RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 03/08/2028.

“UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU - IBB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

AMANDA SATOMI TATIBANA

A relação entre temperatura, crescimento e primeira maturação de fêmeas de *Astyanax lacustris* (Characiformes, Characidae)

Botucatu – SP
2026

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

AMANDA SATOMI TATIBANA

A relação entre temperatura, crescimento e primeira maturação de fêmeas de *Astyanax lacustris* (Characiformes, Characidae)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) – Instituto de Biociências, UNESP, Câmpus de Botucatu, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestra.

Orientadora: Profa. Dra. Rosicleire Veríssimo Silveira

Botucatu – SP

2026

T219r

Tatibana, Amanda Satomi
A relação entre temperatura, crescimento e primeira maturação de fêmeas de Astyanax lacustris (Characiformes, Characidae) / Amanda Satomi Tatibana. -- Botucatu, 2026
93 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu
Orientadora: Rosicleire Veríssimo-Silveira

1. Zoologia. 2. Ovários. 3. Peixes Reprodução. 4. Altas temperaturas. 5. Baixas temperaturas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: A relação entre temperatura, crescimento e primeira maturação de fêmeas de Astyanax lacustris (Characiformes, Characidae)

AUTORA: AMANDA SATOMI TATIBANA
ORIENTADORA: ROSICLEIRE VERISSIMO SILVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências Biológicas (Zoologia), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ROSICLEIRE VERISSIMO SILVEIRA (Participaçao Presencial)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia - UNESP Ilha Solteira

Pós-Doutorando ARNO JULIANO BUTZGE (Participaçao Virtual)
Laboratório de Genética em Aquicultura e Conservação / Centro de Aquicultura - UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. LUIS DAVID SOLIS MURGAS (Participaçao Virtual)
Departamento de Medicina Veterinária / Universidade Federal de Lavras - UFLA

Botucatu, 03 de agosto de 2026.

unesp
Documento assinado digitalmente
Certificado ICPEdu
Dados: 2026.08.04 08:28:41 -03'00'

Willian Gabriel Miranda
Assistente Administrativo II da Seção Técnica de Pós-Graduação
Instituto de Biociências de Botucatu

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus pelo privilégio da vida. “Há beleza bastante em estar aqui e não noutra parte qualquer” (Alberto Caeiro).

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa (Processo nº 88887.084238/2024-00), imprescindível para o desenvolvimento deste experimento e manutenção da minha permanência na pós-graduação.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em especial à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP/FEIS), sou grata pela infraestrutura disponibilizada ao longo destes oito anos, período em que esta instituição se tornou minha segunda casa. Ainda, estendo meus agradecimentos aos funcionários e colaboradores pelo conhecimento compartilhado e pelo auxílio essencial ao desenvolvimento deste projeto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) do Instituto de Biociências de Botucatu (UNESP/IBB), pelo suporte institucional oferecido ao longo deste percurso.

À Comissão Examinadora, agradeço a disponibilidade e valiosas considerações, fundamentais para o aprimoramento deste trabalho e para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Rosicleire Veríssimo Silveira, e ao seu marido, Prof. Dr. Alexandre Ninhaus Silveira, meus pais científicos, pelos incontáveis ensinamentos, orientações e momentos de descontração ao longo desta trajetória. Vocês são exemplos de dedicação, humanidade e integridade.

À minha família, especialmente aos meus pais, Aparecida Hisae Sato Tatibana e Wilson Satoshi Tatibana, agradeço por serem minha base, meu porto seguro e fonte infindável de incentivo para que eu continue trilhando meu caminho. Espero poder orgulhá-los, retribuir e compartilhar com vocês os frutos deste esforço, em reconhecimento a tudo o que fizeram e fazem por mim. Sou profundamente grata por tê-los em minha vida e meu amor por vocês é sempiterno.

Aos meus irmãos e sobrinhos, tios, primos e demais parentes, por existirem. Aos meus avós, que permanecem vivos em minha memória e em minha história. “O que a memória ama fica eterno. Te amo com a memória, imperecível” (Adélia Prado).

Ao meu namorado e melhor amigo, Vítor Donegá Marchiori, pela incomparável paciência, zelo e amor ao longo destes anos de companheirismo. “Os outros eu conheci por

ocioso acaso. A ti vim encontrar porque era preciso" (Guimarães Rosa). Também agradeço à sua família, que me acolheu desde o início e se tornou parte da minha vida.

Às minhas amigas e colegas de laboratório, agradeço por toda a parceria nessa trajetória e por terem feito todo o processo ser incomparavelmente mais leve e alegre. "Amizade é matéria de salvação" (Clarice Lispector).

Aos membros do Laboratório de Ictiologia Neotropical (LINEO), sou grata pela convivência e momentos compartilhados, dentro e fora do ambiente laboral, que contribuíram para a construção de vínculos e boas conversas durante este processo.

