



FABRICIO DOS ANJOS SANTA ROSA

**INTERAÇÕES ENTRE *Nannostomus beckfordi* (LEBIASINIDAE:
CHARACIFORMES) E SEU PARASITO *Artystone minima*
(CYMOTHOIDAE: ISOPODA)**

Belém – PA
2019

FABRICIO DOS ANJOS SANTA ROSA

**INTERAÇÕES ENTRE *Nannostomus beckfordi* (LEBIASINIDAE:
CHARACIFORMES) E SEU PARASITO *Artystone minima*
(CYMOTHOIDAE: ISOPODA)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e pesca da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Jonathan Stuart Ready

Belém – PA
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R788i Rosa, Fabricio dos Anjos Santa
Interações entre *Nannostomus beckfordi*
(Lebiasinidae: Characiformes) e seu parasito *Artystone*
***minima* (Cymothoidae: Isopoda) / Fabricio dos Anjos**
Santa Rosa. — 2019.
iii, 33 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Jonathan Stuart Ready
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-
Graduação em
Ecologia Aquática e Pesca, Instituto de Ciências
Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém,
2019.

1. Piolho de peixe. 2. Índices de parasitismo. 3.
Ecologia parasitária. I. Título.

CDD 577.609811

FABRICIO DOS ANJOS SANTA ROSA

**INTERAÇÕES ENTRE *Nannostomus beckfordi* (LEBIASINIDAE:
CHARACIFORMES) E SEU PARASITO *Artystone minima*
(CYMOTHOIDAE: ISOPODA)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ecologia Aquática e pesca da Universidade Federal do
Pará, como requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Data: 26/02/2019

Orientador:

Prof. Dr. Jonathan Stuart Ready
(UFPA – Instituto de Ciências Biológicas)

Banca examinadora:

Prof. Dr^a. Bianca Bentes da Silva
(UFPA – Instituto de Ciências Biológicas)

Prof. Dr^a. Sarita Nunes Loureiro
(UFRA – Campus Tomé-açu)

Prof. Dr. Breno Eduardo da Silva Barros
(UFRA – Campus Capanema)

Suplentes:

Prof. Dr^a. Jussara Moretto Martinelli-Lemos
(UFPA – Instituto de Ciências Biológicas)

Prof. Dr^a. Cristiana Ramalho Maciel
(UFPA – Instituto de Estudos Costeiros)

Belém – PA
2019

Sabe o que é Brío?

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Jonathan Stuart Ready por toda a orientação dos últimos dois anos, sempre me incentivando a progredir profissionalmente.

À todos do Laboratório de Ictiologia e Lepdopterologia Integrada, em especial à Suellen, Luiz e Tati que me proporcionaram sua agradável companhia em campo e no laboratório, sempre ajudando de alguma forma na construção do trabalho.

Agradeço à minha família pelo apoio em todas as vertentes da minha vida, em especial a minha avó Iracema, minha tia Irene, minha mãe Maria e meu avô Romualdo (*in memoriam*) pela companhia e pelo amor entregue a mim a partir de uma vida inteira de convivência.

Aos meus amigos da educação básica Bernardo Barros e Bruna Almeida por todo carinho e companheirismo de mais de 10 anos de conversas e convivência.

Aos meus amigos de graduação, Felipe, Gabriel Aztec, Sérgio, Yan, Magno e José pela amizade verdadeira construída nos momentos mais desafiadores da minha vida.

À Universidade Federal do Pará por toda infraestrutura e profissionais proporcionados que auxiliaram direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho.

À todas as instituições e órgãos que deram apoio: CNPq, CAPES, FAPESPA, UFPA, IBAMA.

SUMÁRIO

RESUMO-----	ii
ABSTRACT-----	iii
1. INTRODUÇÃO-----	1
2. OBJETIVOS -----	7
2.1 Objetivo Geral-----	7
2.2 Objetivos Específicos-----	7
3. MATERIAL E MÉTODOS -----	7
3.1 Área de Estudo-----	7
3.2 Amostragem -----	8
3.4 Variáveis Ambientais -----	9
3.5 Índices Parasitológicos-----	10
3.6 Análise dos Dados-----	11
4. RESULTADOS -----	11
4.1 Variedade de potenciais hospedeiros-----	11
4.2 Prevalência x Comprimento -----	15
4.3 Variação geral entre as amostragens -----	16
4.4 Efeitos do parasitismo em <i>N. beckfordi</i> -----	17
5. DISCUSSÃO -----	21
5.1 Multiplicidade de hospedeiros-----	21
5.2 Efeitos do parasitismo na condição de <i>Nannostomus beckfordi</i>-----	23
6. REFERÊNCIAS-----	25

RESUMO

A família Cymothoidae engloba organismos que parasitam peixes tanto em regiões tropicais quanto em temperadas, sendo que esses parasitos podem se fixar em diversas estruturas do corpo do hospedeiro, gerando consequências que variam com a espécie. O objetivo do trabalho foi verificar a existência de hospedeiros alternativos do parasito de cavidade peritoneal *Artystone minima*, avaliando associações dos índices parasitários com a variação ambiental estacional, além de identificar possíveis associações dos parasitos com a condição do hospedeiro prioritário, *Nannostomus beckfordi*. O ponto de amostragem é localizado no Rio Jeju, no estado do Pará. As coletas foram realizadas trimestralmente nos meses de agosto e novembro de 2017 (período de seca), e de fevereiro e maio de 2018 (período de cheia), utilizando uma rede de arrasto. Os índices de prevalência, intensidade média e abundância média foram calculados e uma análise de covariância (ANCOVA) foi realizada entre sexo e períodos de amostragem para verificar se a presença do parasito influencia no peso do hospedeiro. Além de *N. beckfordi*, ocorreu parasitismo nas espécies *Hyphessobrycon aff rosaceus* e *Moenkhausia collettii* nas coletas no período de cheia. Apesar disso, a única espécie que exibe infecção pelo parasito nos níveis de comprimento superiores é *N. beckfordi*. O índice de abundância média e prevalência só foi superior a 10% no período de cheia para as espécies *N. beckfordi* e *M. collettii* e o de intensidade média só foi superior a 1 também no período de cheia para a espécie *N. beckfordi*. A ANCOVA mostrou que a presença do parasito influencia de forma negativa o peso das fêmeas no período cheio. O período de cheias coincide com a época de maior abundância de *N. beckfordi* com gônadas maduras, sendo que a grande maioria das fêmeas parasitadas estarem em início de maturação, um indicativo de que as fêmeas podem estar tendo sua reprodução influenciada de forma estacional pela presença do parasito, mostrando que o efeito de castração parasitária parcial está ocorrendo. A abundância e a localização semelhante na coluna d'água são os fatores que mais importam para a infestação às espécies alternativas encontradas, sendo que o padrão de nado destas espécies faz com que tenham a locomoção mais afetada em comparação ao hospedeiro prioritário. As outras espécies do gênero *Nannostomus* não estão sendo parasitadas por conta do posicionamento destas espécies na coluna d'água. A presença de mais de um parasito em *N. beckfordi* nas duas últimas amostragens mostra que as mancas tendem a compartilhar um hospedeiro com a redução da abundância deste no período de cheia. O trabalho é um possível ponto de partida para quaisquer trabalhos futuros que visem o controle a prevenção do parasitismo por *A. minima*.

Palavras-chave: Piolho de peixe, índices de parasitismo, ecologia parasitária.

ABSTRACT

The Cymothoidae family comprises organisms that parasitize fish in both tropical and temperate regions. These parasites can attach themselves to various structures of the host body, generating consequences that vary with the species. The objective of this work was to verify the existence of alternative hosts of the peritoneal cavity parasite *Artystone minima*, evaluating associations of parasitic indices with seasonal environmental variation, and to identify possible associations of parasites with the condition of the priority host, *Nannostomus beckfordi*. The sampling point is located on the Jeju River, in the state of Pará. The collections were performed quarterly in August and November of 2017 (dry season), and from February and May of 2018 (wet season), using a trawl. Prevalence indices, mean intensity and mean abundance were calculated and a covariance analysis (ANCOVA) was performed between sex and sampling periods to verify whether the presence of the parasite influences host weight. Besides *N. beckfordi*, parasitism occurred in the species *Hyphessobrycon aff. rosaceus* and *Moenkhausia collettii* during the wet season. Nevertheless, the only species that exhibits parasite infection at higher length levels is *N. beckfordi*. The mean abundance and prevalence index was only higher than 10% in the wet season for *N. beckfordi* and *M. collettii* species and the mean intensity index was only higher than one in the wet season for *N. beckfordi* species. The ANCOVA showed that the presence of the parasite negatively influences the weight of females in the wet season. The wet season coincides with the time of most abundance of *N. beckfordi* with mature gonads, being that the vast majority of parasitized females are in early maturation, an indication that females may be having their reproduction seasonally influenced by the presence of the parasite, showing that the effect of partial parasitic castration is occurring. The abundance and similar location in the water column are the most important factors for infestation to the alternative species found, being that the swimming pattern of these species makes them have the most affected locomotion compared to the priority host. The other species of the genus *Nannostomus* are not being parasitized due to the placement of these species in the water column. The presence of more than one parasite in *N. beckfordi* in the last two samples shows that the mancae tend to share a host with its abundance reduction during the wet season. The work is a possible starting point for any future work that aimed at controlling the prevention of parasitism by *A. minima*.

keywords: Fish louse, parasitism indices, parasitic ecology.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Parasitismo em Peixes

Dentre todos os grupos de vertebrados os peixes são hospedeiros da maior quantidade e variedade de parasitos, muito por conta do longo período de tempo que o grupo está em estreita associação com a grande diversidade de formas de invertebrados e também por viverem em ambientes aquáticos, o que facilita o processo de transmissão e dispersão dos parasitos (Malta, 1984; Thatcher & Pereira Júnior, 2006). A grande diversidade de espécies que parasitam peixes pode chegar a cerca de 10 mil, distribuídos em vários grupos de organismos diferentes como Protozoa (1750 espécies), Monogenea (1500 espécies), Digenea (1750 espécies), Cestoda (1000 espécies), Nematoda (700 espécies), Achantocephala (400 espécies) e Crustacea (2590 espécies; Eiras, 1994), sendo este último o grupo com mais representantes, com destaque para os grupos de copépodos, branquiúrus e isópodos, que representam os grupos de crustáceos que possuem maior afinidade em parasitar peixes (Eiras *et al.*, 2000).

Os efeitos dos parasitos sobre os hospedeiros estão intrinsicamente relacionados ao fato de os primeiros utilizarem recursos energéticos dos últimos (Cardoso, 2015), fato esse que geralmente ocasiona efeitos deletérios fisiológicos sobre os hospedeiros (Martin *et al.*, 2014), como a redução da taxa de crescimento (Tsai & Dai, 1999), malformação dos intestinos (Yamano *et al.*, 2011), castração parasitária (Ding, 1986), emagrecimento, alterações na capacidade respiratória e alteração da capacidade natatória (De Lima *et al.*, 2005). A atrofia dos filamentos branquiais, a remoção dos arcos branquiais e a destruição da língua (Chávezlópez *et al.*, 2005) são algumas das modificações da morfologia que os locais de fixação do parasito comumente apresentam (Rohde, 2005). A simples existência de parasitos em hospedeiros não causa necessariamente efeitos deletérios, já que geralmente esses efeitos de infestação surgem somente quando ocorrem mudanças ambientais, naturais ou antropogênicas, que podem levar a alterações no estado de equilíbrio entre parasito, ambiente e hospedeiro (Leonardos & Trilles, 2003; Iwanowicz, 2011; Cardoso, 2015).

