

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

NAJLA ELISA FERREIRA LIMA

Biologia reprodutiva de *Tocantinsia piresi* (Siluriformes: Auchenipteridae) nos períodos pré e pós barramento do rio Xingu (Pará, Brasil)

NAJLA ELISA FERREIRA LIMA

Biologia reprodutiva de *Tocantinsia piresi* (Siluriformes: Auchenipteridae) nos períodos pré e pós barramento do rio Xingu (Pará, Brasil)



Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Área de concentração: Ecologia.

Linha de Pesquisa: Ecologia de Organismos e Populações

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag

Belém
2022

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)

- L732b Lima, Najla Elisa Ferreira.
 Biologia reprodutiva de Tocantinsia piresi (Siluriformes:
 Auchenipteridae) nos períodos pré e pós barramento do Rio Xingu
 (Pará, Brasil) / Najla Elisa Ferreira Lima. — 2022.
 32 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof^a. Dra. Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira
 Coorientador(a): Prof. Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
 Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia,
 Belém, 2022.
1. Ecologia aquática - Xingu, Rio, Região (PA e MT). 2.
 Peixes de água doce - populações. 3. Indicadores ambientais.
 4. Bagre (Peixe) - reprodução. 5. Natureza - influência do
 homem. I. Título.

CDD 577.609811

NAJLA ELISA FERREIRA LIMA

Biologia reprodutiva de *Tocantinsia piresi* (Siluriformes: Auchenipteridae) nos períodos pré e pós barramento do rio Xingu (Pará, Brasil)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e aprovada pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

BANCA AVALIADORA:

Prof^a Dr^a Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira
Orientadora – ICB/UFPA
<http://lattes.cnpq.br/1832728101486131>

Prof. Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag
Co-orientador - ICB/UFPA
<http://lattes.cnpq.br/4936237097107099>

Prof^a Dr^a Karina Dias da Silva
Membro Titular - Campus Altamira/UFPA
<http://lattes.cnpq.br/2271768102150398>

Prof. Dr. Tiago Magalhães da Silva Freitas
Membro Titular - Campus Breves/UFPA
<http://lattes.cnpq.br/5148299236654901>

Prof^a Dr^a Rossineide Martins da Rocha
Membro Titular - ICB/UFPA
<http://lattes.cnpq.br/4371300451793081>

Prof^a Dr^a Simone do Socorro Damasceno Santos
Membro Suplente - ICB/UFPA
<http://lattes.cnpq.br/4573238690293498>

Prof. Dr. Felipe Andrés León Contrera
Membro Suplente ICB/UFPA
<http://lattes.cnpq.br/0888006271965925>

Aprovada em: 25/02/2022

Local de defesa: Google meet

Dedico à minha mãe que sempre foi
minha maior apoiadora, dos
pequenos detalhes a grandes
demonstrações, aos meus amigos
pela compreensão das ausências e
distanciamento. Ao meu grupo de
Pesquisa GPHEA, e aos meus
orientadores, Prof^a Auxiliadora e
Prof^o Miúdo, pelo apoio,
aprendizado, dedicação e por não
desistirem de mim.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará pelo ensino de qualidade.

Ao curso de Pós-graduação em Ecologia do convênio Universidade Federal do Pará (UFPA) e Embrapa Amazônia Oriental pela oportunidade de cursar o mestrado.

À TRACTEBEL pelo auxílio financeiro que viabilizou a realização das coletas para esta dissertação

Agradeço imensamente às seguintes pessoas e instituições que colaboraram com o presente trabalho e que tornaram possível sua realização: À minha querida e amada mãe **Maria de Nazaré dos Santos Ferreira** por tudo que sempre fez por mim, por me amar, incentivar, cuidar e apoiar. Em nenhum momento mediu esforços para me oferecer todo o apoio necessário em todos os momentos da minha carreira e da minha vida.

À minha prezada orientadora Prof. Dra. **Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira**, por me receber de braços abertos, pela orientação, ensino, atenção, apoio e paciência.

Ao meu prezado coorientador Prof. Dr. **Luciano Fogaça de Assis Montag** pela oportunidade de cursar o mestrado, orientação e todas as outras oportunidades que a mim confiou, em especial por permitir que fizesse parte do Projeto Xingu, que foi uma das experiências mais incríveis que já tive na vida.

Ao meu grupo de pesquisa GPHEA, por me acolher, apoiar, incentivar e auxiliar em diversos momentos da minha trajetória, sou eternamente grata a todas e todos, em especial as pessoas que contribuíram diretamente com este trabalho e se tornaram minhas amigas: **Yanne Alves Mendes** que é essa mulher e profissional incrível que admiro tanto e está sempre disposta a me ajudar e compartilhar seu conhecimento, sempre me deu suporte com as análises estatísticas. A **Renata Silva de Oliveira** essa mulher guerreira, que sempre ajuda a todos que chegam no laboratório, é extremamente altruísta, e que lá no comecinho se dispôs a me ajudar e ensinar a cortar no micrótomo. A **Liziane Amaral Barbosa Gonçalves** que me ajudou a classificar os estágios de maturação gonadal em pleno sábado, e é uma excelente líder e professora. A **Ivana Kerly da Silva Viana** essa profissional maravilhosa que me ajudou por diversas vezes, mas principalmente com as minhas apresentações, que é uma das coisas que sempre tive dificuldade.

Aos professores do curso de pós-graduação pelas discussões, conselhos e ajuda que possibilitaram o amadurecimento das ideias para esta dissertação.

‘You said you have a dream...
That dream...
Make it come true!
Make your wonderful dream a reality,
and it will become your truth. If anyone can, It's you.’

Pokémon

Biologia Reprodutiva de *Tocantinsia piresi* (Siluriformes: Auchenipteridae) nos períodos pré e pós barramento do rio Xingu (Pará, Brasil)

RESUMO

A construção de usinas hidroelétricas vem causando mudanças na dinâmica do pulso natural de inundação dos rios, nas estações hidrológicas e consequentemente na ictiofauna. Um dos principais e maiores afluentes da bacia amazônica é o rio Xingu formado por uma diversidade de microambientes, onde se destaca a região da Volta Grande, onde foi instalada a Usina Hidroelétrica (UHE) de Belo Monte, que em virtude da redução na vazão do rio passou a apresentar um trecho de vazão reduzida (TVR). Constituindo a ictiofauna nesse ambiente está a família Auchenipteridae, na qual encontramos *Tocantinsia piresi* Miranda Ribeiro, 1920, que possui importância ecológica como dispersora de sementes e econômica na pesca artesanal. Em se tratando das informações sobre os aspectos reprodutivos da ictiofauna em períodos antes e após a instalação da UHE de Belo Monte ainda são escassos. Assim, o objetivo do presente estudo é caracterizar a biologia reprodutiva de *T. piresi*, provenientes da região da Volta Grande no trecho médio do rio Xingu nos períodos pré e pós barramento. Neste estudo, um total de 229 indivíduos foram coletados entre julho/2012 e janeiro/2014; e um total de 288 indivíduos foram obtidos entre dezembro/2020 e novembro/2021. Foram caracterizadas quatro estações de coletas: vazante, seca, enchente e cheia. Os dados de vazão do rio no período pré barramento foram obtidos através da Agência Nacional de Água (ANA) e no pós-barramento pelo Consórcio Norte Energia. Todos os animais foram mensurados, o sexo e estágios de maturação gonadal foram avaliados e classificados em: imaturo, em maturação, maturo, desovado/espermiado, e repouso (somente para fêmeas). Ao analisar a razão sexual, houve prevalência de fêmeas e a população apresentou um crescimento alométrico positivo seguindo um padrão monofásico em ambos os períodos de estudo. O Índice Gonadossomático (IGS%) e a frequência relativa dos estágios de maturação gonadal indicaram uma reprodução nas estações de seca e enchente e desova parcelada para a espécie. O L_{50} de *T. piresi* no período pré barramento foi de 29.49 cm para fêmeas e 33.30 cm para os machos, enquanto no período pós barramento, de 25.12 cm para fêmeas e 26.97 cm para machos. Os dados obtidos revelam alterações nos traços reprodutivos da espécie e sugerem uma plasticidade na capacidade reprodutiva e adaptações às novas condições que foram impostas a fim de se manter no ambiente.

Palavras-chave: Bacia Amazônica. Ictiofauna. Reprodução.

Reproductive biology of *Tocantinsia piresi* (Siluriformes: Auchenipteridae) before and after the Xingu River damming (Pará, Brazil)

ABSTRACT

The construction of hydroelectric plants in the Amazon has been causing changes in the dynamics of hydrological stations of rivers and ichthyofauna. One of the main and largest tributaries of the basin Amazon is the Xingu River formed by a diversity of microenvironments, where the region of Volta Grande. The Belo Monte Hydroelectric Power Plant (UHE) is located in this region, which by virtue of from the reduction in the flow of the river, it started to present a stretch of reduced flow (TVR). constituting the ichthyofauna in the region is the family Auchenipteridae, in which we find *Tocantinsia piresi* Miranda Ribeiro, 1920, which has ecological importance as a seed disperser and economic in fisheries handmade. In terms of information on the reproductive aspects of the ichthyofauna in periods before and after the installation of the Belo Monte HPP are still scarce. Thus, the purpose of the present study is to characterize the reproductive biology of the species *T. piresi*, from the region of Volta Large in the middle section of the Xingu River in the pre and post damming periods. In this study, a total of 229 individuals were collected between July/2012 and January/2014, and 288 individuals were collected between December/2020 and November/2021. Four collection periods were characterized, ebb, dry, flood and full. The river flow data in the pre-damming period were obtained through the National Water Agency (ANA) and post-damming by Consórcio Norte Energia. All the animals were measured, sex and stages of gonadal maturation were evaluated and classified in: immature, maturing, mature, spawned/spermiated, and resting (for females only). How much the sex ratio, there was a prevalence of females during both periods. The population showed a positive allometric growth following a monophasic pattern. The Gonadosomatic Index (IGS%) and the relative frequency of the stages of gonadal maturation indicated a reproduction in the dry and flood seasons and split spawning for the species. The L50 of *T. piresi* in the pre-period damming was 29.49 cm for females and 33.30 cm for males, while in the post bus, 25.12 cm for females and 26.97 cm for males. The data obtained reveal changes in the reproductive traits of the species and suggest a plasticity in the reproductive capacity and adaptations to the new conditions that were imposed in order to remain in the environment.

Keywords: Amazon Basin. Ichthyofauna. Reproduction.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. Geral.....	12
2.2. Específicos.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1. Área de Estudo.....	13
3.2. Vazão do rio Xingu.....	14
3.3. Amostragem dos peixes.....	15
3.4. Análise Histológica.....	15
3.5. Análise de dados.....	16
3. RESULTADOS.....	17
4. DISCUSSÃO.....	25
5. CONCLUSÃO.....	28
6. REFERÊNCIAS.....	29

INTRODUÇÃO

O aumento de construções de usinas hidroelétricas vem causando cada vez mais impactos ambientais nas bacias hidrográficas. Nesse novo cenário são afetados os processos ecológicos fundamentais para a manutenção da biodiversidade nos ecossistemas aquáticos (ATHAYDE *et al.*, 2019). Entre esses efeitos está a mudança na dinâmica das estações hidrológicas dos rios (TIMPE E KAPLAN, 2017) que influenciam fortemente na estrutura da ictiofauna e consequentemente no tamanho populacional, nos recursos disponíveis e nos ambientes para reprodução e deslocamento (JUNK, 1980., Winemiller *et al.*, 2016).

