezia spinulosa* (Nematoda: Anisakidae). *Biot Amazon* 2017; 7(1): 103-107. <https://doi.org/10.18561/2179-5746>
- Brum A, Sinfrônio LC, Mello GL, Martins ML, Jerônimo GT. Condition factor and hematology of Nile tilapia from polyculture with shrimp in brackish water. *Arch zootec* 2019; 68(262): 228-234.
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al revisado. *J Parasitol* 1997; 83(4): 575-583.
- Chagas EC, Aquino-Pereira SL, Benavides MV, Brandão FR, Monteiro PC, Maciel PO. *Neoechinorhynchus buttnerae* parasitic infection in tambaqui (*Colossoma macropomum*) on fish farms in the state of Amazonas. *Bol Inst Pesca* 2019; 45(2): e499. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2019.45.2.499>
- Costa AR, Chideroli RT, Chicoski LM, Abreu DC, Favero LM, Ferrari NA, Mainardi RM, Silva VG, Pereira UP. Frequency of pathogens in routine bacteriological diagnosis in fish and their antimicrobial resistance. *Semina: Ciênc Agrár* 2021; 42(6): 3259-3272. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6p3259>

- Delgado PM, Delgado JPM, Orbe RI. Parasitic infections in juveniles of *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) cultivated in the Peruvian Amazon. *An Parasitol* 2013; 59(1): 43-48.
- Delgado PM, Malta JC, Orbe RAI, Chu-Koo FW, Gomes ALG, Martín JST. Metazoarios parásitos de paiches adultos, *Arapaima gigas* (Osteoglossiformes: Arapaimidae), cultivados en la Amazonía peruana. *F Am* 2007; 16: 63-68.
- Dezfuli BS, Bosi G, DePasquale JA, Manera M, Giari L. Fish innate immunity against intestinal helminths. *Fish Shellf Immunol* 2016; 50: 274–287. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.02.002>
- Dias MKR, Yoshioka ETO, Rodriguez AFR, Ribeiro RA, Faria FSEDV, Ozório ROA, Tavares-Dias M. Growth, physiological and immune responses of *Arapaima gigas* (Arapaimidae) to *Aeromonas hydrophila* challenge and handling stress following feeding with immunostimulant supplemented diets. *Fish Shellf Immunol* 2019; 84: 843-847. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.10.045>
- Eiras JC, Takemoto RM, Pavanelli GC. *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. Maringá: Eduem; 2006.
- Falla-Zuñiga LF, Castellanos-Garzón J A, Salazar L, Pustovrh MC. Anisakis and anisakidosis: hosts and case reports in South America. Systematic review. *Rev Facultad Med* 2021; 69(2): 1-19. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v69n2.79105>
- Ferreira-Junior JAF, Cardoso SP, Fonseca NDS, Nascimento KA, Rodrigues F, Rocha GC, Macêdo JTSA, Pedroso PMO. Parasitic Lesions in Fish in the Federal District, Brazil. *Acta Sci Vet* 2021; 49. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.113606>
- Fonseca FAL, Pereira JN. *Tecnologias nutricionais na fase inicial de criação do pirarucu, Arapaima gigas*. In: Mattos BO, Lima JP, Oliveira AT, Aride PHR. *Aquicultura na Amazônia: Estudos Técnico-científicos e Difusão de Tecnologias*. Ponta Grossa: Atena 2021. <https://10.22533/at.ed.04221150314>
- Gaines APL, Lozano LES, Viana GM, Monteiro PC, Araújo CSO. Tissue changes in the gut of *Arapaima gigas* (Schinz, 1822), infected by the nematode *Spirocamallanus inopinatus* (Travassos, 1929). *Helminthol* 2012; 6(2): 147-157.
- Honczaryk A, Inoue LAKA. Anestesia do pirarucu por aspersão da benzocaína diretamente nas brânquias. *Cienc. Rural* 2010; 40: 204-207. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000235>
- Jerônimo GT, Pádua SB, Belo MAA, Chagas EC, Taboga SR, Maciel PO, Martins ML. *Neoechinorhynchus buttnerae* (Acanthocephala) infection in farmed *Colossoma macropomum*: A pathological approach. *Aquac* 2017; 469: 124-127. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.11.027>
- Le Cren ED. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight condition in the perch *Perca fluviatilis*. *J Anim Ecol* 1951; 20(2): 201-219.

- Lima AF, Rodrigues APO, Costa VE. Frozen zooplankton is efficient as natural food during pirarucu *Arapaima gigas* weaning. *Aquac Res* 2021a; 52: 4227-4236, 2021. <https://doi.org/10.1111/are.15261>
- Lima JC, Schorer M, Melo JFB, Braga LGT. Effect of enzymatic complex in the diet of pirarucu, *Arapaima gigas* juveniles. *Acta Amaz*. 2021b; 51. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202003151>
- Lima AF, Rodrigues APO, Varela ES, Lima LKF, Torati LS, Maciel PO. Changing the production chain of Amazonian pirarucu. *Glob Aquac Advoc* 2018a; 158: 1-9.
- Lima AF, Rodrigues APO, Varela ES, Torati LS, Maciel PO. Pirarucu culture in the Brazilian Amazon: fledgling industry faces technological issues. *Global Aquac Advoc* 2015; 54-56.
- Lima AF, Tavares-Filho A, Moro GV. Natural food intake by juvenile *Arapaima gigas* during the grow-out phase in earthen ponds. *Aquac Res* 2018b; 49(5): 2051-2058.
- Lima CAS, Machado-Bussons MRF, Pantoja-Lima J. Classificação dos sistemas de produção e grau de impacto ambiental das pisciculturas no estado do Amazonas, Brasil. *Rev Colom Cien Animal* 2019; 11(1). <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.707>
- Lima AF, Rodrigues APO, Lima LKF, Maciel PO, Rezende FP, Freitas LEL, Tavares-Dias MT, Bezerra TA. Alevinagem, recria e engorda de pirarucu. Palmas: Embrapa; 2017.
- Lima-Sobrinho PS, Gomes VDS, Amâncio ALL, Jordão-Filho J, Cavalcanti CR, Silva-Neto MR. Medições morfométricas aplicadas na avaliação do peso corporal de pirarucus (*Arapaima gigas*). *Arq Ciên Vet Zool UNIPAR* 2020; e2305. <https://doi.org/10.25110/arqvet.v23ilcont.2020.7105>
- Maciel PO, Muniz CR, Alves RR. Eggs hatching and oncomiracidia lifespan of *Dawestrema cycloancistrum*, a monogenean parasitic on *Arapaima gigas*. *Vet Parasitol* 2017; 247: 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.09.022>
- Marinho RGB, Tavares-Dias M, Dias-Grigório MKR, Neves LR, Yoshioka ETO, Boijink CL, Takemoto RM. Helminthes and protozoan of farmed pirarucu (*Arapaima gigas*) in eastern Amazon and host-parasite relationship. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2013; 65(4): 1192-1202. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000400035>
- Menezes RC, Santos SMC, Ceccarelli PS, Tavares LER, Tortelly R, Luque JL. Tissue alterations in the pirarucu, *Arapaima gigas*, infected by *Goezia spinulosa* (Nematoda). *Rev Bras Parasitol Vet* 2011; 20(3): 207-209.
- Miler VS, Pinto KS, Araújo KF, Nascimento JST, Pinheiro MML, Lopes TV, Manrique WG, Schons SV. *Goezia spinulosa* em pirarucu (*Arapaima gigas*) cultivado em tanques escavados em Rondônia - Brasil. *Pesq Vet Bras* 2017; 37: 32-33.
- Morey GAM, Ramirez CSC, Cachique JCZ, Chu LR, Rodriguez PVM, Pereira J N. Mortality of *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Arapaimidae) caused by *Dawestrema cycloancistrum* Price &

Nowling, 1967 (Monogenoidea) from fish-ponds in the Peruvian Amazon and the use of salt for its treatment. *Neotrop Helminthol* 2019; 13(2): 235-243.

Morey GM, Pereira JN, Aguinaga JY. *Principales Problemas Sanitarios y Enfermedades Parasitarias en la crianza del paiche Arapaima gigas en la Amazonía*. Iquitos-Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP); 2020.

Neves LR, Silva LMA, Florentino AC, Tavares-Dias M. Distribution patterns of *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* (Nematoda: Camallanidae) and its interactions with freshwater fish in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2020; 29(4): e012820. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612020092>

Noga EJ, Smith AS, Ottesen OH. *Disease, diagnosis and treatment*. In: *Practical Flatfish Culture and Stock Enhancement*. Wiley-Blackwell: Oxford UK 2010.

Oliveira EG, Santos FJS, Oliveira VQ, Mesquista PEC, Moraes MG. Influence of stocking density on water quality and growth performance in production of juvenile pirarucu, *Arapaima gigas*, in irrigation canals. *Braz J Develop* 2020; 6(2): 8725-8743. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-255>

Pereira-Filho M, Roubach R, Lima AF, Rodrigues AP, Maciel PO. *Pirarucu (Arapaima gigas)*. In: Bernardo Baldisserotto, Espécies Nativas para Piscicultura no Brasil. Santa Maria: UFMS; 2020.

Proietti-Junior AA, Sampaio LS, Roges EM, Rodrigues YC, Lima KVB, Rodrigues DP, Tavares-Dias M. Experimental co-infection by *Aeromonas hydrophila* and *Aeromonas jandaei* in pirarucu *Arapaima gigas* (Pisces: Arapaimidae). *Aquac Res* 2021; 52(4): 1688-1696, 2021. <https://doi.org/10.1111/are.15021>

Rebouças PM, Maciel RL, Costa BGB, Galvão JAS, Barbosa-Filho JAD. Analysis of the welfare of broodstock *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) by length-weight relationship, condition factor and fry production. *Biosci J* 2014; 30(2): 873-881.

