



Serviço Público Federal
Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Altamira
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO



ALICE XAVIER SOARES

REPRODUÇÃO ASSISTIDA E LARVICULTURA DE *Prosomyleus rhomboidalis*
(CUVIER, 1818) (CHARACIFORMES, SERRASALMIDAE)

Orientador: Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa

Coorientador: Prof. Dr. George Shigueki Yasui

ALTAMIRA – PA
AGOSTO DE 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE DE CONSERVAÇÃO

ALICE XAVIER SOARES

REPRODUÇÃO ASSISTIDA E LARVICULTURA DE *Prosomyleus rhomboidalis*
(CUVIER, 1818) (CHARACIFORMES, SERRASALMIDAE)

Orientador: Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa

Coorientador: Prof. Dr. George Shigueki Yasui

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

ALTAMIRA – PA
AGOSTO DE 2023

S676r Soares, Alice Xayier.
REPRODUÇÃO ASSISTIDA E LARVICULTURA DE
Prosomyleus rhomboidalis (CUVIER, 1818) (CHARACIFORMES,
SERRASALMIDAE) / Alice Xavier Soares. — 2023.
45 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa
Coorientador(a): Prof. Dr. George Shigueki Yasui Dissertação
(Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Altamira, Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade e Conservação, Altamira, 2023.

1. Pacu. 2. biotecnologia . 3. indução hormonal. 4.
incubação. 5. conservação. I. Título.

CDD 571.81

ALICE XAVIER SOARES

**REPRODUÇÃO ASSISTIDA E LARVICULTURA DE *Prosoxyleus rhomboidalis*
(CUVIER, 1818) (CHARACIFORMES, SERRASALMIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação, avaliada pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

Orientador: Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa
UFPA – Altamira

Coorientador: Prof. Dr. George Shigueki Yasui
UNESP – Botucatu

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Diego Maia Zacardi

Profa. Dra. Amanda Pereira dos Santos Silva

Prof. Dr. José Augusto Senhorini

Prof. Dr. Matheus Pereira dos Santos

Prof. Dr. Nivaldo Ferreira do Nascimento

**ALTAMIRA – PA
AGOSTO DE 2023**

À minha família pelo amor incondicional, incentivo,
compreensão e esforços sem medidas.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Acredito que o amor de Deus me trouxe até aqui e por isso e tantas outras coisas dou início aos meus agradecimentos, glorificando o nome dEle que me deu a honra e o dom da persistência e sabedoria, sempre me mostrando que *“Tudo posso naquele que me fortalece”* Fp. 4:13. Sei que foi Deus ao meu lado sempre!

Agradeço e dedico tudo de mim aos meus pais, Maria Geralda e Paulo Soares, que sempre acreditaram em mim e em tudo me ensinaram a enxergar o lado positivo das dificuldades que tive que superar ao longo deste caminho. Assim como também os meus irmãos Gabriela Xavier e Paulo Vinicius, meus sobrinhos Paulo Eduardo, Maria Caroline e Luiz Miguel, meus cunhados Sandra Souza e Leonardo Vieira e todos os meus familiares. Eu amo vocês!

Aos meus Anjos, sei que estão do céu a me olhar, cuidar e amar. Minhas conquistas e felicidade refletirão muito de vocês. Continuar sem a presença física é difícil, mas não é impossível porque vocês vivem em mim.

Aos meus de sempre e bons AMIGOS, obrigada por tanto, por tudo e por sempre. *“Amigo fiel poderosa proteção”* Ecl. 6:14, eu amo vocês (coração amarelo)!

À todos os meus amigos da turma PPGBC 2021.2 (seleção especial), Leydiane Serra, Marina Pereira, Michel Bandeira, Elzamara Oliveira e Camila Freire, nada disso seria tão intenso e incrível se vocês não estivessem junto a mim. Foram inúmeros momentos únicos e que jamais serão esquecidos. Meu carinho por vocês é sem explicação, espero em Deus que nossa amizade se perpetue por muitos e muitos anos. OBRIGADA de coração por tornarem meus dias mais leves e saibam que realmente vocês são muito especiais!

À Universidade Federal do Pará e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação por possibilitar minha formação enquanto cientista.

À Fundação do Instituto de Biociências (FUNDIBIO) em conjunto ao Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento da Norte Energia S. A. / ANEEL (PD-0747-0121/2021) pelo financiamento do projeto de pesquisa de mestrado e bolsa concedida.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa e Prof. Dr. George Shigueki Yasui pelas orientações e apoio durante todo o processo do mestrado. Obrigada de coração pela amizade, carinho, paciência e por todos os ensinamentos, motivações e principalmente por fazerem parte da história. Tenho um orgulho danado de ter vocês ao meu lado.

À Profa. Dr. Tatiana da Silva Pereira, Profa. Dr. Amanda Pereira dos Santos Silva, ao Prof. Diego Maia Zacardi e Prof. Dr. José Augusto Senhorini meu muito obrigada por me acolherem tão bem, por todo carinho, amizade, paciência e puxões de orelha. Vocês foram e são essenciais.

Agradeço a BIOCEV pela parceria e subsídio, em especial ao Allan David, Emerson, Reinaldo, Umiratã, Sr. Tonhão, Sr. Mazinho, Sr. Dico, muito obrigada pelo apoio, amizade, boas conversas e risadas.

À todos os colegas do Laboratório de Aquicultura e Peixes Ornamentais do Xingu - LAQUAX e do Laboratório de Ictiologia de Altamira - LIA por todo acolhimento e

ensinamento, por todos os nossos dias, pelas boas amizades e inúmeras conversas e gargalhadas, Maylon Moura, Paulo Bezerra, Rayane Arcaño, Renan Arcaño, Charliomar Santos, Maria José, Kaylane Rodrigues, Eris de Paula, Ester Amaral, Edilberto Leonardo, Fábio Barros, Bruna Uana, Leydiane Serra, Marina Pereira, Michel Bandeira, Elzamara Oliveira, Camila Freire, Lucas Peres, Thais Nascimento, Anne Macedo, Milena Souza, Letícia Maia, Vanessa Soares, Alexandre Villela, Alinne Vitoriano, Cláudia Chaves, Isaac Cabral, Maria do Céu, Mayara Cabral e Marcos Rocha.

Minha gratidão ao Me. Fábio Barros por toda amizade, paciência, ensinamento e apoio não só no desenvolvimento e análise dos dados desta pesquisa, mas como em todos os outros trabalhos durante esses dois anos.

À todos que fazem parte do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Aquática Continental - ICMBio/CEPTA - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, por todo acolhimento, ensinamento e boas amizades.

De forma especial agradeço do fundo do meu coraçãozinho por todo acolhimento, irmandade, carinho, paciência, ensinamentos, motivações e boas histórias, por serem família, por me arrancarem gargalhadas, por secarem minhas lágrimas, por boas e até conversas bobas, Maylon Moura, Lucas Peres, Marina Pereira, Leydiane Serra, Michel Bandeira, Camila Freire e Elzamara Oliveira, Paulo Bezerra e família, Aparecida Lima e família, Willian Gonçalves, Cláudia Chaves, Joaquim Gabriel, Fabrício Otávio, Letícia Maia, Amanda Pereira, George Yasui, Leandro Sousa, Tatiana Pereira, Allan David. Muito obrigada, vocês são gigantes!

Aos membros da banca da disciplina de seminários, qualificação e dissertação pelas correções e contribuições durante todo o percurso desse projeto.

Agradeço ao Oliver Passos pelo convite para participar em uma das campanhas de Monitoramento da Ictiofauna do rio Xingu, que no qual tive a oportunidade de conhecer um tanto desse rio e sua biodiversidade de perto, foi incrível. A toda equipe, muito obrigada por serem quem vocês são e por toda bagagem que carregam. Em especial a Glenda Melo, Márcio Lima e Felipe Feitosa.

Aos colegas de outras turmas e corredores da UFPA por tudo que foi compartilhado, acredito que um simples sorriso modifica nosso dia, obrigada.

Aos funcionários que sempre estiveram dispostos a ajudar, obrigada pela presteza, carinho e por todos os sorrisos, vocês também fazem parte dessa história!

Com muito carinho, agradeço a todos os que estiveram envolvidos de forma direta ou indireta contribuindo por mais essa conquista, GRATIDÃO!

“N3o importa o que aconteça, CONTINUE A NADAR.”

Graham Walters

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Geral.....	17
2.2 Específicos.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Informações éticas.....	18
3.2 Área de estudo.....	18
3.3 Captura	18
3.4 Reprodução.....	20
3.4 Estágios de desenvolvimento.....	22
3.5 Larvicultura	23
4. RESULTADOS	26
4.1 Reprodução.....	26
4.2 Larvicultura	28
5. DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização da Volta Grande, no trecho médio do rio Xingu, Pará, Brasil. Pontos de captura dos peixes adultos reprodutores utilizados no estudo..... 19
- Figura 2.** Pescador armando a rede de espera (A). Deslocamento dos peixes até o Centro de Estudos Ambientais – CEA (B)..... 19
- Figura 3.** Dimorfismo sexual de *P. rhomboidalis* com destaque para a mudança morfológica das nadadeiras entre machos e fêmeas. As setas indicam a presença (machos) ou ausência (fêmeas) do lobo adicional na nadadeira anal. 20
- Figura 4.** Indivíduo fêmea em processo anestésico (A). Massagem abdominal para extrusão e coleta de gametas femininos de *P. rhomboidalis* (B)..... 21
- Figura 5.** Caixa de isopor com aeração e temperatura devidamente controladas (A). Incubadoras imersas com ovos em desenvolvimento embrionário..... 22
- Figura 6.** Acompanhamento dos estágios do desenvolvimento inicial de *P. rhomboidalis* em estereomicroscópio binocular..... 23
- Figura 7.** Biometrias realizadas no dia 1 (A), dia 3 (B), dia 6 (C), dia 9 (D), dia 12 (E), dia 15 (F); Imagens representativas dos indivíduos no dia 1 e dia 15 (G e H). 24
- Figura 8.** Gametas femininos de *P. rhomboidalis*. (A) Óocito não hidratado; (B) Ovo recém fertilizado pós-hidratação, tornando visível o espaço perivitelino e mesma coloração..... 27
- Figura 10.** Curva de Crescimento (mm) de larvas de *P. rhomboidalis* alimentadas com diferentes dietas. T1: Artêmia: $y = 8.9 + 0.92 x$, $R^2 = 0.77$; T2: Ração: $y = 8.5 + 1.3 x$, $R^2 = 0.77$; T3: Ração e Artêmia: $y = 8.8 + 1.4 x$, $R^2 = 0.73$. Comparação entre os tratamentos indicando que não existiu similaridade entre eles..... 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cálculo da hora-grau, fator determinante do momento de ovulação de extrusão e fertilização in vitro de <i>P. rhomboidalis</i>	26
Tabela 2. Dados morfométricos de oócitos de <i>P. rhomboidalis</i> , não hidratados e pós-hidratação.	26
Tabela 3. Sobrevivência (%) nas principais fases do desenvolvimento embrionário de <i>P. rhomboidalis</i> submetida a 27,5 °C.....	27
Tabela 4. Sobrevivência (%), comprimento padrão (CP) (mm) e comprimento total (CT) (mm) de larvas de <i>P. rhomboidalis</i>	29
Tabela 5. Estatística descritiva de percentual de crescimento por tratamento.	29
Tabela 6. Valores médios e erro padrão das variáveis limnológicas observadas durante o período de experimento com larvas de <i>P. rhomboidalis</i> , nos diferentes tratamentos.....	30

RESUMO

Prosochyleus rhomboidalis é uma espécie de pacu que ocorre em vários rios de corredeiras da bacia amazônica e das Guianas. No rio Xingu é conhecida como pacu-de-seringa, considerada reofílica com importância para a pesca comercial, de subsistência e esportiva, com alta relevância regional e potencial aquícola. Entretanto, pouco se conhece sobre sua bioecologia. Diante disso, este estudo tem como objetivo descrever a amostragem, reprodução e larvicultura de *P. rhomboidalis*. Adultos selvagens desta espécie foram capturados no rio Xingu na região de Volta Grande e divididos em dois grupos: o de reprodução espontânea e o de reprodução induzida em condições laboratoriais. O peso médio das fêmeas de desova espontânea variou de 1.336 a 2.000 kg com média de 1.619 kg, fecundidade absoluta de $1.136 \pm 381,146$, fecundidade relativa de $7,01e^{-4} \pm 2,46e^{-4}$, percentual de fertilização de $84,57 \pm 14,52\%$ e eclosão de $66,24 \pm 17,14\%$. Após a indução hormonal, a extrusão ocorreu em $314,7 \pm 10$ horas-grau, o peso médio das fêmeas variou de 1.381 a 1.820 kg com média de 1.647 kg, fecundidade absoluta de $1.258 \pm 661,731$, fecundidade relativa de $7,30e^{-4} \pm 3,55e^{-4}$, percentual de fertilização de $95,33 \pm 2,84\%$ e eclosão de $69,26 \pm 5,06\%$. O diâmetro do oócito não hidratado foi de $2,15 \pm 0,02$ mm e pós hidratação $2,51 \pm 0,02$ mm. A eclosão aconteceu em 69h39min pós fertilização sob temperatura de incubação de $27,5$ °C. A absorção completa do saco vitelínico ocorreu por volta de doze dias pós eclosão, ocorrendo a transição alimentar de endógena para exógena. O experimento de primeira alimentação foi realizado com três tratamentos, T1: náuplios de artêmia, T2: ração e T3: ração e náuplios de artêmia, durante 15 dias. A condição do tratamento 3 (ração e náuplios de artêmia) indicou os melhores resultados, resultando em percentual de crescimento padrão diário de 0,24 mm até o décimo quinto dia de experimento, onde o comprimento padrão médio final $17,03 \pm 0,22$ mm também foi significativamente maior neste tratamento. A análise dos resultados de sobrevivência das pós-larvas de *P. rhomboidalis* não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Os dados obtidos são importantes por possibilitar o entendimento biológico e contribuir para a produção em cativeiro e conservação da espécie.