1.2 Impactos do parasitismo no mercado de peixes ornamentais

Um dos principais problemas da indústria de peixes ornamentais no Brasil é a falta de conhecimento das diferentes doenças que afetam a população para extrativismo e a criação desses peixes (Sobecka *et al.*, 2012). Existem condições específicas onde essas doenças se manifestam, ocorrendo geralmente quando os parasitos encontram situações favoráveis à sua proliferação (Hoshino *et al.*, 2018) como na presença de algum estresse ambiental, que pode gerar um desequilíbrio na relação hospedeiro/parasito/ambiente (Tavares *et al.*, 2009), especialmente devido à qualidade da água, a densidade populacional e a outros efeitos estressores (Molnár, 1994; Moraes & Martins, 2004). Também é amplamente reconhecido que o transporte de peixes ornamentais pode não só gerar doenças nos peixes como causar a disseminação desses patógenos de um país para outro (Mehrdana *et al.*, 2014; Salgado-Maldonado *et al.*, 2015), como aconteceu com as espécies *Nannostomus beckfordi* (Figura 1) e *Nannostomus unifasciatus* que estavam infectados por *Artystone minima* (Sobecka *et al.*, 2012).

Outros fatores que influenciam nessa proliferação de parasitos são as precárias condições de cultura dos espécimes, os problemas na densidade de estocagem e a falta de nutrição adequada (Abidi *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2012; Moyses *et al.*, 2015).

É importante ressaltar que além dos problemas financeiros ocasionados no mercado externo, também existem desdobramentos regionais, já que os peixes ornamentais são uma fonte significativa de renda para muitas comunidades ribeirinhas da bacia amazônica, assim como são importantes em empreendimentos de aquicultura em outras partes do Brasil (Hoshino *et al.*, 2018), sendo, por conta disso, importante estudar os agentes causadores de doenças em peixes ornamentais nos ambientes de onde estas espécies são retiradas (Martins *et al.*, 2001).



Figura 1: Imagem de *Nannostomus beckfordi*, hospedeiro de *Artystone minima* já descrito na literatura.

1.3 Isópodes da família Cymothoidae

Os isópodes são uma das mais diversas ordens de crustáceos e vivem em uma ampla variedade de ambientes, desde habitats terrestres até as águas doces e marinhas, embora sejam mais comuns nas águas marinhas rasas (El-Shahawy & Desouky, 2010). Possuem aproximadamente 10 mil espécies descritas, com 10 subordens (Araújo, 2008), sendo que a subordem Flabellifera contém quase exclusivamente famílias parasitárias (El-Shahawy & Desouky, 2010).

Um dos grupos que estão incluídos dentro da subordem Flabellifera é família Cymothoidae, que está entre os maiores grupos de isópodes existentes, agrupando cerca de 40 gêneros com mais de 380 espécies formalmente descritas (Ahyong *et al.*, 2011), com boa parte destas possuindo taxonomia ainda pouco compreendida (Brusca *et al.* 2001). Apesar de ter ocorrido um grande acréscimo de informações na literatura na última década, ainda existem várias partes do mundo onde a riqueza do grupo é pouco conhecida (El-Shahawy & Desouky, 2010). São organismos ectoparasitas de peixes marinhos e de água doce que possuem sua alimentação baseada principalmente em consumo de sangue do hospedeiro, podendo também haver consumo de muco, epitélio e tecidos subcutâneos (Costa & Trilles, 1969; Costa & Chellappa, 2010). São encontrados em todo o mundo em regiões tropicais e temperadas (Brusca, 1981; El-Shahawy & Desouky, 2010).

Os Cymothoidae são subdivididos em céfalon, que possuem apêndices que variam em forma e tamanho dependendo do gênero; um tórax livre, denominado péreon, que possui sete segmentos, cada um com um par de apêndices similares, denominados pereópodes; um abdômen, denominado pléon, com cinco pares de apêndices similares, denominados pleópodes; e uma cauda, chamada de pleotélson, com um par de apêndices, denominados urópodes (Sartor, 1987; Thatcher, 2000), como representado na Figura 2. Os sexos são separados e a fertilização é interna, sendo que machos e fêmeas estão presentes com frequência no mesmo hospedeiro (Thatcher, 2000). Os poros genitais em ambos os sexos se localizam ventralmente, no péreon, próximo da base dos pleópodes (pênis presente na base do segundo pleópode), sendo que as fêmeas adultas possuem uma câmara incubadora ventral, o marsúpio, onde os ovos e embriões se desenvolvem até se transformarem em jovens morfologicamente semelhantes ao adulto, chamado estágio manca (Sartor, 1987; Thatcher, 2000; Araújo, 2008).

Após serem liberadas através do poro posterior as mancas vão em busca de um hospedeiro. As mancas possuem apenas seis pares de apêndices torácicos em comparação aos sete pares presentes em juvenis e adultos, além de grandes olhos compostos e pleópodes com

cerdas com as quais eles nadam muito rapidamente (Thatcher, 2000; Costa & Chellappa, 2010). Ao encontrarem o hospedeiro, os pereópodes do parasito se encaixam para dentro, envolvendo os dácilos no peixe, que depois passa a ter um passageiro em sua estrutura corpórea (Thatcher, 2000).

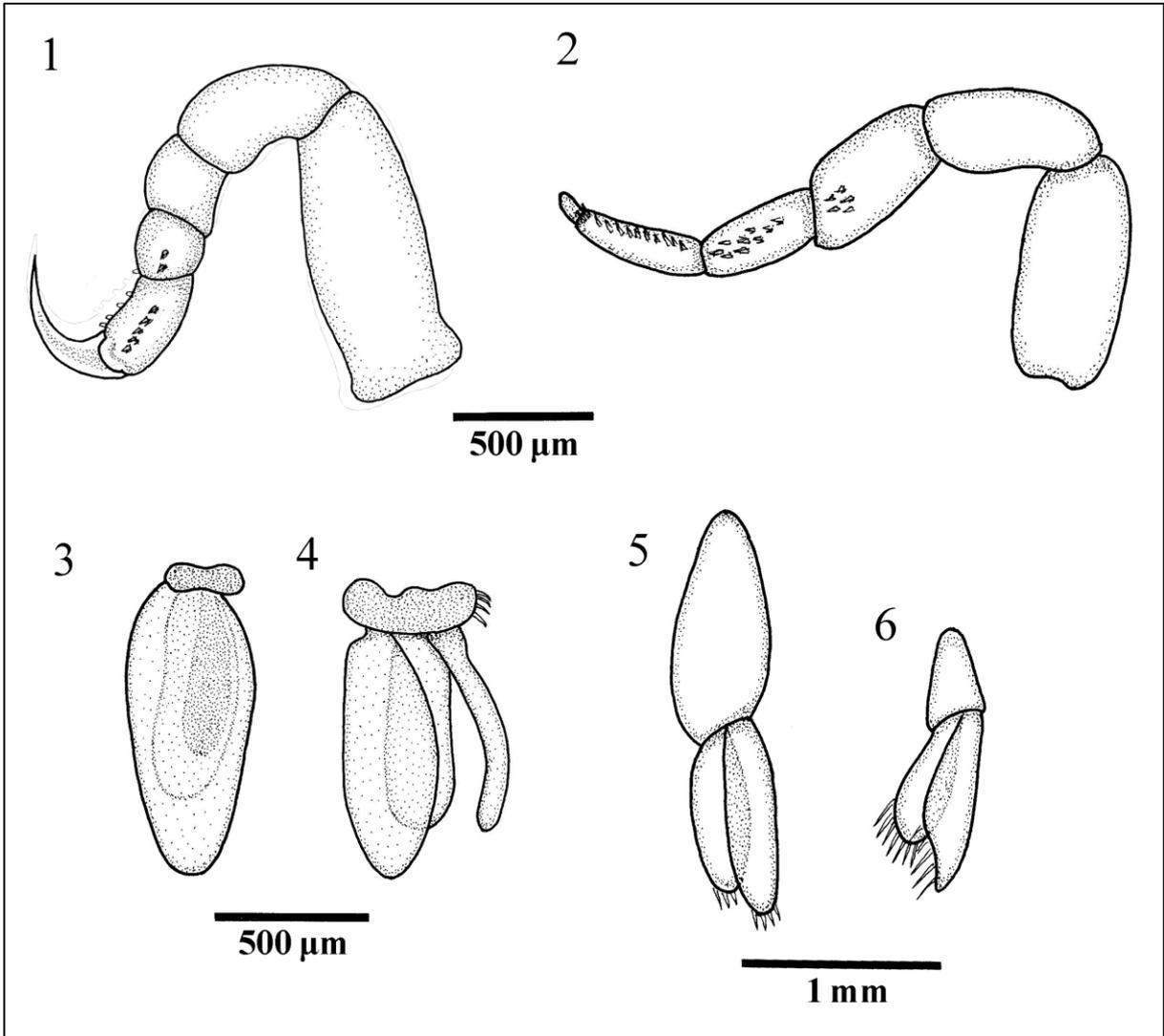


Figura 2: Imagem esquemática representando exemplos de apêndices do péreon, pléon e pleotélson de *A. bolivianensis*. 1- Pereópode 1; 2- Pereópode 7; 3- Pleópode 2 num espécime fêmea; 4- Pleópode 2 num espécime macho; 5- Urópode de um espécime fêmea; 6- Urópode de um espécime macho. Imagem extraída de Thatcher, 1999 (com adaptações).

Acredita-se que todos os integrantes da família Cymothoidae gerenciam sua proporção sexual por um processo chamado de hermafroditismo protândrico (Bakenhaster, *et al.*, 2006; Costa & Chellappa, 2010), que faz com que, após a infecção ao hospedeiro, espécimes machos tenham a capacidade de se transformar em fêmeas (Thatcher, 2000; Araújo, 2008). As fêmeas e machos jovens nadam ativamente a procura do peixe hospedeiro, e normalmente se estabelecem quando não há outro isópode da mesma espécie presente, sendo que após a

infecção crescem rapidamente transformando-se num espécime fêmea. Comumente, quando surge um segundo macho jovem neste mesmo hospedeiro, a fêmea secreta hormônios que inibem o crescimento e posterior transformação desse segundo isópode (Thatcher, 2000), sendo que fatores epigenéticos podem exercer forte influência nesse processo, já que os feromônios liberados por fêmeas de algumas espécies estimulam o sistema neurosecretório de machos específicos, resultando na produção prolongada de andrógenos em machos afetados, que acabam tendo sua masculinidade prolongada (Legrand *et al.*, 1987, Raibaut e Trilles, 1993).

1.4 O gênero *Artystone*

O gênero *Artystone* está entre os poucos grupos de cimotoídes que se alimentam de tecidos subcutâneos. Este grupo forma bolsas na musculatura lateral de peixes de água doce e marinhos, sendo caracterizados por serem altamente hospedeiro e lugar específicos (Brusca, 1981). Atualmente existem três espécies formalmente descritas no gênero *Artystone*, sendo elas *A. bolivianensis* (Thatcher, 1999), *A. mínima* (Thatcher & Carvalho, 1988) e *A. trysibia* (Schioedte, 1866). As espécies são morfologicamente semelhantes, mas *A. trysibia* difere das outras duas por possuir um tamanho corpóreo consideravelmente maior, podendo chegar a 22 mm, enquanto as outras espécies alcançam no máximo 6,9 mm (Schioedte, 1866; Thatcher & Carvalho, 1988; Thatcher, 1999). As espécies *A. minima* e *A. bolivianensis* se assemelham no tamanho mas diferem quanto as suas proporções corpóreas, sendo a presença de mais melanóforos no dorso de *A. minima* (Figura 3) um outro caracter que diferencia as duas espécies (Thatcher, 1999).