Por fim, agradeço a todos que conheci e que impactaram a minha trajetória, seja na maneira de pensar, na montagem de uma prancha histológica ou mesmo na correta higienização de uma vidraria. Carrego comigo um aglomerado de experiências e um pouco de cada um de vocês, e desejo permanecer em constante metamorfose e aprendizado. "Se eu caí, é porque estava caminhando. E caminhar vale a pena, mesmo que você caia" (Eduardo Galeano).

“O pensamento cresce, cresce e toma conta de toda a nossa cabeça e nosso coração. Vive em nossos olhos e em tudo que é pedaço da vida da gente.”

— José Mauro de Vasconcelos, *O Meu Pé de Laranja Lima*.

RESUMO

A temperatura é um dos principais fatores ambientais que regulam o balanço entre crescimento somático e investimento reprodutivo em ectotérmicos aquáticos, porém seus efeitos sobre a maturação sexual e a alocação energética ainda são pouco compreendidos em espécies neotropicais. Este estudo avaliou os efeitos de três regimes térmicos (20, 26 e 32 °C) sobre o desenvolvimento ovariano, o crescimento somático e a dinâmica de maturação em fêmeas de *Astyanax lacustris* criadas sob condições controladas desde os estágios iniciais de vida. Análises histológicas indicaram aceleração do desenvolvimento ovariano em temperatura elevada, com ocorrência de fêmeas na fase Apta à desova a partir de 70 dias pós-eclosão (dpe) a 32 °C, quando comparadas a 90 dpe em 26 °C e 190 dpe a 20 ºC. O índice gonadossomático (IGS) aumentou com a elevação da temperatura, enquanto o índice hepatossomático (IHS) apresentou redução ao longo da maturação e correlação negativa com o IGS (ρ = -0,52; $p <$ 0,001). O aquecimento também promoveu redução no comprimento de primeira maturação (L_{50}), com estimativas de 7,96 cm a 20 °C, 7,75 cm a 26 °C e 6,86 cm a 32 °C, acompanhada por decréscimo na idade de início da maturação (t_5), correspondente a 142, 65 e 60 dpe, respectivamente. Os parâmetros de crescimento estimados pelo modelo de von Bertalanffy indicaram maiores taxas de crescimento (*K*) em temperaturas elevadas. Similarmente, o aquecimento também promoveu oócitos em maturação com diâmetros superiores, mas elevada frequência de atresia, indicando possíveis custos fisiológicos associados à aceleração reprodutiva. Em conjunto, os resultados demonstram que o aquecimento acelera o desenvolvimento reprodutivo e antecipa a maturação em menores tamanhos corporais, enquanto as temperaturas mais baixas tendem a atrasar a maturidade e reduzir o diâmetro oocitário, evidenciando implicações relevantes para o manejo térmico em sistemas de cultivo e para o desempenho reprodutivo de espécies sob cenários de mudanças climáticas.

Palavras-chave: ovário, primeira maturação gonadal, reprodução, temperatura.

ABSTRACT

Temperature is one of the main environmental factors regulating the balance between somatic growth and reproductive investment in aquatic ectotherms; however, its effects on sexual maturation and energy allocation remain poorly understood in Neotropical species. This study evaluated the effects of three thermal regimes (20, 26, and 32 °C) on ovarian development, somatic growth, and maturation dynamics in female *Astyanax lacustris* reared under controlled conditions from early life stages. Histological analyses indicated accelerated ovarian development at elevated temperatures, with females reaching the spawning-capable phase as early as 70 days post-hatching (dph) at 32 °C, compared with 90 dph at 26 °C and 190 dph at 20 °C. The gonadosomatic index (GSI) increased with temperature, whereas the hepatosomatic index (HSI) declined throughout maturation and was negatively correlated with GSI ($\rho = -0.52$; $p < 0.001$). Warming also reduced the length at first maturity (L_{50}), with estimates of 7.96 cm at 20 °C, 7.75 cm at 26 °C, and 6.86 cm at 32 °C, accompanied by a decrease in the age at onset of maturation (t_5), corresponding to 142, 65, and 60 dph, respectively. Growth parameters estimated using the von Bertalanffy model indicated higher growth rates (K) under elevated temperatures. Likewise, warming promoted the development of larger maturing oocytes but was also associated with a high frequency of atresia, suggesting potential physiological costs linked to accelerated reproduction. Together, these results demonstrate that warming accelerates reproductive development and advances maturation at smaller body sizes, while lower temperatures tend to delay maturation and reduce oocyte diameter, highlighting important implications for thermal management in aquaculture systems and for the reproductive performance of species under climate change scenarios.

