



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA



HANA CAROLINA SALEIRA PINTO

DINÂMICA SAZONAL DA ECOLOGIA REPRODUTIVA DE *Triportheus albus*
(CHARACIFORMES: TRIPOTHEIDAE) EM UM TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA
RESULTANTE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA UHE NO MÉDIO RIO XINGU

BELÉM
2023

HANA CAROLINA SALEIRA PINTO

DINÂMICA SAZONAL DA ECOLOGIA REPRODUTIVA DE *Tripottheus albus*
(CHARACIFORMES: TRIPOTHEIDAE) EM UM TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA
RESULTANTE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA UHE NO MÉDIO RIO XINGU

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP) do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Bruno da Silveira Prudente
Coorientador: Prof. Dr. Tiago Magalhães da Silva Freitas

BELÉM
2023

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)

P659d Pinto, Hana Carolina Saleira.
DINÂMICA SAZONAL DA ECOLOGIA REPRODUTIVA
DE *Triportheus albus* (CHARACIFORMES: TRIPOTHEIDAE)
EM UM TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA RESULTANTE DA
IMPLEMENTAÇÃO DE UMA UHE NO MÉDIO RIO XINGU /
Hana Carolina Saleira Pinto. — 2023.
38 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Bruno da Silveira Prudente
Coorientador(a): Prof. Dr. Tiago Magalhães da Silva
Freitas

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Núcleo de Ecologia Aquática e Pesca da Amazônia,
Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca,
Belém, 2023.

1. Reprodução. 2. Peixes. 3. Pulso de inundação. 4.
Amazônia. I. Título.

CDD 577.609811

HANA CAROLINA SALEIRA PINTO

**DINÂMICA SAZONAL DA ECOLOGIA REPRODUTIVA DE *Triportheus albus*
(CHARACIFORMES: TRIPOTHEIDAE) EM UM TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA
RESULTANTE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA UHE NO MÉDIO RIO XINGU**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP) do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Bruno da Silveira Prudente (PPGEAP/UFRA) – Orientador/Presidente

Profa. Dra. Bianca Bentes da Silva (UFPA) – Titular/Membro Interno

Prof. Dr. Leandro Schlemmer Brasil (UFMT) – Titular/Membro Externo

Prof. Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag (UFPA) – Titular/Membro Interno

Prof. Dr. Marcelo Costa Andrade – (UFPA) – Suplente/Membro Interno

Profa. Dra. Rossineide Martins da Rocha (PPGEAP/UFPA) – Suplente/Membro Interno

BELÉM
2023

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me ajudado a chegar até aqui com saúde, sabedoria, amor e paciência para terminar mais esse ciclo na minha jornada acadêmica.

Aos meus pais, minha mãe Maria do Socorro Ramos Saleira e ao meu pai José Milton Rodrigues Pinto, aos meus irmãos Danielle, Rodrigo e Renan, que sempre me incentivaram a seguir meus sonhos, me ajudando em tudo que eu precisei, eu amo vocês.

Ao meu amor, Wanda Fontineli que está sempre ao meu lado, acreditando em mim e me apoiando nos momentos de dificuldades, obrigada por acreditar no meu potencial, eu te amo.

Agradeço imensamente a Universidade Federal Do Pará (UFPA) e ao Programa De Pós-graduação Em Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP) pela oportunidade de estudar e me qualificar, para me tornar uma Mestre, muito obrigada.

Agradeço ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos que me ajudou muito a me manter financeiramente no mestrado, para poder me dedicar a todas as atividades relacionadas ao programa, obrigada.

E ao meu orientador Bruno Prudente, muito obrigada por toda dedicação, aprendizados e orientações que foram muito importantes para esse trabalho, agradeço também ao meu coorientador Tiago Freitas que sempre me ajudou quando eu precisava de algum auxílio, tirando dúvidas e dando instruções.

Agradeço ao Prof. Luciano Montag (Miúdo) pela inserção no projeto que resultou essa dissertação, além da equipe de campo, em especial Lídia, Liziane, Begot, Erival, pela a experiência incrível de ir coletar e viver a rotina de campo

Agradeço ao laboratório de histologia da UFPA, por me receber em suas dependências, a professora Maria Auxiliadora, a técnica Lia, Elivelton e especialmente a Nathalia López por todo aprendizado.

Aos meus amigos por sempre me apoiar e por todo carinho durante todos esses anos, Natália Assunção, Aline Leão, Renan Matangrano, Luiz Gomes, Matheus Silva, Rafaela Horst, Cassia Vieitas, Emely Rodrigues, obrigada, eu amo vocês.

Sumário

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
APRESENTAÇÃO	5
REFERÊNCIAS.....	9
1 INTRODUÇÃO	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 ÁREA DE ESTUDO	14
3.2 COLETA DE DADOS.....	15
3.3 TATICAS REPRODUTIVAS E ANÁLISE DE DADOS	16
4 RESULTADOS.....	19
5 DISCUSSÃO	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS.....	32

Lista de Figuras

- Figura 1** - Exemplar de *Triportheus albus* cope, 1872 coletado na região do médio rio Xingu, Pará. Foto: Leandro M. Sousa.8
- Figura 2** - Trecho de Vazão Reduzida (TVR) do Rio Xingu após a implementação da UHE Belo Monte, Volta Grande do Xingu. O TVR se estende desde a barragem Pimental (★), e barragem de Belo Monte (▲). Os círculos amarelos os locais esforços de coleta..... 14
- Figura 3** - Representação da precipitação e vazão durante a coleta de *Triportheus albus* Cope, 1872 amostrados na volta grande do rio Xingu, representando a média da precipitação (barras) e a vazão (linha vermelha) nos últimos cinco dias antes da coleta de cada mês entre dezembro de 2020 a novembro de 2021..... 19
- Figura 4** - Proporção sexual de *Triportheus albus* Cope, 1872 na volta grande do rio Xingu O símbolo (*) representa diferenças significativas na proporção entre os sexos e a linha vermelha representa a vazão média dos últimos cinco dias antes da coleta do mês entre dezembro de 2020 a novembro de 2021.....20
- Figura 5** - Estimativa do comprimento médio de primeira maturação sexual (L50) para machos (a) e para fêmeas (b) de *Triportheus albus* Cope, 1872 entre os meses de dezembro de 2020 a novembro de 2021 na região da volta grande do rio Xingu.21
- Figura 6** - Variação mensal do Índice Gonadosossomático (IGS %) de machos (a) e fêmeas (b) *Triportheus albus* Cope, 1872 amostrados na volta grande do rio Xingu. A linha vermelha representa a vazão média dos últimos cinco dias antes da coleta de dezembro de 2020 a novembro de 2021.....23
- Figura 7** - Variação dos estágios de maturação para machos (a) e fêmeas (b) de *Triportheus albus* Cope, 1872 na volta grande do rio Xingu. A linha vermelha representa a vazão média dos últimos cinco dias antes da coleta de cada mês entre dezembro de 2020 a novembro 2021.....25
- Figura 8** - Relação massa-comprimento para a população de *Triportheus albus* Cope, 1872 amostrados entre dezembro de 2020 e novembro de 2021 na volta grande do rio Xingu. Os pontos cinza representam cada espécime utilizado para a construção do modelo de crescimento.26

RESUMO

Os peixes de águas doce representam metade das espécies de peixes conhecidas no mundo. Esse grupo apresenta inúmeras estratégias e táticas ecológicas que estão diretamente relacionadas as variações das condições ambientais, como o pulso de inundação, que tem se mostrado a principal variação ambiental natural preditora das táticas e estratégias ecológicas dos peixes. Contudo, alterações antrópicas estão afetando diretamente ecossistemas aquáticos, com destaque para a implantação de empreendimentos hidrelétrico. Assim sendo, o objetivo do estudo é avaliar a dinâmica sazonal da ecologia reprodutiva da sardinha papuda *Triportheus albus* Cope, 1872, em trecho de vazão reduzida (TVR) do rio Xingu resultante da implementação da UHE Belo Monte, Pará, Brasil. Os espécimes foram coletados mensalmente entre dezembro/2020 e novembro/2021, utilizando redes de espera de diferentes malhar. Após a coleta, os indivíduos foram mensurados quanto ao comprimento padrão, massa total e eviscerados para remoção das gônadas, que foram avaliadas visualmente com base em características macroscópicas como tamanho e coloração. A avaliação da ecologia reprodutiva de *T. albus* foi realizada quanto proporção sexual, tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}), atividade reprodutiva (IGS), relação massa-comprimento e fator de condição (K). No total, foram coletados 298 espécimes de *T. albus*, dos quais 98 foram submetidos a avaliação histológica para confirmação do sexo e do estágio de maturação, resultando 163 machos e 135 fêmeas. A proporção sexual não diferiu para o período como um todo. Os L_{50} de machos e fêmeas foram de 10,0 cm e 9,7 cm, respectivamente. A atividade reprodutiva (IGS) de machos foi mais intensa no mês de janeiro (enchente), enquanto que para as fêmeas foi em dezembro (enchente), julho (vazante), setembro (seca). A relação massa-comprimento não evidenciou diferença no padrão de crescimento de machos e fêmeas, que foi definido com alométrico positivo ($b = 3,121$). Assim como para o IGS, os valores de K também variaram de maneira sincrônica entre machos e fêmeas, com menores valores logo após a diminuição mais marcante na vazão média do trecho estudado. Os resultados aqui obtidos evidenciaram que a dinâmica reprodutiva de *T. albus* não é afetada diretamente com as mudanças repentinas da vazão do rio ao longo do estudo.

Palavras-chave: Reprodução; Peixe; Pulso de inundação; Amazônia.

ABSTRACT

Freshwater fish account for half of the known fish species worldwide. This group exhibits various ecological strategies and tactics that are directly influenced by environmental conditions, such as the flood pulse, which has been identified as the primary natural environmental variation that predicts the ecological tactics and strategies of fish. However, anthropogenic activities, particularly the construction of hydroelectric projects, are directly impacting aquatic ecosystems. Therefore, the aim of this study is to evaluate the seasonal dynamics of the reproductive ecology of *Triportheus albus* Cope, 1872, in a section of the Xingu River with reduced water flow resulting from the implementation of the Belo Monte dam in Pará, Brazil. Specimens were collected monthly between December 2020 and November 2021 using gillnets. After collection, the individuals were measured for standard length, total mass, and eviscerated to remove the gonads, which were visually evaluated based on macroscopic characteristics such as size and coloration. The reproductive ecology of *T. albus* was assessed in terms of sex ratio, size at first sexual maturation (L_{50}), reproductive activity (GSI), length-weight relationship, and condition factor (K). A total of 298 specimens were collected (163 males and 135 females), of which 98 underwent histological evaluation to confirm sex and maturation stage. The sex ratio did not differ throughout the entire study period. The L_{50} for males and females were 10.0 cm and 9.7 cm, respectively. Male reproductive activity (GSI) was more intense in January during the flood, while for females, it occurred in December (flood), July (ebb), and September (dry season). The length-weight relationship did not exhibit a difference in growth patterns between males and females, which was determined to be positively allometric ($b = 3.121$). Similar to GSI, K values also varied synchronously between males and females, with lower values immediately after the most pronounced decrease in the average flow of the studied section. The results obtained in this study indicate that the reproductive dynamics of *T. albus* are not directly affected by sudden changes in river flow throughout the study.