A literatura mostra que *A. trysibia* é mais generalista, já tendo sido encontrado parasitando espécies como *Geophagus brasiliensis*, *Gymnogeophagus gymnogenys*, *Pimelodella laticep*, *Platanichthys platana*, *Cyanocharax alburnus*, *Jenynsia multidentata*, *Pimelodus maculatus*, *Odontesthes humensis* e *Crenicichla lacustris* (Schioedte, 1866; Alberto *et al.*, 2009), enquanto as espécies restantes mostram uma maior especificidade quanto ao hospedeiro, sendo *A. minima* descrita até o momento parasitando apenas *Microlepidogaster maculipinnis*, *Nannostomus beckfordi* e *Nannostomus unitaeniatus* (Thatcher, 1988; Schaefer *et al.*, 1993; Sobecka *et al.*, 2012) e *A. bolivianensis* parasitando *Otocinclus vestitus* (Thatcher & Schindler, 1999).

O tamanho corporal reduzido permite que os espécimes infectem pequenos peixes hospedeiros de aproximadamente 3-4 cm, em vez de 15-30 cm, como é o caso de *A. trysibia*. O tamanho do corpo pequeno também limita para 13 a 15 o número de ovos no marsúpio de fêmeas maduras de *A. minima*, comparado com os 400 de *A. trysibia* (Thatcher, 1988). Apesar

do grupo pertencer a um gênero especializado em parasitar a cavidade peritoneal de seus hospedeiros (Thatcher, 2000), as lesões produzidas por esses parasitos não apresentam evidências de reação inflamatória ou de invasões secundárias por bactérias nos hospedeiros (Thatcher, 1988), sendo esse um demonstrativo do quanto o grupo bem adaptado as condições estabelecidas na cavidade peritoneal.

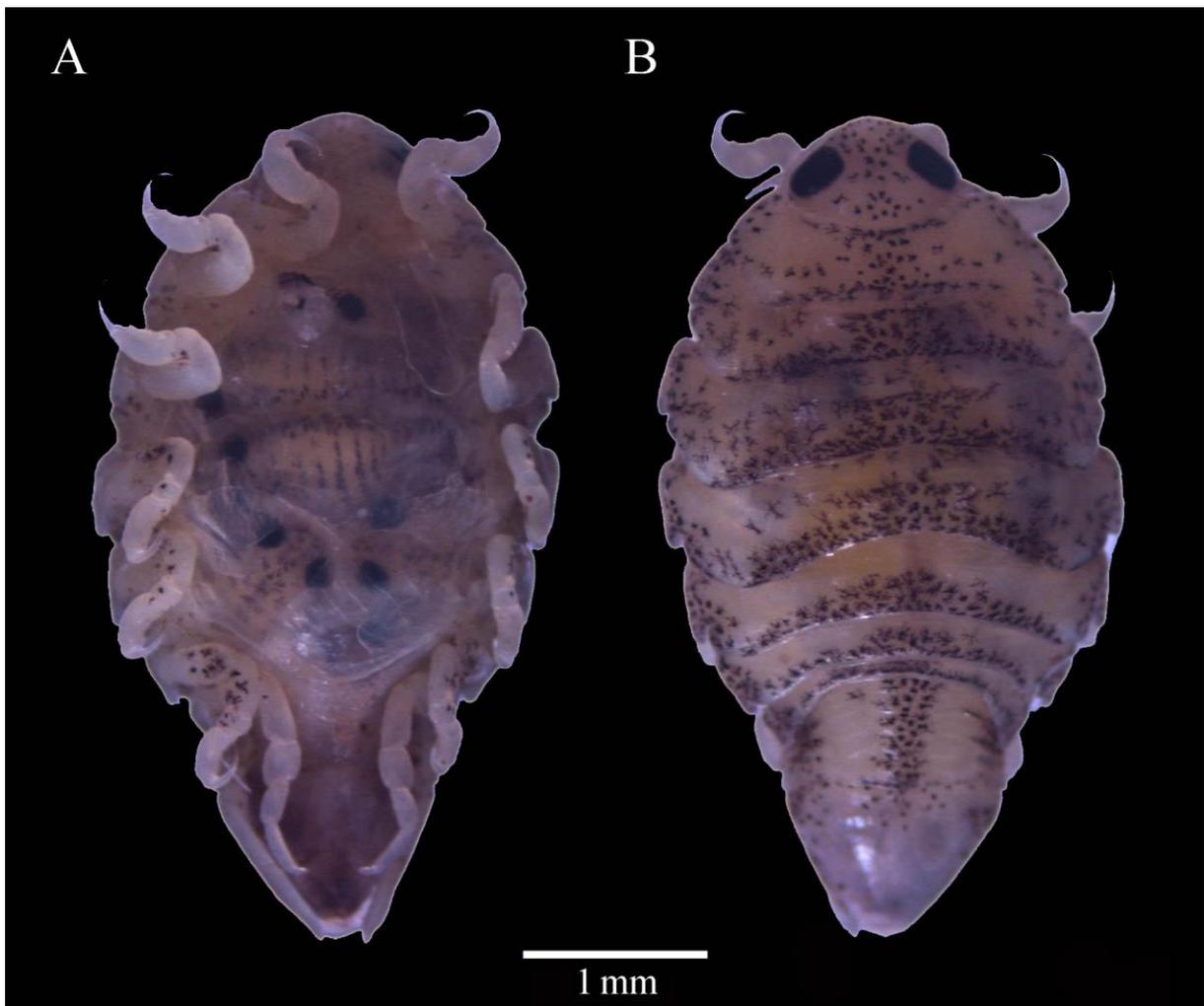


Figura 3: Espécime fêmea de *A. minima*. **A-** Visão ventral de *A. minima*; **2-** Visão dorsal de *A. minima*.

A importância do trabalho passa pela compreensão da relação ecológica do hospedeiro prioritário (*N. beckfordi*), que possui importância comercial, com o parasito *A. minima*. Entender aspectos basais da biologia dessa relação é de suma importância para avaliar e prever a infecção de espécimes que serão comercializados no futuro. Além disso, a proposta de registro de novos hospedeiros é relevante para entender potenciais impactos adicionais da criação do

hospedeiro em regiões fora da distribuição original, já que a introdução de espécies invasivas de parasitos (não nativas) tende a ser bastante problemática para a fauna nativa.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

→ Investigar aspectos da interação ecológica entre o hospedeiro prioritário *Nannostomus beckfordi* e o parasito *Artystone minima*.

2.2 Objetivos Específicos

→ Verificar a existência de potenciais hospedeiros alternativos do parasito *A. minima*;

→ Avaliar possíveis associações dos índices parasitários com a variação ambiental estacional;

→ Identificar se há existência de alguma associação dos parasitos com a condição do hospedeiro prioritário, *Nannostomus beckfordi*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O ponto de amostragem é localizado no Rio Jeju, pertencente ao tributário do Maracanã (Figura 4), que faz parte do município de Santa Maria do Pará, no estado do Pará. Esta localidade foi escolhida por conta de observações anteriores baseadas na presença da parasito *A. minima* em *N. beckfordi* durante as amostragens de outros projetos do grupo de pesquisa.

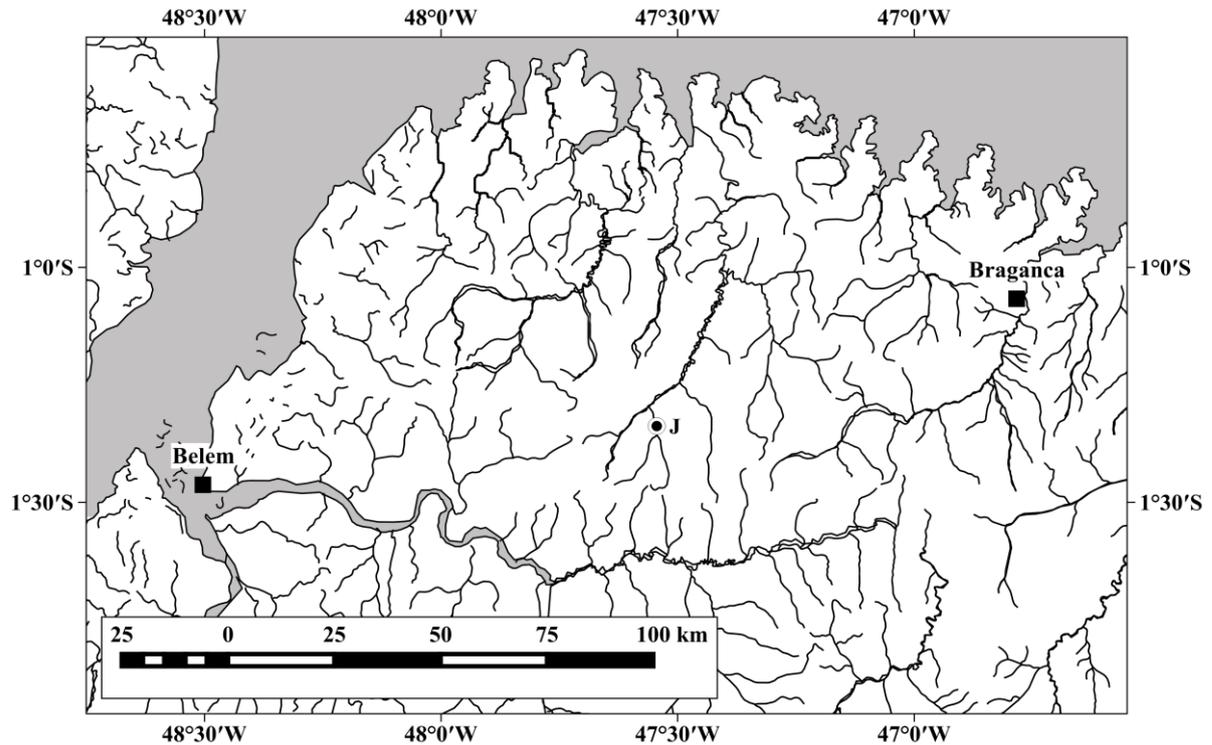


Figura 4: Mapa identificando o ponto de coleta utilizado para amostragem. **J:** Rio jeju.

3.2 Amostragem

As coletas de peixes e variáveis abióticas da água foram realizadas trimestralmente nos meses de agosto e novembro de 2017 (época de estiagem), e de fevereiro e maio de 2018 (época de cheia). A captura dos peixes foi realizada em cinco remansos ao longo de um trecho de 300 metros do leito do igarapé durante o período diurno no sentido jusante-montante, utilizando redes de arrastos (2m de comprimento, 1m de altura e 2mm de malha). Foram realizados dois arrastos em cada um dos cinco remansos escolhidos (Figura 5B), totalizando dez arrastos no igarapé. Cada arrasto consiste em passar a rede junto ao fundo do canal no sentido meio/margem, percorrendo uma extensão de dois a três metros, forçando a rede contra as margens, desalojando os peixes escondidos sob as plantas aquáticas e vegetação marginal. As amostras de cada microhabitat foram armazenadas em potes individuais etiquetados contendo álcool etílico 70% (Thatcher & Schindler, 1999). Toda amostragem foi feita sob a licença de coleta do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará (SEMA-PA); permissão 020/2005.



Figura 5: A- Visão global do ambiente de amostragem. B- Exemplo de remanso escolhido para amostragem.