Keywords: first gonadal maturation, ovary, reproduction, temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espécime de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax lacustris*) 20

Figura 2 – Localização geográfica do biotério "Estufa Experimental I", local de condução do experimento..... 26

Figura 3 – Representação dos sistemas de recirculação de água (RAS) mantidos com os tratamentos térmicos de 20, 26 e 32 ºC, respectivamente 27

Figura 4 – Distribuição dos espécimes de *Astyanax lacustris* entre os sistemas e suas respectivas caixas 27

Figura 5 – Desenho experimental dos períodos de ajuste de tratamentos e coletas dos espécimes de *Astyanax lacustris* ao longo dos dias pós-eclosão (dpe) e, consequentemente, dias de exposição (d.e.) 29

Figura 6 – Delineamento experimental geral do projeto 30

Figura 7 – Terminologia das fases do ciclo reprodutivo identificadas utilizando a análise em microscopia de luz 31

Figura 8 – Comparação de imagens macroscópicas dos ovários de *Astyanax lacustris* nas três temperaturas (20, 26 e 32 ºC) com 120 dias de diferença, aos 120 e 240 dias pós-eclosão (dpe) 37

Figura 9 – Oogênese de *Astyanax lacustris*. A: cisto de oogônias indiferenciadas. B: cisto com oogônias em diferenciação, sendo possível verificar algumas diferenciadas. C: oócito cromatina-nucléolo. D: oócito perinucleolar inicial. E: oócito perinucleolar final. F: oócito alvéolo cortical. G: oócito vitelogênico primário. H: oócito vitelogênico secundário. I: oócito vitelogênico terciário. J: oócito em maturação. ac: alvéolo cortical; cf: célula folicular; CN: oócito cromatina-nucléolo; fo: folículo ovariano; mi: micrópila; nm: núcleo migrando; nu: nucléolo; ocp: oócito em crescimento primário; ogd: oogônia diferenciada; ogi: oogônia indiferenciada; OM: oócito em maturação; pf: célula pré-folicular; Vtg1: oócito vitelogênico primário; Vtg2: oócito vitelogênico secundário; asterisco (*): corpúsculo de Balbiani. Coloração: Hematoxilina e Eosina. Barras de escala: G, H, I e J 100 µm; F 50 µm; A, B, C, D e E 20 µm 39

Figura 10 – Histologia do ovário de *Astyanax lacustris* na fase Imatura. cf: célula folicular; fo: folículo ovariano; la: lamelas ovígeras; n: núcleo; nu: nucléolo; ocp: oócito em crescimento primário; og: oogônia; ogd: oogônia diferenciada; ogi: oogônia indiferenciada; pf: célula pré-folicular; vs: vaso sanguíneo; zr: zona radiata; asterisco (*): corpúsculo de Balbiani; seta (➞): oócito cromatina-nucléolo. Coloração: Hematoxilina e Eosina. Barras de escala: A 500 µm; B e C 200 µm; E 50 µm; D, F, G, H e I 20 µm 41

Figura 11 – Histologia do ovário de *Astyanax lacustris* na fase Em desenvolvimento. ac: alvéolo cortical; cf: célula folicular; la: lamelas ovígeras; mi: micrópila; n: núcleo; nu: nucléolo; ocp: oócito em crescimento primário; og: oogônia; ogd: oogônia diferenciada; pf: célula pré-folicular; Vtg1: oócito vitelogênico primário; zr: zona radiata; asterisco (*): corpúsculo de Balbiani; seta (➞): oócito cromatina-nucléolo. Coloração: Hematoxilina e Eosina. Barras de escala: A 500 µm; B 200 µm; C, E e H 50 µm; D, F, G, I e J 20 µm 43

Figura 12 – Histologia do ovário de *Astyanax lacustris* na fase Apta à desova. cf: célula folicular; gv: grânulo de vitelo; mc: célula micropilar; mi: micrópila; nm: núcleo migrando; ao:

oócito atrésico; ocp: oócito em crescimento primário; ocs: oócito em crescimento secundário; OM: oócito em maturação; t1: teca primária; Vtg1: oócito vitelogênico primário; Vtg2: oócito vitelogênico secundário; Vtg3: oócito vitelogênico terciário; zr: zona radiata. Coloração: Hematoxilina e Eosina. Barras de escala: A 500 µm; B 200 µm; C, E e H 50 µm; D, F, G, I e J 20 µm 45

Figura 13 – Histologia da atresia oocitária no ovário de *Astyanax lacustris*. cf: célula folicular; gv: grânulo de vitelo; liq: liquefação do vitelo; oa: oócito atrésico; v: vacuolização; zr: zona radiata; ponta de seta preta (➤): encolhimento e degradação da membrana nuclear; ponta de seta branca (➢): dispersão da cromatina; seta preta (➞): ruptura da zona radiata; asterisco (*) hiperplasia das células foliculares. Coloração: Hematoxilina e Eosina. Barras de escala: A 200 µm; B, C, D, F, G e H 100 µm; E 50 µm 48

Figura 14 – Frequência relativa (%) das fases do ciclo reprodutivo identificadas nas fêmeas de *Astyanax lacustris* nos tratamentos de 20, 26 e 32 ºC, respectivamente, de 60 a 240 dias pós-eclosão (dpe) 50