Rivadeneyra NL, Mertins O, Cuadros RC, Malta JCO, Matos LV, Mathews PD. Histopathology associated with infection by *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* (Nematoda) in farmed *Brycon cephalus* (Characiformes) from Peru: a potential fish health problem. *Aquac Int* 2020; 28(2): 449-461. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00474-3>

Rodrigues de Rosa K, Silva AA, Barros WM, Pedroso AL, Ferreira MFE, Savay-da-Silva LK, Mateus LAF, Fagundes MB, Kubota EH. Characterization of the influence of age on the physicochemical composition of pirarucu (*Arapaima gigas*) produced in excavated tanks. *J Food Comp Analys* 2021; 104172. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104172>

Rossato S, Novack MME, Pellegrini LG, Silva GR, Fronza RTL, Silva EJ, Santos G. Avaliação do crescimento e análise da qualidade da carne de jundiás (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas suplementadas com colorífico de urucum. *Braz J Develop* 2021; 7(1): 9749-9766. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-661>

- Santana HP, Morey GM, Lima JP, Malta JCO. Influência de metazoários parasitas na morte de juvenis de *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) criados em uma piscicultura na Amazônia Brasileira. *Rev Bras Zoociên* 2017; 18(2): 77-90. <https://doi.org/10.34019/2596-3325.2017.v18.24620>
- Santana TM, Elias AH, Fonseca FAL, Freitas OR, Kojima JT, Gonçalves LU. Stocking density for arapaima larviculture. *Aquac* 2020; 528: 735565. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735565>
- Santos AKS, Malta JCO. A fauna de protozoa, acanthocephala, nematoda e crustacea parasitas do *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Osteichthyes: Arapaimatidae) criados em cativeiro na Amazônia Central. *Rev Igapó* 2010; 4: 74-79.
- Santos CP, Moravec F, Venturieri R. *Capillostrongyloides arapaimae* sp. n. (Nematoda: Capillariidae), a new intestinal parasite of the *Arapaima gigas* from the Brazilian Amazon. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2008; 103(4): 392-295. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762008000400013>
- Santos CP, Moravec F. *Goezia spinulosa* (Nematoda: Raphidascaridae), a pathogenic parasite of the *Arapaima gigas* (Osteichthyes). *Fol Parasitol* 2009; 56(1): 55-63.
- Serrano-Martínez E, Tantaleán M, Leguía G, Quispe M, Casas GC. Parásitos en *Arapaima gigas* de la Amazonía Peruana según grupo etario. *Rev Inv Vet Perú* 2015; 26(2): 303-309. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v26i2.11014>
- Silva MT, Cavalcante PHO, Camargo ACA, Moutinho VAC, Santos EGN, Santos CP. Integrative taxonomy of *Goezia spinulosa* (Nematoda: Raphidascaridae) from arapaimas in the northwestern Brazil. *Rev Vet Parasitol* 2017; 242: 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.05.011>
- Silva MT, Pinto GP, Cavalcante PHO, Santos FGA, Moutinho VAC, Santos CP. Helminth community structure of *Arapaima gigas* in semi-intensive and intensive fish farming systems in the southwestern Brazilian Amazon. *Neotrop Helminthol* 2016; 10(2): 219-231.
- Silva-Gomes AL, Coelho-Filho JG, Viana-Silva W, Braga-Oliveira MI, Bernardino G, Costa JI. The impact of *Neoechinorhynchus buttnerae* (Golvan, 1956) (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) outbreaks on productive and economic performance of the tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), reared in ponds. *Lat Am J Aquat Res* 2017; 45(2): 496-500. <http://dx.doi.org/10.3856/vol45-issue2-fulltext-25>
- Tavares-Dias M, Araújo CSO, Gomes ALS, Andrade SMS. Relação peso-comprimento e fator de condição relativo (Kn) do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) em cultivo semi-intensivo no estado do Amazonas, Brasil. *Rev Bras Zoociên* 2010; 12(1): 59-65.
- Tavares-Dias M, Chagas EC, Maciel PO. *Parasitismo e seus efeitos sanguíneos e histopatológicos em peixes*. In: Mattos BO, Pantoja-Lima J, Oliveira AT, Aride PHR. *Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias*. Ponta Grossa-Paraná: Atena 2021.

Tavares-Dias M, Marcon JL, Lemos JRG, Fim JDI, Affonso EG, Ono EA. Índices de condição corporal em juvenis de *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829) E *Colossomoma macropomum* (Cuvier, 1818) na Amazônia. *Bol Inst Pesca* 2008; 34(2): 197-204.

Thatcher VE. *Amazon fish parasites*. Moscow: Aquatic Biodiversity in Latin America: Sofia; 2006.

Valenti WC, Barros HP, Moraes-Valenti P, Bueno GW, Cavalli RO. Aquaculture in Brazil: past, present and future. *Aquac Rep* 2021; 19: 100611. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>

Valladão GMR, Gallani SU, Jerônimo GT, Seixas AT. Challenges in the control of acanthocephalosis in aquaculture: special emphasis on *Neoechinorhynchus buttnerae*. *Rev Aquac* 2020; 12(3): 1360-1372. <https://doi.org/10.1111/raq.12386>

Valladão GMR, Gallani SU, Pilarski F. South American fish for continental aquaculture. *Rev Aquac* 2018; 10(2): 351–369. <https://doi.org/10.1111/raq.12164>

Zar JH. *Biostatistical analysis*. Englewood Cliffs: Prentice Hall; 1999.

Zevallos LT, Cotrina M. Identificación de parásitos en paiches "*Arapaima gigas*" juveniles. *Sci Agrop* 2017; 8(4): 305-314. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.02>

Capítulo II

***Neoechinorhynchus arapaimensis* n. sp. (Acanthocephala:
Neoechinorhynchidae): nova espécie de acantocéfalo parasitando *Arapaima
gigas* (Schinz, 1822) na Amazônia brasileira**

Artigo elaborado conforme as normas da Systematic Parasitology

***Neoechinorhynchus arapaimensis* n. sp. (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae): nova espécie de acantocéfalo parasitando *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) na Amazônia brasileira**

Resumo

Neoechinorhynchus arapaimensis n. sp. é descrita de juvenis de *Arapaima gigas* coletados em piscicultura do município de Manacapuru, Amazonas. A nova espécie distingue-se de todas as outras do gênero por uma combinação de caracteres incluindo tronco menor, espinhos anteriores menores nos machos, espinhos mediano e posterior do mesmo tamanho em ambos os sexos, duas vesículas seminais abaixo do reservatório de cimento e em posição ventral. O local de fixação desta espécie é no mesentério. Esta é a primeira espécie de *Neoechinorhynchus* descrita para *A. gigas*, e o nome *Neoechinorhynchus arapaimensis* é proposto.

Palavras-chave: Acanthocephala, parasitos de peixe, peixe de água doce, pirarucu, piscicultura.

Introdução

Acanthocephala é um pequeno filo monofilético do qual todas as espécies são endoparasitos obrigatórios. Este filo compreende mais de 1.100 espécies, e estes parasitos podem ter menos de 1 mm de comprimento e atingir até mais que 1 m, e se caracterizam pela uniformidade de estrutura, estágios larvais e ciclo de vida. Em adição, o filo Acanthocephala apresenta grande sucesso adaptativo, podendo infectar uma diversidade de classes de vertebrados, tanto terrestres quanto aquáticos (Kennedy, 2006).

Os acantocéfalos que parasitam peixes pertencem às classes Palaeacanthocephala, Eoacanthocephala e Polyacanthocephala (Amin, 1987). Os principais gêneros encontrados em peixes cultivados no Brasil são *Echinorhynchus*, *Neoechinorhynchus* e *Polyacanthorhynchus* (Eiras et al., 2010). Duas espécies de *Polyacanthorhynchus* sp. têm sido registradas no maior peixe de escama de água doce do mundo, o pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822, destacando-se *Polyacanthorhynchus macrorhynchus* Diesing, 1856 em criações intensivas e *Polyacanthorhynchus rhopalorhynchus* Diesing, 1851 no ambiente natural (Thatcher, 2006; Marinho et al., 2013; Santana et al., 2017). Entretanto, Silva et al. (2016) relataram além do gênero *Polyacanthorhynchus* sp., a ocorrência de espécimes de Acanthocephala gen. sp. e de *Neoechinorhynchus* sp. em juvenis de *A. gigas* criados em sistema semi-intensivo no estado do Acre, e esse relato mostra que ainda há uma lacuna do conhecimento sobre as espécies de acantocéfalos que parasitam *A. gigas*.

O gênero *Neoechinorhynchus* Stiles & Hassall, 1905 pertence a classe Eoacanthocephala, e após revisão foram incluídos dois subgêneros, baseado na estrutura dos ovos, o *Hebesoma* Van Cleave 1928 e o *Neoechinorhynchus* Hamann 1982. No subgênero *Neoechinorhynchus* (*Hebesoma*), com 11 espécies conhecidas, os ovos apresentam prolongamento polar da membrana de fertilização, enquanto no subgênero *Neoechinorhynchus* (*Neoechinorhynchus*), com 48 espécies conhecidas, os ovos possuem membranas concêntricas. Com relação à distribuição geográfica do gênero *Neoechinorhynchus*, 72% dos registros das espécies são em peixes de água doce e 13% em peixes marinhos (Amin, 2002). As espécies de *Neoechinorhynchus* descritas em peixes variam entre 88 e 124 espécies (Amin, 2002; Salgado-Maldonado et al., 2010; Amin et al., 2011; Melo et al., 2015; Souza & Malta, 2019; Kaur & Sanil, 2021).