3.3 Processamento de amostras

Em campo, houve uma inspeção rápida para verificar se havia a presença de parasitos Cymothoidae externos. No laboratório os peixes foram protocolados, medidos e pesados. A remoção dos crustáceos isópodes encontrados através de exame macroscópico dos peixes foi feita por disseção com o auxílio de pinças e lâminas de bisturi. A presença de isópodes foi geralmente identificada por conta de um orifício na superfície externa (porção ventral) do hospedeiro. Os parasitos e seus hospedeiros foram medidos usando paquímetro digital (comprimento total, mm, com precisão de 2 casas decimais) e pesados usando balança de precisão (peso total g, com precisão de 3 casas decimais). A identificação de sexo e de estádios de desenvolvimento gonadal dos peixes foram realizadas conforme Vazzoler, 1996. Os parasitos foram identificados com base nos trabalhos de Thatcher & Carvalho, 1988, Thatcher, 1999 e Thatcher, 2000 e a medição do comprimento e peso, segundo Poulin, 1995.

Em seguida todos os peixes e parasitos foram fixados em álcool etílico a 70% (Thatcher & Schindler, 1999), para posterior tombamento na coleção do Laboratório de Pesquisa em Ictiologia e Lepdopterologia Integrada.

3.4 Variáveis Ambientais

As variáveis ambientais foram medidas antes da amostragem dos peixes em cada remanso, de modo a evitar alterações na qualidade da água causadas pela movimentação dos coletores. Foram obtidos os valores de velocidade da corrente (metros/segundo), cronometrando-se o tempo necessário para um objeto semi-flutuante percorrer a distância de

10 metros. A largura do canal (metros) foi obtida fazendo-se a medição de uma margem a outra. A profundidade do canal (centímetros) foi obtida medindo o centro do canal durante a primeira expedição ao campo, a partir de então foi selecionada uma estrutura fixa tomada como referencial para calcular a variação na altura da coluna d'água ao decorrer do estudo. A profundidade na área de amostragem também foi registrado em cada evento. As variáveis ambientais de condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), potencial hidrogeniônico (pH), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), sólidos totais dissolvidos (Ppm) foram medidas em todos os remansos nas amostragens utilizando uma sonda multiparâmetro (Hanna modelo HI9813-5).

3.5 Índices Parasitológicos

Os índices de parasitismo relevantes foram calculados segundo a proposta de Bush *et al.*, 1997:

Prevalência ou Incidência (P): índice calculado através do número de peixes parasitados, dividido pelo número de peixes examinados, multiplicado por 100 (Cardoso, 2015). Permite classificar os hospedeiros em duas categorias (parasitados e não parasitados) sem que seja necessário saber a quantidade de parasitos e quando a parasitose aconteceu (Araújo, 2008).

$$P = \text{N}^{\circ} \text{ de hospedeiros infestados} / \text{N}^{\circ} \text{ de hospedeiros Analisados}$$

Intensidade média (IM): É expresso em termos de média \pm desvio padrão e diz respeito à quantidade de uma determinada espécie de parasito dividida pelo número de hospedeiros infestados por essa determinada espécie de parasito (Araújo, 2008; Cardoso, 2015).

$$IM = \text{N}^{\circ} \text{ de parasitos de uma espécie} / \text{N}^{\circ} \text{ de hospedeiros infestados pela espécie de parasito}$$

Abundância média ou densidade média (AM): Índice obtido pelo número total de parasitos na amostra, dividido pelo número total de peixes (parasitados ou não) na amostra (Araújo, 2008; Cardoso, 2015).

$$AM = \text{N}^{\circ} \text{ de parasitos na amostra} / \text{N}^{\circ} \text{ total de hospedeiros}$$

3.6 Análise dos Dados

Foram montados gráficos de comprimento padrão x prevalência para responder o quanto cada espécie está infectada em cada uma das faixas de comprimento coletadas na amostragem.

Os dados foram categorizados em quatro grupos distintos para verificar se os sexos sofrem influência de forma distinta, além de buscar evitar a detecção de diferenças no peso provenientes do período reprodutivo/não reprodutivo.

Para saber se existe influência dos parasitos na condição de *N. beckfordi* foram realizadas quatro análises de covariância (ANCOVA) em conjunto com regressões lineares simples, sendo ambas separadas por sexo e por período do ano (Agosto/Novembro e Fevereiro/Maio).

As análises de regressão linear simples foram realizadas em todas as categorias para mostrar as retas de regressão para os modelos significativos (categorizados em parasitados e não parasitados) e não significativos. A significância de todas as análises foi avaliada com uma probabilidade de 0,05.

Todos os dados foram importados para o software Rstudio versão 3.5 (R Core Team, 2018), utilizando os pacotes Car e Ggplot2 como elementos adicionais.

4. RESULTADOS

4.1 Variedade de potenciais hospedeiros

Em termos de potenciais hospedeiros (peixes encontrados no ambiente de amostragem) foram amostradas 50 espécies, categorizadas em 6 ordens e 19 famílias, sendo que 29 espécies ocorreram no mês de Agosto, 28 espécies no mês de Novembro, 28 espécies no mês de Fevereiro e 21 espécies no mês de Maio. Foram coletados 1300 espécimes no mês de Agosto, 629 espécimes no mês de Novembro, 436 espécimes no mês de Fevereiro e 455 espécimes no mês de Maio, totalizando 2820 espécimes no total das quatro amostragens.

O parasitismo por *A. minima* foi detectado em 3 espécies, sendo estas: *Nannostomus beckfordi*, hospedeiro prioritário registrado na literatura e abundante na área de coleta em todos os meses; *Hyphessobrycon aff. rosaceus* e *Moenkhausia collettii*, com ambos estando presentes em altas abundâncias no local de amostragem (Figura 6).

A Tabela 1 mostra a lista de espécies encontradas no local de amostragem. As espécies mais abundantes no mês de Agosto foram *Hyphessobrycon rosaceus* (313 espécimes),

Moenkhausia collettii (170 espécimes) e *Hyphessobrycon copelandi* (151 espécimes). As espécies mais abundantes no mês de Novembro foram *Hyphessobrycon rosaceus* (214 espécimes), *Moenkhausia collettii* (103 espécimes) e *Nannostomus beckfordi* (84 espécimes). No mês de Fevereiro as espécies mais abundantes foram *Hyphessobrycon rosaceus* (79 espécimes), *Moenkhausia collettii* (62 espécimes) e *Nannostomus beckfordi* (42 espécimes). No mês de Maio as espécies mais abundantes foram *Hyphessobrycon rosaceus* (96 espécimes), *Moenkhausia collettii* (49 espécimes) e *Microcharacidium weitzmani* (44 espécimes). No total das quatro amostragens as espécies mais abundantes foram *Hyphessobrycon rosaceus* (702 espécimes), *Moenkhausia collettii* (384 espécimes) e *Nannostomus beckfordi* (298 espécimes).

Tabela 1: Lista de espécies de peixes coletadas nos quatro eventos de amostragem.

Ordem/Família/Espécie	Agosto	Novembro	Fevereiro	Maio	Total/Espécie
Beloniformes					
Belonidae					
<i>Potamorhaphis guianensis</i>				1	1
Characiformes					
Acestrorhynchidae					
<i>Acestrorhynchus falcatus</i>			2		2
<i>Acestrorhynchus sp.</i>				1	1
Characidae					
<i>Astyanax sp.</i>				1	1
<i>Hemigrammus guyanensis</i>		2	13	35	50
<i>Hemigrammus ocellifer</i>	3	3			6
<i>Hemigrammus prata</i>			8		8
<i>Hemigrammus rodwayi</i>	129	37	53	77	296
<i>Hyphessobrycon copelandi</i>	151	24	8	17	200
<i>Hyphessobrycon rosaceus</i>	313	214	79	96	702
<i>Hyphessobrycon sp.</i>	4				4
<i>Microschemobrycon elongatus</i>	1				1
<i>Microschemobrycon geisleri</i>	1		21	13	35
<i>Moenkhausia collettii</i>	170	103	62	49	384
<i>Moenkhausia oligolepis</i>	1	8	6	3	18
<i>Phenacogaster sp.</i>	12	3		3	18
<i>Serrapinus sp.</i>	108	14	2		124
Chilodontidae					
<i>Chilodus punctatus</i>	5	6	1	11	23
Crenuchidae					
<i>Characidium etheostoma</i>	3				3
<i>Characidium pteroides</i>	1	2	1		4
<i>Microcharacidium weitzmani</i>	31	31	27	44	133
Curimatidae					
<i>Cyphocharax helleri</i>	85	16	6	7	114

Erythrinidae					
<i>Hoplias malabaricus</i>	1				1
Gasteropelecidae					
<i>Gasteropelecus sp.</i>	2				2
Iguanodectidae					
<i>Bryconops melanurus</i>			10		10
<i>Iguanodectes rachovii</i>			1		1
Lebiasinidae					
<i>Nannostomus beckfordi</i>	130	84	42	42	298
<i>Nannostomus eques</i>	25	41	15	29	110
<i>Nannostomus trifasciatus</i>	11	14	8	10	43
Cyprinodontiformes					
Poeciliidae					
<i>Micropoecilia branneri</i>		2			2
Gymnotiformes					
Hypopomidae					
<i>Microsternarchus bilineatus</i>		9			9
Sternopygidae					
<i>Eigenmannia sp.</i>	5				5
Perciformes					
Cichlidae					
<i>Aequidens tetramerus</i>		3	1		4
<i>Apistogramma caetei</i>	1	6		2	9
<i>Bujurquina vittata</i>		1		2	3
<i>Crenicichla johanna</i>			46		46
<i>Crenicichla saxatilis</i>		3			3
<i>Heros efasciatus</i>		1	8		9
<i>Mesonauta sp.</i>		2			2
<i>Satanoperca jurupari</i>			2		2
Polycentridae					
<i>Monocirrhus polyacanthus</i>	1		1		2
Siluriformes					
Aspredinidae					
<i>Bunocephalus sp.</i>	1				1
Callichthyidae					
<i>Corydoras julii</i>		1			1
Loricariidae					
<i>Ancistrus sp.</i>			1		1
<i>Farlowella sp.</i>		1			1
<i>Hypoptopoma guianense</i>	7	4	6	9	26
<i>Hypoptopoma sp.</i>			1		1
<i>Otocinclus hoppei</i>	80	1	5	3	89
<i>Rineloricaria lanceolata</i>	1				1
Trichomycteridae					
<i>Miuroglanis platycephalus</i>	17				17
Total/Amostragem	1300	636	436	454	2826