Keywords: Reproduction; Fish; Flood pulse; Amazon.

APRESENTAÇÃO

A diversidade de peixes de águas continentais corresponde a aproximadamente 40% de toda a diversidade de peixes conhecida no mundo (TAGLIACOLLO et al., 2021). Contudo, os ambientes dulcícolas, tais como rios, córregos, nascentes, lagos, lagoas e pântanos, correspondem a menos de 1% dos ecossistemas aquáticos do planeta (TAGLIACOLLO et al., 2021). Embora estes peixes habitem uma pequena parcela dos ecossistemas aquáticos, eles se destacam pela grande diversidade de estratégias ecológicas, ainda mais evidente nos trópicos (LOWE-MCCONNELL, 1999), muito em parte à história evolutiva e heterogeneidade dos ecossistemas aquáticos desta região (HUGUENY et al., 2010).

Estudos pioneiros interessados em compreender a estratégia de vida das espécies, resultou no que hoje conhecemos como um contínuo de estratégias que varia entre os extremos r e K (PIANKA, 1970). Nesse contexto, são consideradas espécies r-estrategistas aquelas que apresentam alta fecundidade, crescimento rápido e que tendem a não investir em cuidado parental, as quais encontram-se mais frequentemente associadas a ambientes mais instáveis. Por outro lado, espécies K-estrategistas são associadas a ambientes mais estáveis e que por sua vez apresentam proles menos numerosas, um crescimento corporal mais lento e a presença de cuidado parental. Posteriormente, Stearns (1976) propõe, através “teoria das táticas de história de vida”, possíveis tendências de variação das táticas que compõe essas estratégias de vida frente as mudanças de condições ambientais ou em resposta a interações ecológicas como competição e predação.

Mesmo após a proposição do contínuo entre as estratégias r e K (PIANKA, 1970), e de seus desdobramentos discutidos através de teorias como a das táticas de história de vida (STEARNS, 1976), este modelo se mostrava muito simplificado quando aplicado a heterogeneidade de estratégias ecológicas observadas entre os peixes de água doce. Nesse sentido, se propôs o “modelo triangular das estratégias de vida”, que tem como vértices as estratégias “equilíbrio”, “oportunista” e “sazonal” (Winemiller e Rose, 1992). A estratégia de equilíbrio reúne espécies que apresentam maturação tardia, ovócitos grandes, desova com pequeno número de ovos e cuidado parental. Na estratégia oportunista, estão alocados peixes de pequeno porte que apresentam recrutamento rápido, maturação sexual precoce e atividade reprodutiva durante grande parte do ano. Já na estratégia sazonal (ou periódica), os peixes

apresentam reprodução anual cíclica e associada ao período chuvoso, com produção de grande número de ovócitos de pequeno tamanho, migração reprodutiva e nenhum cuidado parental.

Todas essas estratégias reprodutivas são compostas por um conjunto de táticas. De maneira complementar, Gross (1996) reforça que enquanto as estratégias tendem ser mais conservadoras dentre as espécies, resultante de uma expressão genética definida em um contexto evolutivo, as estratégias tendem a ser ajustadas mais diretamente em resposta a condições ambientais. Dentre essas condições, podemos destacar o pulso de inundação, que consiste no aumento e diminuição sazonal do nível das águas dos rios (JUNK, 1997), e tem sido considerado o principal preditor ambiental das táticas reprodutivas dos peixes.

Na Bacia Amazônica, a maioria dos grandes rios apresentam variações fluiviais marcantes nas condições ambientais em decorrência do pulso de inundação (JUNK; FURCH, 1993). Os habitats formados pelo transbordamento dos canais são utilizados por vários organismos aquáticos como abrigo, locais para alimentação, crescimento e reprodução durante diferentes fases de seus ciclos de vida (JUNK et al., 1989; SAINT-PAUL et al., 1996;). Essa variação na dinâmica ambiental dos grandes rios, em especial o pulso de inundação, também pode variar ao longo das drenagens amazônicas, podendo chegar a uma diferença de aproximadamente 15 metros entre os períodos de águas altas e águas baixas. Como consequência dessa mudança substancial, incluindo as características físico-químicas dos corpos d'água (JUNK et al., 1989; ALSDORF et al., 2000), as táticas e estratégias reprodutivas dos peixes também são modificadas (RESENDE et al., 2000).

Dentre as principais drenagens da Bacia Amazônica, destacamos o rio Xingu, que possui aproximadamente 2.500 km de extensão e 504.000 km² de área de drenagem, nascendo no planalto central brasileiro e desaguando na margem direita do rio Amazonas (GOULDING et al., 2003). Este rio se destaca por seu relevo íngreme, com um leito predominantemente rochoso, drenado por um grande volume de águas claras, resultando em canais anastomosados e inúmeras corredeiras (CAMARGO et al., 2004). Estas características derivam em uma alta heterogeneidade ambiental, que contribui para a manutenção de uma biodiversidade ímpar, especialmente quando nos referimos a ictiofauna (FITZGERALD et al, 2018). Ao

longo da alta heterogeneidade ambiental do rio Xingu, a região média se destaca por abrigar uma alta diversidade de espécie endêmicas (CAMARGO et al., 2004).

Nessa região encontra-se a Volta Grande do Xingu, um trecho de aproximadamente 100 km com um declive de aproximadamente 80 metros onde os canais anastomosados e corredeiras são ainda mais marcantes (PEZZUTI et al., 2018). Tais características hidrológicas e geológicas da região também chamaram a atenção do setor energético, especificamente os empreendimentos hidrelétricos, que visam aproveitar essas características para geração de energia, como é o caso a Usina Hidroelétrica de Belo Monte (UHE Belo Monte).

Após alguns anos de discussão sobre os impactos socioambientais da construção da UHE Belo Monte na região da Volta Grande do Xingu, em novembro de 2015 este empreendimento foi finalmente concluído e inaugurado. Como principal contra-argumento aos impactos ambientais causados por uma UHE, destaca-se o fato desta ser uma usina a fio d'água, que tem como principal característica a redução da área alagada e conseqüentemente dos impactos ambientais resultantes desse alagamento (NORTE ENERGIA, 2022). Contudo, para que a usina fio d'água cumpra com seus objetivos, houve a necessidade da construção de um reservatório intermediário por meio de canais artificiais que desviaram parte das águas do rio Xingu. Como resultado, um trecho de vazão reduzida (TVR) após a primeira barragem (barragem Pimental), que registrou uma diminuição de aproximadamente 80% da vazão original (Figura 1) (NORTE ENERGIA, 2022). Por esse motivo, desde 2015 a vazão, velocidade e nível da água no TVR depende da operadora da UHE Belo Monte. Nesse sentido, o licenciamento ambiental determinou que no período de cheia a concessionária garanta a passagem de uma vazão média superior a 8000 m³/s ao longo do trecho da Volta Grande do Xingu (PEZZUTI et al., 2018).

Os efeitos ambientais dessa drástica redução da vazão na Volta Grande do Xingu ainda são pouco conhecidos, em especial para ecologia dos peixes da região. Dentre essas espécies, destacamos *Triportheus albus* cope, 1872 (Figura 2), pertencente à família Triportheidae (Characiformes) e popularmente conhecida como sardinha de água doce. Os representantes desse gênero são conhecidos por utilizarem as planícies periodicamente alagadas, durante o período da cheia dos rios, para se alimentarem de insetos e fragmentos vegetais como frutos e sementes (CLARO-JUNIOR et al., 2004). Por esse motivo, são consideradas potenciais

dispersoras de sementes (CLARO-JUNIOR et al., 2004). O hábito alimentar dos representantes desse gênero varia de onívoro a carnívoro, dependendo da espécie e do ambiente que ela habita (PEREIRA et al., 2011). A espécie *T. albus* pode atingir 24 cm de comprimento padrão, com fêmeas possivelmente maiores que machos. Alguns estudos indicam que as espécies do gênero *Triportheus* desovam no período de enchente (DOURADO, 1971; GODINHO, 1994). Desta forma, a variação temporal dos níveis de água dos rios possa ser um possível gatilho biológico para a ecologia e biologia dessas espécies.



Figura 1 - Exemplar de *Triportheus albus* cope, 1872 coletado na região do médio rio Xingu, Pará. Foto: Leandro M. Sousa.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é avaliar a dinâmica da ecologia reprodutiva da espécie *Triportheus albus* no trecho de vazão reduzida resultante da implementação da UHE Belo Monte, rio Xingu (Pará, Brasil). Esta dissertação possui um capítulo que resultará em uma proposta de manuscrito intitulada **“Estratégia reprodutiva de *Triportheus albus* (Characiformes: Triportheidae) em um trecho de vazão reduzida resultante da implementação de uma UHE”**

REFERÊNCIAS

- ALSDORF, D.; MELACK, J. M.; DUNNE, T.; LEAL, A. K.; MERTES. Interferometric radar measurements of water level changes on the Amazon flood plain Article in Nature. 2000.
- CAMARGO, M.; GIARRIZZO, T.; ISAAC, V. Review of the geographic distribution of fish fauna of the Xingu River Basin, Brazil. *Ecotropica*, v 10, 123 – 147 p. 2004.
- CLARO-JR, L.; FERREIRA, E.; ZUANON, J.; ARAUJO-LIMA, C. O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil. *Acta amazônica*, v 34, 133 – 137 p. 2004.
- DOURADO, O. F. Estudo sobre sardinha *Tripottheus angulatus* (Spix), no açude Pereira Miranda, Pentesco, Ceará, Brasil. Boletim técnico DNOCS. Fortaleza, v 29, 93 - 99 p. 1971.
- FITZGERALD, D. B.; PEREZ, M. H.; SOUSA, L. M.; GONÇALVES, A. P.; LUJAN, N. K.; ZUANON, J. A. S.; WINEMILLER, K. O.; LUNDBERG, J. G. Diversity and community structure of rapids-dwelling fishes of the Xingu River: Implications for conservation amid large-scale hydroelectric development. *Biological Conservation*, c 222, 104 – 112 p. 2018.
- GODINHO, A. L. Biologia reprodutiva da piaba facão *Tripottheus guentheri*. (Characiformes, Characidae) e o manejo hidrológico da represa de três maria. *Revista Brasil Biologia*, v 54, c 3, 515 – 524 p. 1994.
- GOULDING, M.; BARTHEM, R.; FERREIRA, E. The Smithsonian atlas of the Amazon. Washington: Smithsonian Books, 256 p. 2003.
- GROSS, M. R. Alternative reproductive strategies and tactics, diversity within sexes. Elsevier Science, v 11. 1996.
- HAHN, N. S.; FUGI, R. Fish feeding in Brazilian reservoirs: alterations and consequences in the early stages of colonization. *Oecologia Australis*, v 11, 469 – 480 p. 2007.
- HUGUENY, B.; OBERDORFF, T.; TEDESCCO, A. P. Community Ecology of River Fishes: A Large-Scale Perspective. *American Fisheries Society Symposium*, v 73. 2010.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*, v 106, 110 – 127 p. 1989.
- JUNK, W. J. The Central Amazon Floodplain - Ecology of a Pulsing System. Verlag Berlin Heidelberg New York: Springer, 1997.
- JUNK, W.; FURCH, K. A general review of tropical South American floodplain, 1993.