Figura 15 – Variação do comprimento total (cm), massa corporal total (g), massa da gônada (g) e massa do fígado (g) de fêmeas de *Astyanax lacustris* mantidas a 20 °C, ao longo do desenvolvimento (40 a 240 dias pós-eclosão). As linhas tracejadas representam os modelos de regressão ajustados para cada variável, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2) 52

Figura 16 – Médias do índice gonadossomático (%) de fêmeas de *Astyanax lacustris* ao longo dos dias pós-eclosão (dpe) para as temperaturas de 20, 26 e 32 ºC. A estrela (✯) indica a idade em que ≥ 60% dos animais encontram-se na fase Apta à desova 54

Figura 17 – Distribuição do índice gonadossomático (IGS, %) de fêmeas de *Astyanax lacustris* mantidas a 20, 26 e 32 ºC. As caixas representam o intervalo interquartil (Q1-Q3), a linha horizontal indica a mediana e os pontos correspondem aos valores individuais. Letras diferentes acima das caixas indicam diferenças significativas entre as temperaturas (teste de Kruskal–Wallis seguido de teste *post hoc* de Dunn, $p < 0,05$) 55

Figura 18 – Relação entre o crescimento corporal (mm) e o índice gonadossomático (IGS, %) de fêmeas de *Astyanax lacustris* sob três temperaturas experimentais (20, 26 e 32 ºC). Os pontos representam os valores individuais de cada fêmea. As linhas contínuas indicam o ajuste de regressões lineares para cada temperatura, enquanto as áreas sombreadas correspondem aos respectivos intervalos de confiança de 95% (IC95%) 56

Figura 19 – Médias do índice hepatossomático (%) de fêmeas de *Astyanax lacustris* ao longo dos dias pós-eclosão (dpe) para as temperaturas de 20, 26 e 32 ºC. A estrela (✯) indica a idade em que ≥ 60% dos animais encontram-se na fase Apta à desova 57

Figura 20 – Distribuição do índice hepatossomático (IHS, %) de fêmeas de *Astyanax lacustris* mantidas a 20, 26 e 32 ºC. As caixas representam o intervalo interquartil (Q1-Q3), a linha horizontal indica a mediana e os pontos correspondem aos valores individuais. Letras diferentes acima das caixas indicam diferenças significativas entre as temperaturas (teste de Kruskal–Wallis seguido de teste *post hoc* de Dunn, $p < 0,05$) 58

Figura 21 – Médias de comprimento total (cm) e massa corporal (g) de fêmeas de *Astyanax lacustris* mantidas sob diferentes temperaturas experimentais (20, 26 e 32 °C), de acordo com as fases do desenvolvimento ovariano (Imatura, Em desenvolvimento e Apta à desova). As barras representam a média ± desvio padrão. Letras distintas indicam diferença estatística significativa entre temperaturas dentro da mesma fase reprodutiva (ANOVA, teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$) 59

Figura 22 – Trajetórias ontogenéticas de fêmeas de *Astyanax lacustris* mantidas a 20, 26 e 32 °C ao longo do desenvolvimento, em dias pós-eclosão (dpe). A: Comprimento total (cm); B: Massa corporal (g). As linhas representam as médias amostrais em cada idade, e as áreas sombreadas indicam os intervalos de confiança de 95% (IC95%) 60

Figura 23 – Taxas de crescimento (TC) de fêmeas de *Astyanax lacustris* apresentadas por intervalo de coleta ao longo do tempo para os três tratamentos térmicos (20, 26 e 32 ºC). Dados expressos em porcentagem (%) 62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Levantamento bibliográfico do diâmetro oocitário de espécies do gênero *Astyanax* 23

Tabela 2 – Parâmetros abióticos avaliados ao longo do experimento 36

Tabela 3 – Médias do número de oócitos por indivíduo, intensidade relativa da atresia (A_{RI}), quantidade de oócitos em maturação (OM) por indivíduo, diâmetro de oócitos em maturação e índice gonadossomático identificados em fêmeas de *Astyanax lacustris* na fase Apta à desova aos 240 dias pós-eclosão (dpe), em 20, 26 e 32 ºC 47

Tabela 4 – Médias e faixas do índice gonadossomático (IGS) de fêmeas de *Astyanax lacustris* a 20, 26 e 32 ºC nas fases reprodutivas Imatura, Em desenvolvimento e Apta à desova. Médias expressas como média ± desvio padrão (Média ± DP) 53

Tabela 5 – Parâmetros de maturidade e crescimento por temperatura (20, 26 e 32 ºC) em fêmeas de *Astyanax lacustris*. L_{50} e L_{100} estimados por Vazzoler. L_{∞}, K (dia^{-1}), t_0, $t(L_{50})$ e $t(L_{100})$ estimados por von Bertalanffy 63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