Palavras-chave: Pacu; biotecnologia; indução hormonal; incubação; conservação.

ABSTRACT

Prosimyleus rhomboidalis is a species of pacu that occurs in several rapids in the Amazon basin and the Guianas. In the Xingu River, it is known as the pacu-de-seringa and is considered a rheophilic species with importance for commercial, subsistence and sport fishing, with high regional relevance and aquaculture potential. However, little is known about its bioecology. This study aims to describe the sampling, reproduction and larviculture of *P. rhomboidalis*. Wild adults of this species were captured in the Xingu River in the Volta Grande region and divided into two groups: spontaneous reproduction and induced reproduction under laboratory conditions. The average weight of spontaneously spawned females ranged from 1,336 to 2,000 kg with an average of 1,619 kg, absolute fecundity of $1,136 \pm 381.146$, relative fecundity of $7.01e-4 \pm 2.46e-4$, fertilization percentage of $84.57 \pm 14.52\%$ and hatching of $66.24 \pm 17.14\%$. After hormonal induction, extrusion occurred in 314.7 ± 10 de gree hours, the average weight of the females ranged from 1,381 to 1,820 kg with an average of 1,647 kg, absolute fecundity of $1,258 \pm 661.731$, relative fecundity of $7.30e-4 \pm 3.55e-4$, fertilization percentage of $95.33 \pm 2.84\%$ and hatching of $69.26 \pm 5.06\%$. The diameter of the unhydrated oocyte was 2.15 ± 0.02 mm and after hydration 2.51 ± 0.02 mm. Hatching took place 69h39min after fertilization at an incubation temperature of 27.5°C. Complete absorption of the yolk sac occurred around twelve days after hatching, with the transition from endogenous to exogenous feeding taking place. The first feeding experiment was carried out with three treatments, T1: brine shrimp nauplii, T2: feed and T3: feed and brine shrimp nauplii, for 15 days. Treatment 3 (feed and brine shrimp nauplii) showed the best results, resulting in a daily standard growth percentage of 0.24 mm up to the fifteenth day of the experiment, where the final average standard length of 17.03 ± 0.22 mm was also significantly higher in this treatment. The analysis of the survival results of the *P. rhomboidalis* post-larvae showed no significant difference between the treatments. The data obtained is important because it enables biological understanding and contributes to the captive production and conservation of the species.

Key words: Pacu; biotechnology; hormone induction; incubation; conservation.

1. INTRODUÇÃO

Os peixes representam um dos grupos mais diversos entre os vertebrados, com mais de 35.000 espécies descritas no mundo, e muitas ainda não foram catalogadas (ESCHMEYER *et al.*, 2020). Com cerca de 6.200 espécies, a região Neotropical abriga a mais diversa ictiofauna de água doce, concentrando mais de 3.600 espécies no Brasil, onde aproximadamente 2.716 ocorrem na Amazônia (DAGOSTA & PINNA, 2019; ALBERT *et al.*, 2020).

Na região Neotropical, as ordens de maior distribuição e heterogeneidade são os Siluriformes, com aproximadamente 1.915 espécies representadas pelos cascudos e bagres e os Characiformes com cerca de 1.700 espécies, integrando aquelas de alta importância socioeconômica na produção aquícola mundial, além de espécies ameaçadas de extinção (REIS *et al.*, 2016; ICMBIO/MMA, 2018).

Entre os Characiformes, a família Serrasalmidae constitui um grupo monofilético, com cerca de 100 espécies válidas, distribuídas em 17 gêneros (FRICKE *et al.*, 2019). Esta família abriga os peixes conhecidos popularmente como piranhas e pacus, endêmicos da região Neotropical, onde habitam grande variedade de corpos de água, incluindo o canal principal dos rios, lagos, floresta alagada, até ambientes de corredeiras com ampla distribuição e abundância nas bacias Amazônica, do Orinoco e do Paraná-Paraguai (JÉGU, 2003).

As estratégias reprodutivas dessa família são variadas, podendo apresentar ovos de diferentes diâmetros, coloração, graus de adesividade, espessura do córion, ambientes de desova e períodos reprodutivos, embora, de maneira geral se concentram no período da estação chuvosa, quando a temperatura, o nível da água e o oxigênio dissolvido tendem a aumentar, favorecendo a sobrevivência da progênie (RIZZO & BAZZOLI, 2020; GOGOLA *et al.*, 2022).

Os pacus podem ser considerados potenciais dispersores de sementes contribuindo na estruturação das florestas inundáveis (CORREA *et al.*, 2015, 2016). Esse grupo tem se destacado entre as espécies capturadas de valor econômico, como também fonte de alimentação, portanto, são espécies importantes por gerar emprego e renda para as comunidades ribeirinhas (ZACARDI *et al.*, 2018; CAJADO *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Considerada como a atividade agrícola que mais cresceu globalmente nas últimas décadas, a aquicultura desenvolveu uma produção mundial em média anual de 5,3% no período de 2001 a 2018, compreendendo a margem de 82,1 milhões de toneladas (FAO,

2020). Em 2019 a produção da piscicultura brasileira atingiu a marca de 4,9% correspondendo a 758.000 toneladas, onde 38% dessa produção eram de peixes nativos (PEIXEBR, 2020). Segundo MAGALHÃES (2016), a proteína animal mais encontrada na mesa dos ribeirinhos da região do Xingu está representada principalmente pelos peixes (63%), em que os pacus se destacaram como os mais consumidos, perfazendo 46% do total.

Ainda que haja uma diversidade considerável e investimentos grandiosos no setor pesqueiro, a exploração desordenada do meio ambiente desencadeia a diminuição dessa biodiversidade, processo esse que pode se tornar irreversível ao longo do tempo (MIRANDA, 2012; TOLUSSI *et al.*, 2018). A intensificação destes atos tem colaborado para a diminuição de espécies de peixes teleósteos, dos quais 91 espécies da ordem Siluriformes e 52 da Characiformes estão citadas no Livro Vermelho de Espécies Ameaçadas de Extinção (ICMBIO/MMA, 2018).

Cada espécie possui características genéticas e relevâncias ecológicas únicas, o que evidencia a preocupação para com a conservação e a necessidade de desenvolvimento de biotecnologias que auxiliem a sustentabilidade e reconstituição de populações de espécies ameaçadas, como também nas práticas produtivas (COELHO *et al.*, 2021). Diante desse panorama, esforços de pesquisa incluindo propagação artificial, estratégias de preservação e repovoamento têm sido desenvolvidas (YASUI *et al.*, 2011). A difusão de tecnologias voltadas para a introdução de novas espécies para a piscicultura mostra-se como opção para contornar tais adversidades, sendo elas relacionadas à sustentabilidade ambiental encontrada neste setor frente à crescente demanda aquícola (GODINHO *et al.*, 2003; HOGA *et al.*, 2018).

A fim de obter resultados satisfatórios na reprodução assistida, as etapas devem ser desempenhadas de forma que atenda às peculiaridades específicas. No cenário tecnológico, a técnica de indução hormonal é amplamente utilizada para estimular a desova e espermição, onde diversos indutores exógenos naturais ou sintéticos são utilizados para motivar os peixes à reprodução, como por exemplo a hipófise de carpa (*Cyprinus carpio*) e análogos de GnRH (Ovopel) (BALDISSEROTTO, 2013; MYLONAS *et al.*, 2010, 2017).

O estímulo hormonal por estrato de hipófise no macho favorece a espermatogênese, acarretando aumento do volume seminal e qualidade espermática. Na fêmea, motiva a maturação ovocitária e subsequente ovulação e desova (MYLONAS *et al.*, 2010, 2017). Em contrapartida, o ovopel atua no início da cadeia hormonal, estimulando o peixe a condensar sua própria gonadotropina, capaz de fornecer um estímulo mais equilibrado e potencialmente uma melhor integração com outras funções fisiológicas que afetam direta ou indiretamente os

seus processos endócrinos reprodutivos (SOUZA, 2013).

Existem nomenclaturas difundidas a respeito do tipo de desova, seja ela natural, seminatural e artificial. NUNES *et al.* (2018) define a desova seminatural a partir da indução para que os gametas femininos liberados sejam fertilizados pelos gametas masculinos ainda no próprio tanque, posteriormente esses oócitos são recolhidos e levados às incubadoras. Outro tipo de desova empregado é a desova artificial sendo um dos artifícios mais aplicados nas rotinas de reprodução, sucedido por interferência humana, é realizada a indução, extrusão e fertilização (HARVEY & CAROSFELD, 1993). Denomina-se como desova espontânea quando ocorre a captura de fêmeas no seu pico reprodutivo, sem nenhum estímulo hormonal, ou seja, ela passou por seu processo natural de ovulação no próprio rio, e posteriormente foram realizados os procedimentos de extrusão e fertilização artificial. Sendo assim, deve-se observar as características da espécie em questão e definir o método que proporcione os melhores resultados.

Determinar o momento exato da liberação dos oócitos é fundamental para garantir a qualidade deles, pois a remoção antes ou depois da ovulação pode afetar a qualidade larval e comprometer os percentuais de fertilização. É fundamental destacar que o tempo preciso para que ocorra a ovulação e desova após o tratamento de indução hormonal varia de acordo com a espécie, tipo de hormônio manipulado e a temperatura da água (ZANIBONI-FILHO e NUÑER, 2012).

Características biológicas intrínsecas precisam ser consideradas e aliadas à técnica de indução reprodutiva, como o tipo de desova, o modo de fertilização e eclosão dos ovos, o acompanhamento do desenvolvimento embrionário e larval, morfologia e sobrevivência das larvas (CORDEIRO *et al.*, 2019; MELO *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2021). Outros fatores indispensáveis são o monitoramento e o controle dos parâmetros físicos e químicos da água, uma vez que afetam diretamente o desenvolvimento desses organismos (NUNES *et al.*, 2018).

Prosimyleus rhomboidalis (CUVIER, 1818) na região do Xingu é popularmente conhecido como pacu-de-seringa ou pacu-seringueiro, possui importância para a pesca comercial, de subsistência e esportiva (MAGALHÃES, 2016). Inclusive a espécie é símbolo de torneio de pesca esportiva que ocorre anualmente desde 1998: Torneio do pacu-de-seringa, que se tornou tradição na região e atrai pescadores esportivos de todo o país (OLIVEIRA, 2021). O festival é um evento sem fins lucrativos que visa a competição da pesca dessa espécie, de maneira ecológica, combatendo ao uso de materiais poluentes e predatórios, priorizando o ecoturismo na região e a conscientização da preservação ambiental, lazer e

bem-estar social (SOARES, 2021). É uma espécie reofílica recorrente em áreas com corredeiras que possui características de corpo lateralmente comprimido, losangular, coloração prata com a região da cabeça e nadadeira peitoral alaranjada, escamas ciclóides e dimorfismo sexual, os machos adultos desenvolvem um lobo adicional na nadadeira anal (GOMES, 2015; KOLMANN *et al.*, 2021).

Pescadores locais vêm relatando uma considerável diminuição dos estoques pesqueiros, principalmente de espécies de pacus, podendo ser uma consequência da barreira física criada pela construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte no rio Xingu, que conseqüentemente gerou diminuição considerável do fluxo natural à jusante do canal que segue pela Volta Grande do Xingu. Desta forma, tem-se observado um aumento na pressão de pesca das populações remanescentes devido ao efeito sinérgico decorrente da diminuição de habitat imposta pelo empreendimento (FREIRE, 2014).

Diante da importância econômica, ecológica e social do *P. rhomboidalis*, e considerando que os estudos sobre as técnicas de reprodução em cativeiro e larvicultura da espécie são inexistentes, é necessário conhecer essas informações para estabelecer protocolos para reprodução *ex situ* visando à produção para consumo/comercialização ou manutenção da diversidade genética, com a conservação das populações presentes na natureza, a fim de minimizar impactos ocasionados sobre seus estoques naturais.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Descrever a reprodução assistida e larvicultura de *Prosomyleus rhomboidalis* em condições de cativeiro.

2.2 Específicos

- Descrever a reprodução espontânea e induzida de *P. rhomboidalis*;
- Estimar o percentual de fecundidade, fertilização, sobrevivência e eclosão;
- Analisar o crescimento e sobrevivência sob o efeito de diferentes dietas na primeira alimentação das pós-larvas da espécie.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Informações éticas

O estudo foi desenvolvido no Centro de Estudos Ambientais – CEA, localizado em Vitória do Xingu – PA. Todos os procedimentos foram realizados de acordo com o Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA nº 4751220822), bem como a licença de coleta correspondente para a captura, transporte e manutenção em cativeiro (SISBIO nº 79124 - 2).

3.2 Área de estudo

Categorizado como terceiro maior tributário do rio Amazonas, o rio Xingu é o segundo maior rio de águas claras da América do Sul (GOULDING *et al.*, 2003). Ocupando uma área de 520.292 km² e 2.500 km de extensão, nasce no estado de Mato Grosso, ao norte da região do planalto Central, na união entre as serras do Roncador e Formosa, aos 600 metros de altitude, desaguando a mais de 4.000 km de distância, na bacia do rio da Prata (ELETROBRAS, 2019). O rio exibe uma orientação sul-norte e divide-se basicamente em três regiões: Alto Xingu, Médio Xingu e Baixo Xingu, sendo os principais afluentes os rios Iriri, Fresco, Curuá, Culuene e rios Bacajá (LUCAS, 2021).