LOWE-MCCONNELL, R. H. Estudos Ecológicos de comunidades de peixes tropicais. EDUSP, São Paulo. 1999.

PEREIRA, G. B.; VALENTE, V.; DE QUEIROZ, M. S.; VIANNA, M. C.; PAÇÓ-LARSON, M. L. Overexpression of kermit/dGIPC is associated with lethality in *Drosophila melanogaster*. Braz. J. med. biol. Res, v 44, 283 – 290 p. 2011.

PEZZUTI, J.; CARNEIRO, C.; MANTOVANELLI, T.; GARZÓN, B. R. Xingu, o rio que pulsa em nós: monitoramento independente para registro de impactos da UHE Belo Monte no território e no modo de vida do povo Juruna (Yudjá) da Volta Grande do Xingu. ed. 1, São Paulo, Instituto Socioambiental, 2018.

PIANKA, E. R. On r- and K-Selection. The American Naturalist, v 104, 592 – 597 p. 1970.

RESENDE, E. K.; PEREIRA, R; ALMEIDA, V. L. L.; SILVA, A. G. Peixes insetívoros e zooplanctófagos da planície inundável do rio Miranda, Mato Grosso do Sul, Brasil. Boletim de Pesquisa EMBRAPA Pantanal, v 17, 1 – 42 p. 2000.

SAINT-PAUL, U. Comparison of seasonal and diurnal vertical oxygen distribution in Central Amazonian white and black water lake. Ecotropica. v 2, 73 – 77 p.1996.

STEARNS, S. C. Life-history tactics: a review of the ideas. Q Rev Biol, v 51, ed. 1, 3 – 47 p. 1976.

TAGLIACOLLO, V. A.; DAGOSTA, F. C. P.; PINNA, M.; REIS, R. E.; ALBERT, J. S. Assessing extinction risk from geographic distribution data in Neotropical freshwater fishes. Original Article, Neotrop. ichthyol. v. 19, c 3. 2021.

USINA A FIO D'ÁGUA E MENOR ÁREA ALAGADA. Norte Energia S.A, 2022. Disponível em: <<https://www.norteenergiasa.com.br/pt-br/uhe-belo-monte/arranjo>>. Acesso em: 02 de março. de 2022.

WINEMILLER, K. O.; ROSE, K. A. University Patterns of Life-History Diversification in North American Fishes: implications for Population Regulation. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. v. 49, 2196 – 2218 p. 1992.

Manuscrito a ser submetido para o jornal Neotropical Ichthyology (ISSN, 1679-6225)

DINÂMICA SAZONAL DA ECOLOGIA REPRODUTIVA DE *Triportheus albus*
(CHARACIFORMES: TRIPOTHEIDAE) EM UM TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA
RESULTANTE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA UHE NO MÉDIO RIO XINGU

Belém, 2023

1 INTRODUÇÃO

A reprodução é um atributo fundamental dos seres vivos, pois através dessa atividade as espécies mantêm suas populações no espaço e tempo. Porém, para que esse processo ocorra de forma eficiente, os organismos evoluem e adaptam diversas estratégias. Os peixes teleósteos destacam-se como o grupo de vertebrados que apresentam a maior diversidade de estratégias reprodutivas (LOWE-MCCONNELL, 1987).

A estratégia reprodutiva consiste em um conjunto de características intrínsecas da espécie, as quais são geneticamente definidas dentro de um contexto evolutivo (GROSS, 1996). Cada estratégia é composta por um conjunto de táticas, as quais estão diretamente relacionadas às condições de um determinado ambiente (GROSS, 1996). A compreensão das estratégias e táticas reprodutivas dos peixes é fundamental para avaliar sua dinâmica populacional e a relação com as condições ambientais do entorno, com o objetivo de direcionar ações para a conservação e manejo de populações naturais e do ambiente que elas habitam (HARTZ et al., 1997).

As primeiras classificações da estratégia reprodutiva dos peixes tinham como finalidade alocar as espécies no contínuo existente entre as estratégias r e K, propostas por Pianka (1970). No entanto, a proposição da “teoria das táticas de história de vida” (STEARNS, 1976), sugeriu que mesmo dentro de uma estratégia, podem existir inúmeras táticas reprodutivas que refletem as condições de um determinado ambiente. Desde então, alguns estudos passaram a demonstrar a heterogeneidade de estratégias de vida dentre os peixes de água doce, e a relação entre as táticas e a flutuação ambiental dos ecossistemas fluviais (WINEMILLER, 1989).

Em 1992, Winemiller e Rose propuseram o “modelo triangular das estratégias de vida” que tem como extremos as estratégias equilíbrio, oportunista e sazonal, utilizando os peixes como modelo ecológico. Nesta proposta, as estratégias foram definidas com base em um conjunto de táticas reprodutivas como, fecundidade, tempo de geração e sobrevivência de juvenis. A partir do estudo de Winemiller e Rose (1992), muitos estudos têm buscado descrever as estratégias reprodutivas das espécies de peixes e sua relação com as variações ambientais (LOGEZ; REYJOL; RODRIGUEZ, 2015). Tal busca, passou a evidenciar uma lacuna de conhecimento em relação as estratégias reprodutivas dos peixes da região tropical (VAZZOLER, 1996), que se

mostra ainda mais evidente na Bacia Amazônica, região com a maior diversidade de peixes de água doce do mundo (JÉZÉQUEL et al., 2020).

Na Bacia Amazônica, o principal responsável por mudanças nas condições ambientais dos grandes rios é o pulso de inundação (JUNK, 1989). Os habitats formados nas planícies inundadas às margens desses rios são utilizados por vários organismos aquáticos, como os peixes, para desova, crescimento e abrigo de juvenis (JUNK et al., 1989; SAINT-PAUL et al., 1996). No entanto, o pulso de inundação, e consequentemente o ciclo de vida das espécies que utilizam essas áreas para se reproduzir, tem sido constantemente ameaçado por distúrbios antrópicos como a construção de usinas hidrelétricas (UHE's) que afetam diretamente essa dinâmica hidrológica (AKAMA, 2017).

Dentre as drenagens amazônicas, cujas condições naturais foram afetadas por alterações antrópicas, destacamos o rio Xingu, em especial a região da Volta Grande do rio Xingu, um trecho de aproximadamente 100 Km de extensão no médio rio Xingu. Esta região foi diretamente afetada pela implantação da UHE Belo Monte, que resultou, inicialmente, no desvio parcial do rio para a construção de um reservatório e uma redução de 80% da vazão de água do curso original do rio, que passou a ser controlada pela UHE Belo Monte (MAGALHÃES et al., 2016). Contudo, o conhecimento sobre o real efeito dessas alterações hidrológicas sobre o ciclo de vida das espécies de peixes da região ainda é incipiente.

Dentre a vasta diversidade de peixes do rio Xingu, destaca-se a sardinha de água doce *Triportheus albus* cope, 1872, pertencente à família Triportheidae (Characiformes). Essa espécie apresenta uma forte relação com os ecossistemas terrestres periodicamente inundados, em razão da sua dinâmica alimentar (CLARO-JUNIOR et al., 2004; YAMAMOTO et al., 2004). Estudos ecológicos com espécies deste gênero demonstram uma atividade reprodutiva marcadamente sazonal (LOWE-McCONNELL, 1999). Por essas razões, a espécie *T. albus* é importante modelo ecológico para compreender como a estratégia reprodutiva das populações de peixes da região responde à variação na vazão da região da Volta Grande do Rio Xingu resultantes da implementação da UHE Belo Monte. Desta forma, o presente estudo objetivou caracterizar as táticas reprodutivas utilizadas por *T. albus* no trecho de vazão reduzida (TVR) da UHE Belo Monte, rio Xingu (Pará, Brasil), bem como a influência da vazão na atividade reprodutiva desta espécie.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado durante os meses de dezembro de 2020 e novembro de 2021 no trecho de vazão reduzida (TVR) resultante da implementação da UHE Belo Monte no Rio Xingu, localizado na região denominada Volta Grande do Xingu. O TVR se estende da barragem Pimental ($3^{\circ}25'33,0''$ S, $51^{\circ}57'03,3''$ O) até a barragem de Belo Monte ($3^{\circ}06'44,8''$ S, $51^{\circ}46'39,3''$ O) (Figura 2).

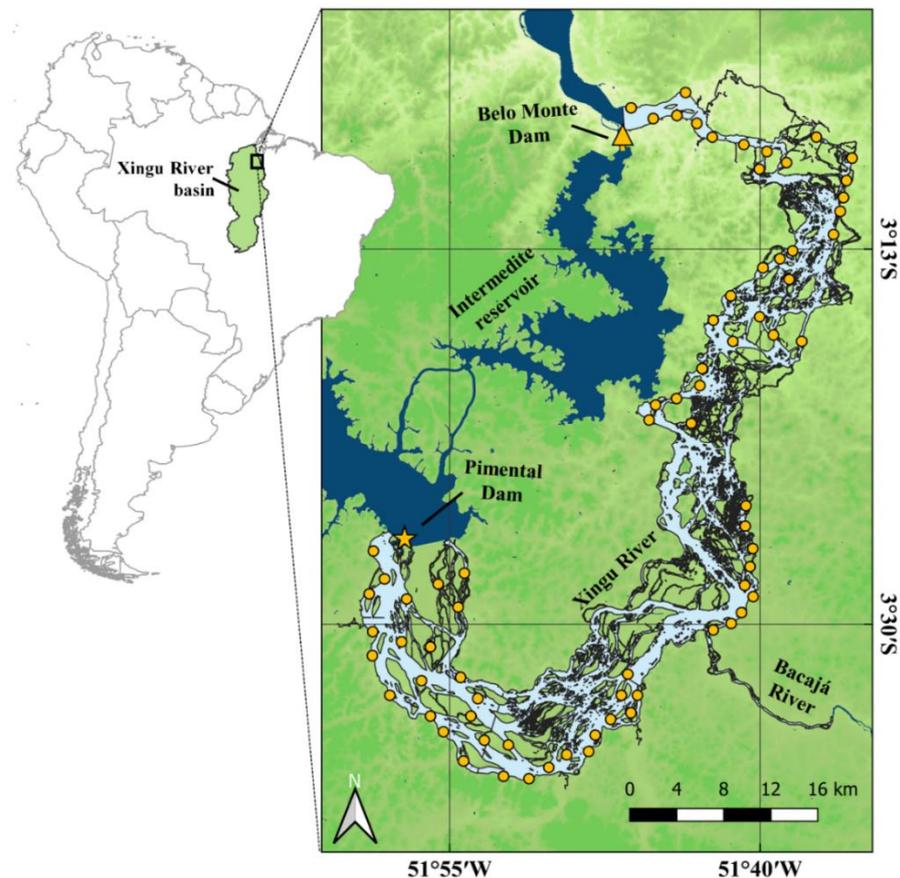


Figura 2 - Trecho de Vazão Reduzida (TVR) do Rio Xingu após a implementação da UHE Belo Monte, Volta Grande do Xingu. O TVR se estende desde a barragem Pimental (★), e barragem de Belo Monte (▲). Os círculos amarelos correspondem aos locais de coleta.