➞	Oócito cromatina-nucléolo
➞	Ruptura da zona radiata (em oócitos atrésicos)
%	Porcentagem
*	Corpúsculo de Balbiani
*	Hiperplasia das células foliculares (em oócitos atrésicos)
➢	Dispersão da cromatina (em oócitos atrésicos)
➤	Estroma ovariano
➤	Encolhimento e degradação da membrana nuclear (em oócitos atrésicos)
µm	Micrômetro
✯	Idade em que ≥ 60% dos animais encontram-se na fase Apta à desova
ac	Alvéolos corticais
ANOVA	Análise de variância
A_{RI}	Intensidade relativa da atresia
C_2H_6O	Álcool etílico
$C_9H_{11}NO_2$	Benzocaína
cf	Células foliculares
Cl	Cloro
cm	Centímetro
d.e.	Dias de exposição
DP	Desvio padrão
dpe	Dias pós-eclosão
e	Constante matemática de Euler
e.g.	*Exempli gratia*
emmeans	*Estimated Marginal Means*
eq.	Equação
F	Fator
FEIS	Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
Fig.	Figura
fo	Folículo ovariano
g	Grama

344	gl	Graus de liberdade
345	gv	Grânulos de vitelo
346	HE	Hematoxilina e Eosina
347	IC95%	Intervalo de confiança de 95%
348	IGS	Índice gonadossomático
349	IHS	Índice hepatossomático
350	*K*	Coeficiente de crescimento
351	kg	Quilograma
352	L	Litro
353	L_{100}	Comprimento e idade de primeira maturação de 100% dos animais
354	L_{50}	Comprimento e idade de primeira maturação de 50% dos animais
355	L_{∞}	Comprimento assintótico
356	la	Lamelas ovígeras
357	LINEO	Laboratório de Ictiologia Neotropical
358	liq	Liquefação do vitelo
359	L_t	Comprimento total na idade t
360	M	Molaridade
361	MATLAB	*Matrix Laboratory*
362	mc	Célula micropilar
363	mg	Miligramas
364	mg L^{-1}	Miligramas por litro
365	mi	Micrópila
366	mm	Milímetro
367	n	Núcleo
368	*n*	Número amostral
369	nm	Migração do núcleo
370	nu	Nucléolo
371	oa	Oócito atrésico
372	ºC	Grau Celsius
373	ocp	Oócito em crescimento primário
374	ocs	Oócito em crescimento secundário

375	og	Oogônia
376	ogd	Oogônia diferenciada
377	ogi	Oogônia indiferenciada
378	OM	Oócito em maturação
379	*p*	Valor-p
380	P.A.S	Ácido Periódico de Schiff
381	P.B.	Proteína bruta
382	pH	Potencial hidrogeniônico
383	pf	Células pré-foliculares
384	Q1	Quartil 1
385	Q3	Quartil 3
386	r	Coeficiente de magnitude de efeito associado ao teste de Dunn
387	r	Correlação
388	R^2	Coeficiente de determinação
389	RAS	Sistema de recirculação de água
390	$t(L_{100})$	Idade esperada para atingir o comprimento de maturação de 100%
391	$t(L_{50})$	Idade esperada para atingir o comprimento de maturação de 50%
392	T_0	Idade teórica em que o comprimento é nulo
393	T_{100}	Idade em que 100% dos animais atingem a maturidade
394	t_5	Idade de início da maturação
395	TC	Taxa de crescimento relativa
396	TSR	*Temperature-size rule*
397	UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
398	UV	Radiação ultravioleta
399	v	Vacuolização
400	V_f	Valor final
401	V_i	Valor inicial
402	vs	Vaso sanguíneo
403	Vtg	Oócito vitelogênico
404	Vtg1	Oócito vitelogênico primário
405	Vtg2	Oócito vitelogênico secundário

406	Vtg3	Oócito vitelogênico terciário
407	W_f	Massa do fígado
408	W_g	Massa da gônada
409	W_t	Massa corporal total
410	Z	Estatística padronizada do teste de Dunn para comparações múltiplas
411	zr	Zona radiata
412	α	Nível de significância (alfa)
413	β_1	Coeficiente angular ou de inclinação
414	ε^2	Epsilon ao quadrado
415	ρ	Coeficiente de correlação de Spearman (rho)
416	χ^2	Qui-quadrado elevado
417		

418

419 **SUMÁRIO**

420

421 **1. INTRODUÇÃO** 18

422 **2. HIPÓTESE** 25

423 **3. OBJETIVOS** 25

424 ***3.1 Objetivo Geral*** 25

425 ***3.2 Objetivos Específicos*** 25

426 **4. MATERIAIS E MÉTODOS** 26

427 ***4.1 Aspectos éticos*** 26

428 ***4.2 Criação dos animais e delineamento experimental*** 26

429 ***4.3 Amostragem dos animais*** 28

430 ***4.4 Biometria, confecção das lâminas histológicas e análise do material biológico*** 30