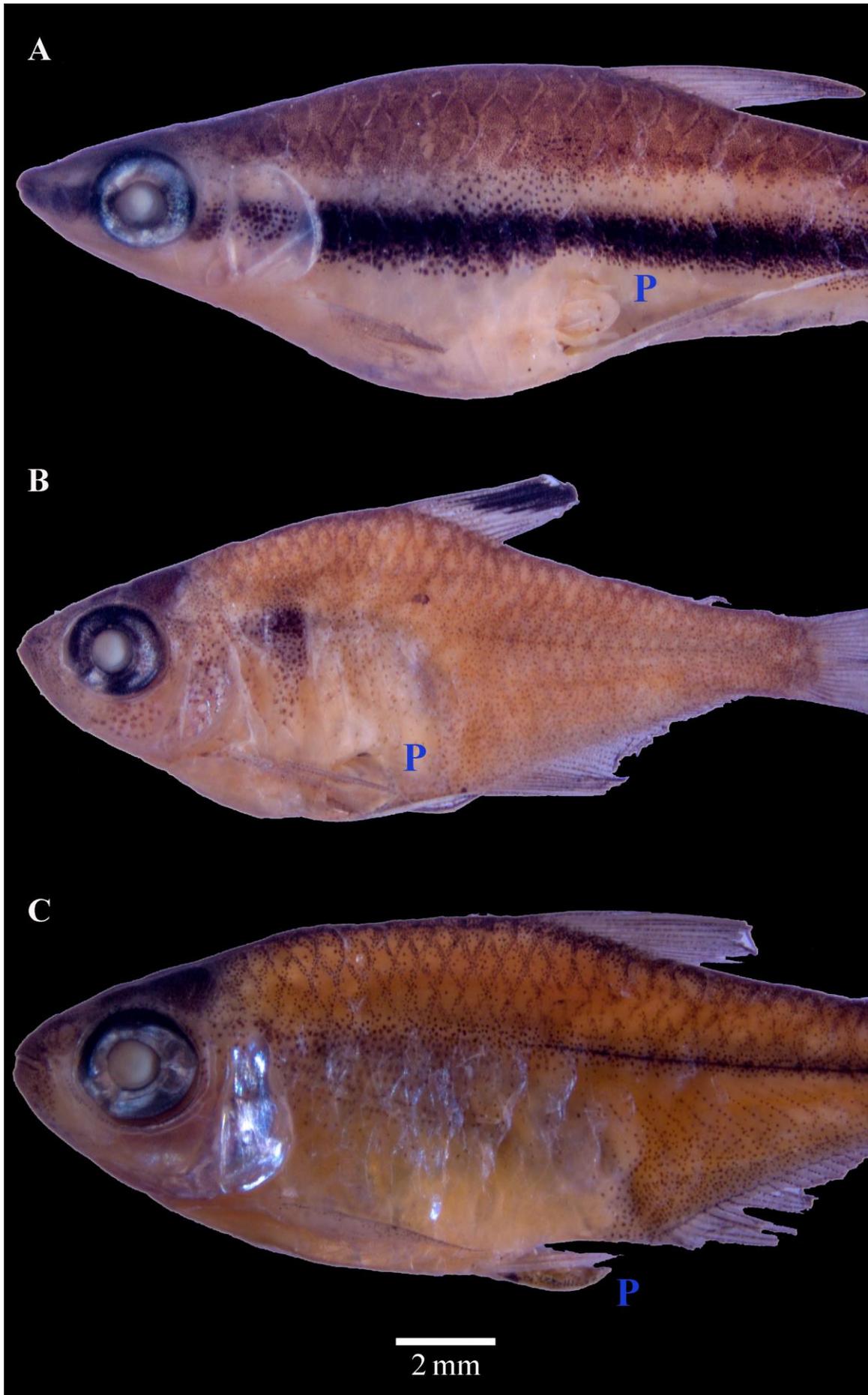


Figura 6: Parasitismo evidenciado em A- *Nannostomus beckfordi*, B- *Hyphessobrycon* aff. *rosaceus*, C- *Moenkhausia collettii*. P: Espécime de *Artystone minima*.

4.2 Prevalência x Comprimento

As figuras de prevalência por faixa de comprimento indicam que o parasito infesta os espécimes de *H. aff. rosaceus* (Figura 7C) e *M. collettii* (Figura 7B) quando estão na faixa de comprimento de 12 e 20 mm, enquanto os espécimes de *A. minima* infestam *N. beckfordi* (Figura 7A) nas faixas de comprimento de 12 a 30 mm.

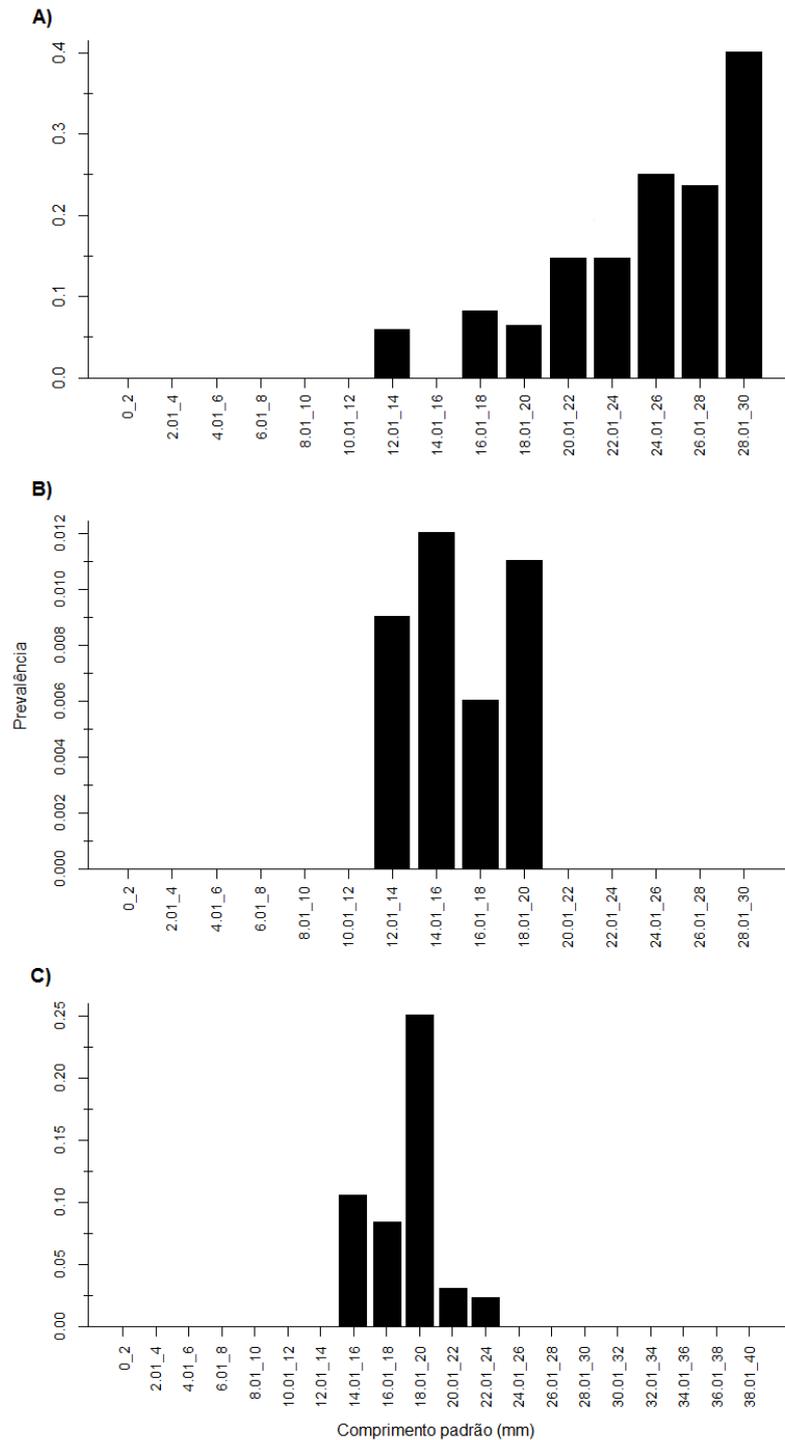


Figura 7: Prevalência de parasitos por faixa de comprimento dos hospedeiros *Nannostomus beckfordi* (A), *Moenkhausia cf. collettii* (B) e *Hyphessobrycon aff. rosaceus* (C).

4.3 Variação geral entre as amostragens

A Tabela 2 mostra que a única espécie que obteve infestação em todas as amostragens foi *N. beckfordi*. O índice de abundância média e prevalência foi superior a 10% no período de cheia somente para as espécies *N. beckfordi* e *M. collettii* e o de intensidade média só foi superior a 1 também no período de cheia para a espécie *N. beckfordi*.

Tabela 2: Descrição dos índices de parasitismo para as três espécies hospedeiras em todas as amostragens realizadas.

Espécies/Índices	Agosto	Novembro	Fevereiro	Maiο
<i>Nannostomus beckfordi</i>				
Prevalência	0.092	0.071	0.214	0.238
Intensidade média	1	1	1.556	1.1
Abundância média	0.092	0.071	0.333	0.261
<i>Hypessobrycon aff. rosaceus</i>				
Prevalência	0	0	0.076	0.052
Intensidade média	0	0	1	1
Abundância média	0	0	0.076	0.052
<i>Moenkhausia collettii</i>				
Prevalência	0	0	0.096	0.122
Intensidade média	0	0	1	1
Abundância média	0	0	0.096	0.122

A partir da análise da Tabela 3 percebeu-se que houve ao longo das amostragens um progressivo aumento da quantidade de espécimes maduros em ambos os sexos, sendo que a intensidade de infestação parasitária ocorreu majoritariamente no estágio 2 em ambos os sexos.

Tabela 3: Descrição dos estádios de desenvolvimento gonadal da espécie *N. beckfordi* em cada uma das amostragens realizadas. Tot: Total de hospedeiros coletados, Par: Total de hospedeiros parasitados.

Sexo/estádio	Agosto		Novembro		Fevereiro		Maio	
	Tot	Par	Tot	Par	Tot	Par	Tot	Par
Fêmea								
2	27	<u>3</u>	12	<u>4</u>	4	<u>3</u>	5	<u>5</u>
3	1	0	7	0	7	<u>1</u>	9	0
4	0	0	0	0	3	0	4	0
Macho								
2	44	<u>8</u>	34	<u>2</u>	11	<u>5</u>	6	<u>3</u>
3	3	<u>1</u>	1	0	7	0	8	<u>2</u>
4	0	0	0	0	2	0	5	0

Ocorreram aumentos significativos nos valores das variáveis que estão diretamente relacionadas à morfologia do canal (correnteza, largura e profundidade), sendo que as variáveis restantes apresentaram aumento progressivo até fevereiro e um indício de redução em maio.

Tabela 4: Descrição dos fatores abióticos em cada amostragem realizada.

Variáveis ambientais	Agosto	Novembro	Fevereiro	Maio
Condutividade (μs)	24.4	32.8	33.2	27.8
Correnteza (m/s)	0.094	0.074	0.228	0.19
Largura (m)	25.602	25.992	36.616	40.086
Profundidade (cm)	80	86	92	110
pH	6.8	6.76	7.6	7.44
TDS (ppm)	13	16.6	17	15
Temp ($^{\circ}\text{C}$)	25.74	27.24	27.04	26.16

4.4 Efeitos do parasitismo em *N. beckfordi*

O teste Shapiro-Wilk foi realizado para verificar a normalidade dos dados, e os resultados indicaram a normalidade da variável resposta (peso) de todas as categorias estabelecidas. Para os dados que tiveram resultado significativo na ANCOVA (fêmeas de fevereiro/maio), foi realizado o teste de Levene para verificar se existe homogeneidade de variâncias entre as categorias com e sem parasito (Tabela 4).

Tabela 4: Lista de espécies de peixes coletadas nos quatro eventos de amostragem.

Grupo	F Levene	P Levene	W Shapiro W.	P Shapiro W.
Fêmea/ Agosto-Novembro	-	-	0,9749	0,401
Fêmea/ Fevereiro-Maio (Sem parasito)	0,1097	0,743	0,9384	0,166
Fêmea/ Fevereiro-Maio (Com parasito)			0,9312	0,492
Macho/ Agosto-Novembro	-	-	0,9875	0,616
Macho/ Fevereiro-Maio	-	-	0,9321	0,211

A partir da interpretação da Tabela 5, é possível perceber que para a ANCOVA existe uma correlação geral para todos os grupos entre comprimento e o peso, com a interação de efeitos de parasitismo existindo somente para fêmeas de *N. beckfordi* na amostragem de fevereiro e maio (época de cheia). A partir desses resultados, modelos de regressão foram gerados (Tabela 6) e mostraram que os pontos espécimes parasitados e não parasitados se misturam, não havendo um padrão bem definido para as categorias “Fêmea, Agosto/Novembro”, “Macho, Agosto/Novembro” e “Macho, Fevereiro/Maio” (Figuras 8 e 9).

A exceção ficou por conta das fêmeas no período de cheia, onde existe interação entre as retas dos espécimes parasitados e não parasitados.