Arapaima gigas é um peixe de água doce carnívoro que apresenta características propícias à criação, a exemplo do seu rápido crescimento e da qualidade nutricional de sua carne (Lima et al., 2015; Pereira-Filho et al., 2020; Rodrigues de Rosa et al., 2021). Em cultivo esta espécie é acometida por vários grupos de parasitos (Morey et al., 2020), e nos últimos anos tem sido registrado o aumento da ocorrência de acantocéfalos (Marinho et al., 2013; Azevedo et al., 2017; Santana et al., 2017; Morey et al., 2020), o que é preocupante em razão destes parasitos, com a ação

mecânica de sua probóscide no intestino, estimularem processo inflamatório e que pode evoluir para necrose, atingindo todas as camadas do intestino e podendo culminar na morte dos peixes (Matos et al., 2017; Tavares-Dias et al., 2021). Portanto, o conhecimento sobre as espécies que compõem a fauna parasitária de *A. gigas* nas fases de alevinagem e recria é de fundamental importância para implementação de ações preventivas na criação.

O objetivo deste estudo foi descrever uma nova espécie do filo Acanthocephala, parasitando juvenis de *Arapaima gigas* cultivados na Amazônia brasileira.

Material e métodos

Foram coletados em março de 2020, 10 juvenis de *A. gigas* em uma piscicultura do município de Manacapuru, estado do Amazonas (03°18' 37,98"S; 60°35'34,26"W). Os peixes foram transportados em sistema fechado para o Laboratório de Piscicultura da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas. No laboratório, os peixes foram anestesiados por aspersão com benzocaína (Honczaryk & Inoue, 2010) para registro de peso e comprimento total ($16,15 \pm 0,88$ g; $14,02 \pm 0,27$ cm). Após a biometria, os peixes foram eutanasiados por perfuração craniana para coleta do trato digestório e posterior avaliação parasitológica, a procura de endoparasitos. A metodologia de coleta, fixação e identificação de endoparasitos seguiu Amato et al. (1991) e Thatcher (2006).

Espécimes do filo Acanthocephala foram coletados no mesentério e então lavados em solução salina (0,65%) para retirar as mucosidades aderidas, e depois colocados em uma placa de Petri contendo água destilada e transferidos para geladeira, por 24 horas, para ficarem túrgidos e provocar a eversão da probóscide. No Laboratório de Parasitologia de Peixes (LPP), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), os parasitos foram processados usando técnicas de coloração regressiva alcoólica Carmin (Amato et al., 1991). Para clarificação dos acantocéfalos utilizou-se óleo de imersão e então estes foram montados em lâminas permanentes utilizando bálsamo do Canadá.

Os desenhos e as medidas (em μm) foram feitas a partir de montagens totais de exemplares em lâminas, com câmara clara e micrométrica acopladas ao microscópio Olympus BH-2. As imagens foram digitalizadas no Adobe Illustrator CS6. As fotomicrografias de varredura foram realizadas com uso do método de HMDS (hexa-metil-disilazano, $\text{C}_6\text{H}_{19}\text{NSi}_2$), conforme Nation (1983) e Haddad et al. (2017). A microscopia eletrônica foi realizada no Laboratório Temático de Microscopia Óptica e Eletrônica (LTMO) do INPA.

As medidas, em micrômetros, são apresentadas como intervalo de variação, seguido pela média (entre parênteses). O comprimento do tronco exclui a probóscide e a bursa. A probóscide e os ganchos foram medidos apenas em vista lateral, e o comprimento do aparelho reprodutor masculino

é a distância da margem anterior do testículo anterior à extremidade posterior do tronco. Os índices parasitários de prevalência, intensidade média e abundância média da infecção foram calculados de acordo Bush et al. (1997), e os exemplares testemunhos e séries tipos da nova espécie de *Neoechinorhynchus* foram depositados na Coleção de Invertebrados Não-Insecta do INPA, Manaus, Amazonas, Brasil.

Este estudo foi desenvolvido com a aprovação de seu protocolo pela Comissão de Ética para Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Amazônia Ocidental (protocolo nº 03/2019).

Resultados

Classe Eoacanthocephala Van Cleave, 1936

Ordem Neoechinorhynchida Southwell & Macfie, 1925

Família Neoechinorhynchidae Ward, 1917

Subfamília Neoechinorhynchinae Travassos, 1926

Gênero *Neoechinorhynchus* Stiles & Hassall, 1905

Neoechinorhynchus arapaimensis n. sp.

Descrição (Figs. 1 a, b, c, d, e)

Geral: Com características do gênero. Tronco comprido, largo, com formato cilíndrico e com dimorfismo sexual. Fêmea bem maior que o macho. Núcleos hipodérmicos gigantes com formato elípticos. Parede corporal lisa com 5 núcleos gigantes no dorso e um no ventre. Probóscide arredondada. Espinhos anteriores da probóscide com raízes simples, bem evidentes e alcançando os espinhos posteriores. Espinhos medianos e posteriores curtos e sem raiz evidente. Pescoço evidente. Receptáculo da probóscide com paredes simples de camada muscular. Gânglio cerebral subovoide, localizado posteriormente a bainha da probóscide. Lemniscos bem visíveis, não alcançando o testículo anterior e com formato elíptico. Entre o lemnisco e o testículo anterior existe um músculo bem evidente. Testículo anterior com formato ovoide, testículo posterior com formato oblongo. Glândula de cimento com forma oblonga; reservatório de cimento redondo. Bolsa de Saeftigen mais larga que comprida. Os poros da nova espécie possuem uma distribuição igual por todo o corpo e apresentam pequena distância entre eles (Tabela 1).

Macho [n=3]: Corpo (tronco) 2520-3224 µm (2894 µm) de comprimento e 210-280 µm (233 µm) de largura. Pescoço 14 µm de comprimento e 50,4-59,5 µm (36,3 µm) de largura. Probóscide 70 µm de comprimento e 56-65,1 µm (40,3 µm) de largura. Receptáculo medindo 252-378 µm (308 µm)

de comprimento e largura de 42-91 μm (67,6 μm). Lemnisco longo com 700-840 μm (793 μm) de comprimento e 28-42 μm (35 μm) de largura. Lemnisco mais curto com comprimento de 490-770 μm (676) e largura de 28-35 μm (32,6 μm). Gancho anterior 51,8-70 μm (60 μm) de comprimento e 4,9-7 μm (5,5 μm) de largura. Raiz do gancho anterior 7-30 μm (35 μm) de comprimento e 3-15 μm (9 μm) de largura. Ganchos médios 14 μm de comprimento e 2,1 μm de largura. Ganchos posterior medindo 14 μm de comprimento e 2,1 μm de largura. Testículo anterior 315-434 μm (389 μm) de comprimento e 140-196 μm (172 μm) de largura. Testículo posterior 315-476 μm (380 μm) de comprimento e 98-182 μm (128 μm) de largura. Glândula de cimento 490-700 μm (583 μm) de comprimento e 77-112 μm (98 μm) de largura. Reservatório de cimento 140-196 μm (158 μm) de comprimento e 56-154 μm (102 μm) de largura. Vesícula seminal "I" 315-350 μm (315 μm) de comprimento e 14-21 μm (16 μm) de largura. Vesícula seminal "II" 252-315 μm (294 μm) de comprimento e 14-21 μm (16) de largura. Bolsa de Saeffigen 168-238 μm (212 μm) de comprimento e 35-98 μm (72 μm) de largura. Bursa não evertida. Espaço de ocupação dos órgãos 1435-2030 μm (1824) μm .

Fêmea [n=2]: Corpo (tronco) 2058-3367 μm (3112,5 μm) de comprimento e 140-210 μm (175 μm) de largura. Pescoço 28 μm (28 μm) de comprimento e 70 μm (70 μm) de largura. Probóscide 77 μm (77 μm) de comprimento e 70 μm (59 μm) de largura. Receptáculo 175 μm (206 μm) de comprimento e 49 μm (14 μm) de largura. Lemniscos não foram observados. Gancho anterior 105 μm de comprimento e 7 μm de largura. Raiz do gancho anterior 35 μm de comprimento. Ganchos médios 14 μm de comprimento e 3,5 μm da largura. Gancho posterior 14 μm de comprimento e 3,5 μm de largura. Espaço de ocupação dos órgãos 469 μm . Fêmeas não grávidas, campana uterina 98 μm de comprimento e 70 μm de largura, aparelho seletor de ovos 30-34 μm (32,5 μm) de comprimento e 30-36 μm (34 μm) de largura, útero 280 μm de comprimento e 35 μm de largura, vagina com 84 μm de comprimento e 28 μm de largura. Nenhum ovo foi observado.

Resumo taxonômico

Hospedeiro-tipo: *Arapaima gigas* (Osteoglossiformes: Arapaimidae).

Localidade-tipo: Manacapuru, Amazonas (03°18' 37,98"S; 60°35'34,26"W).

Material-tipo: O holótipo e parátipos foram depositados na Coleção de Invertebrados Não-Insecta do INPA, Manaus, Amazonas, Brasil.

Local de infecção: Mesentério.

Infecção: Prevalência 90%; Intensidade média $4,1 \pm 2,8$; Abundância média $3,7 \pm 2,6$.

Etimologia: O nome da espécie é derivado do nome genérico do hospedeiro, *Arapaima gigas*.

Discussão

O gênero *Neoechinorhynchus* Stiles & Hassall, 1905 foi revisado por Amin (2002) e foram catalogadas 88 espécies válidas, e atualmente com as novas descrições estima-se aproximadamente 124 espécies (Amin, 2002; Salgado-Maldonado et al., 2010; Amin et al., 2011; Melo et al., 2015; Souza & Malta, 2019; Kaur & Sanil, 2021). Este gênero possui dois subgêneros, o *Neoechinorhynchus* e o *Hebesoma*, que se distinguem pela estrutura dos ovos (Amin, 2002). Neste estudo, o acantocéfalo *Neoechinorhynchus arapaimensis* n. sp. não pode ser incluído nos dois subgêneros, *Neoechinorhynchus* e *Hebesoma*, porque as fêmeas não apresentavam ovos, apenas bolas ovarianas, e esta última estrutura é fundamental na reprodução (Crompton & Whitfield, 1974). Para a espécie *Neoechinorhynchus buttnerae* Golvan, 1956, Gonçalves et al. (2021) observaram que fêmeas fertilizadas e não fertilizadas apresentam bolas ovarianas de formato circular e com características comuns à outras espécies, e concluíram que quanto maior o número de bolas ovarianas, menor é a quantidade de ovos encontrados no sistema lacunar, o que também foi observado neste estudo quanto ao aumento de bolas ovarianas e ausência de ovos.