A área de estudo está localizada no setor médio do rio Xingu na região onde ocorre uma acentuada deflexão chamada de Volta Grande do Xingu, de grandes corredeiras, com um desnível de 85m em 160 km, abrangendo parte dos municípios de Altamira, Anapu, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, no Estado do Pará, Brasil (FRANCO, 2014).

O clima é tropical, quente e úmido, com temperaturas médias entre 28°C e 32°C. O regime de chuvas é caracterizado por um período chuvoso (novembro a maio) e um período de estiagem (junho a novembro), com precipitação média anual 1963,5 mm (SANTOS *et al.*, 2016).

3.3 Captura

A captura dos espécimes adultos destinados à formação do plantel de reprodutores de *P. rhomboidalis* foi realizada durante a estação reprodutiva, de novembro de 2022 a março de 2023, na região de Volta Grande do Xingu, município de Vitória do Xingu, Pará, Brasil, em cinco localidades distintas: Rebojin - 3°32'14.6"S-51°56'38.1"W; Cachoeira do Kaituka - 3°33'24.3"S-51°51'44.5"W; Mangueiras - 3°26'31.1"S-51°57'28.4"W; Profirin - 3°30'04.8"S-51°56'39.5"W; Landir - 3°35'09.7"S-51°49'05.7"W (Figura 1).

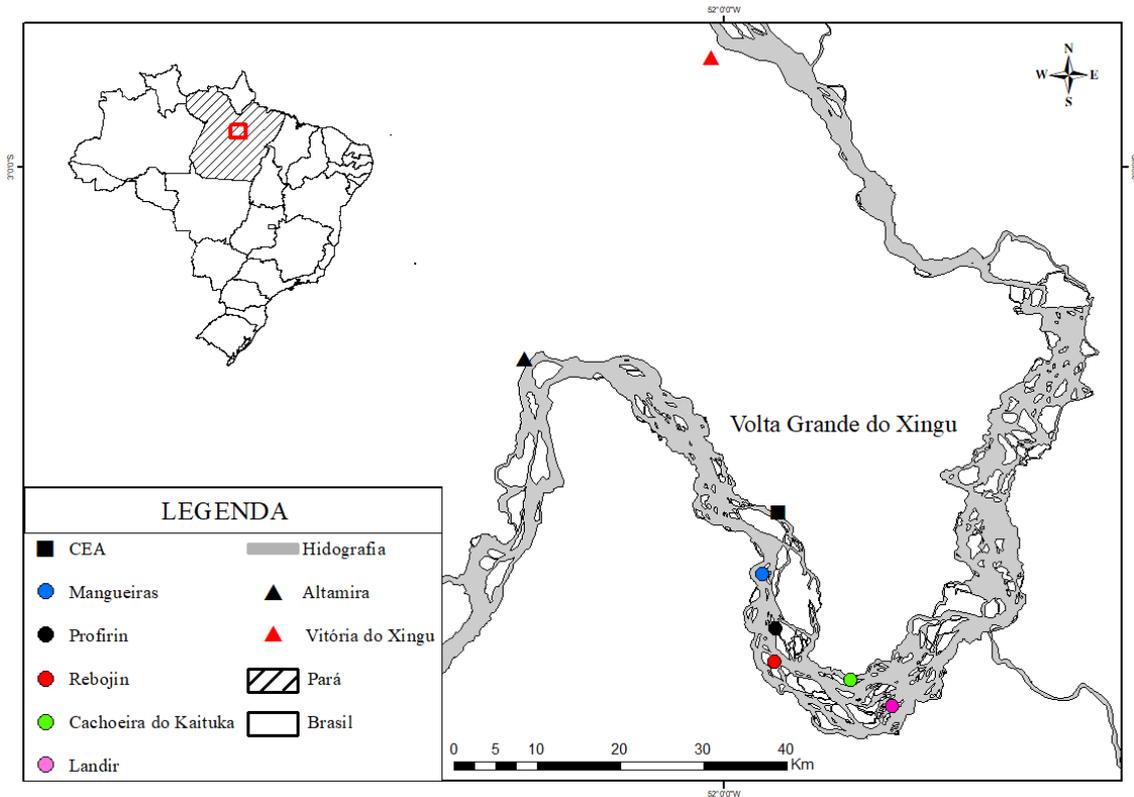


Figura 1. Localização da Volta Grande, no trecho médio do rio Xingu, Pará, Brasil. Pontos de captura dos peixes adultos reprodutores utilizados no estudo.

As capturas foram realizadas com redes de espera com dimensões de 60 m de comprimento, 1,5 de altura e malha 18 de centímetros entre nós, expostas na água durante 10h. Como *P. rhomboidalis* vive em ambientes de pedrais com corredeiras e tem hábitos diurnos (GOMES, 2015; KOLMANN *et al.*, 2021), a amostragem foi realizada às 06h e às 14h. Os indivíduos emalhados foram acondicionados em caixas d'água de 500L presente na embarcação, contendo aeração constante e transportados imediatamente até o CEA para o procedimento de reprodução (Figura 2).



Figura 2. Pescador armando a rede de espera (A). Deslocamento dos peixes até o Centro de Estudos Ambientais – CEA (B).

3.4 Reprodução

Durante o período de estudo foram capturados 44 exemplares de *P. rhomboidalis*, sendo 20 fêmeas e 24 machos. Os animais foram sexados com base na morfologia da nadadeira anal (Figura 3). Para obtenção de dados biométricos, os peixes foram anestesiados com óleo de cravo (eugenol 200 mg/L Phytoterápica, Guarulhos/SP, Brasil), e posteriormente estocados em caixas circulares de 500 L com fluxo contínuo de água captada diretamente do rio Xingu (PA).

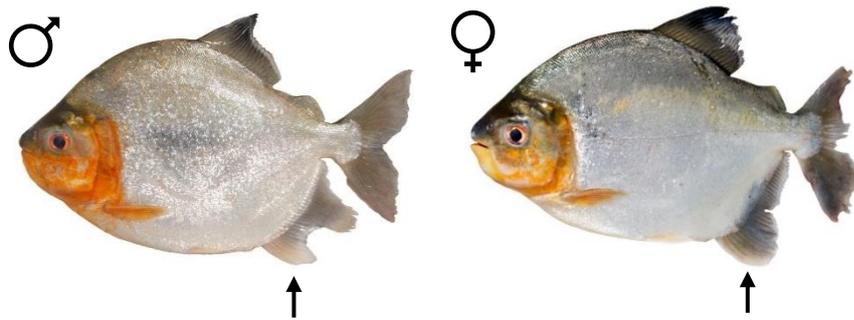


Figura 3. Dimorfismo sexual de *P. rhomboidalis* com destaque para a mudança morfológica das nadadeiras entre machos e fêmeas. As setas indicam a presença (machos) ou ausência (fêmeas) do lobo adicional na nadadeira anal.

Para a desova espontânea, os animais foram selecionados entre os recém-capturados a partir de informações reportadas pelos pescadores (expelindo alguns oócitos no momento da captura). Para desova induzida, a seleção foi realizada a partir de caracteres reprodutivos, como: papila urogenital dilatada, ventre abaulado e vascularizado, utilizando-se dosagens hormonais de Ovopel® de 3 mg/Kg (Ovopel – D Ala6, Pro9. Net – m GnRH), divididos em duas doses, 0,5 e 5 mg/Kg com intervalo de dez horas. Os machos de *P. rhomboidalis* foram induzidos com dose única de Ovopel® a 1mg/kg ao mesmo intervalo em que as fêmeas receberam a segunda dose (SEVIGNANI *et al.*, 2020). A dosagem de hormônio aplicada em cada reprodutor foi calculada através do peso do indivíduo em quilograma, multiplicado pela dosagem determinada em miligramas. O Ovopel® foi macerado em um cadinho de porcelana, acrescentado 1 ml/kg de soro fisiológico 0,9%. Com o auxílio de uma seringa de 10 ml e agulha de 30 x 0,8 mm, os animais foram anestesiados em solução de óleo de cravo (eugenol 200 mg/L). A indução hormonal foi realizada com uma injeção na base da nadadeira peitoral (COELHO *et al.*, 2019). A partir da aplicação da segunda dose, a temperatura da água dos tanques foi aferida de hora em hora por um termômetro digital (XT-1234, Xtrad/Knup, São Paulo, Brasil) até o momento da extrusão, calculando-se então as horas-grau (HG =

Temperatura da água, em °C x Tempo, em H da aplicação da dose hormonal até a extrusão).

Os gametas masculinos foram colhidos antes das fêmeas a 283,9 horas-grau após a indução hormonal. Como os machos de *P. rhomboidalis* não liberaram os espermatozoides por extrusão, realizou-se a eutanásia com uma overdose de óleo de cravo (eugenol 300 mg/L). O testículo foi removido e transferido para um tubo de 15 ml contendo 5 ml de solução de Ringer modificada (128,3 mM NaCl, 23,6 mM KCl, 3,6 mM, CaCl₂, 2,1 mM MgCl₂) onde foi macerado. Uma pequena alíquota foi utilizada para avaliar a motilidade espermática, de acordo com os procedimentos descritos por YASUI *et al.* (2015). A maioria dos “detritos” foram removidos com uma pinça e a suspensão de sêmen resultante foi refrigerada em gelo (~4°C) para posterior inseminação.

Durante todo o experimento machos e fêmeas foram mantidos separados, com densidade de um exemplar para cada 500 L. Após o período de circunspeção, as fêmeas foram anestesiadas em solução de óleo de cravo e extrusadas por massagem abdominal para coleta de gametas (COELHO *et al.*, 2019) (Figura 4).

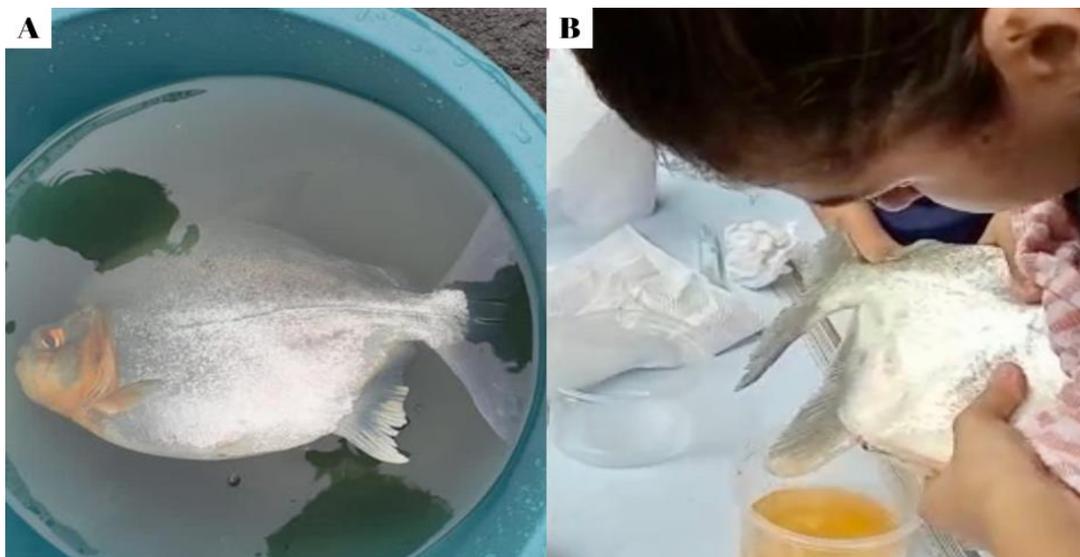


Figura 4. Indivíduo fêmea em processo anestésico (A). Massagem abdominal para extrusão e coleta de gametas femininos de *P. rhomboidalis* (B).

Para a fertilização *in vitro*, com os oócitos coletados em um recipiente plástico de 300 ml, foram pipetados 2 ml de suspensão espermática e imediatamente adicionados 50 ml de água do rio Xingu (27,5°C) para ativação dos gametas. Após 1,5 min, período de motilidade espermática, a maior parte da água foi removida e os ovos foram transferidos para uma incubadora plástica com tela de 50 µm no fundo, imersa em uma caixa de isopor de 40 L com temperatura de 27,5°C e aeração constante (Figura 5) (SILVA *et al.*, 2017; COELHO *et al.*,

2019; NASCIMENTO *et al.*, 2020; COELHO *et al.*, 2021). Após a coleta dos gametas, as fêmeas foram devolvidas ao rio Xingu.