Tabela 5: Resumo da análise de ANCOVA que mostra o efeito da presença de *A. minima* na relação peso-comprimento das fêmeas de *N. beckfordi* no período de fevereiro/maio (período de cheia). As outras análises não apresentaram resultados significativos. A significância foi avaliada com uma probabilidade de 0,05, com destaque em negrito para os resultados significativos.

Fonte de Variação	g.l.	SQ	QM	F	P-valor
A) Fêmea, Agosto/Novembro					
Comprimento	1	0,019987	0,019987	166,045	0,000
Parasito	1	0,000112	0,000112	0,927	0,341
Comprimento x Parasito	1	0,000002	0,000002	0,018	0,894
Erro	44	0,005176	0,00012		
B) Fêmea, Fevereiro/Maio					
Comprimento	1	0,09098	0,09098	640,426	0,000
Parasito	1	0,00083	0,00083	5,873	0,022
Comprimento x Parasito	1	0,00367	0,00367	25,844	0,000
Erro	28	0,00398	0,00014		
C) Macho, Agosto/Novembro					
Comprimento	1	0,02921	0,02921	154,105	0,000
Parasito	1	0,000125	0,000125	0,661	0,419
Comprimento x Parasito	1	0,000196	0,000196	1,033	0,313
Erro	78	0,014784	0,00019		
D) Macho, Fevereiro/Maio					
Comprimento	1	0,12417	0,12417	366,741	0,000
Parasito	1	0,00035	0,00035	1,043	0,314
Comprimento x Parasito	1	0,00001	0,00001	0,021	0,885
Erro	35	0,01185	0,00034		

Tabela 6: Resumo das análises de regressão linear simples que mostram os valores de a (intercepto), b (inclinação), R² e P-valor para todas as categorias. A significância foi avaliada com uma probabilidade de 0,05.

Grupo	a	b	R ²	P-Valor
Fêmea/ Agosto-Novembro	-0,1393	0,0112	0,7907	0,000
Fêmea/ Fevereiro-Maio (Sem parasito)	-0,2475	0,0166	0,9599	0,000
Fêmea/ Fevereiro-Maio (Com parasito)	0,0106	0,0106	0,9434	0,000
Macho/ Agosto-Novembro	-0,1577	0,012	0,6591	0,000
Macho/ Fevereiro-Maio	-0,2786	0,0179	0,9105	0,000

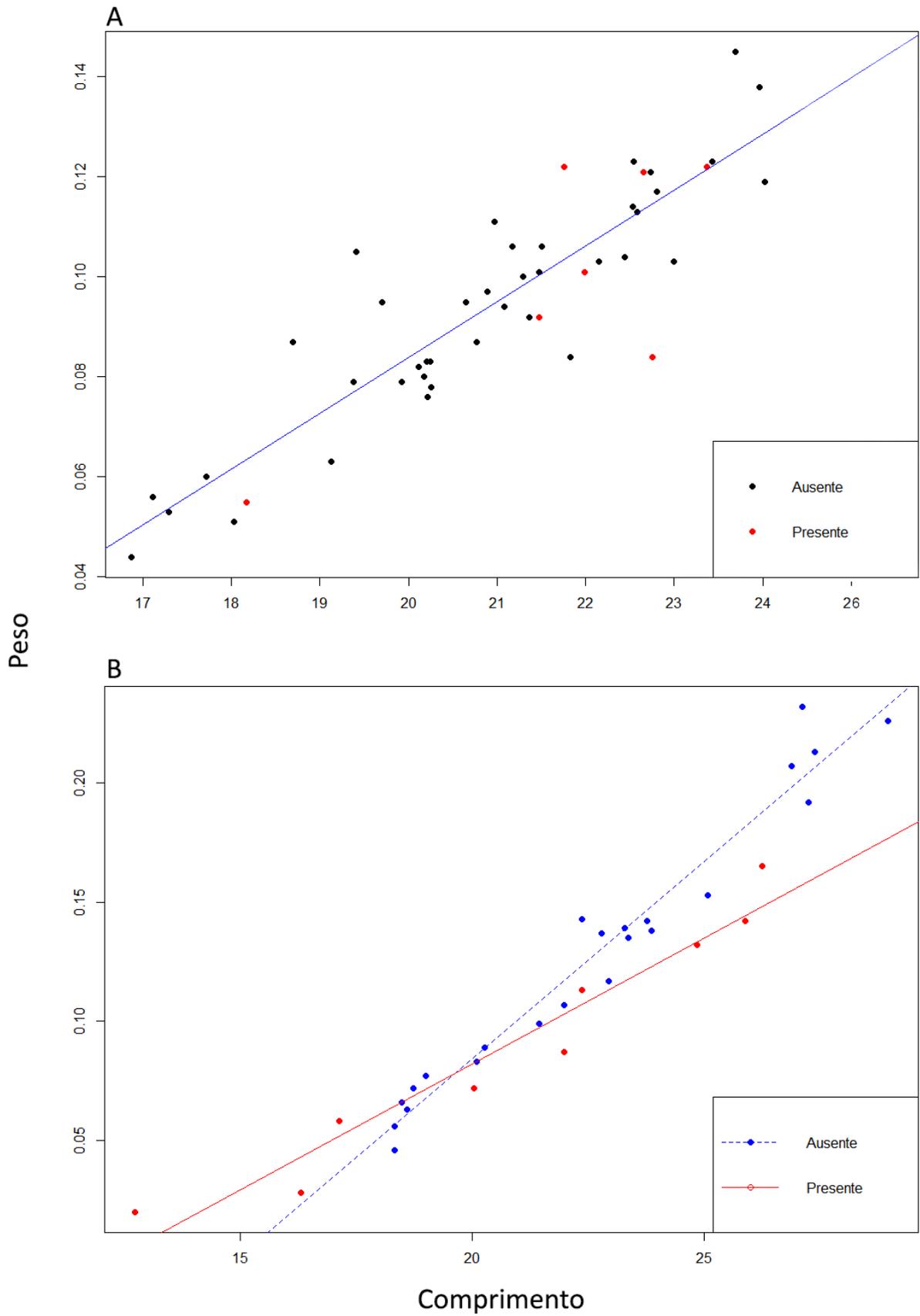


Figura 8: Gráficos de dispersão de fêmeas; A- Período de Agosto/Novembro; B- Período de Fevereiro/Maio

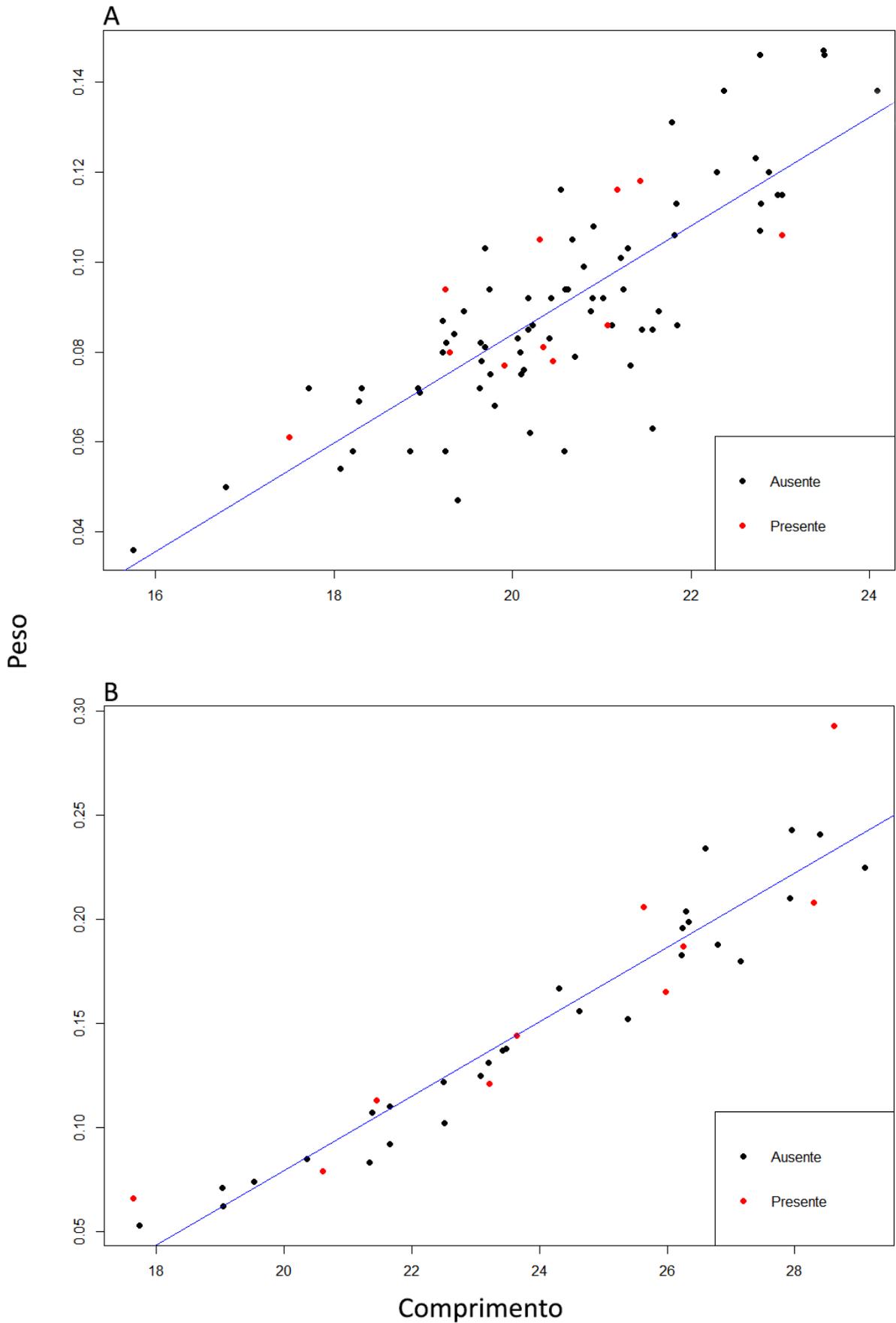


Figura 9: Gráficos de dispersão de machos; A- Período de Agosto/Novembro; B- Período de Fevereiro/Maio.

5. DISCUSSÃO

5.1 Multiplicidade de hospedeiros

Apesar de existir uma associação muito forte entre *A. minima* e seu hospedeiro prioritário *N. beckfordi*, o parasito foi encontrado infestando outras espécies de peixes nas amostragens que ocorreram nos períodos de cheia. A infestação alternativa nas espécies *H. aff rosaceus* e *M. colletti*, parece ter relação com a abundância destas espécies nos ambientes de ocorrência dos parasitos, tendo em vista que estas duas espécies de hospedeiros alternativos foram as mais abundantes em todas as amostragens.

O hospedeiro prioritário, *N. beckfordi*, vive em ambientes de remanso, nadando em profundidades intermediárias da coluna d'água com a alimentação voltada a morder plantas flutuantes, subindo esporadicamente à superfície para capturar alimento seco (Chondoma *et al.*, 1979). As espécies dos gêneros *Hypessobrycon* e *Moenkhausia* também são comumente encontradas em ambientes de remanso (Esgúicero & Arcifa, 2010; Barros, 2012) e em associação com macrófitas (Declerck *et al.*, 2005; Agostinho *et al.*, 2007), que são ambientes que exibem grande concentração de invertebrados (Vieira *et al.*, 2007; Thomaz *et al.*, 2008), principais alvos de alimentação dos dois gêneros. Além disso, ambos os gêneros também forrageiam em regiões intermediárias da coluna d'água (Lima *et al.*, 2008). Essas semelhanças com *N. beckfordi*, relacionadas ao ambiente de forrageio e localização na coluna d'água seriam alguns fatores que facilitariam a infecção de *H. aff rosaceus* e *M. colletti* por *A. minima*.