Outras características que as espécies de *Neoechinorhynchus*, que não são incluídas nos subgêneros *Neoechinorhynchus* e *Hebesoma*, apresentam são os ganchos da probóscide mediano e posterior com mesmo comprimento, tronco menor que 20.000 μm , número de núcleos gigantes na parede do corpo menor que 2 ou 3, comprimento da glândula de cimento 21-24 μm e ganchos da probóscide de tamanho menor, anterior 68-84 μm , mediano 30-42 μm e posterior 21-24 μm (Amin, 2002). Com base nestas informações, *Neoechinorhynchus arapaimensis* n. sp. não pode ser incluído nestes subgêneros, pois possui um comprimento de tronco menor que o tamanho indicado, porém possui um número maior de núcleos gigantes e um tamanho menor de ganchos medianos (14 μm) e posterior (14 μm).

As espécies *Neoechinorhynchus golvani* Salgado-Maldonado, 1978 e *Neoechinorhynchus saginatus* Van Cleave & Bangham, 1949 não foram atribuídas a nenhum dos subgêneros pertencentes ao gênero *Neoechinorhynchus*, por falta de informações sobre o formato do ovo e membranas (Amin, 2002). Como características a espécie *N. golvani* têm probóscide (largura x comprimento) com 56-75 x 56-75 nos machos e fêmeas, ganchos da probóscide nos machos: anterior 52-78, mediano 18 e posterior 18, e nas fêmeas: anterior 45-48, mediano 18 e posterior 18 (Amin, 2002). As fêmeas de *N. golvani* apresentavam bolas ovarianas e ausência de ovos, de forma

semelhante ao relatado neste estudo para a espécie *N. arapaimensis* n. sp., mas com diferenças no comprimento dos ganchos das probóscide mediano e posterior nos machos e fêmeas, cujas estruturas foram menores em *N. arapaimensis* n. sp. Contudo, após redescrição da espécie, *N. golvani* foi incluída no subgênero *Neoechinorhynchus* (Salgado-Maldonado, 2013).

Como características da espécie *N. saginatus*, esta apresenta o tronco com 20.000 µm e formato fusiforme, têm 5 núcleos hipodérmicos dorsais e 1 ventral bem evidentes, a glândula de cimento é sem núcleos evidentes, e os ganchos da probóscide medem: anterior 58-67, mediano 31-38 e posterior 27-32. Os ovos medem 44-46 µm x 16-20 µm (Vancleave & Bangham, 1949; Amin, 2002). *Neoechinorhynchus arapaimensis* n. sp. apresenta características similares à *N. saginatus*, como o mesmo número e posição dos núcleos gigantes e glândula de cimento sem núcleos aparentes. *N. arapaimensis* n. sp. difere por ter o tronco menor 2894 µm e 3112,5 µm, ganchos anteriores maiores medindo 51,8-70 µm e 105 µm e ganchos mediano e posterior menores medindo 14 µm de comprimento para os machos e fêmeas, respectivamente.

A espécie *N. arapaimensis* n. sp. parasita o mesentério de *A. gigas*, local de infecção diferente da maioria das espécies do filo Acanthocephala, que infectam o intestino dos peixes (Melo et al., 2015; Souza & Malta, 2019; Gonçalves et al., 2021; Kaur & Sanil, 2021). Um outro registro de espécimes de *Neoechinorhynchus* sp. em *A. gigas* foi feito em uma piscicultura no estado Acre, e estes parasitos estavam localizados no intestino dos peixes e foram coletadas apenas fêmeas imaturas. O tronco media 3400-6600 µm (5300 µm) de comprimento, pescoço 175-200 µm (181 µm) de comprimento, probóscide de 200-225 µm (212 µm) de comprimento e 200-210 µm (202 µm) de largura, receptáculo da probóscide com 270-525 µm (374 µm) de comprimento e 205 µm de largura, gancho anterior 102-125 µm (114 µm), mediano 60-70 µm (63) e posterior 42-50 µm (47 µm). Não possuíam ovos e o núcleos gigantes tinha formato ameboide (Silva, 2017). *Neoechinorhynchus arapaimensis* n. sp. difere de *Neoechinorhynchus* sp. por ter o tronco, pescoço, probóscide, receptáculo da probóscide, ganchos anterior, mediano e posterior em tamanhos menores, e os núcleos gigantes com formato elíptico e poro subterminal.

Para o *A. gigas* são citadas duas espécies do filo Acanthocephala, *P. macrorhynchus* e *P. rophalorhynchus*, ambas parasitando o intestino dos peixes (Thatcher, 2006; Amin, 2013; Marinho et al., 2013; Santana et al., 2017). Neste estudo é feito o primeiro registro de uma espécie de *Neoechinorhynchus* em *A. gigas* no estado do Amazonas, encontrados, por enquanto, somente em juvenis de *A. gigas* de cativeiro.

Neoechinorhynchus arapaimensis n. sp. apresenta duas vesículas seminais abaixo do reservatório de cimento em posição ventral, não sendo observado em nenhuma das outras espécies. Machos e fêmeas de *N. arapaimensis* n. sp. têm um espinho anterior na probóscide muito mais longo que os medianos e posteriores. As fêmeas de *N. arapaimensis* n. sp. têm comprimento do

gancho anterior maior que todas as demais espécies e o poro genital da fêmea tem posição subterminal. Em adição, o tamanho do tronco é menor que as demais espécies e apresenta local de fixação diferente de todas as outras espécies, no mesentério. Todas essas características fazem de *N. arapaimensis* n. sp. uma espécie única.

Esta é a primeira espécie de *Neoechinorhynchus* descrita para uma espécie de peixe da família Arapaimidae e a décima espécie do gênero registrada no Brasil, e o nome *Neoechinorhynchus arapaimensis* é proposto.

Agradecimentos

Aos Laboratórios de Parasitologia de Peixes e de Microscopia Ótica e Eletrônica, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA pelo suporte nas análises laboratoriais.

Suporte financeiro

Este estudo foi apoiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa e pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Sebrae (Convênio 37/2018) com suporte financeiro ao projeto Aquicultura com Tecnologia e Sustentabilidade – Aquitech. M.F. Gama recebeu bolsa de estudos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM. E.C. Chagas recebeu bolsa de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 315771/2020-8).

Conflito de interesse

Os autores declaram que não tem conflito de interesse.

Padrões éticos

Todas as diretrizes institucionais, nacionais e internacionais para o cuidado e uso de animais foram aplicadas.

Disponibilidade dos dados

Os dados que sustentam os achados deste estudo estão disponíveis mediante solicitação ao autor para correspondência.

Referências

- Amato, J. F. R., Boeger, W. A., & Amato, S. B. (1991). *Protocolos para laboratório-coleta e processamento de parasitas do pescado*. Rio de Janeiro: Imprensa Universitária, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 81 p.
- Amin, O. M. (1987). Key to the families and subfamilies of Acanthocephala, with the erection of a new class (Polyacanthocephala) and a new order (Polyacanthorhynchida). *The Journal of parasitology*, 73, 1216-1219.
- Amin, O. M. (2002). Revision of *Neoechinorhynchus* Stiles & Hassal, 1905 (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) with keys to 88 species in two subgenera. *Systematic Parasitology*, 53, 1-18.
- Amin, O. M. (2013). Classification of the Acanthocephala. *Folia Parasitologica*, 60, 273-305.
- Amin, O. M., Ha, N. V., & Ha, D. N. (2011). First report of *Neoechinorhynchus* (Acanthocephala, Neoechinorhynchidae) from marine fish of the eastern seaboard of Vietnam, with the description of six new species. *Parasite*, 18, 21-34.
- Azevedo, P. B., Morey, G. A. M., & Malta, J. C. O. (2017). Mortalidade de juvenis de *Arapaima gigas* (Pisces: Arapaimidae) de piscicultura do norte do Brasil, causadas por *Hysterothylacium* sp. e *Goezia spinulosa* (Nematoda: Anisakidae). *Biota Amazonian*; 7, 103-107.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *The Journal of parasitology*, 575-583.
- Crompton, D. W. T., & Whitfield, P. J. (1974). Observations on the functional organization of the ovarian balls of *Moniliformis* and *Polymorphus* (Acanthocephala). *Parasitology*, 69, 429-443.
- Eiras, J. C., Takemoto, R. M., Pavanelli, G. C., & Adriano, E. A. (2010). *Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil*. Maringá: Clichetec, 2380-2389.
- Gonçalves, M. S., Costa, O. T. F., Morey, G. A. M., Dias, L. C., Chagas, E. C., Porto, S. M. A. (2021). Embryonic development of eggs and stereological analysis of body of *Neoechinorhynchus buttnerae* (Golvan, 1956) (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae). *Parasitology*.
- Haddad, A., Campos, P. C. A., Sesso, A., Lacreta, M. A. C., Mingues, C. F & Wissmuller, G. (2017). *Técnicas de microscopia eletrônica aplicadas às Ciências Biológicas*. Rio de Janeiro: Editora da Sociedade Brasileira de Microscopia e Microanálise. 423p.
- Honczaryk, A., & Inoue, L. A. K. A. (2010). Anesthesia in pirarucu by benzocaine sprays in the gills. *Ciência Rural*, 40, 204-207.