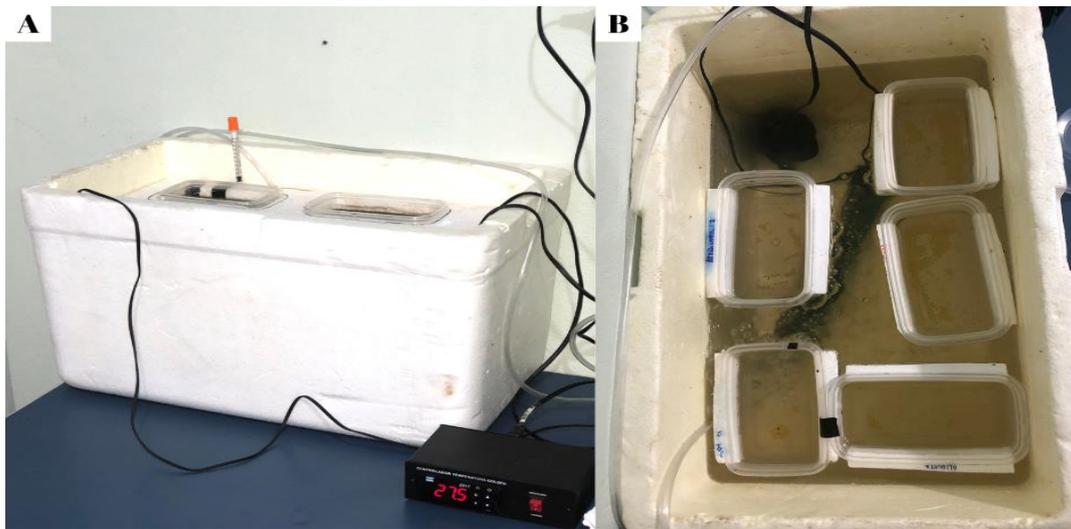


Figura 5. Caixa de isopor com aeração e temperatura devidamente controladas (A). Incubadoras imersas com ovos em desenvolvimento embrionário.

A fecundidade foi contabilizada por amostragem, uma pequena alíquota foi fixada em glutaraldeído 2,5% em solução salina tamponada com fosfato de Dulbecco (Sigma # D5773, St. Louis, EUA) (D-PBS) a fim de calcular a fecundidade absoluta (numero total de oócitos) e fecundidade relativa (número total de oócitos por g da fêmea) (ARASHIRO *et al.*, 2020).

3.4 Estágios de desenvolvimento

Após a fertilização *in vitro*, uma alíquota de embriões foi utilizada para verificar o desenvolvimento inicial de *P. rhomboidalis*. Nessa alíquota, as porcentagens dos principais estágios de desenvolvimento (clivagem, blástula, gástrula, formação de somitos, eclosão e porcentagens de larvas normais e anormais) foram extraídos por meio de monitoramento com auxílio de um estereomicroscópio binocular (Nikon SMZ 800N, Tokyo, Japan) em combinação com uma câmera (CCD de software PrimeCam) calibrada em mm (Figura 6). Para classificação de larvas normais foram observados padrões que possibilitavam sua livre natação, com ausência de má formação na distribuição do vitelo, no desenvolvimento da cauda ou na cabeça. Larvas que eclodiam com dificuldade em livrar-se dos resíduos de córion, com problemas de natação devido a má formação na cauda, cabeça ou mesmo no tamanho e conformação do vitelo, foram classificadas como anormais. Os embriões mortos foram removidos durante a visualização de cada fase (COELHO *et al.*, 2021; BERTOLINI, 2018).

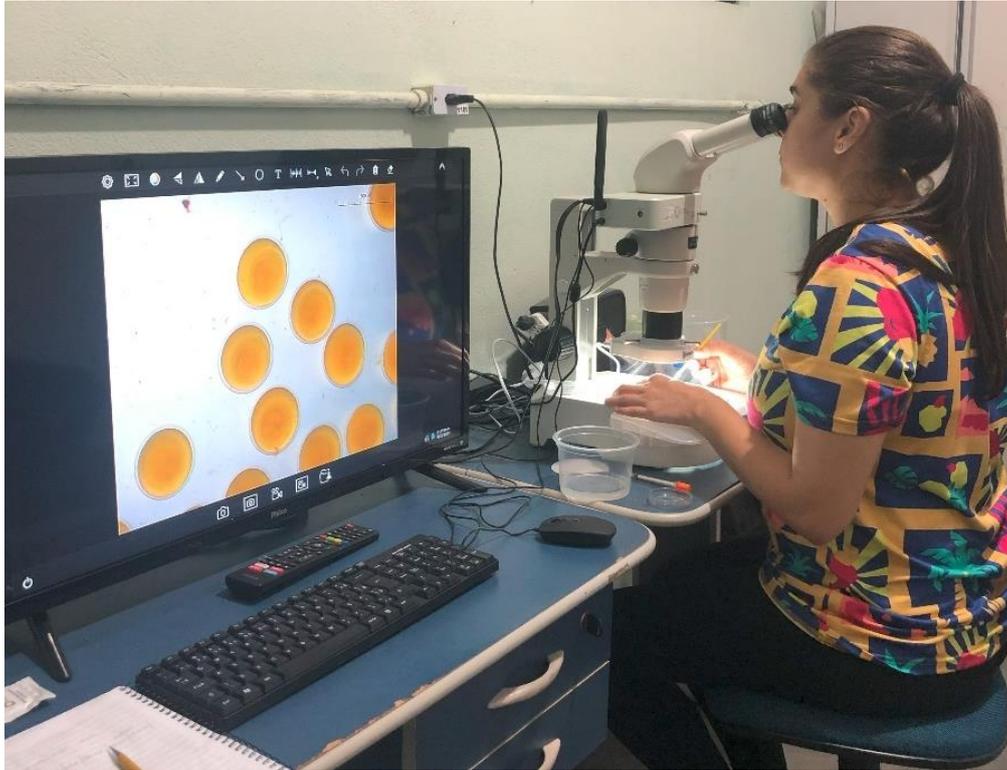


Figura 6. Acompanhamento dos estágios do desenvolvimento inicial de *P. rhomboidalis* em estereomicroscópio binocular.

3.5 Larvicultura

O experimento iniciou-se com 12 dias após a eclosão, próximo ao fim da absorção completa do saco vitelínico. Uma alíquota de 25 larvas para cada tratamento foi alocada em três incubadoras flutuantes possuindo tela de náilon de 100 μm no fundo para permitir o fluxo contínuo de água. Foram realizados três tratamentos em aquários com as respectivas medidas 24,5 x 18 x 11,5 cm: T1= náuplios de artêmia, T2 = ração (0,2 – 0,5 mm 55% de proteína) e T3= ração + náuplios de artêmia.

A água possuía oxigenação contínua e individual, realizada através de um *air lift*, com temperatura controlada a 30°C, o pH mantido entre 6,5 e 7 por pastilhas (60% calcário dolomítico e 40% gesso). Os indivíduos foram alimentados três vezes ao dia (8:00, 13:00 e 18:00 horas) até a saciedade aparente, pelo período de 15 dias. Para manter a qualidade da água e bem-estar dos peixes, foi realizado diariamente o sifonamento dos aquários sempre uma hora após cada alimentação. As biometrias foram realizadas a cada três dias, coletando-se cinco indivíduos de cada incubadora. Para realizar a biometria, as larvas foram fotografadas imersas em água, em uma placa de Petri sobre papel milimetrado (Figura 7), o comprimento total e padrão foi obtido a partir das imagens digitais e posterior processamento no software ImageJ.

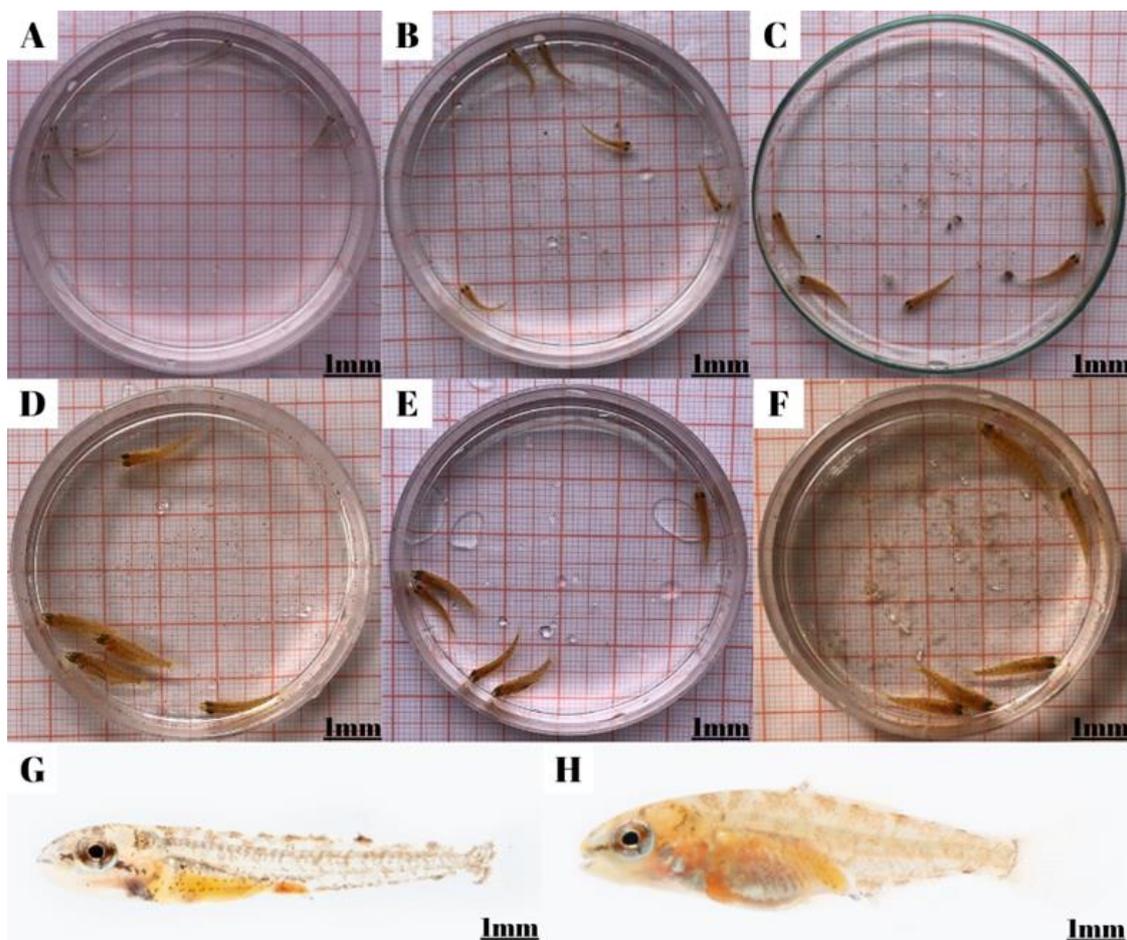


Figura 7. Biometrias realizadas no dia 1 (A), dia 3 (B), dia 6 (C), dia 9 (D), dia 12 (E), dia 15 (F); Imagens representativas dos indivíduos no dia 1 e dia 15 (G e H).

O percentual de sobrevivência foi calculado a partir do número de larvas no início do experimento subtraído pelo número de larvas que sobreviveram, convertidos em porcentagem. O cálculo da taxa crescimento absoluto do comprimento foi realizado com as médias gerais, através da fórmula $\Delta C = C_f - C_i$, onde: C_f é o comprimento final e C_i o comprimento inicial. A taxa de crescimento específico do comprimento TCEc foi calculada com as médias gerais, utilizando a fórmula $TCEc = ((\text{Log}(C_f) - \text{Log}(C_i)) / T) * 100$, onde: $\text{Log } C_f$ representa o comprimento em (mm) final, $\text{Log } C_i$ o comprimento em (mm) inicial e T é o tempo de duração do experimento (dias). Para a taxa de crescimento diário do comprimento médio utilizou-se a fórmula $TCDC = (CE * M_f) / 100$, onde: CE representa o crescimento específico do comprimento e M_f a média final do comprimento (Lugert *et al.*, 2014).

Com o auxílio do medidor multiparâmetro Hanna (H19829), pela manhã (08h00) a cada biometria foram aferidas as variáveis liminológicas, como: temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e amônia.

3.6 Análise de dados

Os dados de reprodução foram expressos como média \pm erro padrão. Para verificar o crescimento e sobrevivência foi realizada a análise do padrão de distribuição dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk. Para verificação da homogeneidade de variância foi utilizado o teste de Levene, seguido pelo teste não paramétrico Kruskal-Wallis para analisar a diferença entre os tratamentos e o post-hoc Games-Howell para identificar essa diferença. Após a análise dos pressupostos foi realizado um teste Permanova determinando a diferença entre todas as variáveis dependentes. Posteriormente realizou-se o teste de análise de variância (ANOVA) verificando o melhor modelo de regressão para curva de crescimento. O teste indicou que o modelo polinomial seria o mais apropriado em relação aos demais modelos ($RSS = 18.72$, $p\text{-value} = 2.2e^{-16}$). Os dados foram analisados pelo software estatístico R, sendo considerado uma significância de $p < 0,05$ para todas as análises.

4. RESULTADOS

4.1 Reprodução

Foram coletadas 20 fêmeas de *P. rhomboidalis* a partir de caracteres reprodutivos aparentes. Mas, apenas três destas expeliram oócitos por desova espontânea e quatro por desova induzida.

O período médio de latência para a desova induzida foi de $31,47 \pm 0,8h$ ($314,7 \pm 10$ horas-grau) (Tabela 1). Logo após a desova e hidratação, os oócitos mediram $2,15 \pm 0,02$ mm e $2,51 \pm 0,02$ mm, respectivamente, resultando em aumento de 0,36 mm que corresponde ao espaço perivitelino (Tabela 2). Os oócitos são grandes, esféricos, de coloração amarela, não adesivos e demersais, com espaço perivitelino reduzido (Figura 8).

Tabela 1. Cálculo da hora-grau, fator determinante do momento de ovulação de extrusão e fertilização *in vitro* de *P. rhomboidalis*.