431 ***4.5 Definição das fases do ciclo reprodutivo*** 31

432 ***4.6 Morfometria dos oócitos em maturação*** 31

433 ***4.7 Oócitos em atresia*** 32

434 ***4.7.1 Intensidade relativa da atresia*** 32

435 ***4.8 Cálculos e análise estatística*** 32

436 ***4.8.2 Oócitos em maturação e atrésicos*** 33

437 ***4.8.3 Taxa de crescimento relativa*** 33

438 ***4.8.4 Índice gonadossomático (IGS) e índice hepatossomático (IHS)*** 33

439 ***4.8.5 Idade e comprimento de primeira maturação*** 34

440 **5. RESULTADOS** 36

441 *5.1 Parâmetros abióticos* 36

442 *5.2 Características macroscópicas e microscópicas dos ovários* 36

443 *5.4 Fases do ciclo reprodutivo, temperatura e idade* 49

444 *5.5 Variações biométricas relacionadas às temperaturas e fases reprodutivas* 51

445 *5.6 Índice gonadossomático (IGS) e índice hepatossomático (IHS)* 53

446 *5.7 Crescimento somático* 59

447 *5.8 Taxa de crescimento relativa (TC)* 60

448 *5.9 Idade e comprimento de primeira maturação* 62

449 **6. DISCUSSÃO** 63

450 *6.1 Fases do ciclo reprodutivo* 63

451 *6.2 Oócitos em maturação* 64

452 *6.3. Oócitos atrésicos* 67

453 *6.4 Crescimento somático, primeira maturação e temperature-size rule (TSR)* 69

454 *6.5 Índices Gonadossomático e Hepatossomático* 71

455 **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS** 72

456 **8. REFERÊNCIAS** 73

457

1. INTRODUÇÃO

Efeitos da temperatura

Mais de 99,9% de todas as espécies de peixes são ectotérmicas e a temperatura é um dos principais sinais exógenos responsáveis pelo desencadeamento de processos fisiológicos relacionados à gametogênese (Quirino *et al*., 2021; Verberk *et al.*, 2021), bem como pela determinação do desempenho individual e coletivo, incluindo o ciclo de vida, a fecundidade, o tamanho corporal, o funcionamento dos ecossistemas (Loisel; Isla; Daufresne, 2019) e a manutenção do bem-estar (Zhang *et al.*, 2025). Conforme Walczyńska, Franch-Gras e Serra (2017) sobre animais aquáticos, "os organismos modificam seu tamanho em resposta às alterações ambientais", principalmente em função de variações extremas de temperatura que excedem a faixa térmica ideal e afetam seu funcionamento e saúde (Fu *et al.*, 2018; Volkoff; Rønnestad, 2020; Islam *et al.*, 2022; Abdel-Tawwab *et al.*, 2025).

No Brasil e em outros países da região neotropical, a aplicação de uma temperatura entre 24 e 26 ºC tem sido considerada ideal para desencadear a ovulação e a desova (Arantes *et al.*, 2011; Pereira-Santos *et al.*, 2016; Rizzo; Bazzoli, 2020; Rodrigues *et al.*, 2023), criar peixes neotropicais e, ainda, é compatível com as variações de temperatura das águas na maior parte do território brasileiro (CESP, 1999).

Diante dos contemporâneos eventos climáticos provocados pelas perturbações antropogênicas (Bao *et al.*, 2021), estima-se que haja o acréscimo da temperatura global em uma variável de 1,4 a 4,4 ºC a depender da projeção do cenário de emissões globais futuras (IPCC, 2023), podendo ultrapassar o limite térmico de uma variada gama de espécies, principalmente dos organismos ectotérmicos, uma vez que são notavelmente sensíveis às flutuações nos ecossistemas aquáticos, denotando um papel regulador crucial em estágios iniciais do desenvolvimento (Dahlke *et al.*, 2020) – por exemplo, acelerando a embriogênese (Ninhaus-Silveira; Foresti; Azevedo, 2006; Buzollo *et al.*, 2011), promovendo deformidades graves e mortalidade (Aulsebrook; Hosler; Donelson, 2026) – e ao longo da vida (Alix; Kjesbu; Anderson, 2020; Lema *et al.*, 2024; Kim *et al.*, 2025; Li *et al.*, 2025).

Embora o aumento da temperatura média seja o tema mais discutido atualmente, principalmente devido à significativa aceleração do aquecimento global (Foster; Rahmstorf, 2026) e ao aquecimento a longo prazo estar associado a um declínio anual de quase 20% da biomassa de espécies marinhas (Chaikin; González-Trujillo; Araújo, 2026), as mudanças climáticas podem culminar em extremos climáticos, incluindo os episódios de resfriamento e

variações abruptas de temperatura, que também se enquadram em eventos desfavoráveis ao desenvolvimento, apesar de serem menos frequentes e severos ao longo dos anos (IPCC, 2023).