O clima da região é do tipo tropical úmido, pertencente ao subtipo *Am* segundo a classificação de Köppen adaptado por Peel et al. (2007). A temperatura média na região é de 27° C e umidade relativa do ar variando entre 78% e 88% (ELETROBRAS, 2009; GHILARDI JR; CAMARGO, 2009).

Em 2015, a implantação da UHE Belo Monte resultou em alterações na dinâmica natural na Volta grande do Xingu, resultando na formação de um reservatório principal, canais artificiais, um reservatório intermediário e um trecho de vazão reduzida (TVR) no leito original do rio (ROSCOCHE; VALLERIUS, 2013). A vazão nesse trecho da Volta Grande do Xingu foi reduzida em aproximadamente 80% em decorrência do desvio das águas para a formação do Reservatório Intermediário (ELETROBRÁS, 2009). Durante o período estudado a vazão média variou de aproximadamente 8.200 m³/s, em março de 2021, a 700 m³/s, em outubro de 2021.

3.2 COLETA DE DADOS

As coletas ocorreram mensalmente entre dezembro de 2020 e novembro de 2021, onde foram realizadas campanhas de campo com duração de aproximadamente 15 dias percorrendo todo o trecho estudado. Os peixes foram capturados por meio de redes de espera composta de baterias com onze redes retangulares de 20 m de comprimento e 1 m de altura, confeccionadas com linha de nylon monofilamento, com malhas de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15 e 18 cm entre nós opostos. A combinação desses diferentes tamanhos de malhas compuseram uma bateria de redes com 220 m de extensão. Em cada dia de expedição foram definidos três pontos de coleta, com uma distância mínima de 2 km entre eles. Em cada ponto foi colocado uma bateria de rede que permaneceu exposta das 17 às 21h. Em cada campanha de campo foram realizadas amostragens aproximadamente 45 pontos ao longo do TVR.

A vazão do rio foi mensurada durante todo o período das coletas (dados fornecidos pela concessionária). Porém, não utilizamos a vazão média mensal, e sim a média das vazões dos 5 dias que antecederam cada coleta. Essa estratégia foi adotada uma vez que a vazão média mensal controlada pela empresa responsável pela UHE não necessariamente resulta de uma liberação homogênea ao longo dos meses. Também foi mensurada a precipitação acumulada nos cinco dias anteriores a cada coleta, proveniente de medições feitas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), utilizando a régua linimétrica, com dimensões: 1 m de comprimento, 7 cm de largura e 4 mm de espessura e as marcas de leitura centimétrica e numeração de identificação a cada 2 cm. Utilizar os dados de vazão e precipitação dos 5 dias anteriores a coleta dos

espécimes permitirá uma melhor compreensão dos possíveis efeitos dessas variáveis ambientais na autoecologia da espécie.

Logo após a despesca, os peixes foram mensurados quanto ao comprimento padrão (Cp; 0,1 cm de precisão) e massa total (Mt; 0,01 g de precisão). Ainda em campo os indivíduos foram eviscerados a partir de um corte longitudinal na região ventral para retirada de suas gônadas. Espécimes testemunho foram fixados em formalina 10% por 48h e transferidos para álcool 70%. Posteriormente estes espécimes serão depositados na coleção de ictiologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (Belém, Pará). A captura, coleta e transporte do material biológicos foram autorizados pela diretoria de licenciamento ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA / Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico – Abio nº 1267/2020 e pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Pará (CEUA nº 8293020418).

3.3 TATICAS REPRODUTIVAS E ANÁLISE DE DADOS

Após serem retiradas dos espécimes, as gônadas foram aferidas quanto a sua massa (Mg; 0,01 g de precisão) e classificadas macroscopicamente quanto ao sexo e estágio de maturação dos espécimes. Essa classificação macroscópica foi baseada no tamanho, coloração, consistência e vascularização das gônadas de acordo com Vazzoler (1996). Posteriormente, o terço mediano de cada uma dessas gônadas foi removido e fixado em solução de Bouin, para que, se necessário, fossem submetidas a rotina histológica para confirmação do sexo e estágio de maturação sexual. Durante a rotina histológica os fragmentos de gônadas foram desidratados, em etanol (80%, 90%, 95% e 100%), por 30 min em cada concentração e transferidos para xilol por 15 minutos. Os fragmentos foram incluídos em parafina líquida aquecida a uma temperatura de 60°C, seccionadas a 5 µm de espessura e coradas em Hematoxilina e Eosina de acordo com Prophet et al. (1995). A definição microscópica do sexo e estágio de maturação seguiu a classificação de Núñez e Duponchelle (2009). Foram definidos os estágios imaturo, em maturação, maduro, desovado e repouso para fêmeas; e imaturo, em maturação, maduro e espermiado para machos.

A proporção de machos e fêmeas na população foi calculada separadamente para cada mês de coleta, bem como para todo o período estudado, através do teste qui-quadrado (χ^2) (VAZZOLER, 1996), baseado na equação $\chi^2 = (2 * (O - E)^2) / E$,

onde O representa a frequência observada de fêmeas e machos, E a frequência esperada de fêmeas e machos. Este teste foi realizado considerando a hipótese nula de um macho para uma fêmea (VAZZOLER, 1996).

Para a análise do tamanho médio da primeira maturação sexual (L_{50}), os estágios de maturação foram agrupados em juvenis (indivíduos classificados como imaturos) e adultos (indivíduos classificados como em maturação, maduro, desovado/espermiado e repouso). O percentual de adultos por classe de comprimento (1 cm de intervalo) foi calculado e considerado como variável dependente (y) e os intervalos de classe do comprimento padrão como variável independente (x). Os dados foram ajustados através da equação logística: $P = 1 / (1 + \exp[-r(Cp - L_{50})])$, onde: P representa a proporção de indivíduos maduros; r o declive da curva; Cp o comprimento padrão; L_{50} o comprimento médio de primeira maturação sexual. O L_{50} foi calculado separadamente para machos e fêmeas. Os parâmetros das equações foram ajustados utilizando a rotina Solver do software Microsoft Excel.

A atividade reprodutiva de *T. albus* ao longo do período estudado foi baseada na distribuição de frequência dos estágios de maturação gonadal e na variação do índice gonadossomático (IGS%). Os estágios de maturação sexual foram plotados em um gráfico considerando sua frequência relativa por mês. O índice gonadossomático (IGS%) foi obtido através da equação $IGS\% = (Mg/Mt) * 100$; onde: Mg a massa da gônada; Mt a massa total do peixe; esta análise incluiu apenas os espécimes adultos. O IGS% é uma representação da atividade de maturação gonadal da espécie, quanto maior seu valor, maior o engajamento reprodutivo. Para avaliar a variação mensal nos valores de IGS% estes foram verificados quanto às premissas estatísticas de normalidade (Macho: $p < 0,05$ e Fêmea: $p < 0,05$) e homocedasticidade (Macho: $p < 0,05$ e Fêmea: $p < 0,05$) e submetidos a um teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste post-hoc de Dunn.

O padrão de crescimento de *T. albus* foi avaliado através da relação massa comprimento dos indivíduos baseado na equação modificada por Huxley (1924), $Mt = a.Cp^b$, onde Mt é Massa total (g); Cp o comprimento padrão; a o coeficiente de proporcionalidade, e b o coeficiente alométrico. Para testar possíveis diferenças no padrão de crescimento entre os sexos, os resíduos da relação peso comprimento

foram testados quanto as premissas estatísticas de normalidade e homocedasticidade, e submetidos a um teste de Mann-Whitney.

O fator de condição alométrico (K), que reflete o balanço entre a energia adquirida pela alimentação e dispendida com atividades como reprodução e interações ecológicas em geral (BRAGA, 1986), foi obtido separadamente para machos e fêmeas e para cada um dos meses de amostragem. O valor de K foi obtido através da equação $K = \left(\frac{Mt}{Cp^b}\right) * 1000$, onde Mt é Massa total (g); Cp o comprimento padrão; e b o coeficiente alométrico resultante da relação massa comprimento. Os valores de K foram avaliados quanto às premissas estatísticas de normalidade (Macho: $p < 0,05$ e Fêmeas: $p < 0,05$) e homocedasticidade ($p < 0,05$) e submetidos a um teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste post-hoc de Dunn.

Por fim, a influência da vazão média dos cinco dias que antecederam a coleta de cada espécime por mês, a precipitação acumulada nesse mesmo período (variáveis preditoras), bem como a interação dessas variáveis na atividade de maturação gonadal, mensurada através do índice gonadossomático (IGS% - variável resposta), foi avaliada separadamente para machos e fêmeas através de Modelos Lineares Generalizados (GLM) (MCCULLOGH; SEARLE, 2001). Posteriormente os modelos foram submetidos ao Critério de Seleção de Akaike (AIC), que indicou as variáveis com maior capacidade preditora do IGS%. Todos os testes foram realizados utilizando o software R (R Core Team, 2021), utilizando os pacotes *MuMin* (Barton, 2020), *vegan* (Oksanen et al., 2020) e *car* (Fox & Weisberg, 2019) e considerando um nível de significância de 5%

4 RESULTADOS

Foram coletados 298 espécimes de *T. albus*, dos quais 98 foram submetidos a avaliação histológica para definição do sexo e do estágio de maturação, resultando 163 machos e 135 fêmeas. Os machos apresentaram um comprimento padrão médio de 12,5 cm [Desvio Padrão (DP) = 3,0 cm], com um peso total médio de 36,2 g (DP = 29,8 g). Para fêmeas, o comprimento padrão médio foi de 13 cm (DP = 3,7 cm), com um peso médio de 49 g (DP = 47 g). O número de indivíduos, bem como o comprimento e peso médio mensal dos indivíduos. A vazão média dos cinco dias anterior de cada coleta mensal apresentou um aumento em dezembro e janeiro (4927,4 m/s³), um pequeno declínio em fevereiro (2720 m/s³) e aumentando novamente em março (9203,7 m/s³) e continuou o grande volume de vazão até o mês de maio. Porém, no mês de junho (2149,2 m/s³) até o mês de outubro (707 m/s³) a vazão diminuiu consideradamente, seguida de um aumento no mês de novembro (783,3) (Figura 3).