Hora (h)	Temperatura (°C)	Soma	Hora-grau
10:00	31,3	31,3	31,3
11:00	31,6	31,3 + 31,6	62,9
12:00	31,6	31,3 + 31,6 + 31,6	94,5
13:00	31,7	31,3 + 31,6 + 31,6 + 31,7	126,2
14:00	31,7	31,3 + 31,6 + 31,6 + 31,7 + 31,7	157,9
15:00	31,6	31,3 + 31,6 + 31,6 + 31,7 + 31,7 + 31,6	189,5
16:00	31,5	31,3 + 31,6 + 31,6 + 31,7 + 31,7 + 31,6 + 31,5	221
17:00	31,5	31,3 + 31,6 + 31,6 + 31,7 + 31,7 + 31,6 + 31,5 + 31,5	252,5
18:00	31,4	31,3 + 31,6 + 31,6 + 31,7 + 31,7 + 31,6 + 31,5 + 31,5 + 31,4	283,9
19:00	30,8	31,3 + 31,6 + 31,6 + 31,7 + 31,7 + 31,6 + 31,5 + 31,5 + 31,4 + 30,8	314,7

Tabela 2. Dados morfométricos de oócitos de *P. rhomboidalis*, não hidratados e pós-hidratação.

Oócitos	Média (mm) \pm EP	Figura
Não hidratados	$2,15 \pm 0,02$	1 A
Pós-hidratação	$2,51 \pm 0,02$	1 B

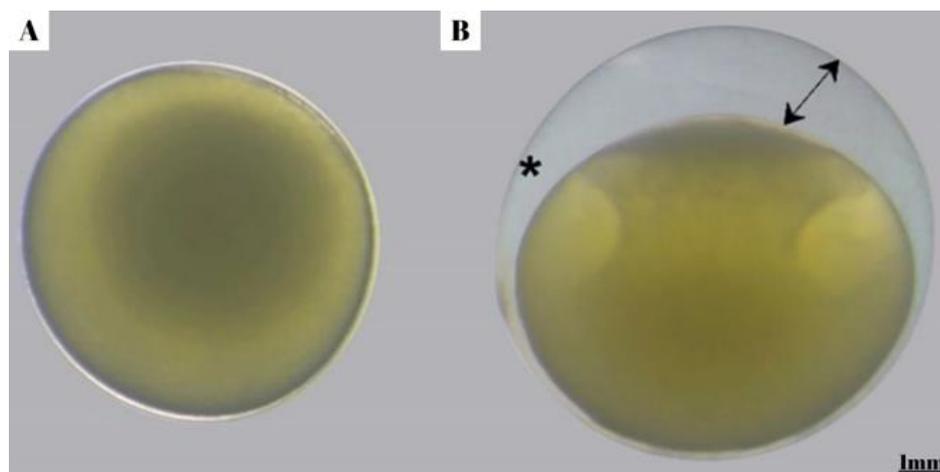


Figura 8. Gametas femininos de *P. rhomboidalis*. (A) Ócito não hidratado; (B) Ovo recém fertilizado pós-hidratação, tornando visível o espaço perivetelino e mesma coloração.

O peso médio das fêmeas de desova espontânea variou de 1.336 a 2.000 kg com média de 1.619 kg, fecundidade absoluta de $1.136 \pm 381,146$, fecundidade relativa de $7,01e^{-4} \pm 2,46e^{-4}$, percentual de fertilização de $84,57 \pm 14,52\%$ e eclosão $66,24 \pm 17,14\%$. As fêmeas da desova induzida variaram de 1.381 a 1.820 kg com média de 1.647 kg, fecundidade absoluta $1.258 \pm 661,731$, fecundidade relativa $7,30e^{-4} \pm 3,55e^{-4}$, percentual de fertilização $95,33 \pm 2,84\%$ e eclosão $69,26 \pm 5,06\%$ (Tabela 3).

Tabela 3. Sobrevivência (%) nas principais fases do desenvolvimento embrionário de *P. rhomboidalis* submetida a 27,5 °C.

Desova	n	Não- fertilizados (%)	Clivagem (%)	Blástula (%)	Gástrula (%)	Segmentação (%)	Eclosão (%)	Larvas (%)	
								Normais	Anormais
Esponânea	380	15,43 ± 14,52	84,57 ± 14,52	79,24 ± 12,44	78,93 ± 12,22	67,17 ± 16,37	66,24 ± 17,14	96,93 ± 0,67	3,07 ± 0,67
Induzida	582	4,67 ± 2,84	95,33 ± 2,84	94,49 ± 3,19	89,95 ± 2,67	66,78 ± 17,83	69,23 ± 5,06	84,14 ± 11,56	15,86 ± 11,56

As porcentagens e o número de ovos resultaram de três repetições de desova espontânea e quatro de desova induzida, cada uma utilizando diferentes fontes de gametas.

Não foi observada diferença significativa na análise do desenvolvimento embrionário, quanto à sobrevivência e porcentagem de larvas normais, para os grupos experimentais: Desova espontânea e desova induzida. Todos os grupos apresentaram mais de 50% de eclosão, com mais de 80% de embriões normais. Com relação às características morfológicas, não houve distinção entre as desovas.

O comprimento padrão médio das larvas recém-eclodidas de ambos os grupos foi de $5,98 \pm 0,18$ mm. As larvas normais apresentaram-se translúcidas, com vitelo de cor amarela, ausência de pigmentação e pouca capacidade natatória, havendo somente uma nadadeira

embrionária “finfold” recobrando toda a região caudal. As larvas anormais apresentavam as mesmas características anteriores, porém foram identificadas devido má formação e natação errática (Figura 9).

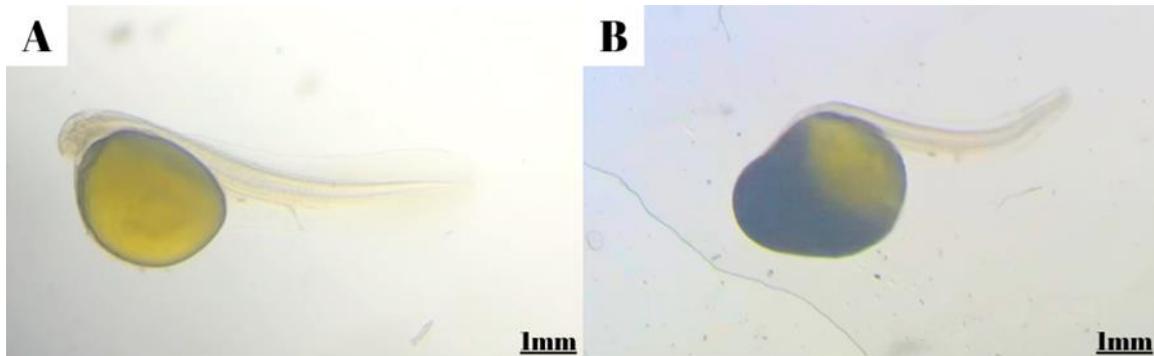


Figura 9. Larvas de *P. rhomboidalis* com morfologia normal (A) e anormal (B).

4.2 Larvicultura

O comprimento padrão médio das pós-larvas no início do experimento foi de $10,21 \pm 0,04$ mm. O crescimento das larvas de *P. rhomboidalis* alimentadas com diferentes dietas apresentou uma regressão polinomial com o coeficiente de determinação variando de $R^2 = 0,77$ (peixes alimentados com náuplio de artêmia), $R^2 = 0,77$ (peixes alimentados com ração) e $R^2 = 0,73$ (peixes alimentados com ração e náuplio de artêmia) (Figura 10). Não existiu similaridade entre os tratamentos ($chi\text{-squared} = 28,148$, $df = 2$, $p\text{-value} = 7,722e-07$) (Figura 10), no entanto, o tratamento 3 ($p\text{-value} = 0,026$) apresentou melhor desempenho quando comparado aos tratamentos 1 e 2. O comprimento padrão médio final ($17,03 \pm 0,22$ mm) também foi consideravelmente maior neste tratamento (Tabela 4), o crescimento padrão diário estimado foi $0,246497132$ mm (Tabela 5).

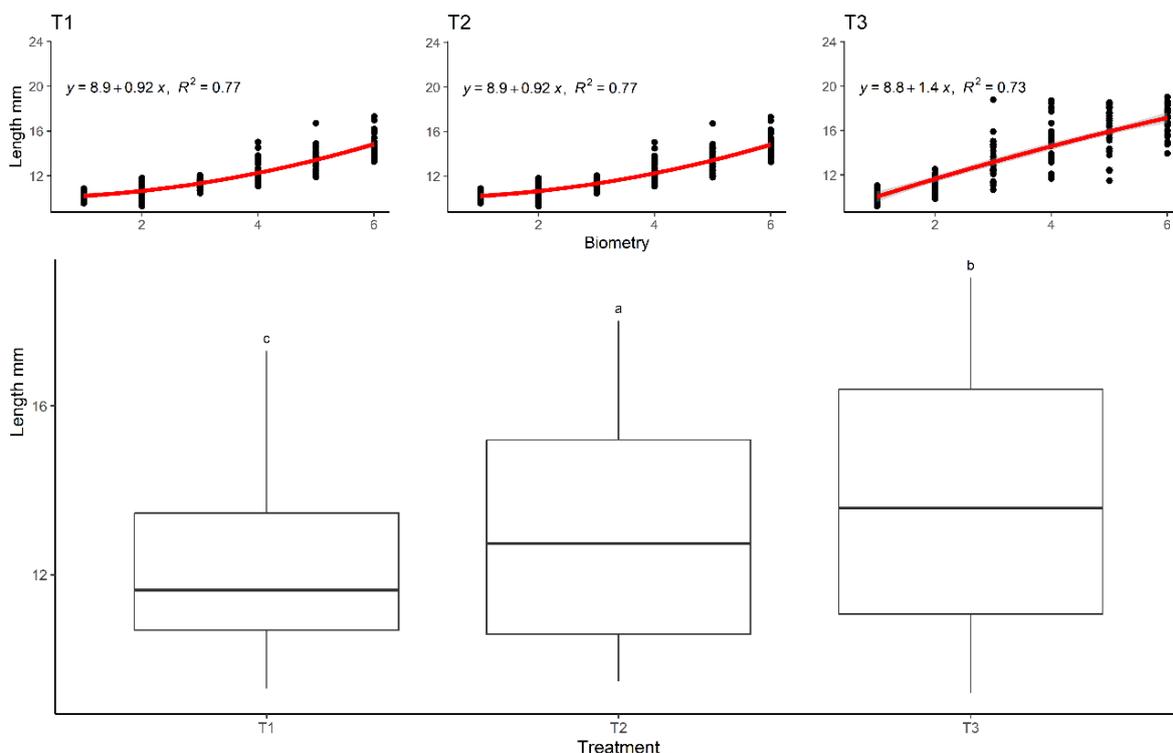


Figura 9. Curva de Crescimento (mm) de larvas de *P. rhomboidalis* alimentadas com diferentes dietas. T1: Artêmia: $y = 8.9 + 0.92x$, $R^2 = 0.77$; T2: Ração: $y = 8.5 + 1.3x$, $R^2 = 0.77$; T3: Ração e Artêmia: $y = 8.8 + 1.4x$, $R^2 = 0.73$. Comparação entre os tratamentos indicando que não existiu similaridade entre eles.

Tabela 4. Sobrevivência (%), comprimento padrão (CP) (mm) e comprimento total (CT) (mm) de larvas de *P. rhomboidalis*.

Tratamento	(n) Inicial	(n) Final	Sobrevivência (%)	Dias	Média Inicial		Média Final	
					CP (mm)	CT (mm)	CP (mm)	CT (mm)
1	100	95	95	15	10,22 ± 0,07	11,33 ± 0,07	14,83 ± 0,19	16,47 ± 0,15
2	100	93	93	15	10,07 ± 0,06	11,17 ± 0,06	16,26 ± 0,21	17,80 ± 0,16
3	100	95	95	15	10,33 ± 0,08	11,44 ± 0,07	17,03 ± 0,22	18,84 ± 0,21

Tabela 5. Estatística descritiva de percentual de crescimento por tratamento.

Tratamento	Crescimento Absoluto		Crescimento Específico		Crescimento por dia	
	CP (mm)	CT (mm)	Comp. Padrão (%)	Comp. Total (%)	Comp. Padrão (mm)	Comp. Total (mm)
1	4,62 ± 0,12	5,14 ± 0,08	1,077935035	1,083091262	0,159857766	0,178385131
2	6,18 ± 0,15	6,63 ± 0,10	1,387273805	1,349112195	0,225570721	0,240141971
3	6,70 ± 0,14	7,40 ± 0,14	1,447428843	1,444365827	0,246497132	0,272118522

Após 15 dias de criação, a análise dos resultados de sobrevivência das pós-larvas de *P. rhomboidalis* não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

Durante o experimento, as variáveis físico-químicas mantiveram-se dentro dos limites considerados adequados para peixes tropicais (Tabela 6). Dessa forma, a qualidade de água

não influenciou os tratamentos ($p < 0,05$).

Tabela 6. Valores médios e erro padrão das variáveis limnológicas observadas durante o período de experimento com larvas de *P. rhomboidalis*, nos diferentes tratamentos.

TRATAMENTO	AMÔNIA (mg/L)	OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)	pH	TEMPERATURA (°C)	CONDUTIVIDADE $\mu\text{s/cm}$
1	0 \pm 0	11,56 \pm 0,05	6,53 \pm 0,02	30,12 \pm 0,02	0,63 \pm 0
2	0 \pm 0	11,55 \pm 0,05	6,52 \pm 0,02	30,12 \pm 0,02	0,63 \pm 0
3	0 \pm 0	11,54 \pm 0,05	6,52 \pm 0,02	30,12 \pm 0,02	0,63 \pm 0

5. DISCUSSÃO

A reprodução artificial em espécies de Serrasalminidae é descrita na literatura, como é o caso de *Piaractus mesopotamicus* (COELHO *et al.*, 2021), *Piaractus brachypomus* (LIMA, 2014) e *Colossoma macropomum* (SOUZA *et al.*, 2018). Entretanto, estudos com a espécie em questão ainda são inexistentes.