Em se tratando de bacias hidrográficas, a bacia Amazônica se destaca por sua extensão e dinâmica hidrológica (PAIVA, 2012) e dentre os seus rios, um dos principais e maiores afluentes é o rio Xingu que possui uma alta heterogeneidade ambiental e um conjunto singular de características sazonais e morfológicas (CAMARGO *et al.*, 2004). Este rio é formado por uma rede de canais, rochas e corredeiras, no que reflete em uma diversidade de microambientes, principalmente na região da Volta Grande, a qual é considerada única do ponto de vista ecológico em virtude de agregar importante biodiversidade (FITZGERALD *et al.*, 2018).

Na última década, a região da Volta Grande despertou interesse para instalação de uma hidrelétrica (FEARNSIDE, 2015). E, em 2015 ocorreu a ativação da Usina Hidroelétrica (UHE) de Belo Monte nessa região, com a formação de uma área a montante onde fica o reservatório e uma área a jusante onde houve a redução na vazão do rio que passou a ser denominada de Trecho de Vazão Reduzida (TVR). Sabe-se que essas alterações na vazão do rio podem influenciar diretamente na ictiofauna, afetando principalmente a alimentação, abundância, distribuição e reprodução das espécies (BARBOSA *et al.*, 2018). Situações como esta promovem a supressão vegetal, perda de habitats para muitas espécies de animais e interrupção da atividade reprodutiva de espécies de peixes migratórias (ARANTES *et al.*, 2011) e sedentárias (MENDES *et al.*, 2021). Em se tratando das informações sobre os efeitos da (UHE) de Belo Monte e aspectos comparativos na reprodução da ictiofauna local relacionando o antes e o após a instalação da UHE os estudos ainda são escassos, um dos poucos está relacionado a populações de ciclídeos (MENDES *et al.*, 2021).

Na ictiofauna do rio Xingu, uma das ordens que mais se destaca é a dos Siluriformes, a qual é constituída por uma riqueza de espécies com as mais diversas formas, cores e tamanhos. Entre estas, estão as espécies da família Auchenipteridae que possuem uma diversidade morfológica, relacionada principalmente à cópula e inseminação interna, com adaptações e estratégias reprodutivas. Entre as estruturas, estão o desenvolvimento de gonopódio, presença de tubérculos dérmicos (nupciais) e desenvolvimento do barbilhão maxilar, além disso, muitas espécies apresentam inseminação interna e dimorfismo sexual (BIRINDELLI, 2010). Porém, nem todas as espécies da família auchenipteridae

apresentam todos esses atributos e os estudos sobre as características reprodutivas desta família ainda são limitados.

Entre os auchenipteridae destacamos a espécie *Tocantinsia piresi* Miranda Ribeiro, 1920 originária da bacia do alto rio Tocantins, o que justifica o nome do gênero *Tocantinsia*, sendo a única espécie representante deste gênero, a qual se encontra distribuída nos rios Tocantins, Xingu, Tapajós e Teles Pires. Popularmente é conhecida como “pokomon” (alusão ao desenho Pokémon) pelos pescadores do rio Xingu ou “jaú de loca” em outras regiões e possui um hábito alimentar considerado onívoro com tendência à frugivoria (DARY *et al.*, 2017). É uma espécie que apresenta importância tanto ecológica como dispersora de sementes, quanto econômica na pesca artesanal (ISAAC *et al.*, 2015), com característica resiliente, pois segundo relatos de pescadores mantém-se viva por muitas horas após a captura.

Segundo alguns autores essa espécie se reproduz entre os períodos de seca e enchente (CARVALHO & RESENDE, 1984; FREITAS *et al.*, 2015). Sob o ponto de vista macroscópico *T. piresi* possui um gonopódio, que é uma modificação da nadadeira anal em um órgão copulatório intromitente, essa estrutura é indicativo que a espécie realiza a inseminação interna, observada também em outras espécies da família auchenipteridae, como: *Ageneiosus inermis*, *Ageneiosus ucayalensis* e *Auchenipterus nuchalis*. Nesse contexto, a descrição macroscópica de maturação gonadal é um parâmetro importante para o estudo da biologia reprodutiva (GONÇALVES *et al.*, 2006; NEUBERGER *et al.*, 2007; NÚÑEZ & DUPONCHELLE, 2009; WILDNER *et al.*, 2013; PRUDENTE *et al.*, 2015). Porém essa descrição pode comprometer os dados biológicos do animal e interferir no diagnóstico do estágio da gônada, desta forma, é fundamental a classificação histológica para a determinação dos estágios de maturação gonadal e subsidiar informações para as características reprodutivas.

Desse modo, o presente estudo visa caracterizar a biologia reprodutiva da espécie *T. piresi*, nos períodos pré e pós barramento da região da Volta Grande no trecho médio do rio Xingu. Baseado na hipótese que a instalação da UHE de Belo Monte alterou o nível de vazão do rio e comprometeu as áreas de refúgio para crescimento e reprodução de *T. piresi*, considerando a premissa que as mudanças provenientes da instalação de UHE alteraram o ecossistema e a ictiofauna local.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar a biologia reprodutiva de *Tocantinsia piresi* (Siluriformes: Auchenipteridae) nos períodos pré e pós UHE Belo Monte, no médio rio Xingu (Pará, Brasil)

Objetivo Específicos

- ❖ Analisar a biometria do animal (peso e comprimento) e comparar nos períodos pré e pós barramento;
- ❖ Estimar a proporção sexual e comparar nos períodos pré e pós barramento;
- ❖ Estimar o índice gonadossomático ao longo das diferentes estações hidrológicas, comparar nos períodos pré e pós barramento;
- ❖ Descrever os estágios de maturação gonadal de fêmeas e machos de *T.piresi* e relacioná-las com as diferentes estações hidrológicas;
- ❖ Estimar o período reprodutivo e comparar nos períodos pré e pós barramento;
- ❖ Classificar o tipo de desova;
- ❖ Estimar o comprimento médio de primeira maturação sexual (L_{50}) e comparar nos períodos pré e pós barramento;

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O rio Xingu é um dos principais tributários da margem direita do rio Amazonas e possui extensão de aproximadamente 2045 km. A região apresenta clima tropical, quente e úmido, temperatura anual entre 25° a 27°C e os rios com pH variando entre 6.2 e 7.0 (PEEL *et al.*, 2007). As amostragens foram realizadas na região da Volta Grande que possui aproximadamente 130 km de extensão (FITZGERALD *et al.*, 2016) em dois períodos: pré barramento (abril/2012-janeiro/2014) quando o rio Xingu apresentava continuidade e conectividade com registros de abundância de peixes; pós barramento (dezembro/2020-novembro/2021) caracterizado pela presença da Usina Hidrelétrica (UHE) Belo Monte que estabeleceu Trecho de Vazão Reduzida -TVR (Figura 1).

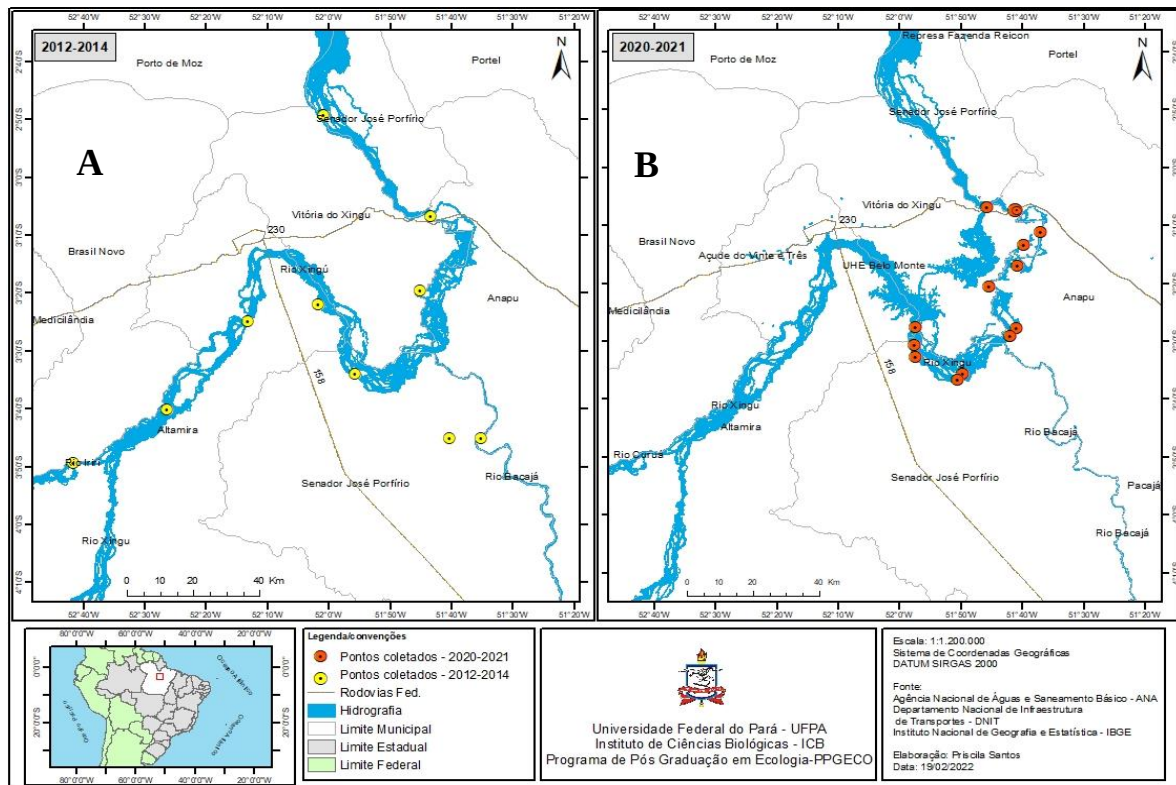


Fig.1. Mapa registrando a região da Volta Grande, rio Xingu nos períodos **A-** pré barramento (2012-2014). Pós barramento **B-** Trecho de Vazão Reduzida-TVR (2020-2021)

Vazão do rio Xingu

Os dados de vazão do Rio Xingu foram obtidos para o período pré barramento através da Agência Nacional de Águas (ANA) e para o período pós barramento através do Consórcio Norte Energia. Baseado na variação da vazão ao longo dos períodos de estudo foi possível caracterizar quatro estações hidrológicas distintas: vazante (junho-agosto), seca (setembro-novembro), enchente (dezembro-fevereiro) e cheia (março-maio) (Figura 2).