As respostas às temperaturas inadequadas são flexíveis dependendo da intensidade e duração da exposição, mas seus efeitos sobre os peixes são nítidos. De modo geral, são documentadas a interrupção da maturação gonadal (Dorts *et al.*, 2011), danos fisiológicos, estresse térmico, alterações metabólicas (Wang *et al.*, 2019; Schleger *et al.*, 2022; Ratko *et al.*, 2022; Ern; Andreassen; Jutfelt, 2023; Kraskura; Hardison; Eliason, 2023; Chu *et al.*, 2024), supressão, promoção ou modulação do crescimento e nutrição (Santos *et al.*, 2016; Servili *et al.*, 2020; Volkoff; Rønnestad, 2020; Quirino *et al.*, 2021; Schleger *et al.*, 2022; Castro *et al.*, 2024) e, conforme a *temperature-size rule* (TSR), indivíduos criados em águas mais quentes tendem a crescer rapidamente e amadurecer mais cedo, mas atingem tamanhos corporais menores na fase adulta (Forster; Hirst; Atkinson, 2012).

Especificamente em fêmeas, alguns impactos incluem a inviabilidade dos gametas e redução do investimento materno (Pankhurst; King, 2010), oócitos com maior ocorrência de atresia (Lukšienė; Svedäng, 1997; Qiang *et al.*, 2022) ou morfologia heterogênea (Donelson *et al.*, 2010), inibição da ovulação (Vikingstad *et al.*, 2016), maturação e crescimento céleres (Tobin; Wright, 2011) ou protelados e suprimidos (Luo *et al.*, 2017), assim como a melhora no desempenho reprodutivo (Brambila-Souza *et al*., 2019; Brambila-Souza *et al.*, 2021) ou o fracasso da reprodução (Lopes; Faria; Dupont, 2020), dependendo da espécie e do seu limite térmico.

8. REFERÊNCIAS

ABDEL-TAWWAB, M.; OMAR, A. A.; KHALIL, R. H.; SELEMA, T. A. M. A.; ELSAMANOOUDY, S. I.; EL-SAFTAWY, H. A. M.; SABRY, E. A.; FAWZY, R. M.; ABDEL-RAZEK, N. Influences of thermal stress on the growth biometrics, stress indicators, oxidative stress biomarkers, and histopathological alterations in European seabass, *Dicentrarchus labrax*, juveniles. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 51, n. 70, mar. 2025. https://doi.org/10.1007/s10695-025-01470-6

ADOLFI, M. C.; CARREIRA, A. C. O.; JESUS, L. W. O.; BOGERD, J.; FUNES, R. M.; SCHARTL, M.; SOGAYAR, M. C.; BORELLA, M. I. Molecular cloning and expression analysis of dmrt1 and sox9 during gonad development and male reproductive cycle in the lambari fish, *Astyanax altiparane*. **Reproductive Biology and Endocrinology**, v. 13, n. 2, 2015. https://doi.org/10.1186/1477-7827-13-2

ALIX, M.; KJESBU, O. S.; ANDERSON, K. C. From gametogenesis to spawning: How climate-driven warming affects teleost reproductive biology. **Journal of Fish Biology**, v. 97, n. 3, p. 607-632, 2020. https://doi.org/10.1111/jfb.14439

ALLEN, J. R. M.; WOOTTON, R. J. The effect of ration and temperature on the growth of the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. **Journal of Fish Biology**, v. 20, n. 4, p. 409-422, abr. 1982. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1982.tb03934.x

AMIRI, B. M.; MAEBAYASHI, M.; HARA, A.; ADACHI, S.; YAMAUCHI, K. Ovarian development and serum sex steroid and vitellogeninprofiles in the female cultured sturgeon hybrid, the bester. **Journal of Fish Biology**, n. 48, p. 1164-1178, 1996. https:// doi.org/10.1111/J.1095-8649.1996.TB01812.X

ANDERSON, K.; LUCKENBACH, A.; YAMAMOTO, Y.; ELIZUR, A. Impacts of Fsh, Igf1, and high temperature on the expression of genes involved in steroidogenesis, cell communication, and apoptosis in isolated coho salmon previtellogenic ovarian follicles. **Aquaculture**, v. 506, p. 60-69, mai. 2019. https://doi.org/10.1016/ j.aquaculture.2019.03.025

ARANTES, F. P.; SANTOS, H. B.; 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**, v. 27, n. 3, p. 847-853, 2010. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01583.x

ARANTES, F. P.; SANTOS, H. B.; RIZZO, E.; SATO, Y.; BAZZOLI, N. Influence of water temperature on induced reproduction by hypophysation, sex steroids concentrations and final oocyte maturation of the "curimatã-pacu" *Prochilodus argenteus* (Pisces: Prochilodontidae). **General and Comparative Endocrinology**, v. 172, n. 3, p. 400-408, jul. 2011. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2011.04.007