Os critérios para seleção de fêmeas maduras, como morfologia do abdômen, dilatação e vermelhidão da papila urogenital, provaram ser eficazes para o estudo da espécie. Características essas que foram eficientes para seleção de outras espécies de Characiformes como, *Colossoma macropomum* (SOUZA *et al.*, 2018), *Piaractus mesopotamicus* (COELHO *et al.*, 2021), *Piaractus brachypomus* (LIMA, 2014) *Brycon cephalus* (ROMAGOSA *et al.*, 2001), como também para alguns Siluriformes neotropicais *Pseudopimelodus charus* e *Rhamdia quelen* (VIEIRA e YOSHIMI, 2006), *Pseudopimelodus mangurus* (ARASHIRO *et al.*, 2020).

SOUZA *et al.* (2018) testaram dosagens únicas em diferentes concentrações de Ovopel (0,2 e 0,4 pélete kg⁻¹ de peso vivo) em fêmeas de *C. macropomum*. As matrizes submetidas a essas dosagens desovaram com 417 e 412 horas-grau respectivamente com temperatura média de 26°C, não apresentando diferença estatística entre os tratamentos. SANTOS *et al.* (2012) observaram que em fêmeas de *P. mesopotamicus* as dosagens de 0,5 e 5 mg/kg de Ovopel com intervalo de 12 horas, o tempo de ovulação variou de 306 a 364 horas-grau a 27°C e apenas uma fêmea não respondeu a ovulação, indicando provável imaturação. *Piaractus brachypomus* obtém desovas entre 240 a 280 horas-grau em temperaturas que variaram de 27 e 29°C (SENAR, 2017). Em determinadas espécies de peixes, a aplicação de duas doses de Ovopel é um dos protocolos mais eficazes para indução da reprodução do que o uso da dose única, talvez pelo fato do Ovopel atuar fazendo com que o peixe produza sua própria gonadotrofina, reponsável pela maturação final e liberação dos oócitos, este mecanismo pode explicar os maiores graus-hora ocorridos no presente estudo com as fêmeas de *P. rhomboidalis*, substanciando com os autores citados anteriormente.

Espécies que possuem características morfológicas de oócitos com pequeno diâmetro, esféricos e não adesivos, e após fertilização apresenta amplo espaço perivitelino como *C. macropomum* (LEITE *et al.*, 2013) e *P. brachypomus* (ROMAGOSA *et al.*, 1990), são atributos apresentados por espécies migradoras de desova total, com alta fecundidade e sem cuidado parental (VAZZOLER, 1996), esse ovos são liberados livremente a jusante, assim sendo oxigenados e dispersos conforme as correntes (RIZZO *et al.*, 2007). Por sua vez, os

oócitos de *P. rhomboidalis* apresentam aspectos distintos, sendo grandes, demersais e com pouco espaço perivitelino, características como estas indicam que a espécie pode apresentar algum tipo de cuidado com a prole ou apenas exista uma estreita relação com o fundo do ambiente aquático, ou seja, pode ser que a dispersão ocorra pelo substrato (NAKATANI *et al.*, 2001; RIZZO e BAZZOLI 2020).

A reserva energética dos embriões esta diretamente relacionada com o tamanho do ovo, isso pode influenciar e maximizar a sobrevivência das larvas. Espécies migradoras possuem alta fecundidade e diâmetro de ovo reduzido como *C. Macropomum* (VAZZOLER, 1996; VIEIRA *et al.*, 1999; AMARAL JR *et al.*, 2017), e *P. mesopotamicus* com média de diâmetro do ovo de 1,5 e 1,25 mm respectivamente (TOMITA *et al.*, 2008). *P. rhomboidalis* possui ovo com diâmetro superior aos demais descritos para espécies da mesma família e outros Characiformes variando de 1,03 a 1,46 mm (ISAÚ *et al.*, 2013; NAKAGHI *et al.*, 2014; WEBER *et al.*, 2013), o que possa ser um indicativo de que a espécie *P. rhomboidalis* não seja migradora e sim apenas reofilica.

De modo geral, após a fertilização dar-se início ao período embrionário, com sucessivos eventos morfológicos que formarão o embrião, até que ocorra a eclosão, rompimento do córion causado por contrações musculares vigorosas da cauda e do corpo das larvas (NAKATANI *et al.*, 2001). O tempo de eclosão também estar relacionado com a temperatura da água, LEITE *et al.* (2013) consideraram que a eclosão das de *C. macropomum* após a fertilização foi curto, corroborando com o trabalho de OLAERTE *et al.* (2010) com *P. brachypomus* e LIMA *et al.* (2014) com *C. macropomum* e *P. brachypomus*, já para a espécie *P. mesopotamicus* submetidas a temperatura semelhante, considerou-se um tempo médio (COELHO *et al.*, 2021). Em contra partida, o tempo de incubação dos ovos de *P. rhomboidalis* é considerado longo quando submetidos a temperatura de 27,5, possivelmente devido ao diâmetro do ovo, ou seja, quanto maior é ovo maior é o período embrionário ou até mesmo pela temperatura que no qual foram submetidos.

Maiores percentuais de fertilização foram encontrados para *P. rhomboidalis* quando comparadas com outros Characiformes Neotropicais como *Brycon orbignyanus* (15,4%), *Megaleporinus macrocephalus* (25,8%), *P. mesopotamicus* (42,8%), *P. lineatus* (75,4%), *Salminus brasiliensis* (40,4%) quando incubados entre temperaturas de 24°C e 27,5°C (REYNALTE-TATAJE *et al.*, 2013). O alto percentual de fertilização pode ser atribuído ao estado dos reprodutores, uma vez que foram capturados no ambiente natural. Nesse ambiente, eles podem encontrar as condições necessárias para seu desenvolvimento, incluindo aspectos

como nutrição e local ideal de desova. Outros aspectos que podem influenciar o percentual de fertilização é o diâmetro do oócito (LAHNSTEINER *et al.*, 2009), tempo da fertilização (SUQUET *et al.*, 1995), duração da motilidade dos espermatozoides (BILLARD *et al.*, 1992), o tempo de manipulação dos gametas (KAVAMOTO *et al.*, 1999), além da qualidade da água de incubação.

O peso das fêmeas entre os grupos experimentais foi relativamente semelhante. As outras características ovocitárias também foram semelhantes entre os grupos, tais como a fecundidade, fertilização, eclosão e morfometria dos oócitos, mostrando que independentemente do método (espontâneo e induzido) o desempenho reprodutivo é similar. STREIT JR *et al.* (2012) encontraram valores médios de produção de oócitos em relação ao peso vivo de *C. macropomum*, SANTOS e GARCEZ (2015) observaram o mesmo comportamento de desova. Corroborando com os autores anteriores, AMARAL JR *et al.* (2017) apresentaram valores superiores para a mesma espécie. Em disparidade com esses autores e algumas espécies de Serrasalminidae, o percentual de desova do presente estudo foi consideravelmente inferior, podendo ser devido ao fato de terem oócitos maiores quando comparados com *C. Macropomum* (AMARAL JR *et al.*, 2017), *P. brachypomus* (OLARTE *et al.*, 2010) e *P. mesopotamicus* (TOMIITA *et al.*, 2008).

Segundo NAKATANI *et al.* (2001) no primeiro estágio de desenvolvimento após a eclosão, diversas espécies de peixes apresentam-se pouco desenvolvidas, sendo caracterizadas como altriciais (BIALETZKI *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2022; CAJADO *et al.*, 2023), características semelhantes foram observadas em larvas recém-eclodidas de *P. rhomboidalis*.

Diversas pesquisas foram sucedidas com o objetivo de avaliar a utilização de dietas artificiais (ração) e alimentos vivos (náuplios de artêmia, zooplâncton entre outros) na larvicultura, como o *B. orbigyanus* (PIOVEZAN, 1994), *Carassius auratus* (SOARES *et al.*, 2000), *Pimelodus maculatus* (LUZ e ZANIBONI FILHO, 2001), *Odontesthes bonariensis* (PIEDRAS e POUHEY, 2004), *C. macropomum* (DE ALMEIDA *et al.*, 2019). Em todos esses experimentos citados foi utilizado alimento vivo, gerando melhores resultados quando comparados com dietas artificiais fornecidas diretamente às pós-larvas. No presente estudo, o tratamento ração + artêmia proporcionou o melhor desempenho para pós-larvas de *P. rhomboidalis*, corroborando com os dados de *Pimelodus britskii* (DIEMER *et al.*, 2010), *P. mesopotamicus* (LUI *et al.*, 2015), *C. macropomum* (PEDREIRA *et al.*, 2015) *P. argenteus* (FERREIRA *et al.*, 2017) e *Heros severus* (CAMPELO *et al.*, 2020).

Para *C. macropomum* (ALMEIDA *et al.*, 2019), híbrido tambacu (LOMBARDI e GOMES, 2008) e *Salmo trutta caspius* (BABOLI *et al.*, 2012), as pós-larvas quando alimentadas com náuplios de artêmia apresentam melhor desenvolvimento. Segundo ROCHA *et al.* (2017), é de extrema importância iniciar a alimentação de pós-larvas com alimentos vivos, uma vez que são fonte de proteínas, lipídios, vitaminas e minerais se tornando um fator importante para altos percentuais de sobrevivência e crescimento. Por outro lado, os resultados encontrados para pós-larvas de *P. rhomboidalis* não corroboraram com os autores citados, por mais que os náuplios de artêmia sejam proteicos e bem mais atrativos, devido ao seu comportamento de pouca natação nos seis primeiros dias de experimento, fator este que possa ter influenciando no baixo desempenho para esse tratamento (náuplio de artêmia).

Protocolos de transição alimentar têm sido experimentados para possível redução do tempo de oferta de alimentos vivos e melhorar o desempenho (ADAMANTE *et al.*, 2007; JOMORI *et al.*, 2008; CORASPE-AMARAL *et al.*, 2012). Contudo, vários fatores como a imaturidade do trato digestivo das larvas e pós-larvas de espécies nativas, nem sempre esses protocolos podem colaborar com o desempenho. De acordo com FERREIRA *et al.* (2017) as larvas da espécie *P. argenteus* foram capazes de consumir ração comercial no início da alimentação exógena. SANTOS *et al.* (2016) afirma que após a eclosão, no 18º dia de vida do *P. argenteus*, o estômago já está funcional possuindo capacidade de absorção de alimentos exógenos inertes. Por outro lado, para as pós-larvas de *P. rhomboidalis* que também é um Characiformes neotropical, o tratamento com ração não foi eficiente por mais que o experimento tenha iniciado próximo ao fim da absorção completa do saco vitelínico onde provavelmente o trato digestivo estivesse parcialmente desenvolvido.

A manipulação alimentar relacionando alimentos vivos e rações propiciam altos índices de crescimento e sobrevivência em estágios iniciais de desenvolvimento para diversas espécies de peixes (SOARES *et al.*, 2000; DIEMER *et al.*, 2010). Os resultados expostos estão em concordância com essa afirmação, assim a junção de ração com náuplio de artêmia pode apresentar vantagens na larvicultura do *P. rhomboidalis*.

Durante o experimento alguns aspectos importantes relacionados ao comportamento e desenvolvimento larval foram observados. O experimento iniciou-se com 12 dias após a eclosão, onde o consumo do vitelo estava próximo ao fim dando início a transição alimentar de endógena para exógena. Nos dois primeiros dias em todos os horários de alimentação, a aceitação do alimento ofertado para todos os tratamentos foi mínima, fato que se explica por estarem em fase de adaptação. Posteriormente, os horários de maior consumo foram os

diurnos (08h e 13h), sabe-se que a espécie quando adulta possui hábitos diurnos, indicando que possivelmente exista uma correlação. Nos seis primeiros dias do experimento as pós-larvas de *P. rhomboidalis* ficavam boa parte do tempo no substrado da incubadora e só nadavam ocasionalmente, obviamente, por estarem em fase de desenvolvimento. Com a idade, a frequência desses movimentos aumentaram e elas passaram a nadar no sentido horizontal e com mais vigor nos dias subsequentes. Esse comportamento também foi observado por outros autores, SANTOS e GODINHO (1992) estudaram o comportamento de seis espécies de larvas sob condições experimentais, LUZ *et al.* (2000) em *Salminus maxillosus* e BERLI *et al.* (2004) em *P. mesopotamicus*.

Em suma, este estudo obteve informações inéditas de reprodução *in vitro* e larvicultura dessa espécie, reunindo informações que darão suporte tanto para as ciências básicas quanto para ciências aplicadas, possibilitando o entendimento biológico e contribuindo para a produção e conservação da espécie em questão.

6. CONCLUSÃO

O desempenho reprodutivo das fêmeas dos dois grupos (espontâneo e induzido) foi semelhante e não apresentou diferenças morfológicas e morfométricas, produzindo ovos e larvas viáveis. A espécie possui baixa fecundidade, longo tempo de incubação, provável desova parcelada, possível cuidado com a prole apresentando algumas características e comportamentos diferentes dos demais Serrasalmidae.

A utilização de ração + náuplio de artêmia nos primeiros 15 dias de alimentação exógena das pós-larvas de *P. rhomboidalis* foi o que promoveu os melhores resultados de desempenho.