- Kaur, P., & Sanil, N. K. (2021). Morphological and molecular characterization of *Neoechinorhynchus* (N.) cephalis n. sp. (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) Stiles and Hassall 1905 infecting the flathead grey mullet *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) from the southwest coast of India. *Parasitology Research*, 1-14.
- Kennedy, C. R. (2006). *Ecology of the Acanthocephala*. Cambridge University Press. 249 p.
- Lima, A. F., Rodrigues, A. P. O., Varela, E. S., Torati, L. S., Maciel, P. O. (2015). Pirarucu culture in the Brazilian Amazon: fledgling industry faces technological issues. *Global Aquaculture Advocate*, 2015, 54-56.
- Marinho, R. G. B., Tavares-Dias, M., Dias-Grigório, M. K. R., Neves, L. R., Yoshioka, E. T. O., Boijink, C. L., & Takemoto, R. M. (2013). Helminthes and protozoan of farmed pirarucu (*Arapaima gigas*) in eastern Amazon and host-parasite relationship. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65, 1192-1202.
- Matos, L. V., Oliveira, M. I. B., Gomes, A. L. S., & Silva, G. S. (2017). Morphological and histochemical changes associated with massive infection by *Neoechinorhynchus buttnerae* (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) in the farmed freshwater fish *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 from the Amazon State, Brazil. *Parasitology research*, 116, 1029-1037.
- Melo, F., Costa, P., Giese, E., Gardner, S., & Santos, J. (2015). A description of *Neoechinorhynchus* (*Neoechinorhynchus*) *veropesoi* n. sp. (Acanthocephala, Neoechinorhynchidae) from the intestine of the silver croaker fish *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes: Sciaenidae) off the east coast of Brazil. *J. Helminthol.*, 89, 34-41.
- Morey, G. M., Pereira, J. N., & Aguinaga, J. Y. (2020). Principales Problemas Sanitarios y Enfermedades Parasitarias en la crianza del paiche *Arapaima gigas* en la Amazonía. Iquitos-Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). 57 p.
- Nation, J. L. (1983). A new method using hexamethyldisilazane for preparation of soft insect tissues for scanning electron microscopy. *Stain technology*, 58, 347-351.
- Pereira-Filho, M., Roubach, R., Lima, A. F., Rodrigues, A. P., & Maciel, P. O. (2020). *Pirarucu* (*Arapaima gigas*). In: Baldisserotto, B. Espécies Nativas para Piscicultura no Brasil. Santa Maria: UFMS. P. 17-56.
- Pichelin, S., & Cribb, T.H. (2001). *Neoechinorhynchus ningalooensis* sp. nov. (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) from *Scarus ghobban* and *S. psittacus* (Scaridae) from Western Australia. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, 25, 51-55.
- Rodrigues de Rosa, K., Silva, A. A., Barros, W. M., Pedroso, A. L., Ferreira, M. F. E., Savay-da-Silva, L. K., Mateus, L. A. F., Fagundes, M. B., Kubota, E. H. (2021). Characterization of the

- influence of age on the physicochemical composition of pirarucu (*Arapaima gigas*) produced in excavated tanks. *Journal of Food Composition and Analysis*. 104172.
- Salgado-Maldonado, G. (1978). Acantocéfalos de peces IV. Descripción de dos especies nuevas de *Neoechinorhynchus* Hamann, 1892 (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) y algunas consideraciones sobre este género. In *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 49, 35-48.
- Salgado-Maldonado, G. (2013). Redescription of *Neoechinorhynchus* (*Neoechinorhynchus*) *golvani* Salgado-Maldonado, 1978 (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) and description of a new species from freshwater cichlids (Teleostei: Cichlidae) in Mexico. *Parasitology Research*, 112, 1891-1901.
- Salgado-Maldonado, G., Caspeta-Mandujano, J., & Martínez-Ramírez, E. (2010). *Neoechinorhynchus* (*Neoechinorhynchus*) *chimalapasensis* n. sp. (Acanthocephala, Neoechinorhynchidae) from the freshwater fish *Awaous banana* (Valenciennes) (Gobiidae) in Mexico. *Syst. Parasitol.*, 75, 231-237.
- Santana, H. P., Morey, G. M., Lima, J. P., Malta, J. C. O. (2017) Influência de metazoários parasitas na morte de juvenis de *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) criados em uma piscicultura na Amazônia Brasileira. *Revista Brasileira de Zoociências*, 18, 77-90.
- Silva, M. T.; Pinto, G. P.; Cavalcante, P. H. O.; Santos, F. G. A.; Moutinho, V. A. C. & Santos, C.P. (2016). Helminth community structure of *Arapaima gigas* in semi-intensive and intensive fish farming systems in the southwestern Brazilian Amazon. *Neotropical Helminthology*, 10, 219-231.
- Silva, M. T. (2017). *Biodiversidade de helmintos de Arapaima gigas* (Schinz) e *Colossoma macropomum* (Cuvier) em sistemas de cultivo no estado do Acre, sudoeste da Amazônia. Tese (Doutorado) – Instituto Oswaldo Cruz, Pós-graduação em Biodiversidade e Saúde, Rio de Janeiro, Brasil. 122 pp.
- Souza, A. K., & Malta, J. C. O. (2019). Una nueva especie del *Neoechinorhynchus* Stiles & Hassall, 1905 (eoacanthocephala: neoechinorhynchidae) parásito del *Pellona castelnaeana* valenciennes, 1847 (Clupeiformes: Pristigasteridae) de la amazonía brasileña. *Neotropical Helminthology*, 13, 227-233.
- Tavares-Dias, M., Chagas, E. C., & Maciel, P. O. (2021) Parasitismo e seus efeitos sanguíneos e histopatológicos em peixes. In: Mattos, B. O., Pantoja-Lima, J., Oliveira, A. T., Aride, P. H. R. Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias. Ponta Grossa-Paraná: Atena. p. 311-352.
- Thatcher, V. E. (2006). *Aquatic Biodiversity in Latin America: Amazon Fish Parasites*. Praga: Pensoft Publishers. 508p.

Vanceleave, H. J., & Bangham, R. V. (1949). Four new species of the acanthocephalan family Neoechinorhynchidae from freshwater fishes of North American, one representing a new genus. *Journal of the Washington Academy of Science*, 39, 398-409.

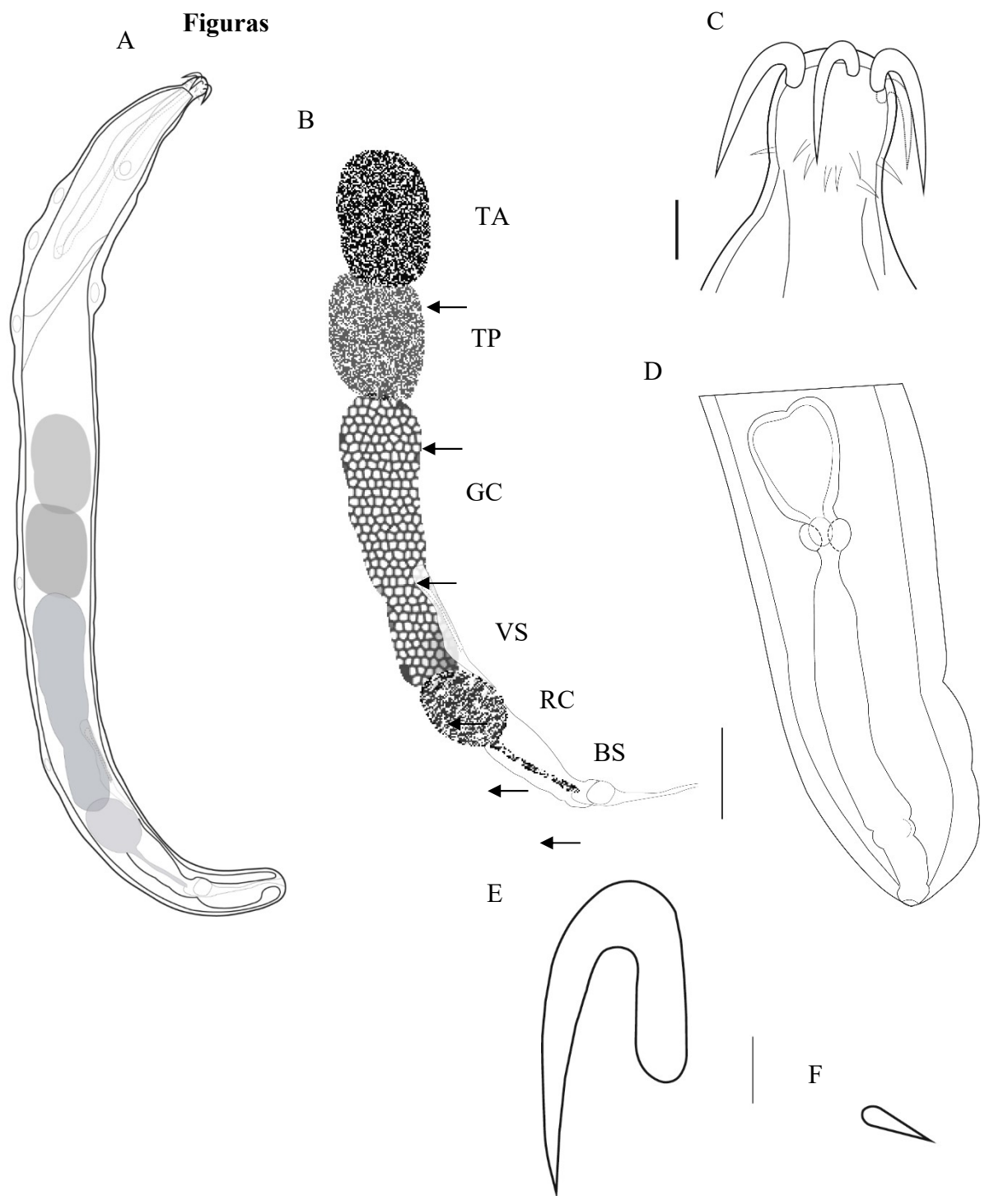


Figura. 1. A. Macho adulto de *Neoechinorhynchus arapaimensis* n. sp. B. órgãos internos do macho: TA – Testículo Anterior. TP- Testículo Posterior. GC- Glândula de Cimento. VS- Vesícula Seminal. RC- Reservatório de Cimento. BS- Bolsa de Seafftgen. C. Probóscide do macho. D. Sistema reprodutivo da fêmea. E. Gancho anterior do macho. F. Gancho mediano e posterior do macho. Barras de escala: A. 400 μm; B 100 μm; C 100 μm; D 150 μm; E e F 50 μm.