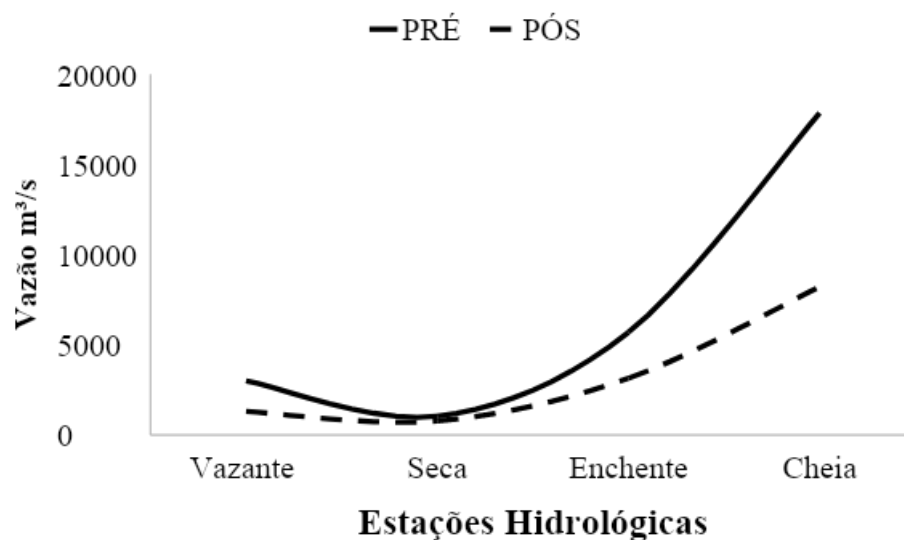


Fig.2. Níveis de vazão do rio Xingu nos períodos pré barramento (2012-2013) e pós barramento (2021) nas estações hidrológicas: vazante, seca, enchente e cheia.

Amostragem dos peixes

No período pré barramento, as coletas foram realizadas a cada dois meses, porém as amostras utilizadas para este estudo foram coletadas nos meses de setembro/2012, novembro/2012, janeiro/2013, abril/2013 e julho/2013. No período pós barramento, as coletas foram realizadas mensalmente, no entanto, utilizamos as amostras coletadas nos meses de janeiro, abril, julho, setembro e novembro de 2021. Desta forma, tanto no período pré quanto no pós barramento, abrangemos as mesmas estações hidrológicas. A captura ocorreu com espinhéis (Fig.3A) constituídos por uma série com 30 anzóis, cada uma, sendo 10 de cada tamanho: 06/0, 12/0 e 14/0 distribuídos e colocados alternados e equidistantes no fundo. Além disso, as capturas ocorreram também com redes de emalhar (Fig.3B) de 10 tamanhos diferentes de malha, variando de 2 a 18 cm entre nós opostos. Após a captura os peixes foram anestesiados com benzocaína (0,1 g.L⁻¹) e eutanasiados de acordo com as Diretrizes do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), em seguida os animais foram mensurados quanto à massa corporal total (MT, em gramas) e comprimento padrão (CP, em centímetros). Posteriormente foi realizada uma incisão longitudinal na porção ventral e as gônadas foram removidas e mensuradas quanto à massa total em gramas usando uma balança digital com precisão de 0,001g.



Fig.3. Artes de pesca utilizadas para captura dos espécimes de *T.piresi*. **A**-espinhéis e **B**-rede de emalhar.

Análise Histológica

As gônadas foram fixadas em formol a 10 % ou solução Bouin por 24 h e posteriormente foram processadas pelo procedimento histológico de rotina (PROPHET *et al.*, 1995) com desidratação em séries crescentes de álcool (70%-100%), diafanização em Xilol, infiltração e inclusão em parafina. Cortes de 5µm de espessura foram obtidos usando um micrótomo RM2245 (Leica Microsystems, Alemanha) e em seguida corados em Hematoxilina-Eosina (HE) para análise e fotomicrografia em microscópio de luz Eclipse Ci-S (NIKON, Japan) acoplado a uma câmera digital

DS-Ri1 (NIKON, Japan). Os estágios de maturação gonadal foram estabelecidos baseados na classificação proposta por Nunez & Duponchelle (2009): imaturo, em maturação, maduro, desovado e repouso (fêmeas) e imaturo, em maturação, maduro e espermiado (machos).

Análise de dados

A razão sexual foi obtida com base na frequência absoluta de machos e de fêmeas analisadas separadamente em cada período de estudo (pré e pós barramento), em cada estação hidrológica (vazante, seca, enchente e cheia) e considerando o período de estudo como um todo e avaliados através de um teste de Qui-Quadrado (χ^2), com nível de significância de 5%, baseado na hipótese nula de que a razão sexual da população não difere de 1:1 Sokal & Rohlf (1981).

A relação massa-comprimento foi obtida para ambos os sexos em cada período de estudo seguindo o modelo modificado proposto por Huxley (1924), $Mt = \alpha \cdot Cp^b$, onde Mt corresponde a massa total do animal em grama; Cp é o comprimento padrão do animal em centímetros; α é o coeficiente de proporcionalidade e b o coeficiente de alometria. Após a exclusão dos *outliers* identificados através da representação gráfica entre Cp vs Mt , e excluídos. Posteriormente foi feita uma regressão linear entre o $\log Cp$ e $\log Mt$ a fim de obter os valores de a e b , os intervalos de confiança (95%) e o valor do R^2 . Os dados de Cp e Mt foram avaliados entre fêmeas e machos separadamente em cada período de estudo, considerando o período como um todo e analisados através de um teste Mann-Whitney (U) com nível de significância de 5%.

O fator de condição alométrico (K) foi calculado separadamente para fêmeas e machos, com base na equação, aplicada a cada indivíduo (LE CREN, 1951), $K = Mt/Ct^b$, onde b é o coeficiente de alometria previamente calculado na relação de massa e comprimento.

O Índice Gonadossomático (IGS) foi calculado separadamente para fêmeas e machos, com base na equação, aplicada a cada indivíduo Nikolsky (1963) $IGS = Mg/Mt \cdot 100$, onde Mg corresponde a massa da gônada. Os valores de K e IGS foram avaliados separadamente quanto à normalidade através de um teste Shapiro-Wilk e após foram analisados nos diferentes períodos e estações hidrológicas de estudo utilizando o teste de Kruskal Wallis (H) com nível de significância de 5%, seguido por um teste *post hoc* de Nemenyi para avaliar as possíveis diferenças entre as estações (Zar, 1999).

A fim de avaliar se houve diferenças no Cp , Mt , K e IGS obtidos entre os períodos de estudo (pré e pós) e considerando o período como um todo foi utilizado teste Mann Whitney (U) separadamente para cada sexo. A frequência relativa de ocorrência dos estágios de maturação gonadal de fêmeas e de machos foram plotados graficamente considerando os dois períodos de estudos e as diferentes estações hidrológicas (Fig.7).

A fim de determinar o comprimento médio da primeira maturação sexual (L_{50}), que consiste

no tamanho onde 50% dos indivíduos encontram-se aptos à reprodução, foi estimado separadamente para machos e fêmeas, considerando juvenis (imaturos) e adultos (em maturação, maduros, desovados/espermiados e em repouso). Estes foram agrupados em classes de comprimento padrão com intervalos de 2 cm, utilizando a seguinte equação logística: $P=1/(1+e(r.(Cp - L50))) - 1$, onde P é a proporção de indivíduos adultos em cada classe de comprimento, r é um parâmetro de taxa relacionado com a velocidade da mudança de juvenis para adultos, Cp é o comprimento padrão em (cm).

RESULTADOS

No período pré barramento foram analisados 229 espécimes de *T.piresi*, sendo 146 fêmeas e 83 machos de comprimento médio 31,74 cm (mín= 13 cm máx= 49 cm) e 32,80 cm (mín= 11,5cm máx= 45,3cm), respectivamente. As fêmeas foram mais abundantes que os machos nas estações de enchente, seca e vazante com a proporção sexual de 5:1 ($\chi^2_{enchente}= 16,68$; $p < 0,05$), 3:1 ($\chi^2_{seca}= 6$; $p < 0,05$) e 2,4:1 ($\chi^2_{vazante}= 9,61$; $p < 0,05$), respectivamente. Somente na estação cheia a proporção seguiu o esperado de 1:1 (Tabela 1).

No período pós barramento foram analisados um total de 288 espécimes, sendo 165 fêmeas e 123 machos de comprimento médio 27,87 cm (mín= 13,8 cm máx= 40 cm) e 29,03 cm (mín= 12,6 cm máx= 44 cm), respectivamente. As fêmeas e machos seguiram a proporção sexual esperada de 1:1 em todas as estações hidrológicas ($\chi^2= 3,24$; $p > 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Proporção sexual de fêmeas e machos de *T.piresi* coletados nos períodos pré (2012-2013) e pós (2021) barramento do rio Xingu, em diferentes estações hidrológicas. N = Número de Indivíduos; * = diferenças estatísticas.

Períodos	Estações	N		Total	χ^2	p valor
		Fêmeas	Machos			
PRÉ	Vazante	39	16	55	9,61*	<0,05
	Seca	18	6	24	6*	<0,05
						<0,05
	Enchente	30	6	36	16,68*	
	Cheia	59	55	114	0,12	>0,05
PÓS	Vazante	17	8	25	3,24	>0,05
	Seca	30	19	49	2,46	>0,05
						>0,05
	Enchente	69	53	122	2,09	
	Cheia	49	43	92	0,39	>0,05

No período pré barramento a relação massa-comprimento das fêmeas foi obtida através da equação $Mt = 0,017 * Cp^{3,09}$ ($R^2 = 0,780$) e dos machos, $Mt = 0,013 * Cp^{3,17}$ ($R^2 = 0,904$). No pós barramento, a relação massa-comprimento das fêmeas foi obtida através da equação $Mt = 0,022 * Cp^{2,99}$ ($R^2 = 0,849$) e dos machos, $Mt = 0,014 * Cp^{3,12}$ ($R^2 = 0,916$) permitindo inferir que *T. piresi* apresenta crescimento alométrico positivo (Fig. 4). Os resultados da regressão estão contidos na tabela 2. Baseado na comparação dos dados morfológicos entre os sexos avaliado separadamente em cada período de estudo foi observado que no pós barramento os machos foram maiores que as fêmeas tanto em Mt ($U = 8242$; $p < 0,05$) quanto Cp ($U = 8415$; $p < 0,05$).

Considerando as comparações dos dados morfológicos analisados em cada sexo entre os períodos de estudo foi observado que ambos os sexos apresentaram maiores valores de Mt (Fêmea – $U = 5501$; $p < 0,05$ / Macho – $U = 2571$; $p < 0,05$) e Cp (Fêmea – $U = 4576$; $p < 0,05$ / Macho – $U = 3104,5$; $p < 0,05$) no período pré barramento.