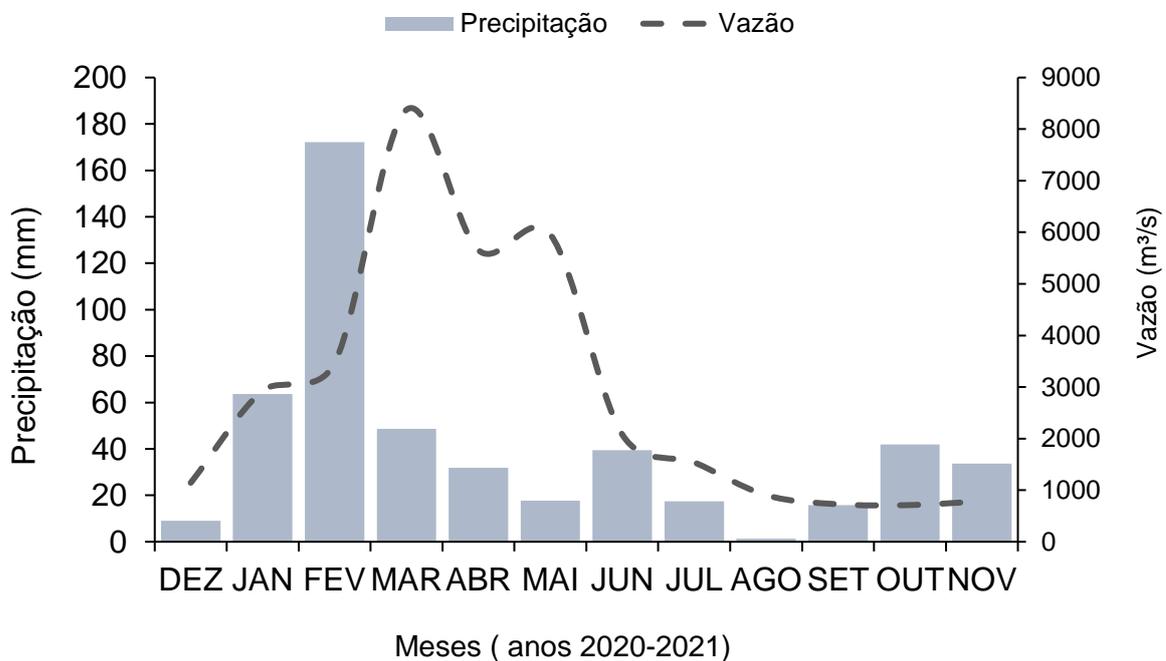


Figura 3 - Representação da precipitação e vazão durante a coleta de *Triportheus albus* Cope, 1872 amostrados na volta grande do rio Xingu, representando a média da precipitação (barras) e a vazão (linha tracejada) dos cinco dias que antecederam as coletas entre dezembro de 2020 a novembro de 2021.

A proporção de machos e fêmea não diferiu para o período como um todo ($\chi^2 = 4,60$; gl = 1; $p > 0,05$). Quando avaliada mensalmente, somente o mês de junho apresentou diferença na proporção dos sexos ($\chi^2 = 3,92$; g.l. = 1; $p < 0,05$) com 1,7 machos para cada fêmea (Figura 4).

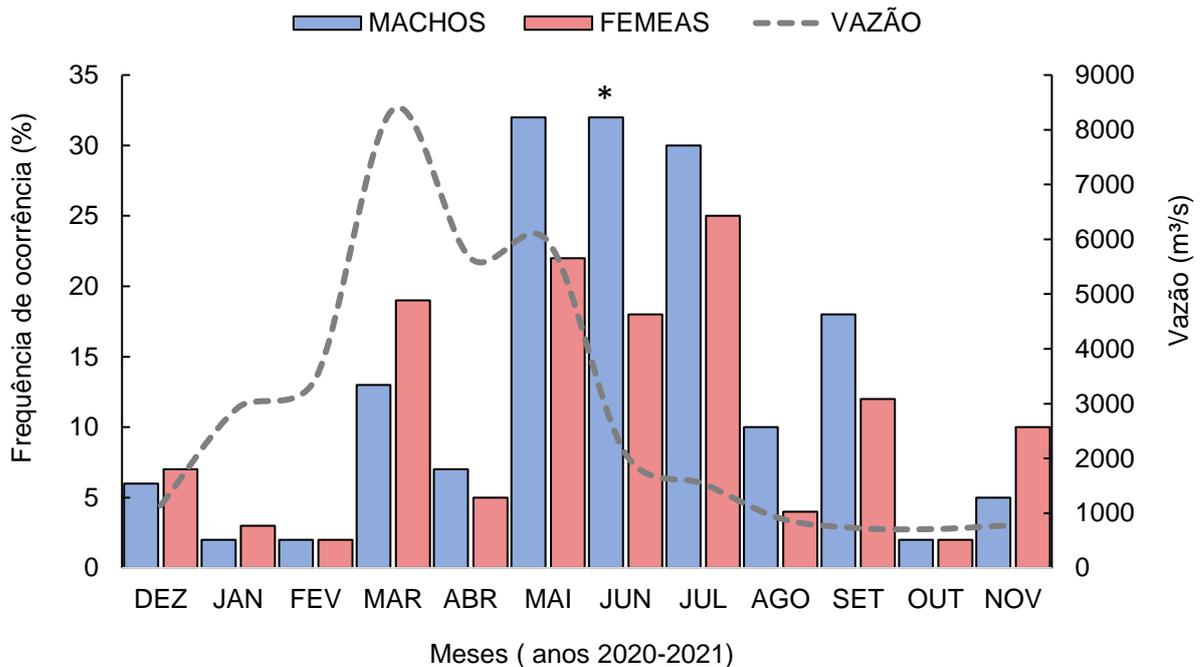


Figura 4 - Proporção sexual de *Triportheus albus* Cope, 1872 na volta grande do rio Xingu. O símbolo (*) representa diferenças significativas na proporção entre os sexos e a linha tracejada representa a vazão média dos últimos cinco dias antes da coleta do mês entre dezembro de 2020 a novembro de 2021.

O tamanho médio de primeira maturação sexual (L_{50}) para machos de *Triportheus albus* foi de 10 cm (Figura 5a), enquanto para fêmeas o L_{50} foi de 9,7 cm (Figura 5b).

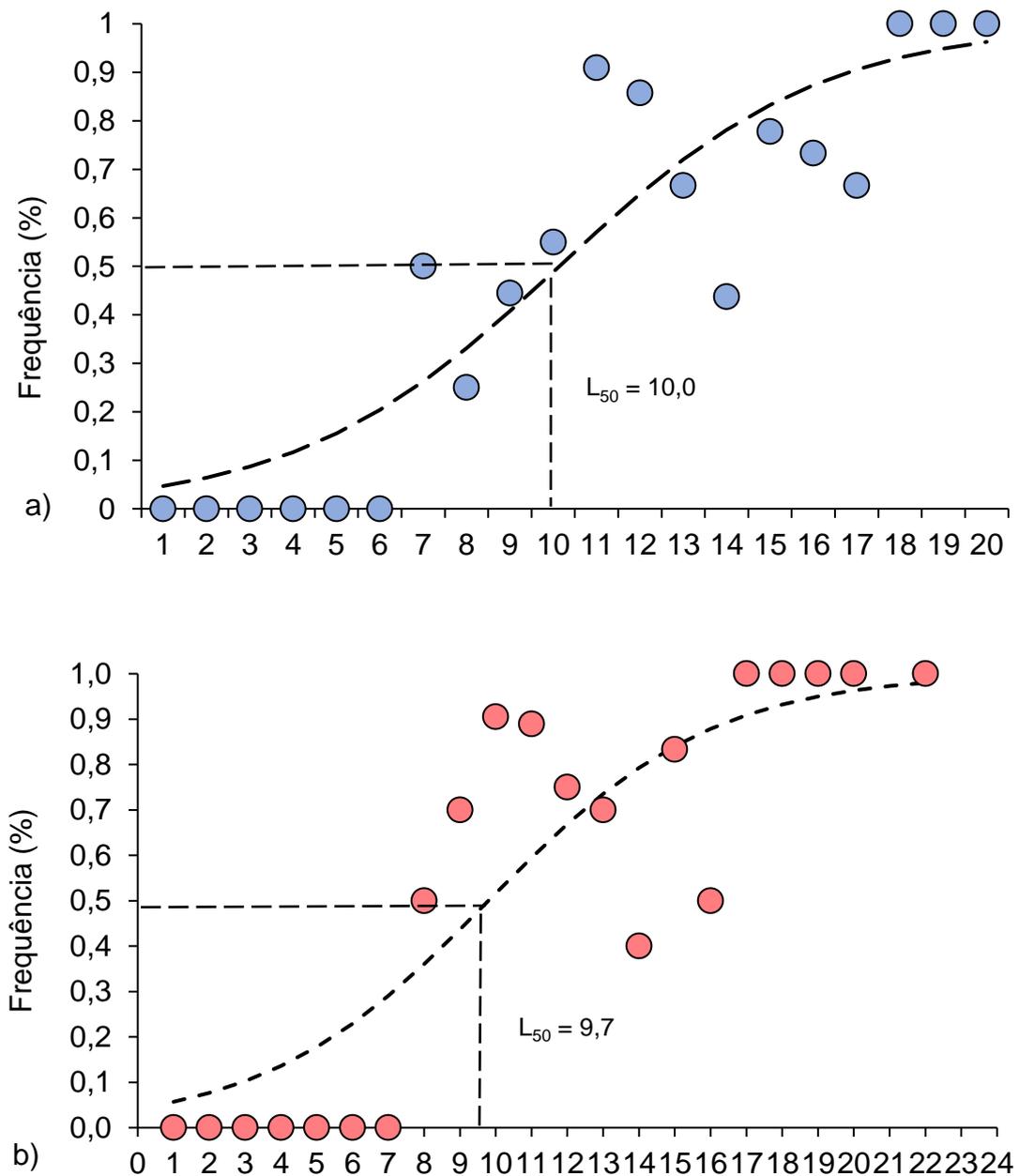


Figura 5 - Estimativa do comprimento médio de primeira maturação sexual (L_{50}) para machos (a) e para fêmeas (b) de *Triportheus albus* Cope, 1872 entre os meses de dezembro de 2020 a novembro de 2021 na região da Volta Grande do Xingu.

A atividade de maturação gonadal de machos, baseada nos valores do Índice Gonadossomático (IGS%), diferiu entre os meses amostrados ($H = 27,54$; g.l.= 11; $p < 0,01$), havendo uma maior atividade reprodutiva no mês de janeiro. A mesma diferiu dos meses de fevereiro, maio, junho, julho, agosto, setembro e novembro ($p < 0,05$). Adicionalmente, os valores de IGS% do mês de março diferiu dos meses de maio,

agosto, setembro e novembro ($p < 0,05$). Nos meses seguintes, observamos atividade de maturação gonadal menos intensa no mês de junho, que diferiu dos meses de agosto, setembro e novembro ($p < 0,05$), e no mês de julho, que diferiu apenas do mês de novembro ($p < 0,05$) (Figura 6a).