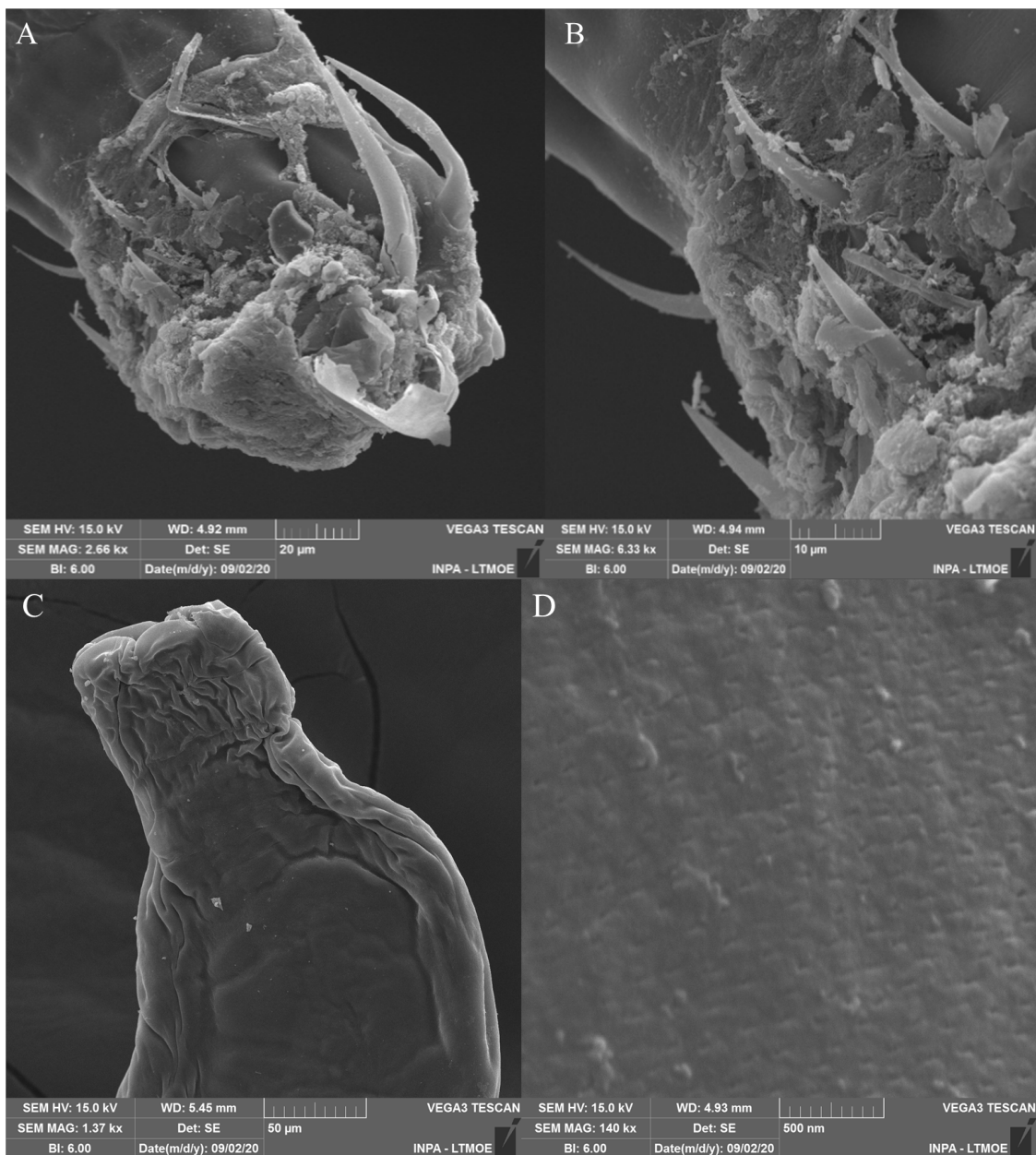


Figura. 2 SEM do macho de *Neoechinorhynchus arapaimensis* n. sp. de *Arapaima gigas* Schinz, 1822. A. Probóscide. B. Detalhes dos ganchos medianos e posteriores. C. Parte posterior do corpo. D. Poros da parte anterior.

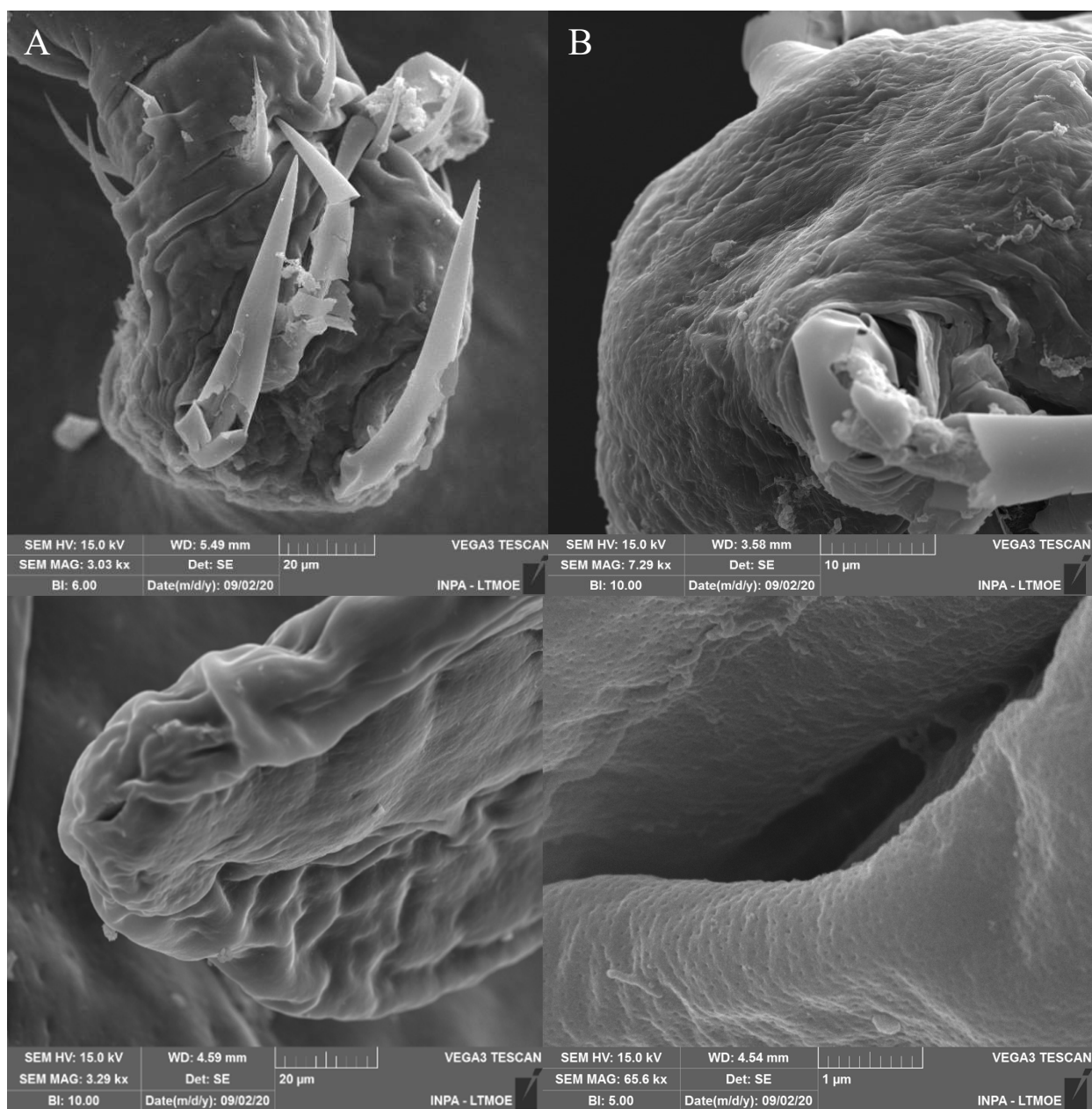


Figura. 3 SEM da fêmea de *Neoechinorhynchus arapaimensis* sp. n. A. Probóscide. B. Ápice da probóscide. C. Parte posterior da fêmea mostrando poro genital subterminal. D. Detalhes dos poros da superfície do poro genital.

Tabela 1. Comparação entre medidas, local de infecção e distribuição de *Neoechinorhynchus arapaimensis* n. sp. com outras espécies. Medidas em µm. GA – gancho anterior, CT-comprimento do tronco, FT – forma do tronco, GC- glândula de cimento, LI- local de infestação, GM – gancho mediano, NM – não medido, GP – gancho posterior.