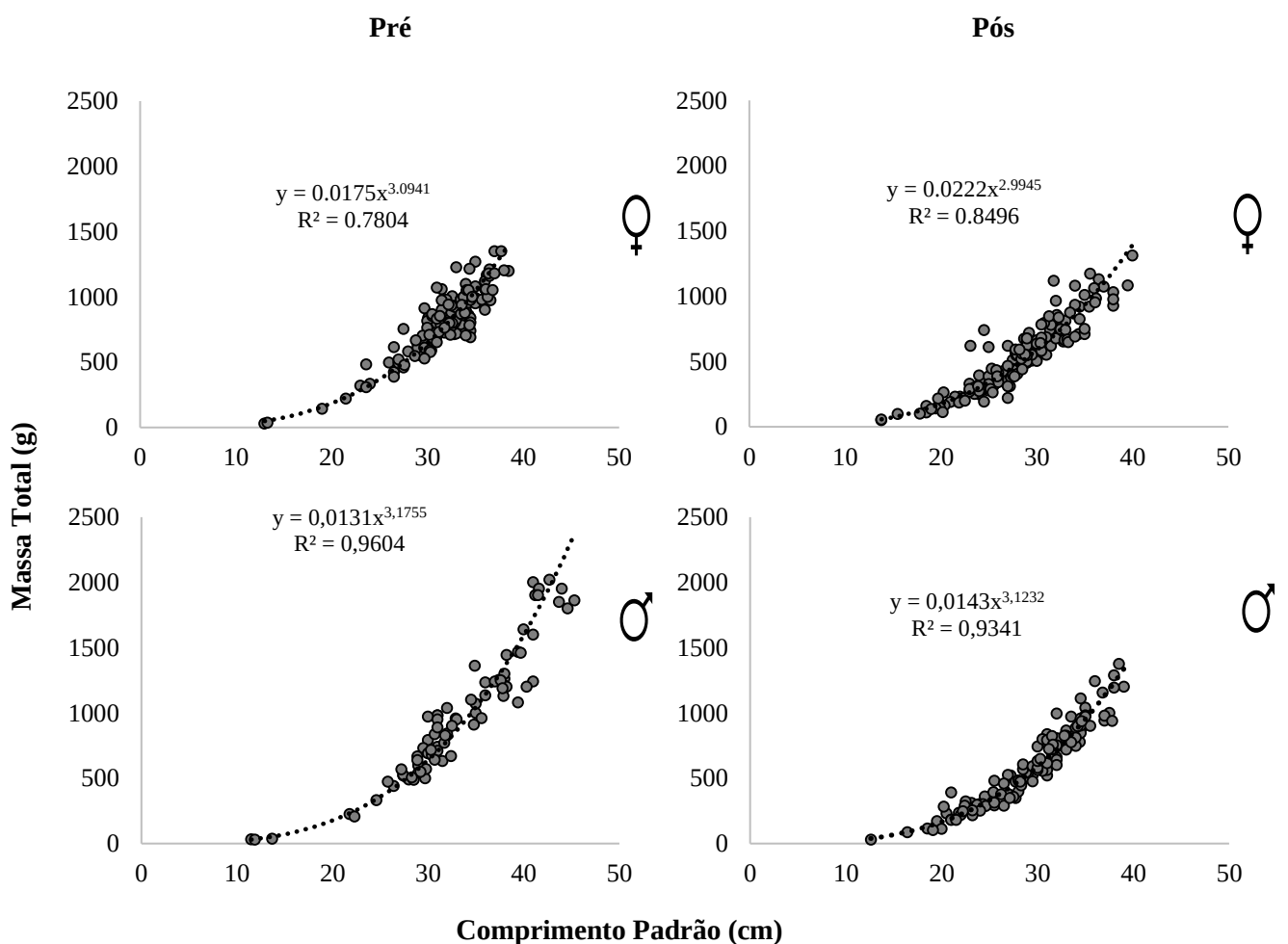


Fig.4. Relação massa-comprimento de fêmeas (♀) e machos (♂) de *T.piresi* coletados no período pré (2012-2013) e pós (2021) barramento do rio Xingu.

Tabela 2. Relação Massa-Comprimento de fêmeas e machos de *T.piresi* coletados nos períodos pré (2012-2013) e pós (2021) barramento do rio Xingu. N = Número de Indivíduos; Cp = Comprimento padrão; Mt = Massa total; a = coeficiente de proporcionalidade; b = coeficiente de alometria; IC = Intervalo de Confiança.

Períodos	Sexo	N	Cp	Mt	Coeficientes da Regressão		R ²
					a (IC 95%)	b (IC 95%)	
PRÉ	Fêmea	135	31,7 ±4,12	812,1 ±249,0	0,01 (0,009-0,03)	3,09 (2,92-3,26)	0,91
	Macho	81	32,8 ±6,70	963,5 ±484,4	0,01 (0,007-0,021)	3,17 (3,03-3,31)	0,95
PÓS	Fêmea	161	27,9 ±5,06	523,9 ±268,1	0,02 (0,01-0,03)	2,99 (2,83-3,15)	0,89
	Macho	120	29,0 ±5,30	591,9 ±298,4	0,014 (0,008-0,023)	3,12 (2,97-3,27)	0,93

De acordo com a análise do fator de condição (K) no período pré barramento foram observadas diferenças no K entre as estações hidrológicas para fêmeas ($H = 21,94$; G.L = 3; $p < 0,05$) sendo maior na vazante (mín= 0.014 máx= 0.025) quando comparada a enchente (mín= 0.012 máx= 0.021); e maior na cheia (mín= 0.015 máx= 0.028) em relação a vazante, seca (mín= 0.011 máx= 0.023) e enchente. Nos machos também foram observadas diferenças durante as estações estudadas ($H = 5,33$; G.L = 3; $p < 0,05$) onde na cheia (mín= 0.010 máx= 0.020) foi maior que na seca (mín= 0.008 máx= 0.012). Considerando análise do K entre os sexos, as fêmeas apresentaram maior K ($U = 1058$; $p < 0,05$).

No período pós barramento não foram observadas diferenças de K entre as estações hidrológicas para fêmeas ($H = 5,14$; G.L = 3; $p > 0,05$) e machos ($H = 5,66$; G.L = 3; $p > 0,05$). No entanto comparando entre os sexos, as fêmeas apresentaram os maiores valores para K ($U = 740$; $p < 0,05$). Diferenças também foram observadas quando analisamos K para cada sexo comparando entre os dois períodos de estudo, onde os maiores valores ocorreram no período pós barramento tanto para as fêmeas ($U = 3227$; $p < 0,05$), quanto para os machos ($U = 3425$; $p < 0,05$) (Fig. 5).

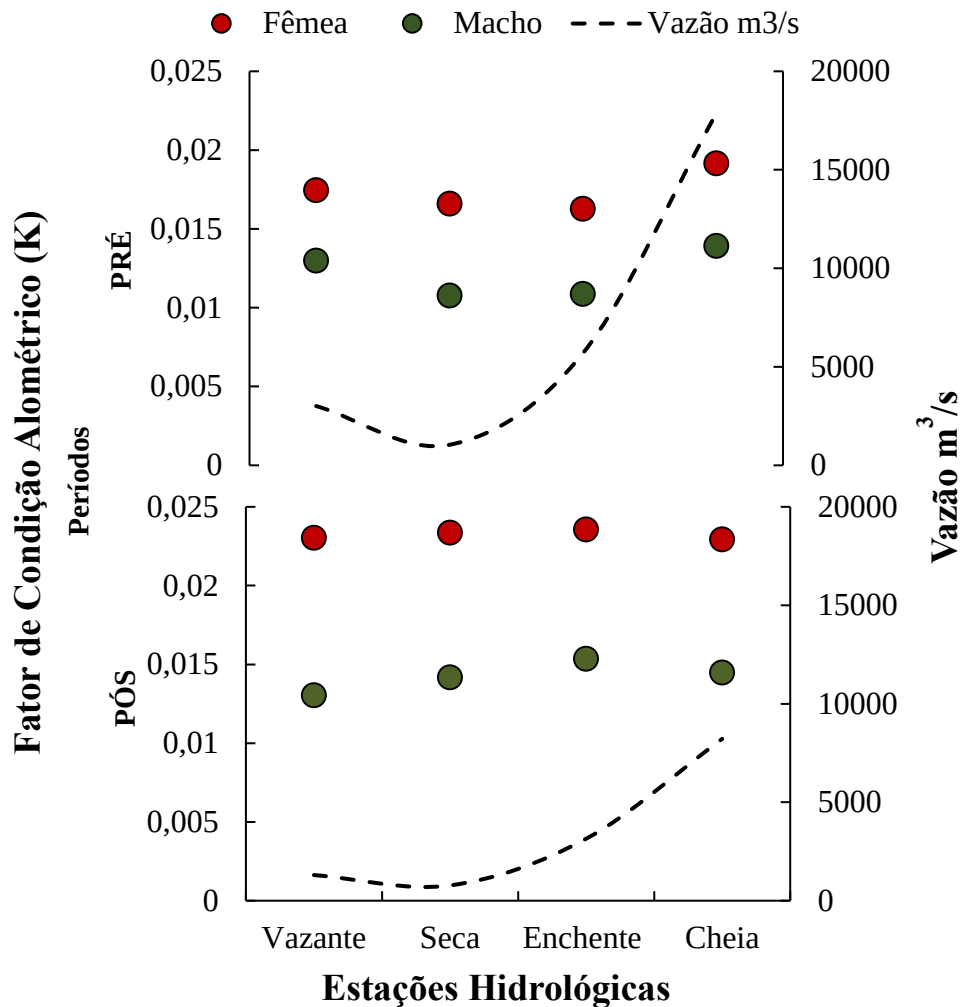


Fig.5. Variação do Fator de Condição Alométrico (K) para fêmeas e machos de *T.piresi* coletados no médio rio Xingu, nos períodos pré e pós barramento.

Os dados do Índice Gonadossomático (IGS) no período pré barramento mostraram que houve diferenças entre as estações hidrológicas para fêmeas ($H = 61,82$; G.L = 3; $p < 0,05$). As estações de seca (mín= 2.186 máx= 40.412) e enchente (mín= 0.135 máx= 7.089) apresentaram maiores valores de IGS quando comparadas com vazante (mín= 0.108 máx= 2.824) e cheia (mín= 0.069 máx= 0.311). Para os machos também houve diferenças entre as estações hidrológicas ($H = 13,79$; G.L = 3; $p < 0,05$), o IGS foi maior nas estações de enchente (mín= 0.192 máx= 3.810) e na seca (mín= 1.307 máx= 2.822) que na cheia (mín= 0.068 máx= 0.230). Quando comparamos o IGS entre os sexos observamos que as fêmeas apresentaram maior valor ($U = 824$; $p < 0,05$).

No período pós barramento foi observado que houve diferenças no IGS entre as estações para fêmeas ($H = 12,28$; G.L = 1; $p < 0,05$) onde os maiores valores foram nas estações seca (mín= 0.090 máx= 4.891) e enchente (mín= 0.102 máx= 2.030) quando comparados com a cheia (mín= 0.045 máx= 0.176). Os machos também apresentaram diferenças de IGS entre as estações ($H = 19,69$; G.L

= 3; $p < 0,05$) sendo as estações seca (mín= 0.091 máx= 2.264) e enchente (mín= 0.051 máx= 2.412), com os maiores valores. Diferenças entre os sexos também foram observadas, onde as fêmeas obtiveram o maior valor de IGS ($U = 2165,5$; $p < 0,05$). Quando analisamos o IGS para cada sexo comparando entre os dois períodos de estudo, foi observado que os maiores valores ocorreram no período pré barramento tanto para as fêmeas ($U = 3912$; $p < 0,05$) como machos ($U = 1112$; $p < 0,05$) (Fig. 6).