REFERÊNCIAS

- ADAMANTE, W. B.; WEINGARTNER, M.; NUÑER, A. P. O. Feed transition in larval rearing of bocudo, *Steindachneridion scripta* (Pisces, Pimelodidae), using *Artemia* spp. nauplii and artificial diet. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. 1294-1300, 2007.
- ALBERT, J. S.; TAGLIACOLLO, V. A.; DAGOSTA, F. Diversificação de peixes neotropicais de água doce. **Revisão Anual de Ecologia, Evolução e Sistemática**, v. 51, p. 27-53, 2020.
- AMARAL JUNIOR, P. Avaliação dos parâmetros reprodutivos de reprodutores de Tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818). Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.
- ARASHIRO, D. R.; YASUI, G. S.; CALADO, L. L.; DO NASCIMENTO, N. F.; DO SANTOS, S. C. A.; SHIGUEMOTO, G. F.; MONZANI, P. S.; SENHORINI, J. A. Capturing, induced spawning, and first feeding of wild-caught *Pseudopimelodus mangurus*, an endangered catfish species. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 48, n. 3, p. 440-445, 2020.
- BABOLI, M. J.; ROOZBEHFAR, R.; BIRIA, M. Use of decapsulated artemia cysts for the growth and survival of caspian salmon (*Salmo trutta caspius*) fry. **Internacional J. Biosci**, v. 2, p. 110-115, 2012.
- BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura 3rd edn. **Santa Maria, Editora da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 377, 2013.
- BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria, Editora da Universidade Federal de Santa Maria, p. 606, 2010.
- BEERLI, E. L.; LOGATO, P. V. R.; FREITAS, R. T. F. Alimentação e comportamento de larvas de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Ciência e agrotecnologia**, v. 28, p. 149-155, 2004.
- BERTOLINI, R. M. Crescimento e aspectos reprodutivos do *Pimelodus maculatus* triploides. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Zoologia) - Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, 2018.
- BIALETZKI, A.; GARCIA, D. A. Z.; ORSI, M. L. O estudo de ovos e larvas de peixes (p. 17-24). In: ORSI, M. L.; ALMEIDA, F. S.; SWARCA, A. C.; CLARO-GARCÍA, A.; VIANNA, N. C.; GARCIA, D. A. Z.; BIALETZKI, A. **Ovos, Larvas e Juvenis dos peixes da bacia do rio Paranapanema: uma avaliação para a conservação**. 1st ed. São Paulo: Triunfal Gráfica e Editora, 2016.
- BILLARD, R.; COSSON, J.; PERCHEC, J.; LINHART, O. Biology of sperm and artificial reproduction in carp. **Aquaculture**, v. 129, p. 95-112, 1995.
- BONISLAWSKA, M.; FORMICKI, K.; KORZELECKA-ORKISZ, A.; WINNICKI, A. Fish 466 egg size variability: biological significance. **Electr J Pol Agric Univ Fish**, v. 4, n. 2, p.1-15, 2001.

CAJADO, R. A.; SILVA, F. K. S.; OLIVEIRA, L. S.; SANTOS, Z. D.; BIALETZKI, A.; ZACARDI, D.M. História de vida inicial de dois peixes Neotropicais Triportheidae (Characiformes). **Ictiologia Neotropical**, v. 21, p. e220102, 2023.

CAJADO, R. A.; DA SILVA, L. V. F.; DOS SANTOS, M. J. L.; ZACARDI, D. M. Descrição morfológica do desenvolvimento inicial de *Brycon amazonicus* (Characiformes, Bryconidae) do Baixo Amazonas, Pará. **Biota Amazônia**, v. 11, n. 1, p. 60-67, 2021.

CAMPELO, D. A. V.; RODRIGUES, E. R.; DIAS, B. C. B.; JÚNIOR, A. S. P.; SANTOS, L. D.; BRABO, M. F.; MOURA, L. B.; VERAS, G. C. Utilização de diferentes alimentos na larvicultura do peixe ornamental amazônico Acará Severo. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 6, n. 3, p. 14035-14049, 2020.

COELHO, G. C. Z.; ISAAC, S. Y.; MIRA-LÓPEZ, T. M.; MONZANI, P. S.; ARASHIRO, D. R.; SENHORINI, J. A.; FUJIMOTO, T.; YASUI, G. S. Preparation of a fish embryo for micromanipulation: staging of development, removal of the chorion and traceability of PGCs in *Prochilodus lineatus*. **International Journal of Developmental Biology**, v. 63, n. 1-2, p. 57-65, 2019.

COELHO, G. C. Z.; ARASHIRO, D. R.; DISSELLI, T.; PEREIRA-SANTOS, M.; MIRA-LÓPEZ, T. M.; MONZANI, P. S.; SENHORINI, J. A.; FUJIMOTO, T.; YASUI, G. S. Developmental stages, incubation temperature, and in vivo traceability of primordial germ cell in an important aquaculture species *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture**, v. 535, p. 736381, 2021.

CORASPE-AMARAL, M.V.; PEDREIRA, M.M.; COSTA, D.C.; DUPIM, A.E.; PELLI, A.; OLIVEIRA, N.M. Time of feed transition and inclusion levels of exogenous protease in rations for piabanha-do-pardo *Brycon* sp. Hatchery. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, p. 347-353, 2012.

CORDEIRO, J. G.; RODRIGUES, J.; RODRIGUES, M. D. S.; BERTOLINI, R. M.; NÓBREGA, R. H.; YASUI, G. S.; MAXIMINO, C.; SIQUEIRA-SILVA, D. H. Reproductive cycle of the tetra *Astyanax bimaculatus* (Characiformes: Characidae) collected in Amazonian streams. **Zygote**, 2019.

CORREA, S. B.; ARUJO, J. K.; PENHA, J.; CUNHA, C. N.; BOBIER, K. E.; ANDERSON, J. T. Stability and generalization in seed dispersal networks: A case study of frugivorous fish in Neotropical wetlands. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 283, n. 1837, p. 1-9, 2016.

CORREA, S. B.; COSTA-PEREIRA, R.; FLEMING, T.; GOULDING, M.; ANDERSON, J. T. Neotropical fish-fruit interactions: Eco-evolutionary dynamics and conservation. **Biological Reviews**, v. 90, n. 4, p. 1263-1278, 2015.

DA SILVA, R. C.; PEREIRA-SANTOS, M.; SENHORINI, J. A.; PAES, M. D. C. F.; VALENTIN, F. N.; FUJIMOTO, T.; NASCIMENTO, N. F.; YASUI, G. S.; NAKAGHI, L. S. O. The effect of temperature on the initial development of *Brycon amazonicus* Spix & Agassiz, 1829 as tool for micromanipulation of embryos. **Zygote**, v. 25, n. 5, p. 637-651, 2017.

DAGOSTA, F. C. P.; PINNA, M. The Fishes of the Amazon: Distribution and

Biogeographical Patterns, with a Comprehensive List of Species. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 431, n. 1, p. 1-163, 2019.

DE ALMEIDA, C. A. L.; SOBREIRA, V. J.; TUZZI, Z. V.; DEL-VESCO, A. P.; SANTOS, O. J. W.; GOMES, R. P.; MURILO, O. J. G.; OLIVEIRA, B. C. Desenvolvimento embrionário e o efeito de diferentes dietas no desempenho de pós-larvas de tambaqui. **Interciencia**, v. 44, n. 11, p. 637-643, 2019.

DE OLIVEIRA, R. D.; SENNA, C. S. F.; DOS SANTOS, J. S. Patrimony and nature tourism: impacts on activity after the construction of the Belo Monte hydroelectric plant (UHBM) in the middle Xingu, Altamira, Pará. **Espaço em Revista**, v. 23, n. 2, p. 52-71, 2021.

DIEMER, O.; NEU, D. H.; SARY, C.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A. A. Manejo alimentar na larvicultura do mandi-pintado (*Pimelodus britskii*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 3, p. 903-908, 2010.

ELETROBRÁS. Relatório de Impacto Ambiental da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. 2019.

ESCHMEYER, W. N.; FRICKE, R.; VAN DER LAAN, R. Catalog of fishes: **Genera, species, references, California Academy of Sciences, San Francisco, CA, USA**. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>, 2020.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture, p. 1-26, 2020.

FELIZARDO, V. O.; MURGAS, L. D. S.; ANDRADE, E. S.; LÓPEZ, P. A.; FREITAS, R. T. F.; FERREIRA, M. R. Effect of timing of hormonal induction on reproductive activity in lambari (*Astyanax bimaculatus*). **Theriogenology**, v. 77, p. 1570-1574, 2012.

FERREIRA, A. L.; SCHORER, M.; PEDREIRA, M. M.; SANTOS, T. G.; SAMPAIO, E. V.; SANTOS, J. C. E. D. Ração comercial e náuplios de Artemia congelados na primeira alimentação de larvas de curimatã-pacu. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, n. esp, p. 47-53, 2017.

FRANCO, V. S. Previsão hidrológica de cheia sazonal na sub-bacia do rio Xingu e análise de vulnerabilidade social em Altamira-PA. Universidade Federal do Pará, Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Instituto de Geociências, Belém, 2014.

FREIRE, L. M. Impactos Ambientais no Rio Xingu diante da Implantação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte no Estado do Pará: Subsídios para o Planejamento Ambiental. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 23, p. 490-493, 2014.

FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. Species by Family/Subfamily. **Electronic version accessed**, 2019.

GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. **Águas, Peixes e Pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. SOGRAFE – Editora e Gráfica Ltda, p. 461, 2003.

GOGOLA, T. M.; PIANA, P. A.; DA SILVA, P. R. L.; TOPAN, D. A.; SANCHES, P. V. Fish reproductive activity reveals temporal variations predominating spatial heterogeneity in maintaining high functional diversity of a Neotropical reservoir. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 31, n. 1, p. 154-163, 2022.

GOMES, Vivian Nunes. Revisão taxonômica de *Myleus Müller & Troschel*, 1844 e *Myloplus Gill*, 1896 (Characiformes, Serrasalminidae). Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, 2015.

HARVEY, B.; CAROLSFELD, J. **Induced breeding in tropical fish culture**. IDRC, Ottawa, ON, CA, p. 145, 1993.

HOGA, C. A.; ALMEIDA, F. L.; REYES, F. G. R. A review on the use of hormones in fish farming: Analytical methods to determine their residues. **CYTA - Journal of Food**, v. 16, n. 1, p. 679-691, 2018.

ICMBIO/MMA. Volume VI - Peixes. In: ICMBIO (Ed.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**, v. 7, p. 1232, 2018.

ISAÚ, Z. A.; RIZZIO, E.; AMARAL, T. B.; MOURAD, N. M.; VIVEIROS, A. T. Structural analysis of oocytes, post-fertilization events and embryonic development of the Brazilian endangered teleost *Brycon insignis* (Characiformes). **Zygote**, v. 21, n. 1, p. 85-94, 2013.

JÉGU, M.; REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR., C. J. Subfamily Serrasalminae (Pacus and piranhas). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre. **Edipucrs**, p.182–96. 2003.

JOMORI, R. K.; DUCATTI, C.; CARNEIRO, D. J.; PORTELLA, M. C. Stable carbon (d13C) and nitrogen (d15N) isotopes as natural indicators of live and dry food in *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) larval tissue. **Aquaculture Research**, v. 39, n. 4, p. 370-381, 2008.

KAVAMOTO, E. T.; BARNABE, V. H.; CAMPOS, B. E. S; ANDRADE, E. F. T. Anormalidades morfológicas nos espermatozoides do curimatá, *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881) (Osteichthyes, Characiformes, Prochilodontidae). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 25, p. 61-66, 1999.

KOLMANN, M. A.; HUGHES, L. C.; HERNANDEZ, L. P.; ARCILA, D.; BETANCUR-R, R.; SABAJ, M. H.; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, H.; ORTÍ, G. Phylogenomics of Piranhas and Pacus (Serrasalminidae) Uncovers How Dietary Convergence and Parallelism Obscure Traditional Morphological Taxonomy. **Systematic Biology**, v. 70, n. 3, p. 576-592, 2021.

LAHNSTEINER, F.; SOARES, F.; RIBEIRO, L. DINIZ, M.T. Egg quality determination in Teleost Fish. In: Cabrita, E.; Robles, V.; Herráez, P. **Methods in reproductive aquaculture: marine and freshwater species**. CRC Press, Taylor & Francis Group, Nova Iorque, p. 149-172, 2009.

LEITE, L. V.; MELO, M. A. P.; OLIVEIRA, F. C. E.; PINHEIRO, J. P. S.; CAMPELLO, C. C.; NUNES, J. F.; SALMITO-VANDERLEY, C. S. B. Determinação da dose inseminante e embriogênese na fertilização artificial de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 2, p. 421-429, 2013.