Para as fêmeas, o IGS também diferiu entre os meses amostrados ($H = 26,47$; g.l.= 11; $p < 0,01$), com um primeiro pico de maior atividade de maturação gonadal em dezembro de 2020, que diferiu dos meses de março, maio e agosto ($p < 0,05$), seguido de uma diminuição dessa atividade entre os meses de janeiro e abril. Dois outros picos de atividade reprodutiva foram observados, em julho, diferindo dos meses de março, maio, junho ($p < 0,05$), e outro em setembro, que diferiu de fevereiro, março, maio, junho, agosto e novembro ($p < 0,05$) (Figura 6b).

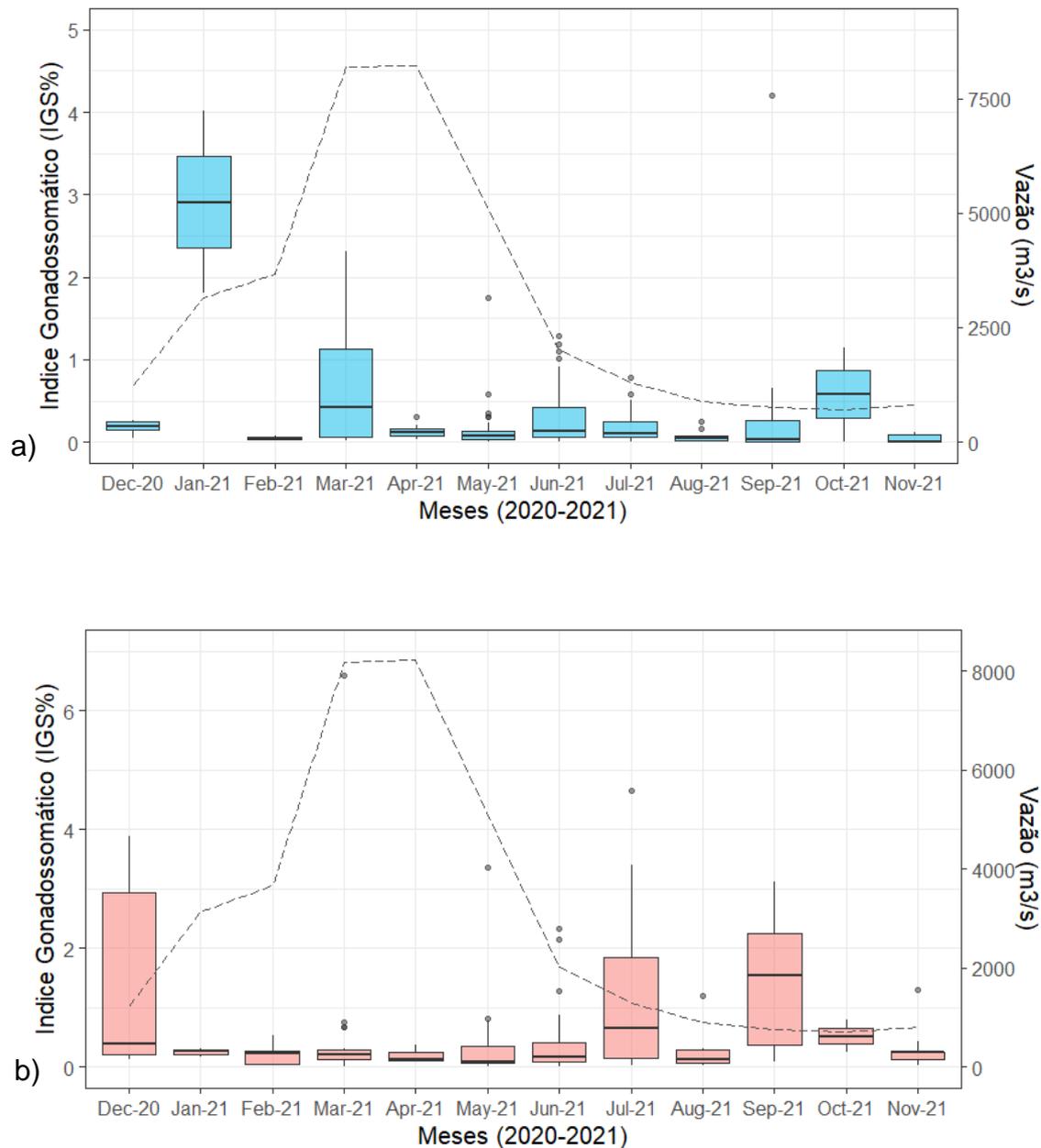


Figura 6 - Variação mensal do Índice Gonadosossomático (IGS %) de machos (a) e fêmeas (b) *Triportheus albus* Cope, 1872 amostrados na volta grande do rio Xingu. A linha vermelha representa a vazão média dos últimos cinco dias antes da coleta de dezembro de 2020 a novembro de 2021.

A frequência dos estágios de maturação gonadal evidenciaram, para os machos, um predomínio de indivíduos maduros em dezembro e janeiro, seguido por uma maior frequência de imaturos entre os meses de abril a junho. A maior frequência de indivíduos em maturação foi observada de setembro a novembro. Por fim, os

espermiados foram registrados com uma maior frequência nos meses de fevereiro e março (Figura 7a).

Para as fêmeas, as maiores frequências de indivíduos maduros foram nos meses de outubro, novembro e dezembro, seguido por imaturos nos meses de maio, junho e agosto. As maiores frequências de indivíduos em maturação foram observadas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Para o estágio repouso, os meses de agosto e setembro registraram as maiores frequências. As gônadas em estágio desovado foram mais predominantes no mês de janeiro (Figura 7b).

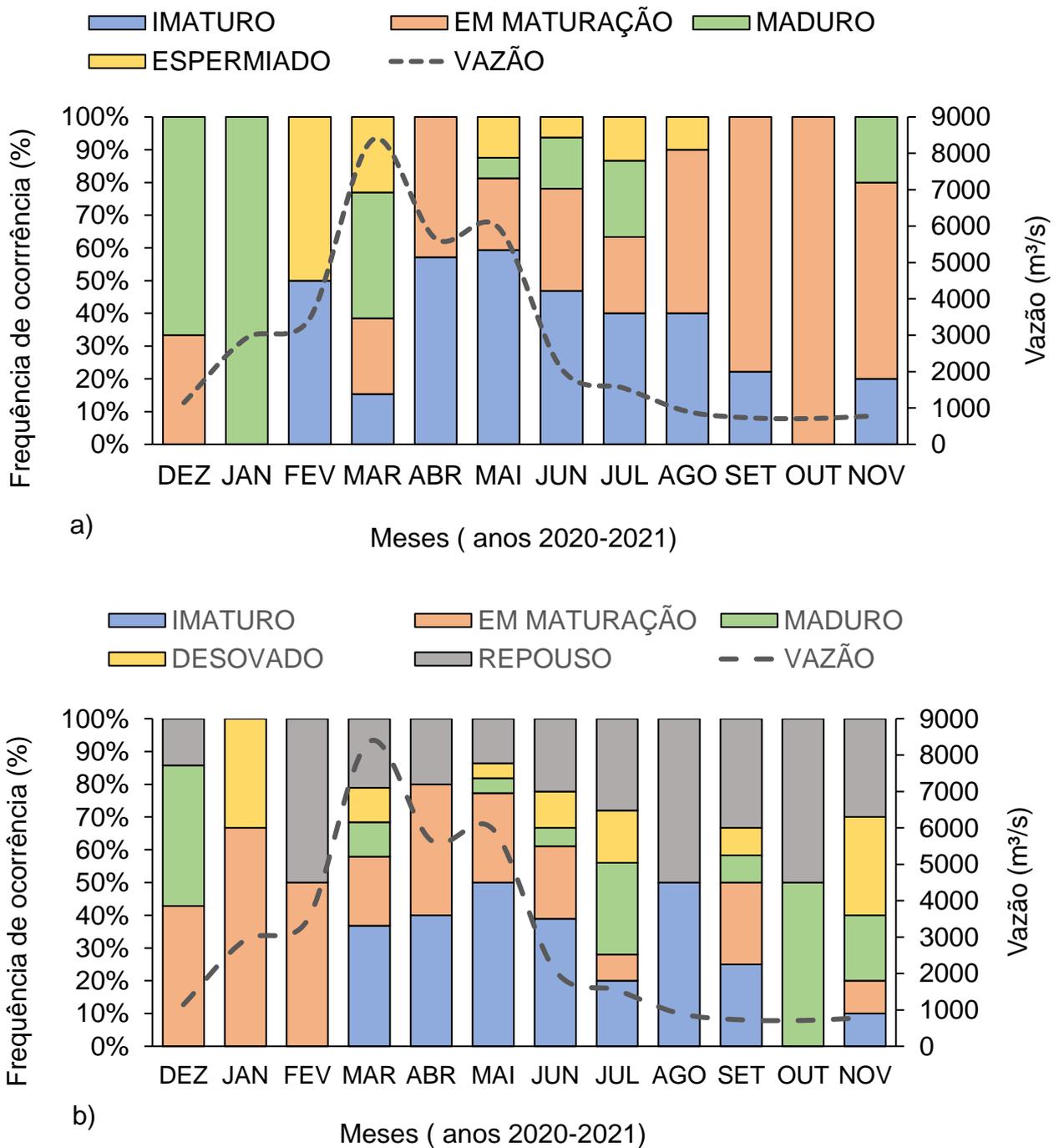


Figura 7 - Variação dos estágios de maturação para machos (a) e fêmeas (b) de *Triportheus albus* na volta grande do rio Xingu. A linha vermelha representa a vazão média dos últimos cinco dias antes da coleta de cada mês entre dezembro de 2020 a novembro 2021.

A comparação dos resíduos da relação massa-comprimento não evidenciou diferença no padrão de crescimento de machos e fêmeas ($W = 9759$; $p > 0,05$). A população apresentou uma tendência à crescimento alométrico positivo ($b = 3,12$) indicando um maior incremento proporcional de peso em relação ao comprimento

padrão, o qual foi representado pela equação $Cp = 0,012^{3,12}$ com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,96 (Figura 8).