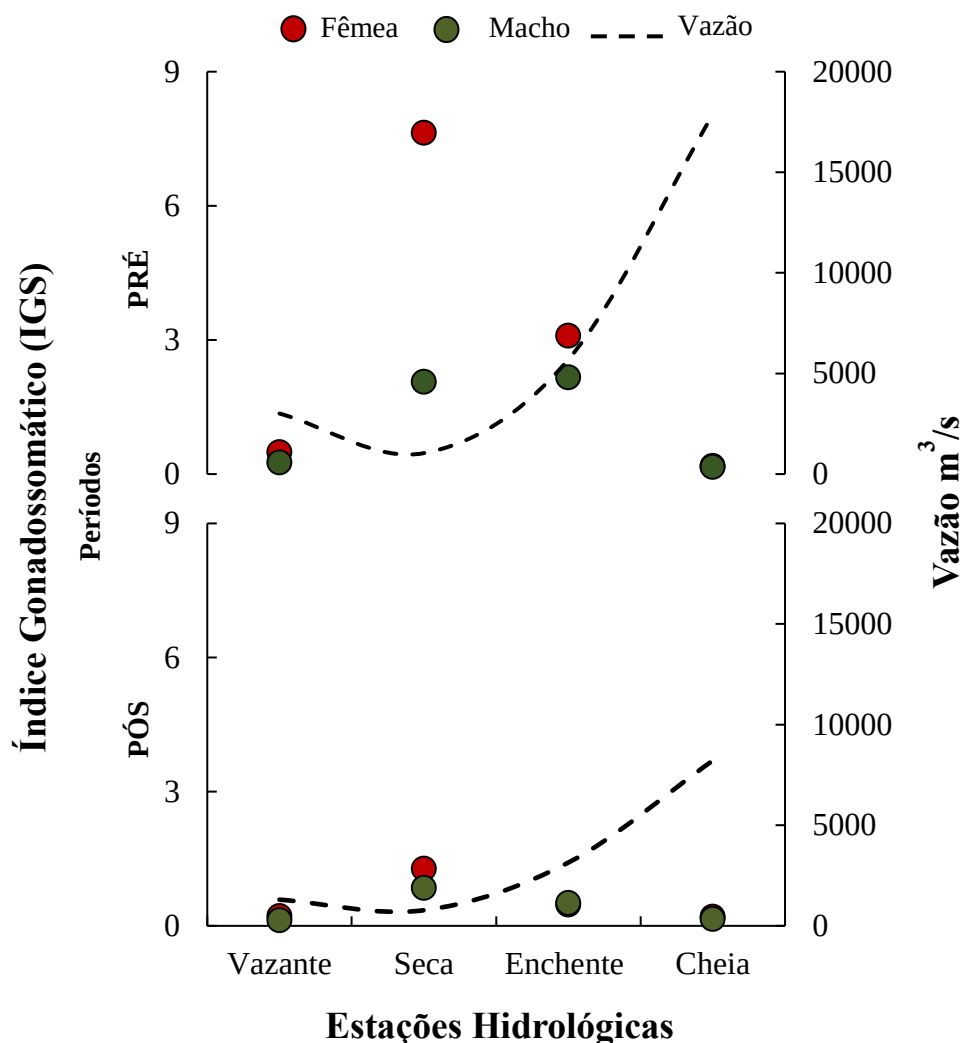


Fig.6. Variação do Índice Gonadosomático (IGS) para fêmeas e machos de *T.piresi* coletados no médio rioXingu, nos períodos pré e pós barramento.

A análise da frequência relativa de ocorrência dos estágios de maturação gonadal mostrou que no pré barramento houve maior ocorrência de indivíduos maduros e desovados/espermiados durante as estações seca e enchente. Enquanto no pós barramento as fêmeas maduras continuaram frequentes nos períodos seco e enchente e as desovadas tiveram maior frequência nas estações de vazante e enchente. Quanto aos machos, houve maior ocorrência de indivíduos maduros durante as estações seca, enchente e cheia, e indivíduos espermiados em todas as estações hidrológicas (Figura 7).

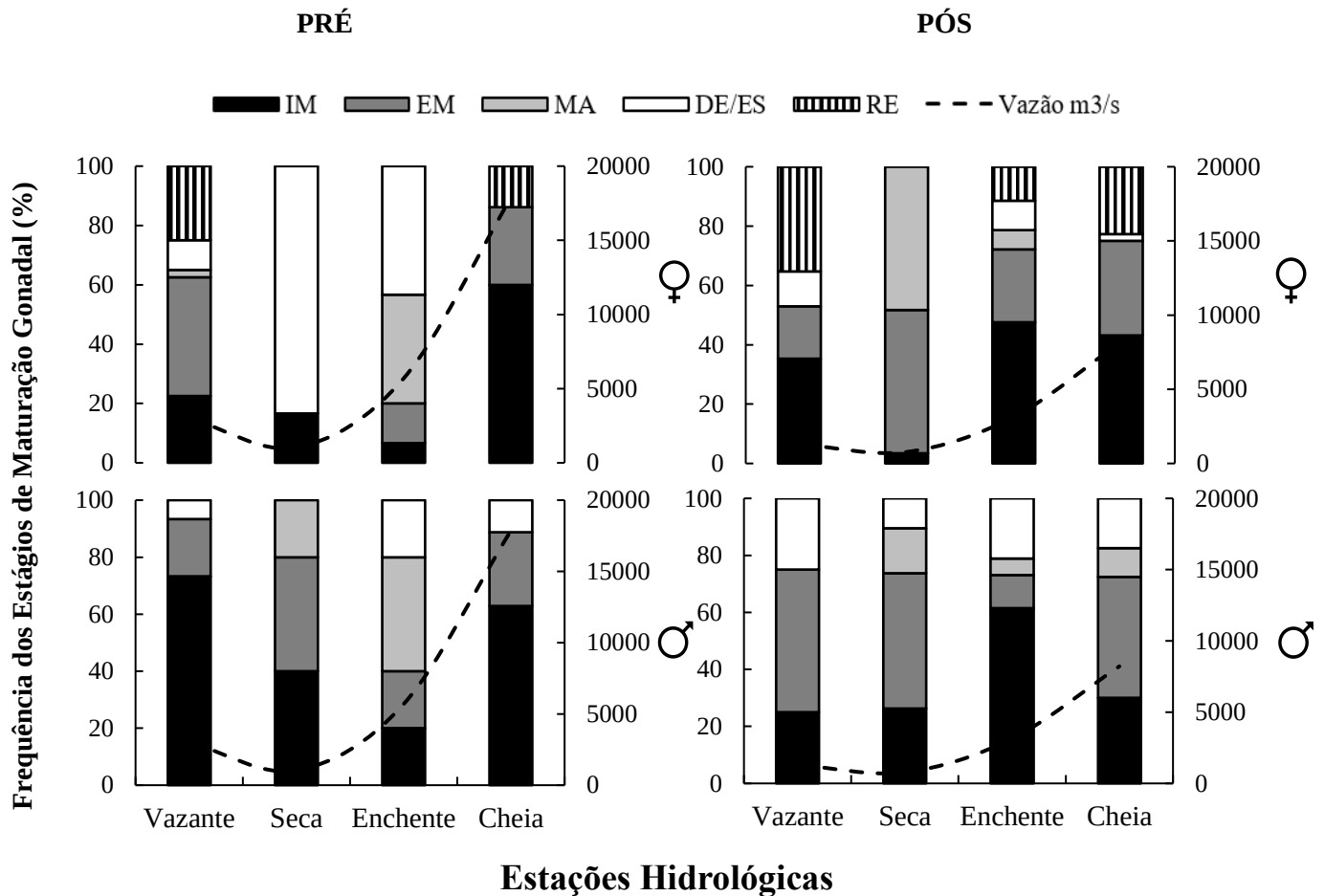


Fig.7. Frequência dos estágios de maturação gonadal de fêmeas (♀) e machos (♂) de *T.piresi* coletados nos períodos pré e no pós barramento do rio Xingu, durante as quatro estações hidrológicas.

Macroscopicamente os ovários de *T.piresi* são órgãos pares, localizados na região posterior da cavidade abdominal do animal, unidos na extremidade caudal. Esses órgãos possuem coloração que varia de cor róseo a amarelo, quando maduros, onde é possível visualizar oócitos a olho nú (Fig. 8A). Baseado nas características histológicas dos ovários foram determinados cinco estágios de desenvolvimento gonadal para as fêmeas. No estágio imaturo os ovários são finos e transparentes, contém ninhos de oogônias, numeroso oócitos tipo I e alguns oócitos tipo II (Fig.8C); no estágio em maturação o ovário é levemente volumoso, com início de vascularização, contendo oócitos dos tipos I, II e III; os ovários maduros são grandes e volumosos e contém principalmente oócitos tipo IV (vitellogênico) visíveis a olho nu (Fig.8E); os ovários desovados apresentam aspecto flácido células iniciais como oogônias, oócitos tipos I, II e complexo pós-ovulatório (Fig.8F); ovário em repouso apresentou aspecto filiforme, contendo oócitos tipo I e II no lúmen ovariano (Fig.8G).

Considerando a frequência dos oócitos foi observada a ocorrência de oócitos tipos I e II durante todos os estágios de maturação gonadal, caracterizando desenvolvimento assincrônico dessas células em *T.piresi*.