LIMA, M. C. C. Desenvolvimento embrionário e larval de *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachipomus* e do híbrido tambatinga. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

- LOMBARDI, D. C.; GOMES, L. C. Substituição de alimento vivo por alimento inerte na larvicultura intensiva do tambacu (*Colossoma macropomum* × *Piaractus mesopotamicus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 4, p. 467-472, 2008.
- LUCAS, E. W. M.; SOUZA, F. D. A. S.; SANTOS-SILVA, F. D.; ROCHA JÚNIOR, R. L.; PINTO, D. D. C.; SILVA, V. D. P. R. Trends in climate extreme índices assessed in the Xingu river basin-Brazilian, Amazon. **Weather and Climate Extremes**, v. 31, p. 100306, 2021.
- LUI, A.T.; SILVA, L.F.; DEPARIS, A.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W.R.; REIDEL, A. Manejo alimentar para larvas de pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 13, p. 153-158, 2015.
- LUZ, R. K.; FERREIRA, A. A.; REYNALTE, D. A. T.; MAFFEZZOLLI, G.; ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura de dourado (*Salminus maxillosus*, Valenciennes, (1849)), nos primeiros dias de vida. In: **Simpósio Brasileiro de Aquicultura**, v. 1, 2000.
- LUZ, R. K.; ZANIBONI FILHO, E. Utilização de diferentes dietas na primeira alimentação do mandi amarelo (*Pimelodus maculatus*, Lacépède). **ActaScientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 483-489, 2001.
- MAGALHÃES, S. B.; SILVA, Y. Y. P.; VIDAL, C. D. L. Não há peixe para pescar neste verão: efeitos socioambientais durante a construção de grandes barragens – o caso Belo Monte. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 37, p. 111-134, 2016.
- MELO, N.; CARNEIRO, W. F.; ALBUQUERQUE, A. S.; MANSUR, V. F.; PAULA, D. A. de J.; MURGAS, L. D. S. Performance and food behaviour of *Brycon orbignyanus* larvae submitted under food restriction. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 7, p. 2641–2648, 2020.
- MIRANDA, J. C. Ameaças aos peixes de riachos da Mata Atlântica. **Natureza on line**, v. 10, n. 3, p. 136–139, 2012.
- MYLONAS, C. C.; DUNCAN, N. J.; ASTURIANO, J. F. Hormonal manipulations for the enhancement of sperm production in cultured fish and evaluation of sperm quality. **Aquaculture**, v. 472, p. 21-44, 2017.
- MYLONAS, C.; FOSTIER, A.; ZANUY, S. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. **General and Comparative Endocrinology**, v. 165, n. 3, p. 516-534, 2010.
- NAKAGHI, L. S. O.; NEUMANN, E.; FAUSTINO, F.; MENDES, J.M.R.; BRAGA, F.M. Momentos de desova induzida e desenvolvimento embrionário de *Brycon amazonicus* (Teleostei, Characidae). **Zigoto**, v. 22, n. 4, pág. 549-557, 2014.
- NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANILLI, C. S. **Ovos e larvas de peixes de água doce** - Desenvolvimento e manual de identificação. Maringá: EDUEM, p. 378, 2001.
- NASCIMENTO, N. F.; MONZANI, P. S.; PEREIRA-SANTOS, M.; NIEDZIELSKI, D.; SENHORINI, J. A.; SILVA, L. A.; NAKAGHI, L. S. O.; YASUI, G. S. The first case of induced gynogenesis in Neotropical fishes using the yellowtail tetra (*Astyanax altiparanae*) as

a model organism. **Aquaculture**, v. 514, p. 734432, 2020.

NUNES, L. T.; SALMITO-VANDERLEY, C. S. B.; REIS, F. Y. T.; NERES, R. W. P.; SILVA, S. Q. da. Reprodução de peixes reofílicos nativos do Brasil: fertilização artificial e qualidade da água. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 42, n. 1, p. 15-21, 2018.

OLARTE; J. D.; MARCIALES-CARO; L. J.; VÁSQUEZ, F. C.; CRUZ-CASALLAS, P. E. Comparación del Desarrollo Embrionario de *Piaractus brachypomus* (Serrasalminidae) y *Pseudoplatystoma sp.* (Pimelodidae). **International Journal of Morphology**, v. 28, n. 4, p. 1193-1204, 2010.

OLIVEIRA, L. S.; CAJADO, R. A.; SILVA, F. K. S.; ANDRADE, M. D.; ZACARDI, D. M. Early development of two commercially valuable fish from the lower Amazon River, Brazil (Characiformes: Serrasalminidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 20, p. 210024, 2022.

PEDREIRA, M. M.; SCHORER, M.; FERREIRA, A. L. Use of different diets in first feeding of tambaqui larvae. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, p. 440-448, 2015.

PEIXE BR. Anuário 2020 Peixe BR da Piscicultura. **Anuário 2020 Peixe BR**, p. 1-136, 2020.

PEREIRA-SANTOS, M. P.; YASUI, G. S.; XAVIER, P. L. P.; DE MACEDO-ADAMOV, N. S.; DO NASCIMENTO, N. F.; FUJIMOTO, T.; SENHORINI, J. A.; NAKAGHI, L. S. O. Morfologia de gametas, eventos pós-fertilização e efeito da temperatura no desenvolvimento embrionário de *Astyanax altiparanae* (Teleostei, Characidae). **Zygote**, v. 24, p. 795-807, 2015.

PIEDRAS, S. R. N.; POUHEY, J. L. O. F. Alimentação de alevinos de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) com dietas naturais e artificiais. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1203-1206, 2004.

PIOVEZAN, U. Efeito da dieta na sobrevivência de larvas de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*)-CAUNESP. **Seminário Sobre Criação de Espécies do Gênero Brycon**, v. 1, p. 17-18, 1994.

REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DI DARIO, F.; MINCARONE, M. M.; PETRY, P.; ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of fish biology**, v. 89, n. 1, p. 12-47, 2016.

REYNALTE-TATAJE, D. A.; LOPES, C. A.; DE ÁVILA-SIMAS, S.; GARCIA, J. R. E.; ZANIBONI-FILHO, E. Artificial reproduction of neotropical fish: extrusion or natural spawning. **Natural Science**, v. 5, n. 07, p. 1, 2013.

RIZZO, E.; SATO, Y.; BARRETO, B. P.; GODINHO, H. P. Adhesiveness and surface patterns of eggs in Neotropical freshwater teleosts. **Journal of Fish Biology**, v. 61, n. 3, p. 615-632, 2007.

RIZZO, E.; BAZZOLI, N. Reproduction and embryogenesis. *In: Biology and physiology of freshwater neotropical fish.*: Elsevier, p. 287-313, 2019.

- ROCHA, G. S.; KATAN, T.; PARRISH, C. C.; GAMPERL, A. K. Effects of wild zooplankton versus enriched rotifers and *Artemia* on the biochemical composition of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. **Aquaculture**, v. 479, p.100-113, 2017.
- ROMAGOSA, E.; NARAHARA, M. Y.; BORELLA, M. I.; FENERICH-VERANI, N. Seleção e caracterização de fêmeas de matrinxã, *Brycon cephalus*, induzidas a reprodução. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, n. 2, p. 139-147, 2001.
- ROMAGOSA, E.; DE PAIVA, P.; GODINHO, H. M. Padrão de distribuição de frequência do diâmetro oocitário em fêmeas do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887)(= *Colossoma mitrei* Berg 1895), induzidas à desova. **Aquicultura**, v. 86, n. 1, pág. 105-110, 1990.
- SANTOS, A. M.; GARCEZ, R. C. S. Monitoramento do desempenho reprodutivo do tambaqui cultivado em Presidente Medici (Rondônia). **Scientia Amazonia**, v. 4, n. 3, p. 13-20, 2015.
- SANTOS, C. A.; LIMA, A. M. M.; FRANCO, V. S.; ARAUJO, I. B.; MENEZES, J. F. G.; GOMES, N. M. O. Distribuição espacial da precipitação na bacia hidrográfica do rio Xingu. **Nucleus** (16786602), v. 13, n. 2, 2016.
- SANTOS, A. E.; PEDREIRA, M. M.; SANTOS, T. G.; MOURA, G. S.; SANTOS, J. C. E.; SILVA, R. C. Desenvolvimento do sistema digestório em larvas do peixe Neotropical *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 38, n. 1, p. 9-16, 2016.
- SANTOS, J. E.; GODINHO, H. P. Comportamento de larvas de 6 espécies de peixes sob condições experimentais de fotoperíodo. **Encontro Anual de aquicultura de Minas Gerais**, v. 10, p. 75-77, 1992.
- SANTOS, R. S.; RODRIGUES, J. R.; CORDEIRO, J. G.; TERCYA, H.; LEITE, M.; COSTA, B. P. D.; SIQUEIRA-SSILVA, D. H. Embryonic development of the fire-eye-tetra *Moenkhausia oligolepis* (Characiformes: Characidae). **Zygote**, v. 29, n. 3, p. 194-198, 2021.
- SANTOS, V. B.; SANTOS, R. S.; SALOMÃO, R. A. S.; SILVA, R. M. Reprodução induzida de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) com o uso de diferentes hormônios comerciais. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 9, n. 1, 2012.
- SATO, Y.; FENERICH-VERANI, N.; VERANI, J. R.; VIEIRA, L. J. S.; GODINHO, H. P. Induced reproductive responses of the neotropical anostomids fish *Leporinus elongates* Val. under captive breeding. **Aquaculture Research**, v. 31, p. 189-193, 2000.
- SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Piscicultura: reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes nativos. **Serviço Nacional de Aprendizagem Rural**, p. 132, 2017.
- SEVIGNANI, D.; BUZZACARO, E.; FORTUNA, N. B. Monitoramento da hora-grau necessária para extrusão de oócitos de reprodutoras de *Colossoma macropomum*. **Sci Electron Arch**, v. 3, p. 57-63, 2020.
- SILVA, F. K. S.; CAJADO, R. A.; OLIVEIRA, L. S.; SANTOS, Z.; SANTOS, J. A.; SILVA, L. V. F.; ZACARDI, D. M. Early development of *Prochilodus nigricans* Spix & Agassiz 1829

(Characiformes: Prochilodontidae) in captivity. **Aquaculture Research**, v. 53, n. 12, p. 4540-4555, 2022.

SOARES, C. M.; HAYASHI, C.; GONÇALVES, G. S. Plâncton, *Artemia* sp, dieta artificial e suas combinações no desenvolvimento e sobrevivência do quinguio (*Carassius auratus*) durante a larvicultura. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 22, n. 2, p. 383-388, 2000.

SOARES, W. Altamira: Torneio do pacu de seringa é adiado para 2022 devido à pandemia. **A Voz do Xingu**, 2021.

SOUZA, F. N.; DE FATIMA, F. M. E.; CORRÊA-FILHO, R. A. C.; ABREU, J. S.; PIRES, L. B.; STREIT, D. P. J.; LOPERA-BARRERO, N. M.; POVH, J. A. Ovopel® e extrato de hipófise de carpa para indução reprodutiva em fêmeas de *Colossoma macropomum*. **Ciência da reprodução animal**, v. 195, p. 53-57, 2018.

SOUZA, F. N. Eficiência dos indutores em reprodutores de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) (CUVIER, 1818). Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Cuiabá, 2013.

STREIT-JUNIOR, D. P.; POVH, J. A.; FORNARI, D. C.; GALO, J. M.; GUERREIRO, L. R. J.; 559 OLIVEIRA, D.; DIGMAYER, M.; GODOY, L. C. Recomendações técnicas para a reprodução do tambaqui. **Embrapa Meio-Norte, Documento**, v. 212, p.30, 2012.

SUQUET, M.; BILLARD, R.; COSSON, J. C.; NORMANT, Y.; FAUVEL, C. Artificial insemination in turbot (*Scophthalmus maximus*): determination of the optimal sperm to egg ratio and time of gamete contact. **Aquaculture**, v.133, p. 83-90, 1995.

TOLUSSI, C. E.; GOMES, A. D. O.; KUMAR, A.; RIBEIRO, C. S.; NOSTRO, F. L. L.; BAIN, P. A.; DE SOUZA, G. B.; CUÑA, R.; HONJI, R. M.; MOREIRA, R. G. Environmental pollution affects molecular and biochemical responses during gonadal maturation of *Astyanax fasciatus* (Teleostei: Characiformes: Characidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, p. 926–934, 2018.

TOMIITA, F. I.; GONÇALVES, L. U.; ARAÚJO, A. H.; FORNARI, D. C.; VIEGAS, E. M. Desenvolvimento embrionário de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Anais do Aquaciência**, 2008.

VAZZOLER, A. E. A. M. 1996 Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá, PR: **EDUEM**, 1996.

VIEIRA, S. E.; YOSHIMI, S. Biologia reprodutiva e desova induzida de duas espécies de bagres (Osteichthyes: Siluriformes) da bacia do rio São Francisco. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 28, n. 3, p. 263-268, 2006.

VIEIRA, E. F.; ISAAC, V. J.; FABRÉ, N. N. Biologia reprodutiva do tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 (TELEOSTEI, SERRALSAMIDAE), no Baixo Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 29, n. 4, p. 625 – 638, 1999.

WEBER, A. A.; ARANTES, F. P.; SATO, Y.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. Oocyte adhesiveness and embryonic development of *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Characidae). **Zygote**, v. 21, n. 2, p. 198-202, 2013.

YASUI, G.; FUJIMOTO, T.; SAKAO, S.; YAMAHA, E.; ARAI, K. Production of loach germ-line chimera using transplantation of primordial germ cells isolated from cryopreserved blastomeres. **Journal of Animal Science**. v. 89, n. 8, p. 2380-2388, 2011.

ZACARDI, D. M.; PONTE, S. C. S.; CHAVES, C. S.; OLIVEIRA, L. S.; CAJADO, R. A. Interannual variation at the recruitment of larval of *Mylossoma* (Characidae; Characiformes) in Lower Amazon, Pará. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 6, n. 1, p. 1728, 2018.

ZANIBONI-FILHO E.; NUÑER A. P. O. Fisiologia da reprodução e propagação artificial dos peixes (p. 45-73). In: CYRINO J. E. P, URBINATI E. C, FRACALLOSSI D. M, CASTAGNOLLI N (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce**, 2004.