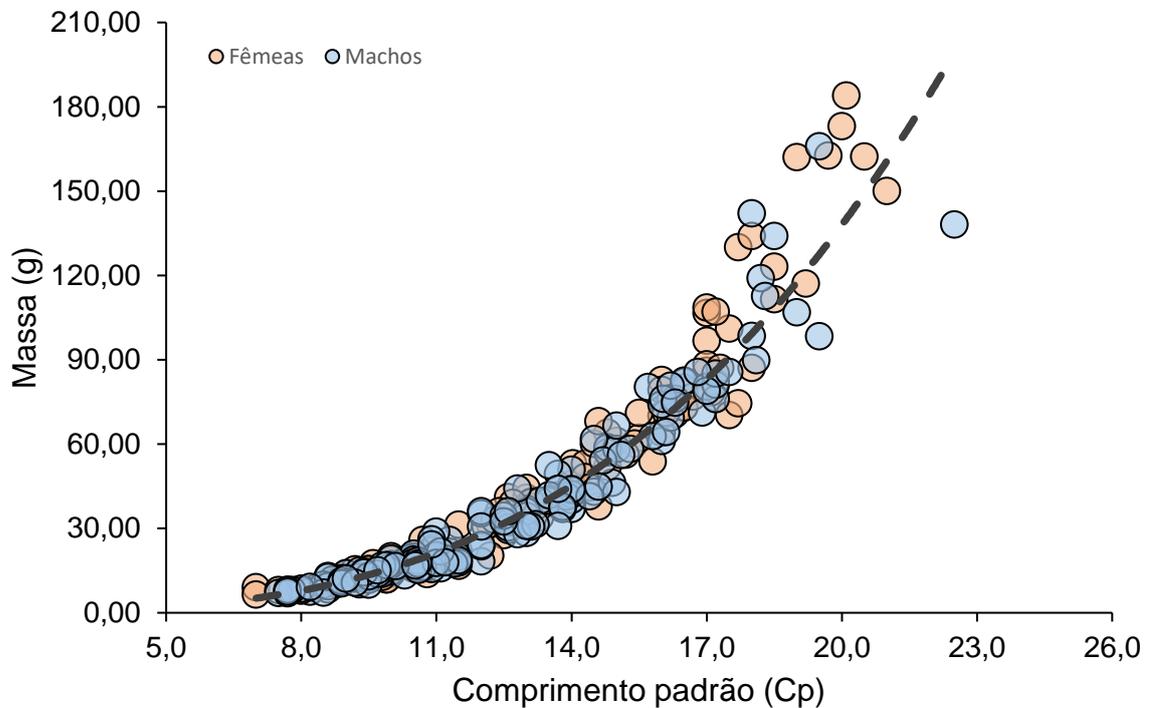


Figura 8 - Relação massa-comprimento para a população de *Triportheus albus* amostrados entre dezembro de 2020 e novembro de 2021 na volta grande do rio Xingu. Os pontos cinza representam cada espécime utilizado para a construção do modelo de crescimento.

O fator de condição (K) diferiu entre os meses amostrados ($H = 39,51$; g.l. = 11; $p < 0,01$), com valores mais baixos registrados nos meses de dezembro, que diferiu dos meses de maio, junho, julho, setembro e outubro ($p < 0,05$), bem como no mês de março, que diferiu dos meses de maio, junho, setembro e outubro ($p < 0,05$). Os maiores valores de fator de condição para machos foram observados nos meses de julho, que diferiu dos meses de dezembro, março, abril, maio, junho, agosto, setembro e novembro ($p < 0,05$) (Figura 9a).

Para fêmeas o fator de condição também diferiu entre os meses amostrados ($H = 36,42$; g.l. = 11; $p < 0,01$), com valores mais baixos no mês de dezembro, que diferiu dos meses de maio, junho, julho, setembro e novembro ($p < 0,05$), e abril, que diferiu dos meses de julho e setembro ($p < 0,05$). Os maiores valores de fator de condição para fêmeas foram observados no mês de julho, que diferiu dos meses de janeiro,

fevereiro, março, abril, junho e agosto ($p < 0,05$), e setembro, que diferiu dos meses de fevereiro, março, abril, maio, junho e agosto. Assim como para o índice gonadosomático (IGS%) o fator de condição (K) também variou de maneira sincrônica entre machos e fêmeas, com menores valores logo após a diminuição mais marcante na vazão média do trecho estudado (Figura 9b).

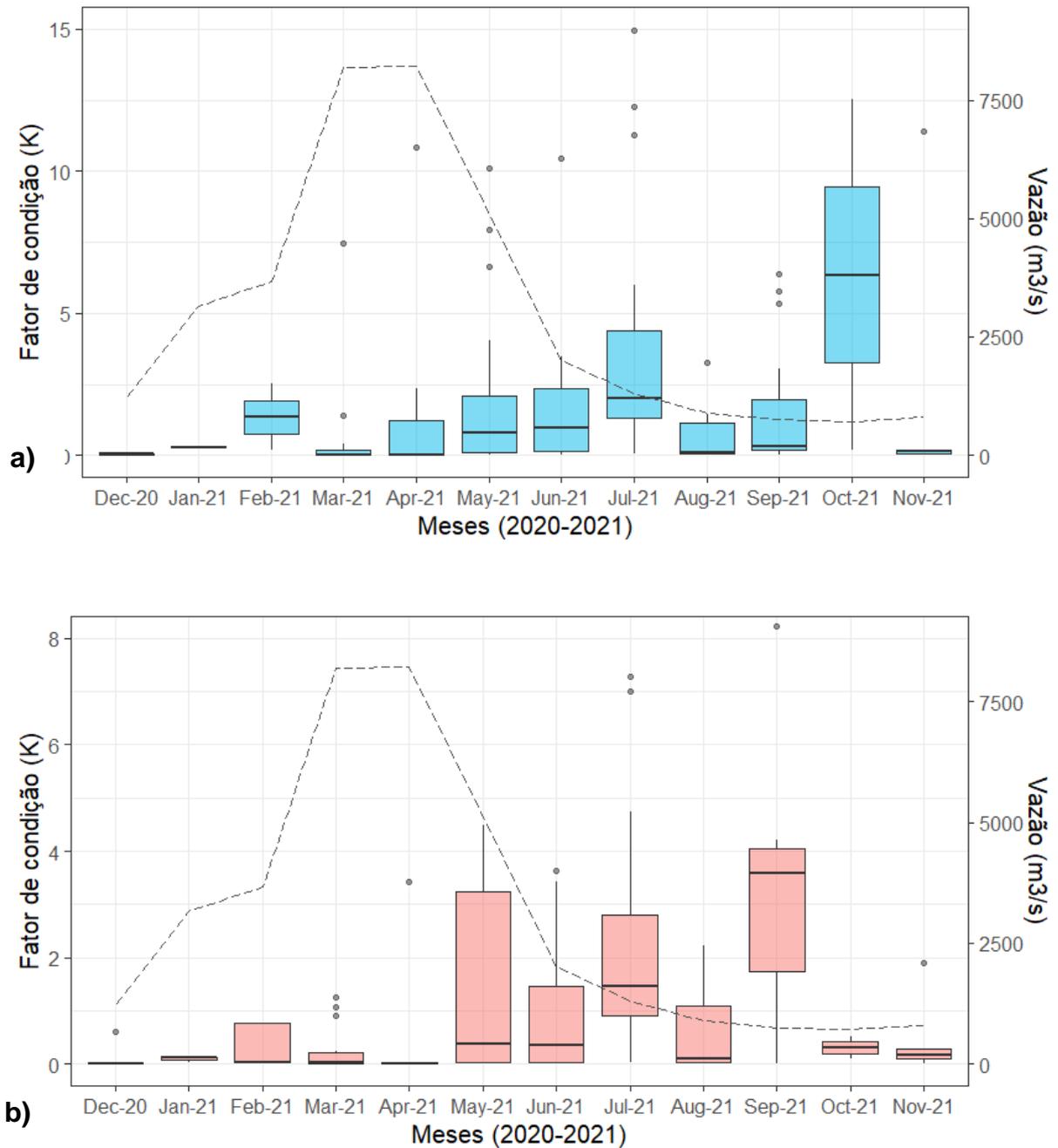


Figura 9 - Variação mensal do Fator de Condição (K) de machos (a) e fêmeas (b) *Triportheus albus* Cope, 1872 na volta grande do rio Xingu. A linha vermelha representa a vazão média dos últimos cinco dias antes da coleta de cada mês entre dezembro de 2020 a novembro 2021.

Por fim, o modelo GLM construído para machos, apenas 7% da atividade reprodutiva de *T. albus* é positivamente influenciada pela interação da vazão com a precipitação ($F_{3,159} = 5,28$; $p < 0,01$), não havendo nenhum tipo de influência isolada da precipitação. O modelo gerado para fêmeas indicou apenas a precipitação como uma variável preditora válida para o modelo (AIC = 537.3) que por sua vez não exerceu nenhuma influência na atividade reprodutiva da espécie ($F_{3,159} = 1,89$; $p > 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1 – Variação da interação da vazão e precipitação da média dos 5 dias anterior da coleta dos machos *Triportheus albus* Cope, 1872 amostrados entre dezembro de 2020 e novembro de 2021 na volta grande do rio Xingu. A linha vermelha representa a vazão média dos últimos cinco dias antes da coleta de cada mês entre dezembro de 2020 a novembro de 2021.

Variável resposta	GLM	Variáveis preditoras	β	t	p
IGS% de Machos	$F_{3,159} = 5,28$; $p < 0,01$; $R^2 = 0,07$	Intercepto	0,256	2,72	< 0,01 *
		Vazão média	< 0,001	-0,28	0,78
		Precipitação	-0,003	-1,11	0,27
		Vazão + Precipitação	<0,001	2,65	< 0,01 *
IGS% de Fêmeas	$F_{3,159} = 5,28$; $p < 0,01$; $R^2 = 0,07$	Intercepto	1	5,17	< 0,01 *
		Precipitação	-0,007	-1,91	0,05

5 DISCUSSÃO

A espécie *Triportheus albus* apresentou uma sutil diferença na proporção sexual da sua população, especialmente em um período que antecedeu um pico de atividade reprodutiva. O comprimento médio de primeira maturação sexual de machos e fêmeas foi similar. A atividade reprodutiva foi sincrônica entre machos e fêmeas, tendo a maior atividade antecedendo o aumento da vazão. Desta forma, o momento de maior atividade reprodutiva foi no período de menor vazão. No período de menor vazão observou muitos indivíduos em maturação e maduro entre machos e fêmeas e também uma grande quantidade de indivíduos maduros próximos aos picos de maior vazão. Machos e fêmeas também não diferiram quanto ao padrão de crescimento, e a população apresentou um crescimento alométrico positivo. Por fim, o fator de condição variou ao longo do período amostrado, e pode estar relacionado às atividades reprodutivas.

Essa pequena diferença na proporção sexual pode ocorrer em razão de agrupamentos migratórios que a espécie *T. albus* possa realizar, formando cardumes de machos e fêmeas. Em um estudo sobre *Semaprochilodus* spp. (VAZZOLER et al., 1992), que também é uma espécie que realiza migração para reproduzir e agrupa machos e fêmeas formando cardume, apresentou a proporção de 1:1. Entretanto depois do período reprodutivo foi verificado um desvio significativo desta proporção de machos e fêmeas. Então acredita-se que a proporção sexual não teve grandes variações devido a espécie está agrupada para a realização da atividade reprodutiva.