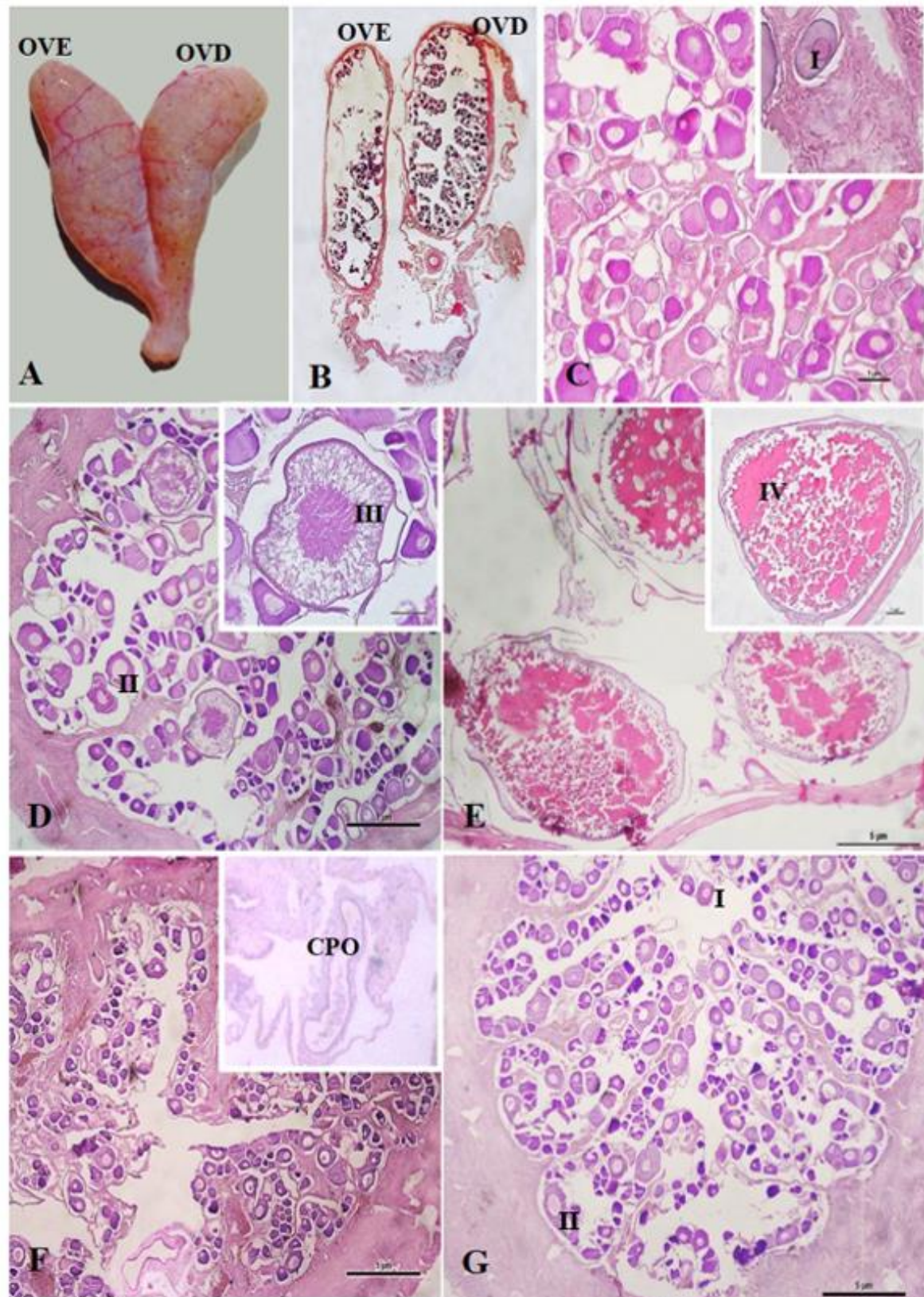


Fig. 8. Aspecto (A) macroscópico e (B) microscópico do ovário de *T. piresi*. B-G Fotomicrografias dos estágios de maturação ovariana. C- Imaturo contendo oócitos tipo I. D- Em maturação contendo oócitos tipos I, II e III. E - Maduro com predomínio de oócitos tipo IV. F- Desovado complexo pós ovulatório (CPO). G- Repouso contendo oócitos tipo I e II.

Macroscopicamente os testículos de *T.piresi* são órgãos pares localizados na região posterior da cavidade abdominal do animal, unidos na extremidade caudal. Ao longo do órgão contém projeções digitiformes, com coloração variando de amarelo claro a esbranquiçado, com aspecto leitoso quando maduros Fig.9A.

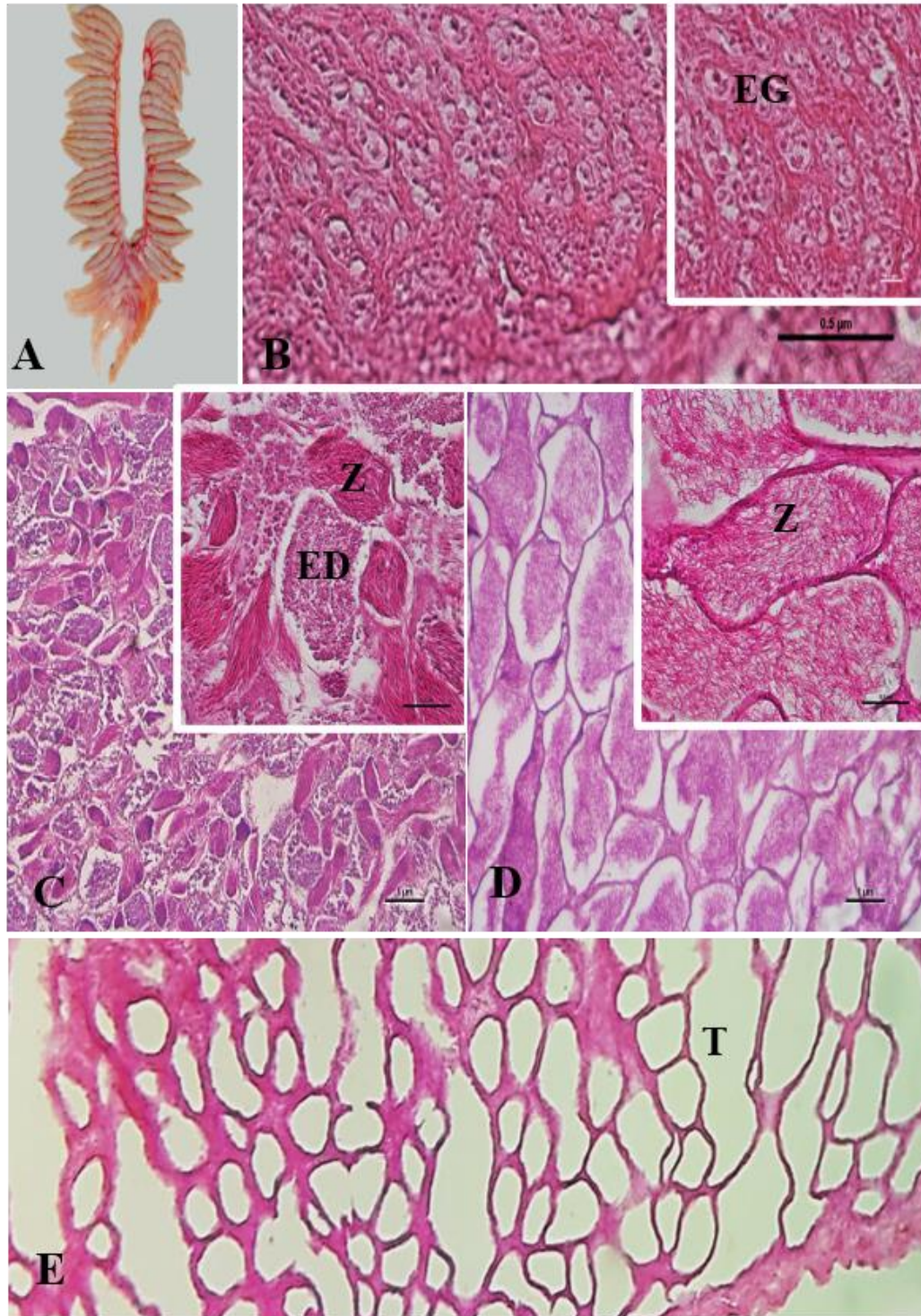


Fig. 9. Morfologia testicular de *T. Piresi*. A- Visão macroscópica. B-E- Fotomicrografias dos estágios de maturação testicular de *T. Piresi*. B- Imaturo contendo ninhos de espermatônias (EG). C- Em maturação contendo espermátides (ED) e alguns espermatozoides (Z). D - Maduro com predomínio de espermatozoides (Z). E – Espermiado com os túbulos (T) esvaziado.

Baseado na morfologia, na organização e no predomínio das células da linhagem espermato gênica é possível classificar o testículo em quatro estágios de maturação. Imaturo são filiformes e translúcidos, contêm grande número de espermato gônias (Fig.9B). Em maturação o testículo apresenta-se levemente volumoso, com aspecto esbranquiçado sem vascularização aparente, contêm espermato gônias, espermato citos, espermátides e alguns espermato zóides localizados no lúmen (Fig.9C). Maduro, o testículo é volumoso, com aspecto leitoso e vascularizado, cistos espermáticos maiores repletos de espermato zóides em seu interior (Fig.9D). Espermiado o testículo apresenta aspecto filiforme, translúcido, as paredes dos túbulos são delgadas e esvaziadas, podendo conter espermato zóides residuais em seu lúmen (Fig.9E).

O comprimento médio da primeira maturação sexual (L_{50}) foi calculado para cada sexo separadamente, com intervalos de 1,5cm entre as classes de comprimento. Com o método utilizado, estimamos que no pré barramento as fêmeas de *T. piresi* atingiram a maturação sexual com o comprimento médio de 29,49 cm, enquanto os machos com o comprimento médio de 33,30, já no pós barramento o L_{50} estimado de 25,12 para as fêmeas e 26,97 para os machos, respectivamente (Fig.10).

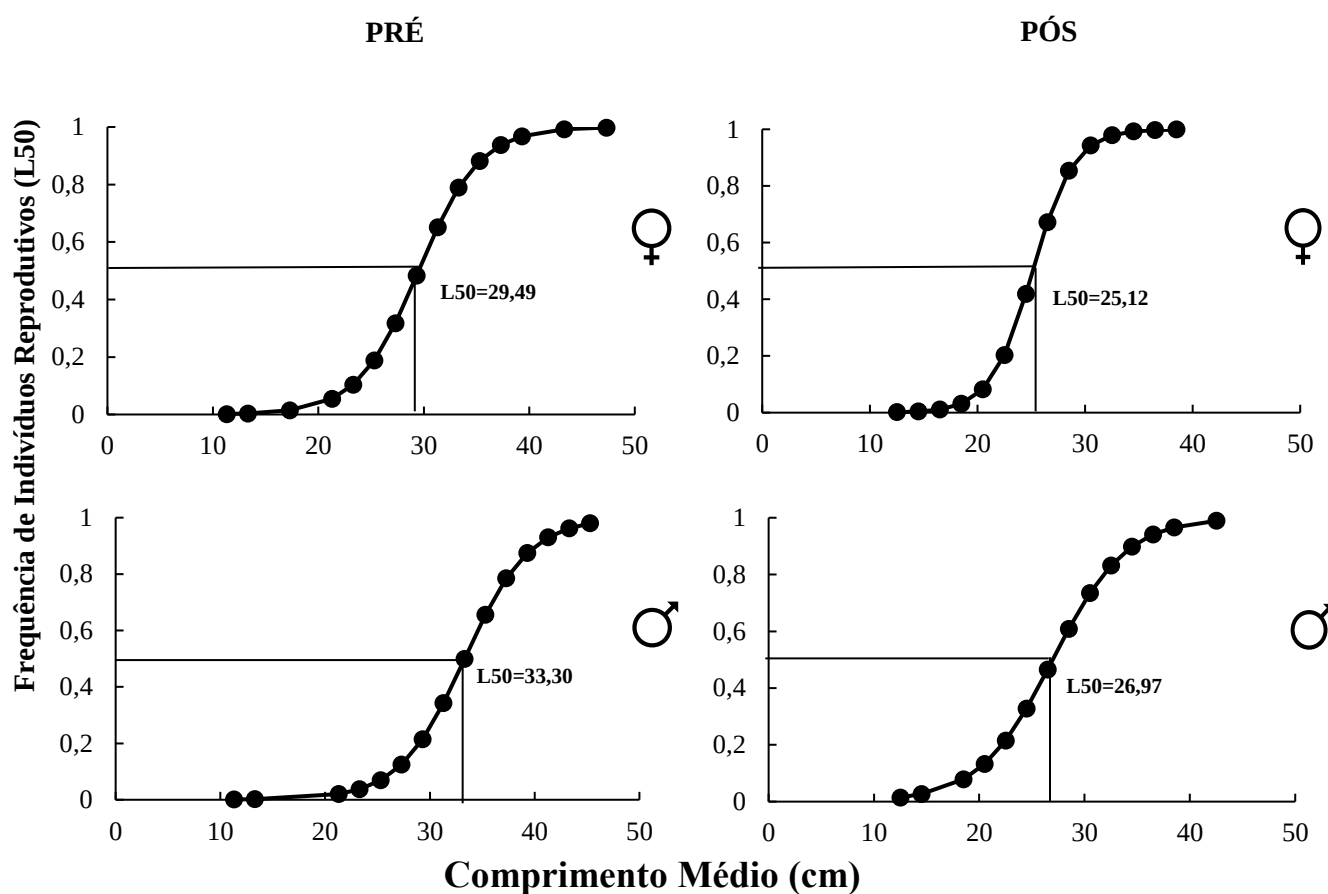


Fig.10. Comprimento médio da primeira maturação sexual (L_{50}) para fêmeas (♀) e machos (♂) de *T.piresi* coletados nos períodos pré e pós barramento na região da Volta Grande do rio Xingu

DISCUSSÃO

Os peixes da bacia amazônica são influenciados principalmente pela sazonalidade de seus rios (PRUDENTE *et al.*, 2015). Em rios barrados, diversos eventos podem modificar o regime hidrológico e a estrutura física, química e biológica (SCHORK, 2016). Esse cenário provoca efeitos danosos aos processos ecológicos, como padrões de crescimento, reprodução e estrutura da população (ABDO *et al.*, 2018). Os dados obtidos sugerem que a população sofreu impactos negativos pelo barramento.