Espécie/ hospedeiro	GA/GM/GP	CT	FT	GC	LI	Distribuição	Referências
<i>Neoechinorhynchus arapaimensis</i> n. sp./ <i>Arapaima.gigas</i>							
Macho	95/14/14	2.894	Cilíndrico	583	Mesentério	Amazonas/ Brasil	Esse trabalho
Fêmea	105/14/14	3.367					
<i>Neoechinorhynchus ningalooensis</i> / <i>Scarus</i> spp.							
Macho	115/54/42	12.600	Cilíndrico	NM	Intestino	Austrália	Pichelin & Cribb (2001)
Fêmea	67/ 52/ 40	6.000					
<i>Neoechinorhynchus saginatus</i> / <i>Semotilus atromaculatus</i>							
Macho	67/38/32	8.000	Cilíndrico	NM	Intestino	América do Norte	Vancleave & Bangham (1949)
Fêmea	NM	20.000					
<i>Neoechinorhynchus</i> sp./ <i>Arapaima gigas</i>							
Macho	NM	5300	Cilíndrico	NM	Intestino	Acre/ Brasil	Silva et al. (2016)
Fêmea	114/ 6/ 47	NM					

CONCLUSÕES GERAIS

- As pisciculturas de Manacapuru – AM foram caracterizadas quanto aos aspectos: 1) Estrutura de criação, 2) Área inundada, 3) Fonte de abastecimento de água, 4) Fase da produção dos peixes realizada na piscicultura, 5) Plantel de reprodutores e 6) Alimentação dos peixes;
- O tipo de estrutura, origem da água e alimento podem favorecer a entrada de hospederios intermediários na criação de *A. gigas*;
- A água de rio potencializa a difusão de parasitoses na criação de *A. gigas*;
- O uso de zooplâncton como alimento inicial para pós-larvas, larvas e juvenis de *A. gigas* tem contribuído na infecção por nematoides e acantocéfalos;
- Os parâmetros de qualidade de água estavam dentro dos padrões indicados para criação de espécies de peixes tropicais e não influenciaram as criações de *A. gigas*;
- O peso e comprimento dos juvenis de *A. gigas* foram diferentes entre as pisciculturas e essas diferenças foram relacionadas a idade dos peixes e manejo adotado;
- Todas as pisciculturas possuíam peixes parasitados, mas a abundância dos parasitos variou de moderada a baixa e não influenciou o fator de condição dos peixes;
- Juvenis de *A. gigas* foram parasitados por ectoparasitos Monogenea e endoparasitos Digenea, Nematoda e Acanthocephala;
- O nematoide *Hysterothylacium* sp. e o acantocéfalo *Neoechinorhynchus* sp. foram os parasitos mais prevalentes na produção de juvenis de *A. gigas*;
- Foi descrita uma nova espécie do filo Acanthocephala, parasitando juvenis de *A. gigas* cultivados no estado do Amazonas, identificada como *Neoechinorhynchus arapaimensis*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, as observações sobre o processo produtivo de *A. gigas* permitem inferir que:

- As experiências dos produtores na criação de *A. gigas* são verdadeiras vantagens competitivas, mas não tem atendido a demanda do mercado por formas jovens de *A. gigas*;
- O isolamento entre os produtores e o distanciamento dos centros de pesquisa tem contribuído ainda mais na baixa oferta de formas jovens de *A. gigas* no mercado;
- A maioria das pisciculturas não padroniza seus métodos de reprodução, alevinagem e recria de *A. gigas* e não possuem protocolos claros de boas práticas de manejo;
- As pisciculturas estruturadas, com métodos padronizados de produção de formas jovens de *A. gigas* e que são assistidas por profissionais habilitados tem tido sucesso na reprodução e melhorado as taxas de sobrevivência de pós-larvas e juvenis de *A. gigas*;
- A transferência das tecnologias disponibilizadas para a criação de *A. gigas* necessita ser repassada ao público alvo;
- Há necessidade de melhorias no sistema produtivo, principalmente em relação à adoção de protocolos de manejo sanitário para evitar efeitos negativos na saúde dos organismos cultivados.

Nesse sentido salienta-se que as boas práticas de manejo aquícola necessitam ser mais difundidas pelos órgãos competentes e internalizadas pelo setor produtivo, e o fomento à criação de *A. gigas* deve ser incentivado.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- Andrade-Porto, S. M.; Cárdenas, M. Q.; Martins, M. L.; Oliveira, J. K. Q.; Pereira, J. N.; Araújo, C. S. O.; Malta, J. C. O. First record of larvae of *Hysterothylacium* (Nematoda: Anisakidae) with zoonotic potential in the pirarucu *Arapaima gigas* (Osteichthyes: Arapaimidae) from South America. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75(4), p. 790–795, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.22213>
- Araújo, C. S. O.; Gomes, A. L.; Tavares-Dias, M.; Andrade, S. M. S.; Belém-Costa, A.; Borges, J. T.; Queiroz, M. N.; Barbosa, M. Parasitic infections in pirarucu fry, *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimatidae) kept in a semi-intensive fish farm in Central Amazon, Brazil. **Veterinarski Arhiv**, v. 79(5), p 499-507, 2009a.
- Araújo, C. S. O.; Tavares-Dias, M.; Gomes, A. L. S.; Andrade, S. M. S.; Lemos, J. R. G.; Oliveira, A. T.; Cruz, W. R.; Affonso, E. G. Infecções parasitárias e parâmetros sanguíneos em *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) cultivados no estado do Amazonas, Brasil. In: Tavares-Dias, M. (Org.). Manejo e sanidade de peixes em cultivo. Macapá: Embrapa Amapá, p. 389-424, 2009b.
- Azevedo, P. B.; Morey, G. A. M.; Malta, J. C. O. Mortalidade de juvenis de *Arapaima gigas* (Pisces: Arapaimidae) de piscicultura do norte do Brasil, causadas por *Hysterothylacium* sp. e *Goezia spinulosa* (Nematoda: Anisakidae). **Biota Amazônica**, v. 7(1), p. 103-107, 2017. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746>
- Barreto, E. Relação entre helmintos gastrointestinais e alimentação de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) em tanques de piscicultura. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, SP, 52p, 2009.
- Brandão, F. R.; Gomes, L. C.; Chagas, E. C. Respostas de estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) durante práticas de rotina em piscicultura. **Revista Acta Amazonica**, v. 36(3), p. 349-356, 2006.
- Cardoso, L. D.; Vidal JR, M. V.; Santos, C. P.; Ribeiro, R. S. C.; Silva, M. A. Enfermidades causadas pela classe monogenea na piscicultura. In: Vianna, U. R.; Carvalhos, J. O.; Carvalhos, J. R. (Ed.). **Tópicos especiais em Ciência Animal VI**. Alegres: UNICOPY, p. 172-189, 2017.
- Chagas, E. C.; Fujimoto, R. Y.; Maciel, P. O.; Martins, M. L.; Mouriño, J. L. E. Endoparasitários na aquicultura. In: Baldissarroto *et al.* (Org.). **Farmacologia aplicada à aquicultura**. Santa Maria: UFSM, p. 656. 2017.
- Chagas, E. C.; Aquino-Pereira, S. L.; Benavides, M. V.; Brandão, F. R. Monteiro, P. C.; Maciel, P. O. *Neoechinorhynchus buttnerae* parasitic infection in tambaqui (*Colossoma macropomum*)

- on fish farms in the state of Amazonas. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 45, e.499, 2019. <http://dx.doi.org/10.20950/1678-2305.2019.45.2.499>
- Delgado, P. M.; Delgado, J. P.; Orbe, R. I. Parasitic infections in juveniles of *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) cultivated in the Peruvian Amazon. **Annals of Parasitology**, v. 59(1), p. 43–48, 2013.
- Dezfuli, B. S.; Lui, A.; Boldrini, P.; Pironi, F.; Giari, L. The inflammatory response of fish to heminth parasites. **Parasite**, v. 15(3), p. 426-433, 2008. <http://dx.doi.org/10.1051/parasite/2008153426>
- Dezfuli, B. S.; Bosi, G.; Depasquale, J. A.; Manera, M.; Giari, L. Fish innate immunity against intestinal helminths. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 50, p. 274-287, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2016.02.002>
- Dominguez, H. N.; Balian, S. C.; Tancredo, K. R.; Martins, L. M. 2020. Metacercárias (Platyhelminthes: Digenea) em espécies de peixes ornamentais de água doce no Sudeste do Brasil: relato de caso. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 18(1). p. 18-23. <https://doi.10.36440/recmvz.v18i1.37997>
- Drumond, G. V. F.; Caixeiro, A. P. A, Tavares-Dias, M.; Marcon, J. L.; Affonso, E. G. Características bioquímicas e hematológicas do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) de cultivo semi-intensivo na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 40(3), p. 591-596, 2010.
- Gaines, A. P. L.; Lozano, L. E. S.; Viana, G. M.; Monteiro, P. C.; Araújo, C. S. O. Tissue changes in the gut of *Arapaima gigas* (Schinz, 1822), infected by the nematode *Spirocamallanus inopinatus* (Travassos, 1929). **Helminthology**, v. 6(2), p. 147-157. 2012.
- Guerra, H. Manual para la producción y manejo de alevinos de paiche. Iquitos: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, p. 101, 2002.
- Hoai, T. D. Reproductive strategies of parasitic flatworms (Platyhelminthes, Monogenea): the impact on parasite management in aquaculture. **Aquaculture International**, v. 28, p. 421-447, 2020. <https://doi.org/10.1107/s10499-019-00471-6>
- Ishikawa, M. M.; Jerônimo, G. T.; Ventura, A. T.; Pereira, N. L.; Silva, T. S. C.; Zanon, R. B.; Fujimoto, R. Y.; Chagas, E.C.; Maciel, P. O.; Benavides, M. V.; Martins, M. L. Parasitos de peixes redondos produzidos na região da Grande Dourados-MS: características e possíveis soluções. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 40. 2016.
- Jerônimo, G. T.; Pádua, S. B.; Belo, M. A. A.; Chagas, E. C.; Taboga, S. R.; Maciel, P. O.; Martins, M. L. *Neoechinorhynchus buttnerae* (Acanthocephala) infection in farmed *Colossoma macropomum*: A pathological approach. **Aquaculture**, v. 469, p. 124-127. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.11.027>