Além de existir a possibilidade do hospedeiro alternativo ter sua condição influenciada por conta de hemorragias, danos mecânicos aos tecidos (Huizinga, 1972) e pelo déficit energético causado pelo parasito, ainda existe a possibilidade de ter sua capacidade locomotora alterada. As espécies do gênero *Nannostomus* raramente exibem flexões corporais durante a natação, já que o deslocamento mais comum é realizado de forma lenta, com corpo rígido e utilizando as nadadeiras peitorais para propulsão (estilo de natação ostraciforme), sendo o estilo de natação com a flexão do corpo mais acentuada (estilo de natação subcarangiforme) utilizado somente para natação mais rápida, quando há necessidade de fuga de perigos percebidos (Chondoma, 1974; Sfakiotakis & Davies, 1999; Blake, 2004). Em contrapartida as espécies *H. aff rosaceus* e *M. colletti* possuem o modo de locomoção principal tendenciado para o carangiforme, utilizando as flexões do corpo de forma mais acentuada (obs. pessoal Dr. Jonathan Ready), como esperado para peixes que possuem corpos comprimidos lateralmente,

sendo característicos de espécies que ocupam ambientes lênticos e permitem maior eficácia de movimentos verticais (Gatz, 1979; Watson & Balon, 1984). Dessa forma, a presença do parasito influencia de forma mais acentuada a locomoção destas espécies de hospedeiros alternativos, deixando-os mais suscetíveis à predadores, sendo esse grau de mortalidade o possível responsável por fazer com o que os parasitos não sejam encontrados em peixes com faixas de comprimento superiores nos espécimes de *H. aff rosaceus* e *M. collettii*.

O fato de duas das três espécies de *Nannostomus* amostradas não exibirem a presença do parasito pode ter relação com o posicionamento das espécies na coluna d'água e abundância relativa de cada espécie nos remansos amostrados. A espécie *N. eques* ocupa a superfície da coluna d'água, enquanto *N. beckfordi* e *N. trifasciatus* ocupam porções intermediárias, subindo poucas vezes à superfície. Dessa forma, *N. eques* evita o parasitismo por não estar na porção inferior da coluna d'água, onde estaria ocorrendo a fixação de mancas nos hospedeiros. A espécie *N. trifasciatus* tem comportamento muito semelhante à *N. beckfordi* incluindo padrão de nado, localidade de forrageio e o tipo de preferência alimentar (Chondoma, 1979), sendo que a inexistência de parasitismo observada em *N. trifasciatus* pode ter relação com a abundância reduzida da espécie nas amostragens e os poucos indivíduos encontrados serem observados na margem de correnteza, entre o remanso e o canal principal do rio, estando menos expostos às mancas que estão subindo na água mais lenta dentro do remanso.

A presença de mais de um espécime de *A. minima* infestando *N. beckfordi* nas duas últimas amostragens pode ter relação com a considerável redução do número de *N. beckfordi* nos meses de fevereiro e maio, sendo uma estratégia de sobrevivência das mancas, que mostram preferir compartilhar o hospedeiro do que não ter hospedeiro. Outra hipótese seria a de que está havendo um pico de soltura das mancas no ambiente, mas os poucos trabalhos existentes que falam sobre o ciclo de vida da família Cymothoidae mostram que é pouco provável que existam picos de infestação e de desova, existindo somente períodos de aumento da vulnerabilidade do hospedeiro e presença de desova constante ao longo do ano (Adlard & Lester, 1995; Bakenhaster, et al., 2006). Neste caso, podemos sugerir que a sazonalidade de infestação pode ser resultado das condições ambientais, com a subida do nível da água modificando as correntezas e profundidade de água nas áreas de remanso.

5.2 Efeitos do parasitismo na condição de *Nannostomus beckfordi*

A análise de covariância indica que as fêmeas no período de fevereiro/maio estão tendo seu peso influenciado pela presença do parasito. Como o período de fevereiro/maio coincide com a época de maior quantidade de espécimes de *N. beckfordi* em estádios de desenvolvimento gonadal 3 e 4, sugerimos que as fêmeas podem estar tendo sua capacidade reprodutiva influenciada de forma estacional pela presença do parasito. Isso se justifica ainda mais por conta da presença de grande maioria das fêmeas parasitadas estarem em estágio 2 de desenvolvimento gonadal, contrastando com o contexto geral observado na amostragem desse período.

Os nossos dados indicam que o hospedeiro *N. beckfordi* exhibe seu padrão reprodutivo semelhante ao da maioria dos peixes tropicais, ocorrendo pouco depois do período chuvoso (Jiménez-Badillo & Nepita-Villanueva, 2000; Alkins-Koo, 2000), que está associado ao aumento da temperatura e do nível da água dos rios e lagos (Winemiller, 1989), possivelmente para que as larvas possam aproveitar a matéria orgânica proveniente do período de enchentes (Bagenal, 1971; Ballesteros *et al.*, 2009).

Estudos já mostram efeitos negativos de parasitos Cymothoidae no peso de peixes, exibindo algum nível de impacto na reprodução em hospedeiros alternativos (*Corydoras aeneus*) envolvendo experimento controlado com *Artystone trysbia* (Huizinga, 1972), em situação natural com o parasito externo *Anilocra apogonae*, no peixe marinho *Cheilodipterus quinquelineatus* (Fogelman & Grutter, 2009) e em água doce com outro parasito de cavidade peritoneal, *Riggia paraenses* que infesta *Cyphocharax gilbert* (Lima *et al.*, 2007). Esses trabalhos indicam que a castração parasitária não é incomum dentro do grupo, mas a castração parcial tende a ser, apesar de já existirem trabalhos de Cymothoidae mostrando a ocorrência em hospedeiros alternativos (Fogelman & Grutter, 2009).

A importância que *N. beckfordi* tem na indústria ornamental tende a potencializar os riscos que o parasitismo pode gerar sobretudo em comunidades onde *N. beckfordi* é uma espécie exótica, sendo que trabalhos já mostram os problemas gerados pelo transporte de outros peixes que foram infestados (Sobecka *et al.*, 2012; Mehrdana *et al.*, 2014; Salgado-Maldonado *et al.*, 2015), incluindo espécies do gênero *Nannostomus* parasitadas por *A. minima* (Sobecka *et al.*, 2012). A dispersão de *A. minima* para outros lugares do país e do mundo geraria um alto risco de ocorrência de infestação em outros peixes, podendo levar a algum nível desses efeitos de castração parasítica.

Identificar e compreender os impactos do parasitismo no(s) hospedeiro(s) é fundamental para saber quais possíveis efeitos determinada população de peixe pode sofrer com a infestação

pelo parasito, sendo um facilitador para quaisquer trabalhos futuros que visem o controle a prevenção do parasitismo por *A. minima*.

6. REFERÊNCIAS

- Abidi, R., Khan, G. E., & Chauhan, U. K. (2011). Monogenean infestations among freshwater ornamental fishes: an overview. *Journal of Ecophysiology and Occupational Health*, 11(3-4), 199-203.
- Adlard, R. D., & Lester, R. J. G. (1995). The life-cycle and biology of anilocra-pomacentri (Isopoda, Cymothoidae), an ectoparasitic isopod of the coral-reef fish, chromis-nitida (Perciformes, Pomacentridae). *Australian Journal of Zoology*, 43(3), 271-281.
- Ahyong, S.T., Lowry, J.K., Alonso, M., Bamber, R.N., Boxshall, G.A., Castro, P., Gerken, S., Karaman, G.S., Goy, J.W., Jones, D.S., Meland, K., Rogers, D.C., Svavarsson, J., (2011). Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.), *Animal Biodiversity: An Outline of Higher-Level Classification and Survey of Taxonomic Richness*. *Zootaxa*, 3148, pp. 165–191.
- Aguiaro, T., & Caramaschi, É. P. (1998). Trophic guilds in fish assemblages in three coastal lagoons of Rio de Janeiro State (Brazil). *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 26(5), 2166-2169.
- Agostinho, A. A., Thomaz, S. M., Gomes, L. C., & Baltar, S. L. (2007). Influence of the macrophyte *Eichhornia azurea* on fish assemblage of the Upper Paraná River floodplain (Brazil). *Aquatic Ecology*, 41(4), 611-619.
- Alberto, R. M. F., Maciel, P. C., & Araujo, P. B. (2009). Infestation by the freshwater cymothoid *Artystone trysibia* Schioedte (Crustacea, Isopoda): parasite and host behaviour. *Journal of Natural History*, 43(1-2), 47-56.
- Araújo, G. S. D. (2008). *Ecologia parasitária de isópodos e biologia reprodutiva em tibiros, Oligoplites spp (Osteichthyes: carangidae) das águas costeiras de Natal, Rio Grande do Norte* (Master's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).
- Bakenhaster, M. D., McBride, R. S., & Price, W. W. (2006). Life history of *Glossobius hemiramphi* (Isopoda: Cymothoidae): development, reproduction, and symbiosis with its host

Hemiramphus brasiliensis (Pisces: Hemiramphidae). *Journal of Crustacean Biology*, 26(3), 283-294.

Barros, G. G. (2012). Ecomorfologia e uso de recursos por quatro espécies sintópicas de peixes (Characidae) em igarapés amazônicos de terra firme, Amazonas, Brasil.

Blake, R. W. (2004). Fish functional design and swimming performance. *Journal of fish biology*, 65(5), 1193-1222.

Brusca, R. C. (1981). A monograph on the Isopoda: Cymothoidae (Crustacea) of the eastern Pacific. *Zool. J. Linn. Soc.*, v. 73, p.117–199.

Brusca, R. C., Coelho, V., & Taiti, S. (2001). A guide to the coastal isopods of California. *Internet address: <http://tolweb.org/notes>*.

Buckup, P. A., Menezes, N. A., & Ghazzi, M. S. A. (2007). *Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil* (Vol. 1). Rio de Janeiro: Museu Nacional.

Bührnheim, C. M., & Fernandes, C. C. (2003). Structure of fish assemblages in Amazonian rain-forest streams: effects of habitats and locality. *Copeia*, 2003(2), 255-262.

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.

Cardoso, L. (2015). Metazoários branquiais em *Pseudupeneus maculatus* (Osteichthyes: Mullidae) capturados no litoral Pernambucano, Brasil.

Chávez-López, R., Rocha-Ramírez, A., & Wetzer, R. (2005). *Elthusa alvaradoensis* Rocha-Ramírez, Chavez-Lopez & Bruce, 2005 (Isopoda, Cymothoidae) parasitizing the inshore lizardfish, *Synodus foetens* (Linnaeus, 1766) on the continental shelf off central Veracruz, Mexico. *Crustaceana*, 78(7), 865-872.

Chondoma, E. C. (1979). Oblique swimming in characoid fishes with special reference to the genus *Nannostomus* Gunther 1872.

Continentais, A. A., & Do Prado, A. V. R. (2015). Ecomorfologia e uso de recursos alimentares: relações inter e intraespecíficas.

Corrêa, J. M., Gerhard, P., & de Oliveira Figueiredo, R. (2012). Ictiofauna de igarapés de pequenas bacias de drenagem em área agrícola do Nordeste Paraense, Amazônia Oriental. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 7(2).

Costa, W. J. (1987). Feeding habits of a fish community in a tropical coastal stream, Rio Mato Grosso, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 22(3), 145-153.

Costa, E. F. D. S., & Chellappa, S. (2010). New host record for *Livoneca redmanni* (Leach, 1818)(Isopoda: Cymothoidae) in the Brazilian coastal waters with aspects of host-parasite interaction. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(SPE4), 73-77.

Cunha, N. L., Catella, A. C., & Kinas, M. A. (2007). Growth parameters estimates for a small fish of the Pantanal, Brazil: *Moenkhausia dichroua* (Characiformes; Characidae). *Brazilian Journal of Biology*, 67(2), 293-297.