Em *T. piresi* a proporção sexual variou durante o estudo, com prevalência de fêmeas no período pré barramento. Esse predomínio de fêmeas pode refletir uma estratégia para otimizar o sucesso reprodutivo da população, uma vez que um macho poderia fecundar uma maior quantidade de fêmeas (PRUDENTE *et al.*, 2015). Um dado relevante é que essa condição pode estar associada a disponibilidade de recursos alimentares no ambiente, e onde são utilizados principalmente para desenvolvimento e maturação gonadal. Porém, no período pós barramento essa estrutura populacional foi modificada para proporção de 1:1 em quase todas as estações hidrológicas. Em rios barrados há vários fatores que são modificados, como as características físicas e químicas da água, a redução de oferta de alimentos (LIMA *et al.*, 2017). O fato de haver uma proporção similar macho/fêmea na TVR sugere a limitação de fatores que podem influenciar na diferenciação sexual para a fêmea.

A espécie apresentou crescimento alométrico positivo para ambos os sexos, nos períodos pré e pós barramento. Resultado similar foi encontrado em *Auchepterus nuchalis* no rio Xingu (FREITAS *et al.*, 2015) e *Trachelyopterus coriaceus* proveniente do rio Curiaú (TRINDADE *et al.*, 2014), porém este parâmetro pode variar entre as espécies da família Aucheniteridae (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Vale ressaltar que baseado nos dados deste estudo, no pós barramento houve redução da massa e do comprimento dos espécimes coletados. As fêmeas de *T.piresi* foram menores (massa corporal e comprimento total) que os machos em ambos os períodos, indicando dimorfismo sexual na espécie, porém este padrão é atípico ao encontrado na maioria dos siluriformes (GOMIERO e BRAGA, 2007), ou até mesmo em outras espécies da família Auchenipteridae, como a exemplo de *Ageneiosus ucayalensis* (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

O fator de condição (K) é um índice biológico que reflete os aspectos nutricionais recentes e gastos de reservas em atividades como a reprodução, e é possível relacioná-lo às condições do ambiente e ao comportamento das espécies (RATZ., 2003). Em *T.piresi*, o K diferiu entre fêmeas e machos durante as estações hidrológicas, tanto no período pré quanto no pós barramento as fêmeas apresentaram K maior que os machos. Porém, comparando os períodos pré e pós barramento, ambos os sexos tiveram maiores níveis durante a estação de cheia no período pré barramento. Considerando que a estação cheia possui maior disponibilidade de alimentos, é o momento de uma contribuição

positiva no bem-estar do animal (ESPÍNOLA., *et al* 2012). Enquanto no pós barramento, os maiores níveis de K ocorreram durante a estação de enchente, para ambos os sexos.

Um dado interessante é que ao analisarmos o índice gonadosomático de *T.piresi*, evidenciamos maiores valores de IGS para ambos os sexos, em ambos os períodos durante as estações de seca e enchente do rio, estação essa onde houve uma maior frequência de fêmeas e machos com gônadas maduras. No entanto, no período pós barramento, foi registrado um alto IGS para os machos na estação de cheia, sugerindo um período reprodutivo mais prologando. Os valores de K e IGS registrados para *T.piresi* fêmeas e machos no período pré barramento seguiu um padrão similar ao encontrado em outros Auchenipterideos, onde os valores de K e IGS foram inversamente proporcionais (ARAÚJO *et al.*, 1999; FREITAS *et al.*, 2011 e FREITAS *et al.*, 2015). Vale ressaltar ainda que no período pré barramento os valores de IGS foram superiores ao de pós barramento para ambos os sexos.

E, ao descrever os estágios de maturação gonadal é possível estabelecer os padrões reprodutivos das espécie (COSTA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2016). No presente estudo, foram identificados e classificados os estágios: imaturo, em maturação, maduro, desovado/espermiado e repouso (somente para fêmeas). Nas fêmeas de *T.piresi* nos períodos pré e pós barramento foi identificado diferentes tipos oocitários em todos os estágios de maturação indicando um desenvolvimento assincrônico dos oócitos em *T.piresi*. Essa condição sugere uma estratégia de desova parcelada. Para peixes de rios, esse tipo de desova é a forma de manter a população, uma vez que a reprodução em mais de um momento possibilitaria uma maior taxa de sobrevivência (WINEMILLER & ROSE, 1992; MAZZONI & CARAMASCHI, 1997; SUZUKI *et al.*, 2000; GODINHO *et al.*, 2010).

Nos machos de *T.piresi* nos períodos pré e pós barramento, foi identificado o tipo testicular tubular anostomosado, onde a túnica albugínea emite projeções para o interior do testículo formando os compartimentos germinativos. Segundo Parenti e Grier 2004, o tipo testicular tubular anostomosado um padrão comum em peixes da ordem Siluriformes, porém, espermatozóides de cabeça alongada e presença de um gonopódio, são características de espécies que realizam a inseminação interna, como observados em outras espécies da família auchenipteridae (MEISNER *et al.*, 2000; SANTOS *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2017; RORIZ LEMES *et al.*, 2017). Em *T. piresi* não foi encontrado espermatozóides na lamela ovariana.

Quanto à frequência dos estágios de maturação gonadal, houve maior ocorrência de indivíduos maduros e desovados/espermiados no período pré barramento nas estações de seca e enchente, indicando um sincronismo reprodutivo da espécie. Porém, no período pós barramento, a maior ocorrência de fêmeas e machos maduros foi observada na estação seca, mas houve variação de indivíduos desovados/espermiados, onde as fêmeas desovadas foram mais frequentes nas estações

vazante e enchente, e machos espermiados em todas as estações hidrológicas amostradas, indicando que a espécie tem um período reprodutivo mais prolongado. A reprodução contínua pode ser um desperdício de energia, principalmente durante estação cheia (SILVA *et al*, 2010), no entanto em um ambiente alterado, pode ser justificada como uma forma de manter um equilíbrio populacional da espécie.

Em ambos os sexos foi observado mudanças L_{50} quando comparado os períodos. As fêmeas de *T. piresi* atingiram a maturidade sexual antes dos machos, em ambos os períodos. Entretanto, no pós barramento, ambos os sexos sofreram redução em seu L_{50} . Este processo foi marcante tanto nos machos, com redução de mais de 6 cm, quanto nas fêmeas, que reduziram em torno de 4 cm. A redução de L_{50} também foi observado em populações de peixes em ambientes alterados (MENDES, *et al* 2021 e SCHILLING, *et al* 2019). Este cenário sugere que *T. piresi* está se adaptando às novas condições de ambiente e que a variação de vazão do rio pode desencadear um estímulo precoce para os estágios reprodutivos da espécie.

Apesar de alguns estudos terem encontrado evidências de que populações de peixes alcançam estabilização depois de alguns anos em ambientes antropizados (SCHORK e ZANIBONI-FILHO, 2017; LOURES e POMPEU, 2018; PEROINICO *et al.*, 2019). As evidências indicam que *T.piresi* vem sofrendo pressões ambientais e com isso acreditamos que a espécie está se adaptando às novas condições que foram impostas.

CONCLUSÃO

Os efeitos sobre a vazão do rio influenciam diretamente nas estações hidrológicas, que por sua vez afetam a reprodução das espécies de peixes, mesmo as que não se reproduzem na estação cheia, como é o caso de *Tocantinsia piresi*. O estudo da biologia reprodutiva desta espécie nos períodos pré e pós barramento do rio Xingu mostraram claramente que os traços de história de vida como padrões de crescimento e reprodução da espécie *T.piresi* no médio rio Xingu, estão sendo alterados. A reprodução da espécie continua sendo principalmente na seca, mas outros fatores como o investimento energético dado pelo fator de condição (K), massa e comprimento podem estar sendo influenciados pelas mudanças ambientais. E parte disso é comprovado pela drástica redução dos valores de tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}). Se os indivíduos estão atingindo a maturação com comprimentos menores, eles são forçados a maturar antes, a fim de garantir a manutenção da sua população.

REFERÊNCIAS

- ABDO, T. F., MARCON, L., BAZZOLI, N. Downstream effects of a large reservoir on the reproductive activity of *Prochilodus hartii* (Pisces: Prochilodontidae). **Animal Reproduction Science**, v. 190, n. August 2017, p. 102–107, 2018.
- ARANTES, B. F. P., SANTOS, H.B.D., RIZZO, E., SATO, Y., & BAZZOLI, N. Collapse of the reproductive process of two migratory fish (*Prochilodus argenteus* and *Prochilodus costatus*) in the Três Marias Reservoir, São Francisco River, Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, 27(3), 847-853, 2011.
- ARAÚJO, F.G., DUARTE, S., GOLDBERG, R.S., FICHBERG, I. Indicadores reprodutivos de *Parauchenipterus striatulus* (Steindachner) (Pisces, Auchenipteridae) na Represa de Ribeirão das Lajes, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 16:1071-1079, 1999.
- ATHAYDE, S., MATHEWS, M., BOHLMAN, S., BRASIL, W., DORIA, C. R., DUTKAGIANELLI, J., & KAPLAN, D. Mapping research on hydropower and sustainability in the Brazilian Amazon: advances, gaps in knowledge and future directions. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 37, 50-69, 2019.
- BARBOSA, T. A., ROSA, D. C., SOARES, B. E., COSTA, C. H., ESPOSITO, M. C., & MONTAG, L. F. Effect of flood pulses on the trophic ecology of four piscivorous fishes from the eastern Amazon. **Journal of Fish Biology**, 93(1), 30-39, 2018.
- BIRINDELLI, J. L. O. (2010). Relações filogenéticas da superfamília Doradoidea (Ostariophysi, Siluriformes). Unpublished Ph. D. Dissertation, **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 387p.
- CAMARGO, M.; GIARRIZZO, T.; ISAAC, V. Review of the geographic distribution of fish fauna of the Xingu river basin, Brazil. **Ecotropica**, v. 10, 2004.
- CARVALHO, F. M.; RESENDE, E. K. Aspectos da Biologia de *Tocantinsia depressa* (Siluriformes, Auchenipteridae). Amazoniana VIII. Itupirongo. 1984.
- COSTA, E. F., DIAS, J. F., & MURUA, H. Reproductive strategy and fecundity of the keystone species *Paralichthys brasiliensis* (Teleostei, Sciaenidae): an image processing techniques application. **Environmental Biology of Fishes**, 98(10), 2093-2108, 2015.
- DARY, E. P., FERREIRA, E., ZUANON, J., & RÖPKE, C. P. Diet and trophic structure of the fish assemblage in the mid-course of the Teles Pires river, Tapajós river basin, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, n. 4, p. 1–17, 2017.
- ESPÍNOLA, L. A.; JÚLIO, H. F.; BENEDITO, E. Invasive non-native species of fish in upper Paraná river Basin, Brazil: Variations of caloric content in *Cichla kelberi*. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, n. 2, 2012.
- FEARNSIDE, Philip Martin. Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de

decisões sobre grandes obras-Volume 2. 2015.