A frequência dos estágios de maturação gonadal evidenciaram, para os machos, um predomínio de indivíduos maduros em dezembro e janeiro, os em maturação em setembro a novembro. Para as fêmeas a maior frequência de maduros foram nos meses de outubro, novembro. A espécie tende a realiza migrações na época da reprodução, para obter sucesso O gênero *Triportheus* realiza migrações para fins reprodutivos geralmente no período dos meses de setembro e outubro (DORIA; QUEIROZ, 2008). Entretanto, os empreendimentos hidrelétricos realizam grandes alterações nas interações bióticas dentro do ecossistema, particularmente entre as de natureza trófica e reprodutiva dos peixes, devido a mudanças das rotas migratórias impostas pelo empreendimento (AGOSTINHO et al., 2007). Dessa forma, devido as inúmeras alterações nas vazões dos rios, as espécies tendem a se adequar às novas situações ecológicas, para poder realizar com sucesso o ciclo reprodutivo

(SUZUKI; AGOSTINHO, 1997) este evento tem grande chance de estar acontecendo com *T. albus* pois o peixe se encontra em um rio que teve alterações na sua vazão. Adicionalmente, descreveu que a piaba-facão, capturada na represa três Marias, rio São Francisco desova no período de águas baixas, de vazão menor. Pode-se observar no estudo que a atividade reprodutiva é influenciada pela vazão, especificamente através da interação da vazão com a precipitação. Godinho (1994)

Considerando a relação massa comprimento, a mesma é importante para verificar a o investimento energético do peixe no seu crescimento. Essa energia pode direcionar seu crescimento e melhorar sua performance na reprodução. Assim, quando b é igual a 3, a espécie pode ter um crescimento isométrico, ou seja, o peso aumenta proporcionalmente com o comprimento. No entanto, quando b é menor que 3 o crescimento é alométrico negativo, ou seja, o incremento maior se dá na massa, quando o crescimento é alométrico positivo o incremento maior é no comprimento (ARAÚJO et al. 2011). A espécie apresentou ter um crescimento alométrico positivo, ou seja, o comprimento do peixe cresce proporcionalmente maior do que o crescimento da massa do peixe.

Por meio do padrão de crescimento, foi possível obter o fator de condição (K), que é uma medida quantitativa do bem-estar do peixe (LE CREN, 1951; GOMIERO; BRAGA, 2008), podendo fornecer uma possível relação da sua condição corporal e/ou seu estado fisiológico com o meio em que vive (GOMIERO; BRAGA, 2008; LEMOS et al., 2006). Para *T. albus*, os machos tiveram maiores valores de K no mês de março e teve uma diminuição nos meses de outubro e novembro. As fêmeas apresentaram padrão diferente, o aumento começou nos meses de fevereiro e março, até o mês de agosto, porém os meses de abril e junho teve um pico menor dos demais meses.

Observando dos valores de IGS e K obtidos para *T. albus*, observamos que os valores variam inversamente proporcional em alguns meses do estudo. Tal padrão sugerem que a redução nos valores de K reflete os custos energéticos do processo reprodutivo de machos e fêmeas (HUNTINGFORD et al., 2001; GOMIERO et al., 2008).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As táticas reprodutivas adotadas pela espécie *Triportheus albus* na região da volta grande do rio Xingu, tais como: ausência de variação marcante na proporção sexual, sem uma associação clara ao período de atividade reprodutiva; tamanho médio de primeira maturação similar entre os sexos e uma atividade reprodutiva nos períodos entre o pico da cheia e da seca, nos permite enquadrá-la em uma estratégia reprodutiva oportunista segundo Winemiller e Rose (1992). A fraca relação da atividade de maturação gonadal com o regime de chuvas e com a variação sazonal da vazão do médio Xingu, reforça a ideia de que a espécie realiza todo seu ciclo reprodutivo mais associado a coluna d'água no canal principal do rio. É possível que a relação entre a história de vida da espécie e o pulso de inundação esteja mais associado a alocação de energia no processo de alimentação. Contudo estudos focados na variação sazonal da ecologia reprodutiva são fundamentais para compreensão desse possível efeito do pulso de inundação na autoecologia da espécie como um todo.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C. & PELICICE, F.M. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Eduem, Maringá, Brasil, p. 260. 2007.
- ARAÚJO, C. C.; FLYNN, M. N.; PEREIRA, W. R. L. Fator de condição e relação peso-comprimento de *Mugil curema valenciennes*, 1836 (pisces, mugilidae) como indicadores de estresse Ambiental. RevInter, São Paulo, v.4, n.3, p.51-64, 2011.
- AKAMA, A. Impacts of the hydroelectric power generation over the fish fauna of the Tocantins River. Brazil, 2017.
- BRAGA, F.M.S. Estudo entre fator de condição e relação peso / comprimento para alguns peixes marinhos. Revista Brasileira de Biologia, Rio de Janeiro, v. 46, n. 2, p. 339-346, 1986.
- CARDOSO, M. C., R. E. SILVA, A. D. B. SILVA, H. S. A. CHIBA, 2017. Pescadores artesanais, conflito de interesses e os recursos pesqueiros vistos como capital natural

crítico: o caso do Lago do Juá em Santarém, Pará. *O Social em Questão* 40: 309–332.

DORIA, C. R. C.; QUEIROZ, L. J. A pesca comercial das sardinhas (*Triportheus* spp.) desembarcadas no mercado pesqueiro de Porto Velho, Rondônia (1990- 2004): produção pesqueira e perfil. *Biotemas*, 21(3): 107 – 115, 2008.

ELETROBRAS. Áreas de influência e Área de Abrangência Regional (Físico e Biótico) – Área de Abrangência Regional Meio Físico. Estudo de Impacto Ambiental – Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte. Brasília, 2009.

FERNÁNDEZ, A. A., J. OTERO, R. BAÑÓN, J. M. CAMPELOS, J. SANTOS. G. MUCIENTES, 2016. Sex ratio variation in exploited population of common octopus: ontogenic shifts and spatio-temporal dynamics. *Hydrobiologia*, 794, 1–16.

GOMIERO, L. M.; GARUANA, L.; BRAGA, F. M. S. Reproduction of *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829) (Characiforms) in the Serra do Mar State Park, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 68(1):187- 192, 2008.

GOMIERO, L. M.; VILLARES Jr, G.A.; NAOUS, F. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae) introduzidos em um lago artificial no Sudeste brasileiro. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, 30(2): 173-178. 2008.

GHILARDI Jr, R.; CAMARGO, M. Breve visão do Xingu. In: CAMARGO, M.; GHILARDI Jr, R. (Eds). *Entre a terra, as águas e os pescadores do médio Rio Xingu: uma abordagem ecológica*. Belém, Pará, 17 – 32 p. 2009.

GROSS, M. R. *Alternative reproductive strategies and tactics, diversity within sexes*. Elsevier Science. v 11, 1996.

JÉZÉQUEL, C.; TEDESCO, P. A.; DARWALL, W.; DIAS, M. S.; FREDERICO, R. G.; HIDALGO, M. Freshwater fish diversity hotspots for conservation priorities in the Amazon Basin. *Conserv Biol*, ed. 4, v 34, 956 – 65 p. 2020.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. "The flood pulse concept in river-floodplain systems." *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*, v. 106. 110 – 127 p. 1989.

- HARTZ, S. M. F. S.; VILELA, G.; BARBIERI. Reproduction dynamics of *Oligosarcus jenynsii* (Characiformes, Characidae) in lake Caconde, Rio Grande do Sul. Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, v 57, c 2, 295 – 303 p. 1997.
- HUNTINGFORD, F. A.; CHELLAPPA, S.; TAYLOR, A. C.; STRANG, R. H. C. Energy reserves and reproductive investment in male three spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*. *Ecology of Freshwater Fish*, 10 (2), 111-117, 2001.
- HUXLEY, J. S. 1924. Constant Differential Growth-Ratios and their Significance. *Nature*, v. 114, n. 2877, p. 895-896, 1924.
- LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, n.20, p.201- 219, 1951.
- LOGEZ, M.; REYJOL, Y.; RODRIGUES, M. A. Life-history variation in freshwater fish: an assessment of the 'opportunistic–equilibrium–periodic' triangular model. *Ecology of Freshwater fish*. ed. 4, v 25, 682 – 685 p. 2015.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. *Estudos Ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. EDUSP, São Paulo, 1999.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge University Press, 1987.
- MCCULLOGH, C. E, S. R. SEARLE. *Generalized, linear and mixed models*. John Wiley & Sons. Nova Iorque, 2001.
- MAGALHÃES, S. B.; SILVA, Y. Y. P.; VIDAL, C. L. Não há peixe para pescar neste verão: efeitos socioambientais durante a construção de grandes barragens – O caso Belo Monte. *Ministério do Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v 37, 111 – 134 p. Edição Especial Nexos Água e Energia, 2016. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/made/article/view/45595>.
- NUÑEZ, J.; DUPONCHELLE, F. Towards a universal scale to assess sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. *Fish Physiol Biochem*, v 35, c 1, 167 – 80 p, 2009.
- ROSCOCHE, L. F.; VALLERIUS, D. M. Os Impactos da Usina Hidrelétrica de Belo Monte nos Atrativos Turísticos da Região do Xingu. *Revista Eletrônica de*

Administração e Turismo, v 5, 414 – 430 p. Julho-Dezembro/2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/AT/article/download/2905/354>.

SAINT-PAUL, U. Comparison of seasonal and diurnal vertical oxygen distribution in Central Amazonian white and black water lake. *Ecotropica*, v 2, 73 – 77 p.1996.

STEARNS, S. C. Life-history tactics: a review of the ideas. *Q Rev Biol*, v 51, 3 – 47 p. 1976.

PIANKA, E. R. On r- and K-Selection. *The American Naturalist*, v 104, 592 – 597 p. 1970.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology Earth System Sciences*, v 11, 1633 – 1644 p, 2007.

Prophet EB, Milis B, Arrington JB, Sobin LH. Métodos Histotecnológicos. Washington, DC: Instituto de Patologia de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de América (AFIP); 1995.

VAZZOLER, A.E.A.M. & MENEZES, N.A. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). *Revista Brasileira de Biologia*, 52(4):627-640, 1992.

VAZZOLER, A. E. A. M. *Biologia da reprodução de peixes Teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Eduem, SBI, 169 p. 1996.

YAMAMOTO, K. C.; SOARES, M. G. M.; FREITAS, C. E. C. Alimentação de *Triportheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) no lago Camaleão, Manaus, AM, Brasil. *Zoologia. Acta Amazônica*, v 34, 2004.

WINEMILLER, K. O.; ROSE, K. A. Patterns of Life-History Diversification in North American Fishes: implications for Population Regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v 49, 2196 – 2218 p. 1992.

WINEMILLER, K. O. Patterns of variation in life history among South American Fishes in Seasonal Environments. *Oecologia*, v 81, 225 – 241 p. 1989.