- Lima, A. F.; Rodrigues, A. P. O.; Varela, E. S.; Torati, L. S.; Maciel, P. O. Pirarucu culture in the Brazilian Amazon: fledgling industry faces technological issues. **Global Aquaculture Advocate**, 2015, p. 54-56, 2015.
- Lima, A. F.; Tavares-Filho, A.; Moro, G. V. Natural food intake by juvenile *Arapaima gigas* during the grow-out phase in earthen ponds. **Aquaculture Research**, v. 49, p. 2051–2058, 2018. <https://doi.org/10.1111/are.13662>
- Luque, J. L.; Aguiar, J. C.; Vieira, F. M.; Gibson, D. I.; Portes, C. Checklist of Nematoda associated with the fishes of Brazil. **Zootaxa**, v. 3082, p. 1-88, 2011.
- Maciel, P. O.; Muniz, C. R.; Alves, R. R. Eggs hatching and oncomiracidia lifespan of *Dawestrema cycloancistrum*, a monogenean parasitic on *Arapaima gigas*. **Veterinary Parasitology**, v. 247, p. 57-63, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.09.022>
- Maciel, P. O.; Garcia, F.; Chagas, E. C.; Fujimoto, R. Y.; Tavares-Dias, M. Trichodinidae in commercial fish in South America. **Reviews in fish biology and fisheries**, v. 28, p. 33-56, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9490-1>
- Maciel, P. O.; Alves, R. R. Methods for quantifying eggs and oviposition rate of *Dawestrema cycloancistrum* (Monogenea: Dactylogyridae), monogenean parasite of *Arapaima gigas* (Teleostei: Osteoglossidae). **Journal of Helminthology**, v. 94, e4, 1-5, 2020. <https://doi.org/10.1017/S0022149X18000901>
- Malta, J. C. O.; Gomes, A. L. S.; Andrade, S. M. S.; Varella, A. M. B. Infestações maciças por acantocéfalos, *Neoechinorhynchus buttnerae* Golvan, 1956, (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) em tambaquis jovens, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) cultivados na Aamzônia Central. **Acta Amazonica**, v. 31(1), p. 133-143, 2001.
- Marinho, R. G. B.; Tavares-Dias, M.; Dias-Grigório, M. K. R.; Neves, L. R.; Yoshioka, E. T. O.; Boijink, C. L.; Takemoto, R. M. Helminthes and protozoan of farmed pirarucu (*Arapaima gigas*) in eastern Amazon and host-parasite relationship. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65(4), p. 1192-1202, 2013.
- Marinho, R. G. B.; Tostes, L. V.; Borges, M.; Oba-Yoshioka, E. T.; Tavares-Dias, M. Respostas hematológicas de *Arapaima gigas* (Pisces: Arapaimidae) parasitados naturalmente por protozoários e metazoários. **Biota Amazônia**, v. 5 (1), p. 105-108, 2015.
- Matos, L. V.; Oliveira, M. I. B.; Gomes, A. L. S.; Silva, G. S. 2017. Morphological and histochemical changes associated with massive infection by *Neoechinorhynchus buttnerae* (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) in the farmed freshwater fish *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 from the Amazon State, Brazil. **Parasitology Research**, v. 116, p. 1029-1037. <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-017-5384-3>

- Menezes, R. C.; Santos, S. M. C. Ceccarelli, P. S.; Tavares, L. E. R.; Tortelly, R.; Luque, J. L. Tissue alterations in the pirarucu, *Arapaima gigas*, infected by *Goezia spinulosa* (Nematoda). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 20(3), p. 207-209. 2011.
- Miranda, L. H.; Marchiori, N.; Alfaro, C. R.; Martins, M. L. First record of Trichodina heterodontata (Ciliophora: Trichodinidae) from *Arapaima gigas* cultivated in Peru. **Acta Amazonica**, v. 42(3), p. 433-438, 2012.
- Miler, V. S.; Pinto K. S.; Araújo K. F.; Nascimento J. S. T.; Pinheiro M. M. L.; Lopes T. V.; Manrique, W. G.; Schons S. V. *Goezia spinulosa* em pirarucu (*Arapaima gigas*) cultivado em tanques escavados em Rondônia-Brasil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 37(Supl.), p. 32-33, 2017.
- Moravec, F. Nematodes of freshwater fishes of the neotropical region. Academy of Science of the Czech Republic, p. 464. 1998.
- Morey, G. A. M.; Ramírez, C. S. C.; Cachique, J. C.; Chu, L. R.; Rodríguez, P. V. M.; Pereira, J. N. Mortality of *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Arapaimidae) caused by *Dawestrema cycloancistrum* Price & Nowling, 1967 (Monogeneoidea) from fish-ponds in the Peruvian Amazon and the use of salt for its treatment. **Neotropical Helminthology**, v. 13(2), p. 235-243, 2019.
- Morey, G. M.; Pereira, J. N., Aguinaga, J. Y. Principales Problemas Sanitarios y Enfermedades Parasitarias en la crianza del paiche *Arapaima gigas* en la Amazonía. Iquitos: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), p. 57, 2020.
- Oliveira, E. G.; Pinheiro, A. B.; Oliveira, V. Q.; Junior, A. R. M. S.; Moraes, M. G.; Rocha, I. R. C. B.; Souza, R. R.; Costa, F. H. F. 2012. Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. **Aquaculture**, v. 370-371, p. 96-101, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.027>
- Oliveira, E. G.; Santos, F. J. S.; Oliveira, V. Q.; Mesquita, P. E. C.; Moraes, M. G. Influence of stocking density on water quality and growth performance in production of juvenile pirarucu, *Arapaima gigas*, in irrigation canals. **Brazilian Journal of Development**, v. 6(2), p. 8725-8743, 2020. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n2-255>
- PEIXE BR - Anuário Brasileiro de Piscicultura, 2020. <https://www.peixebr.com.br/Anuario2021/AnuarioPeixeBR2021.pdf>. Acesso em 20 de set. 2021.
- Pereira-filho, M.; Roubach, R.; Lima, A. F.; Rodrigues, A. P.; Maciel, P. O. Pirarucu (*Arapaima gigas*). In: Bernardo Baldisserotto (Org.). **Espécies Nativas para Piscicultura no Brasil**. 3 ed. Santa Maria: UFMS, p. 17-56. 2020.

- Sakthivel, A.; Gopalakrishnan, A.; Selvakumar, P. Occurrence and pathological studies on acanthocephalan (*Neoechinorhynchus agili*) infestation in fishes from Tamil Nadu, South-east coast of India. **Journal of Fisheries and Life Science**, v. 5(1), p. 38-43, 2020.
- Santana, H. P.; Morey, G. M.; Lima, J. P.; Malta, J. C. O. Influência de metazoários parasitas na morte de juvenis de *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) criados em uma piscicultura na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 18(2), p. 77-90, 2017.
- Santana, T. M.; Elias, A. H.; Fonseca, F. A. L.; Freitas, O. R.; Kojima, J. T.; Gonçalves, L. U. Stocking density for *Arapaima* larviculture. **Aquaculture**, v. 528, 735565, 2020. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735565>
- Santos, C. P.; Moravec, F. *Goezia spinulosa* (Nematoda: Raphidascarididae), a pathogenic parasite of the *Arapaima gigas* (Osteichthyes). **Folia Parasitologica**, v. 56(1), p. 55-63, 2009.
- Santos, C. P.; Moravec, F.; Venturieri, R. *Capillostrongyloides arapaimae* sp. n. (Nematoda: Capillariidae), a new intestinal parasite of the arapaima *Arapaima gigas* from the Brazilian Amazon. **Instituto Oswaldo Cruz**, v. 103(4), p. 392-395, 2008.
- Santos, C. P.; Machado, P. M.; Santos, E. G. N. Acanthocephala. In: Gilberto Cezar Pavanelli *et al.* (Org.). **Peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Eduem, p. 452p, 2013.
- Serrano-Martínez, E.; Tantaleán, M. V.; Leguía, G. P. Parásitos en *Arapaima gigas* de la Amazonía Peruana según Grupo Etario. **Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú**, v. 26(2), p. 303-309, 2015. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v26i2.11014>
- Silva, M. T.; Pinto, G. P.; Cavalcante, P. H. O.; Santos, F. G. A.; Moutinho, V. A. C.; Santos, C. P. Helminth community structure of *Arapaima gigas* in semi-intensive and intensive fish farming systems in the southwestern Brazilian Amazon. **Neotropical Helminthology**, v. 10 (2), p. 219-231, 2016.
- Silva, M. T.; Cavalcante, P. H. O.; Camargo, A. C. A.; Moutinho, V. A. C.; Santos, E. G. N.; Santos, C. P. Integrative taxonomy of *Goezia spinulosa* (Nematoda: Raphidascarididae) from arapaimas in the northwestern Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 242, p. 14-21, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.05.011>
- Silva-Gomes, A. L.; Coelho-Filho, J. G.; Viana-Silva, W.; Braga-Oliveira, M. I.; Bernardino, G.; Costa, J. I. The impact of *Neoechinorhynchus buttnerae* (Golvan, 1956) (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) outbreaks on productive and economic performance of the tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), reared in ponds. **Latin American Journal of Aquatic Research**, 45(2): 496-500, 2017. <http://dx.doi.org/10.3856/vol45-issue2-fulltext-25>
- Soares, M. G. M.; Costa, E. L.; Siqueira-Souza, F. K.; Anjos, H. D. B.; Yamamoto, K. C.; Freitas, C. E. C. Peixes de lagos do Médio Rio Solimões. Manaus: EDUA, p. 176. 2006.

- Thatcher, V. E. Patologia de peixes da Amazônia brasileira. 1. Aspectos gerais. **Acta Amazonica**, v. 11(1), p. 125–140, 1981.
- Thatcher, V. E. Aquatic Biodiversity in Latin America: Amazon Fish Parasites. 2 ed. Praga: Pensoft PublisherMoscow, p. 508. 2006.
- Valladão, G. M. R.; Gallani, S. U.; Pilarski, F. South American fish for continental aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, p. 351-369, 2018. <https://doi.org/10.1111/raq.12164>
- Valladão, G. M. R.; Gallani, S. U.; Jerônimo, G. T.; Seixas, A. T. Challenges in the control of acanthocephalosis in aquaculture: special emphasis on *Neoechinorhynchus buttnerae*. **Reviews in Aquaculture**, v. 12, p. 1360-1372, 2020. <https://doi.org/10.1111/raq.12386>