- FITZGERALD, D. B., PEREZ, M. H. S., SOUSA, L. M., GONÇALVES, A. P., PY-DANIEL, L. R., LUJAN, N. K., & 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**, 222, 104-112, 2018.
- FREITAS, T.M.S., ALMEIDA, V.H.C., MONTAG, L.F.A., ROCHA, R.M., FONTOURA, N.F. Seasonal changes in the gonadosomatic index, allometric condition factor and sex ratio of an auchenipterid catfish from eastern Amazonia. **Neotropical Ichthyology** 9:839-847, 2011.
- FREITAS, T. M. S., PRUDENTE, B. D. S., OLIVEIRA, V. D. A., OLIVEIRA, M. N. C. D., PRATA, E. G., LEÃO, H., & MONTAG, L. F. D. A. Influence of the flood pulse on the reproduction of *Tocantinsia piresi* (Miranda Ribeiro) and *Auchenipterus nuchalis* (Spix & Agassiz)(Auchenipteridae) of the middle Xingu River, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 75, 158-167, 2015.
- GODINHO, A. L., LAMAS, I. R., & GODINHO, H. P. Reproductive ecology of Brazilian freshwater fishes. **Environmental Biology of Fishes**, 87(2), 143-162, 2010.
- GOMIERO, L.M., URSULLA, P.S., BRAGA, F.M.S. Reprodução e alimentação de *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) em rios do Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo. SP **Biota Neotropical** 7:127-133, 2007.
- GONÇALVES, T. L., BAZZOLI, N., BRITO, M. F. G. Gametogenesis and reproduction of the matrinxã *Brycon orthotaenia* (GÜNTHER, 1864)(PISCES: CHARACIDAE) in the São Francisco River, Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2A, p. 513-522, 2006.
- HUXLEY, J.S. Constant differential growth-ratios and their significance . **Nature** 114 (2877), 895–896, 1924.
- ISAAC, V. J., ALMEIDA, M. C. D., CRUZ, R. E. A., & NUNES, L. G. Artisanal fisheries of the Xingu River basin in Brazilian Amazon. **Brazilian Journal of Biology**, 75, 125-137, 2015.
- JUNK, W. J. Áreas inundáveis - Um desafio para Limnologia. **Acta Amazonica**, v. 10, n. 4, p. 775–795, 1980.
- LE CREN, E.D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.* 20, 201-219, 1951.
- LIMA, F.T., REYNALTE-TATAJE, D.A., ZANIBONI-FILHO, E. Effects of reservoirs water level variations on fish recruitment. *Neotrop. Ichthyol.* 15, 1–10, 2017.
- LOURES, R. C., & POMPEU, P. S. Long-term study of reservoir cascade in south-eastern Brazil reveals spatio-temporal gradient in fish assemblages. **Marine and Freshwater Research**, 69(12), 1983-1994, 2018.

- MAZZONI, R., CARAMASCHI, E. Pellegrini. Observations on the reproductive biology of female *Hypostomus luetkeni* Lacépède 1803. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 6, n. 1, p. 53-56, 1997.
- MEISNER, A. D., BURNS, J. R., WEITZMAN, S. H., & MALABARBA, L. R. Morphology and histology of the male reproductive system in two species of internally inseminating South American catfishes, *Trachelyopterus lucenai* and *T. galeatus* (Teleostei: Auchenipteridae). **Journal of Morphology**, 246(2), 131-141, 2000.
- MENDES, Y. A., OLIVEIRA, R. S., MONTAG, L. F., ANDRADE, M. C., GIARRIZZO, T., ROCHA, R. M., & FERREIRA, M. A. P. Sedentary fish as indicators of changes in the river flow rate after impoundment. **Ecological Indicators**, 125, 107466, 2021.
- NEUBERGER, A. L., MARQUES, E. E., AGOSTINHO, C. S., & OLIVEIRA, R. J. D. Reproductive biology of *Rhaphiodon vulpinus* (Ostariophysi: Cynodontidae) in the Tocantins River Basin, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5(4), 479-484, 2007.
- NIKOLSKY, G., V. Theory of fish population dynamics. Edinburgh, Oliver and Boyd, 1969.
- NÚÑEZ, J., F. DUPONCHELLE. Towards a universal scale to access sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. **Fish physiology and biochemistry** 35:157-180, 2009.
- OLIVEIRA, V. A., FERREIRA, M. A. P., ROCHA, R. M., & MONTAG, L. F. A. Reproduction of the duck catfish *Ageneiosus ucayalensis* in a ria river system. **Journal of Fish Biology**, 90(3), 1062-1069, 2017.
- PARENTI, L. R., & GRIER, H. J. Evolution and phylogeny of gonad morphology in bony fishes. **Integrative and comparative biology**, 44(5), 333-348, 2004.
- PAIVA, R. C. D. D. Hidrologia da bacia Amazônica: Compreensão e previsão com base em modelagem hidrológica-hidrodinâmica e sensoriamento remoto. **Tese**, 2012.
- PERONICO, P.B., AGOSTINHO, C.S., FERNANDES, R., PELICICE, F.M. Community reassembly after river regulation: rapid loss of fish diversity and the emergence of a new state. **Hydrobiologia** 847 (2), 519–533, 2019.
- PEEL, M.C., FINLAYSON, B. L., MCMAHON, T. A. Mapa do mundo atualizada do Köppen-Geiger Classificação climática. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.
- PROPHET, E.B., B. MILIS, J.B. ARRINGTON, L.H. SOBIN. Métodos Histotécnicos. Instituto de Patologia de Las Fuerzas Armadas de Los Estados Unidos de America (AFIP), Washington, pp. 280, 1995.
- PRUDENTE, B.S., FERREIRA, M.A.P., DA ROCHA, R. M., MONTAG, L.F.A. Reproductive biology of the piranha *Serrasalmus gouldingi* (Fink and Machado-Allison 1992) (Characiformes: Serrasalminidae) in “drowned” rivers of the Eastern Amazon. **Environmental Biology of Fishes**, v. 98, p. 11-22, 2015.

- RÄTZ, H. J., LLORET, J. Variation in fish condition between Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks, the effect on their productivity and management implications. **Fisheries Research**, v. 60, n. 2–3, p. 369–380, 2003.
- RORIZ LEMES, D. M., VIZIOLI, B., MARCON, L., & BAZZOLI, N. Reproduction of the internal inseminator *Trachelyopterus galeatus* (Linnaeus, 1766) (Siluriformes: Auchenipteridae). **Journal of Applied Ichthyology**, 33(1), 69-74, 2017.
- SANTOS, H. B., ARANTES, F. P., SAMPAIO, E. V., & SATO, Y. Artificial reproduction and reproductive parameters of the internally inseminated driftwood catfish *Trachelyopterus galeatus* (Siluriformes: Auchenipteridae). **Ichthyological research**, 60(2), 142-148, 2013.
- SCHORK, G. Estrutura da assembleia íctica nos dez anos após a formação dos reservatórios de Itá e Machadinho – Alto Rio Uruguai. p. 121, 2016.
- SCHORK, G., ZANIBONI-FILHO, E. Structure dynamics of a fish community over ten years of formation in the reservoir of the hydroelectric power plant in upper Uruguay River. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, p. 710-723, 2017.
- SCHILLING, H. T., SMITH, J. A., STEWART, J., EVERETT, J. D., HUGHES, J. M., & SUTHERS, I. M. Reduced exploitation is associated with an altered sex ratio and larger length at maturity in southwest Pacific (east Australian) *Pomatomus saltatrix*. **Marine Environmental Research**, 147, 72–79, 2019.
- SILVA, J. P., COSTA, M. R. D., GOMES, I. D., & ARAÚJO, F. G. Gonadal development and fecundity of the smooth weakfish *Cynoscion leiarchus* (Teleostei: Perciformes: Sciaenidae) in a tropical Brazilian bay. **Zoologia (Curitiba)**, 33, 2016.
- SILVA, J.P.A.D., MUELBERT, A.E., OLIVEIRA, E.C.D., FAVARO, L.F. Reproductive tactics used by the *Lambari Astyanax aff. fasciatus* in three water supply reservoirs in the same geographic region of the upper Iguaçu River. **Neotropical Ichthyology**. 8 (4), 885–892, 2010.
- SOKAL, R.R., ROHLF, F.J. Biometry: principles and practice of statistics and biological research. Third ed. W.H. Freeman Company. New York, 1995.
- SUZUKI, H. I., AGOSTINHO, A. A., & WINEMILLER, K. O. Relationship between oocyte morphology and reproductive strategy in loricariid catfishes of the Paraná River, Brazil. **Journal of fish biology**, 57(3), 791-807, 2000.
- TIMPE, K.; KAPLAN, D. The changing hydrology of a dammed Amazon. **Science Advances**, v. 3, n. 11, p. 1–14, 2017.
- TRINDADE, P. A. A., SÁ-OLIVEIRA, J. C.; VASCONCELOS, H. C.G.; PINTO, A. J. A. Aspectos da Estrutura Populacional do *Trachelyopterus coriaceus*, Amarra Tarrafa, Valenciennes, 1840 (Siluriformes, Auchenipteridae) na APA do Rio Curiaú, Estado do Amapá, Brasil. **Biota**

Amazônia, v. 4, n. 1, p. 100-105, 2014.

WILDNER, D.D., GRIER, H., & QUAGIO-GRASSIOTO, I. Female germ cell renewal during the annual reproductive cycle in Osteichthyan fish. *Theriogenology* **79**, 709-724, 2013.

WINEMILLER, K.O., K.A. ROSE. Patterns of life-history diversification in North American fishes: Implications for population regulation. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 49: 2196-2218, 1992.

WINEMILLER, K. O., MCINTYRE, P. B., CASTELLO, L., FLUET-CHOUINARD, E., GIARRIZZO, T., NAM, S., ... & SÁENZ, L. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351(6269), 128-129, 2016.

ZAR, J.H. Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey, 1999.