Declerck, S., Vandekerkhove, J., Johansson, L., Muylaert, K., Conde-Porcuna, J. M., Van Der Gucht, K., & Rommens, W. (2005). Multi-group biodiversity in shallow lakes along gradients of phosphorus and water plant cover. *Ecology*, 86(7), 1905-1915.

De Lima, J. T., Chellappa, S., & Thatcher, V. E. (2005). *Livoneca redmanni* Leach (Isopoda, Cymothoidae) and *Rocinela signata* Schioedte & Meinert (Isopoda, Aegidae), ectoparasites of *Scomberomorus brasiliensis* Collette, Russo & Zavala-Camin (Osteichthyes, Scombridae) in Rio Grande do Norte, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(4), 1104-1108.

De Magalhães, A. L. B., & Jacobi, C. M. (2008). Ornamental exotic fish introduced into Atlantic Forest water bodies, Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, 3(2), 73-77.

Ding, R. H. (1986). A preliminary study on some propagation characteristics and distribution of *Ichthyoxenus japonensis* in Sichuan. *Acta Ecologica Sinica*, 6: 275–282.

Eiras, J.C. (1994). *Elementos de ictioparasitologia*. 212-219.

Eiras, J.C.; Takemoto, R.M.; Pavanelli, G.C. (2000). Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. Editora da Universidade Estadual de Maringá, PR, p.173.

El-Shahawy, I. S., & Desouky, A. R. Y. (2010). *Myripristis murdjan* (Beryciformes: Holocentridae) a new host record for *Cymothoa indica* (Crustacea, Isopoda, Cymothoidae). *Acta adriatica*, 51(1).

Esguícero, A. L. H., & Arcifa, M. S. (2010). Which is the best environment for the development of the early life stages of fish during the dry season?. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(3), 267-275.

Fogelman, R. M., Kuris, A. M., & Grutter, A. S. (2009). Parasitic castration of a vertebrate: effect of the cymothoid isopod, *Anilocra apogonae*, on the five-lined cardinalfish, *Cheilodipterus quinquelineatus*. *International Journal for Parasitology*, 39(5), 577-583.

Gatz Jr, A. J. (1979). Ecological morphology of freshwater stream fishes. *Tulane studies in zoology and botany*, 21(2), 91-124.

Hahn, N. S., Fugli, R., & Andrian, I. D. F. (2004). Trophic ecology of the fish assemblages. *The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys Publishers, Leiden, 247-269.

Hoshino, É. D. M., Hoshino, M. D. F. G., & Tavares-Dias, M. (2018). Parasites of ornamental fish commercialized in Macapá, Amapá State (Brazil). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, (ahead), 0-0.

Huizinga, H. W. (1972). Pathobiology of *Artystone trysibia* Schioedte (Isopoda: Cymothoidae), an endoparasitic isopod of South American fresh water fishes. *Journal of Wildlife Diseases*, 8(3), 225-232.

Iwanowicz, D. D. (2011). Overview on the effects of parasites on fish health. *Bridging America and Russia with Shared Perspectives on Aquatic Animal Health* (Eds. Cipriano RCAW Bruckner, & IS Shchelkunov), 176-184.

Legrand, J. J., Legrand-Hamelin, E., & Juchault, P. (1987). Sex determination in Crustacea. *Biological reviews*, 62(4), 439-470.

Leonardos, I.; Trilles, J. (2003). Host-parasite relationships: Ocorrence and effect of the parasitic isopod *Mothocya epimerica* on sand smelt *Arterina boyeri* in the Mesolongi and Etolikon Lagoons (W. Greece). *Diseases of Aquatic Organism*. 54: 243-251.

Lima, N. R., Azevedo, J. D. S., Silva, L. G. D., & Dansa-Petretski, M. (2007). Parasitic castration, growth, and sex steroids in the freshwater bonefish *Cyphocharax gilbert* (Curimatidae) infested by *Riggia paranensis* (Cymothoidea). *Neotropical Ichthyology*, 5(4), 471-478.

Lima, S. M., Cunha, A. A., Sánchez-Botero, J. I., & Caramaschi, É. P. (2008). Vertical segregation of two species of *Hyphessobrycon* (Characiformes: Characidae) in the Cabiúnas coastal lagoon, southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6(4), 683-688.

Lowe-McConnell, R. H. (1999). Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. In *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*.

Malta, J. C. D. O. (1984). Os peixes de um lago de várzea da Amazônia Central (Lago Janauacá, Rio Solimões) e suas relações com os crustáceos ectoparasitas (Branchiura: Argulidae). *Acta Amazonica*, 14(3-4), 355-372.

Martins, M. L., Moraes, J. R. E., Andrade, P. M., Schalch, S. H. C., & Moraes, F. R. D. (2001). *Piscinoodinium pillulare* (Schäperclaus, 1954) Lom, 1981 (Dinoflagellida) infection in cultivated freshwater fish from the Northeast region of São Paulo State, Brazil: parasitological and pathological aspects. *Brazilian Journal of Biology*, 61(4), 639-644.

- Martins, M. L., Marchiori, N., Roubledakis, K., & Lami, F. (2012). *Trichodina nobilis* Chen, 1963 and *Trichodina reticulata* Hirschmann et Partsch, 1955 from ornamental freshwater fishes in Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 72(2), 281-286.
- Mehrdana, F., Jensen, H. M., Kania, P. W., & Buchmann, K. (2014). Import of exotic and zoonotic trematodes (Heterophyidae: *Centrocestus* sp.) in *Xiphophorus maculatus*: Implications for ornamental fish import control in Europe. *Acta parasitologica*, 59(2), 276-283.
- Molnar, K. (1994). Effect of decreased water oxygen content on common carp fry with *Dactylogyrus vastator* (Monogenea) infection of varying severity. *Diseases of aquatic organisms*, 20, 153-153.
- Moraes, F. R., & Martins, M. L. (2004). Condições predisponentes e principais enfermidades de teleósteos em piscicultura intensiva. *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. São Paulo: TecArt, 343-383.
- Moyses, C. R. S., Spadacci-Morena, D. D., Xavier, J. G., Antonucci, A. M., & Lallo, M. A. (2015). Ectocommensal and ectoparasites in goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) in farmed in the State of São Paulo. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 24(3), 283-289.
- Nakatani, K.; Agostinho, A. A.; Baumgartner, G.; Bialecki, A.; Sanches, P. V.; Makrakis, M. C.; Pavanelli, C. S. (2001). *Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação*. Maringá: UEM, *Nupélia*, 378p.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the world*, 600 pp. Hoboken: John Wiley and Sons.
- Padial, A. A., Thomaz, S. M., & Agostinho, A. A. (2009). Effects of structural heterogeneity provided by the floating macrophyte *Eichhornia azurea* on the predation efficiency and habitat use of the small Neotropical fish *Moenkhausia sanctaefilomenae*. *Hydrobiologia*, 624(1), 161-170.
- Poulin, R. (1995). Evolutionary influences on body size in free-living and parasitic isopods. *Biological Journal of the Linnean Society*, 54(3), 231-244.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

Raibaut, A., & Trilles, J. P. (1993). The sexuality of parasitic crustaceans. In *Advances in Parasitology* (Vol. 32, pp. 367-444). Academic Press.

Roberts, T.R. (1972). Ecology of the fishes in the Amazon and Congo basins. *Bull. Mus. Comp Zool., Harvard*, 143 (1): 117-147.

Rohde, K. (Ed.). (2005). *Marine Parasitology*. Csiro publishing.

Salgado-Maldonado, G., Matamoros, W. A., Kreiser, B. R., Caspeta-Mandujano, J. M., & Mendoza-Franco, E. F. (2015). First record of the invasive Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi* in Honduras, Central America. *Parasite*, 22.

Sartor, S. M. (1987). Desenvolvimento marsupial e ciclo de vida de *Cymothoa liannae* Sartor & Pires (Isopoda, Cymothoidae), parasita de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 35(1), 43-51.

Schaefer, S. A. (1993). A remarkable occurrence of isopod parasitism on an armoured catfish, *Microlepidogaster maculipinnis*. *Journal of fish biology*, 42(2), 307-310.

Schioedte, J. C., (1866). Krebsdyrenes sugemund. *Natuurhist TWkq*, 514, 169-206.

Sfakiotakis, M., Lane, D. M., & Davies, J. B. C. (1999). Review of fish swimming modes for aquatic locomotion. *IEEE Journal of oceanic engineering*, 24(2), 237-252.

Sobecka, E., Łuczak, E., & Marcinkiewicz, (2012). M. New cases of pathogens imported with ornamental fish. *Biological letters*, 49(1), 3-10.

Tavares-Dias, M., Lemos, J. R. G., & Martins, M. L. (2010). Parasitic fauna of eight species of ornamental freshwater fish species from the middle Negro River in the Brazilian Amazon Region. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 19(2), 103-107.

Thatcher, V. E., & Carvalho, M. L. (1988). *Artystone minima* n. sp. (Isopoda, Cymothoidae) a body cavity parasite of the pencil fish (*Nannostomus beckfordi* Guenther) from the Brazilian Amazon. *Amazoniana*, 10(3), 255-265.

Thatcher, V. E. (1991). Amazon fish parasites. *Amazoniana*, 11(3/4), 263-572.

Thatcher, V. E., & Schindler, I. (1999). *Artystone bolivianensis* n. sp. (Isopoda, Cymothoidae) from a loricatoriid catfish of the Bolivian Amazon. *Amazoniana*, 15, 183-191.

Thatcher, V. E. (2000). The isopod parasites of South American fishes. *Metazoan in the Neotropics: A Systematic and Ecological Perspective*. México: Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, 193-226.

Thatcher, V. E., & Pereira Júnior, J. (2006). *Kroyeria brasiliense* sp. nov. (Copepoda, Kroyeriidae) a gill parasite of the shark, *Galeorhinus vitaminicus* de Buen, in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(4), 1185-1187.

Teixeira, F. K., Ramos, T. P. A., Paiva, R. E. C. D., Távora, M. A., Lima, S. M. Q., & Rezende, C. F. (2017). Ichthyofauna of Mundaú river basin, Ceará State, Northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 17(1).

Thomaz, S. M., Dibble, E. D., Evangelista, L. R., Higuity, J., & Bini, L. M. (2008). Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater biology*, 53(2), 358-367.

Trilles, J.P. (1969). Recherches sur les isopods "Cymothoidae" des côtes françaises. Aperçu général et comparative sur le bionomie et la sexualité de ces crustacés (Researches on the isopod «Cymothoidae» of French coasts. General and Comparative Overview on bionomics and the sexuality of these crustaceans). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 94(3): 433-445.

Tsai, M.L. & Dai, C.F. (1999). *Ichthyoxenus fushanensis*, new species (Isopoda: Cymothoidae), parasite of the fresh-water fish *Varicorhinus barbatulus* from northern Taiwan. *Journal of Crustacean Biology*, 19: 917–923.

Vieira, L. C. G., Bini, L. M., Velho, L. F. M., & Mazão, G. R. (2007). Influence of spatial complexity on the density and diversity of periphytic rotifers, microcrustaceans and testate amoebae. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*, 170(1), 77-85.

Watson, D. J., & Balon, E. K. (1984). Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *Journal of Fish Biology*, 25(3), 371-384.

Winemiller, K. O. (1989). Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81(2), 225-241.

Yamano, H., Yamauchi, T. & Hosoya, K. (2011). A new host record of *Ichthyoxenus amurensis* (Crustacea: Isopoda: Cymothoidae) from the Amur bitterling *Rhodeus sericeus* (Cypriniformes: Cyprinidae). *Limnology*, 12: 103–106.