ÅSHEIM, E. R.; DEBES, P. V.; HOUSE, A.; LILJESTRÖM, P.; NIEMELÄ, P. T.; SIREN, J. P.; ERKINARO, J.; PRIMMER, C. R. Atlantic salmon (*Salmo salar*) age at maturity is strongly affected by temperature, population and age-at-maturity genotype. **Conservation Physiology**, v. 11, n. 1, 2023. https://doi.org/10.1093/conphys/coac086

ATKINSON, D. Temperature and Organism Size – A Biological Law for Ectotherms?. **Advances in Ecological Research**, v. 25, p. 1-58, 1994. https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60212-3

AULSEBROOK, L. C.; HOSLER, T. L.; DONELSON, J. M. Developmental warming induces severe deformities and mortality in a thermally tolerant fish species. **Scientific Reports**, v. 16, 2026. https://doi.org/10.1038/s41598-026-39489-1

BAO, H.; WANG, G.; YAO, Y.; PENG, Z.; DOU, H.; JIANG, G. Warming-driven shifts in ecological control of fish communities in a large northern Chinese lake over 66 years. **Science of the Total Environment, Amsterdam**, v. 770, 10 f., mai. 2021. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144722

BARBIERI, E.; HENRIQUES, M. B. Nitrite toxicity in yellowtail tetra fish, *Astyanax lacustris*, at different temperature levels. **Aquaculture Reports**, v. 46, 2026. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.103270

BARLOW, G. W. Causes and Significance of Morphological Variation in Fishes. **Systematic Zoology**, v. 10, n. 3, p. 105-117, set. 1961. https://doi.org/10.2307/2411595

BASHEY, F. Competition as a selective mechanism for larger offspring size in guppies. **Oikos**, v. 117, n. 1, p. 104-113, 2008. https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.16094.

BECK, S. V.; RÄSÄNEN, K.; KRISTJÁNSSON, B. K.; SKÚLASON, S.; JÓNSSON, Z. O.; TSINGANIS, M.; LEBLANC, C. A. Variation in egg size and offspring phenotype among and within seven Arctic charr morphs. **Ecology and Evolution**, v. 12, n. 10, 2022. https://doi.org/10.1002/ece3.9427

BOTELHO, H. A.; LAGO, A. A.; COSTA, A. L.; COSTA, A. C.; NETO, R. V. R.; SILVA, Z.; RIBEIRO, F. M.; CAFÉ, M.; FREITAS, R. T. F. Application of morphometric measures in estimation of body weight and discrimination of *Astyanax lacustris* and *Astyanax fasciatus*. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 9, p. 2429-2436, jun. 2019. https://doi.org/10.1111/are.14196

BRAMBILA-SOUZA, G.; MYLONAS, C. C.; MELLO, P. H.; KURADOMI, R. Y.; BATLOUNI, S. R.; TOLUSSI, C. E.; MOREIRA, R. G. Thermal manipulation and GnRHa

1802 therapy applied to the reproduction of lambari-do-rabo-amarelo, *Astyanax altiparanae* females
1803 (Characiformes: Characidae) during the non-breeding season. **General and Comparative**
1804 **Endocrinology**, v. 279, p. 120-128, 2019. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2019.02.016

1805 BRAMBILI-SOUZA, G.; MYLONAS, C. C.; MELLO, P. H.; KURADOMI, R. Y.;
1806 BATLOUNI, S. R.; TOLUSSI, C. E.; MOREIRA, R. G. GnRHa implants and temperature
1807 modulate Lambari-do-rabo-amarelo, *Astyanax altiparanae* (Characiformes: Characidae)
1808 induced reproduction out of the reproductive season. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 11, p.
1809 5595-5605, 2021. https://doi.org/10.1111/are.15435

1810 BRANCO, G. S., MELO, A. G., RICCI, J. M. B., DIGMAYER, M., DE JESUS, L. W. O.,
1811 HABIBI, H. R., NOBREGA, R. H. Effects of GnRH and the dual regulatory actions of GnIH
1812 in the pituitary explants and brain slices of *Astyanax altiparanae* males**. Gen. Comp.**
1813 **Endocrinol.**, v. 1, n. 273, p. 209–217, mar. 2019. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.08.006

1814 BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Conselho Nacional de Controle de
1815 Experimentação Animal (CONCEA). **Resolução Normativa nº 61, de 2 de maio de 2023**.
1816 Dispõe sobre peixes em instituições de ensino ou pesquisa científica. Diário Oficial da União:
1817 seção 1, Brasília, DF, p. 12, 4 mai. 2023.

1818 BROWN-PETERSON, N. J.; WYANSKI, D. M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B. J.;
1819 LOWERRE-BARBIERI, S. K. A Standardized Terminology for Describing Reproductive
1820 Development in Fishes. **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and**
1821 **Ecosystem Science**, v. 3, n. 1, p. 52–70, mai. 2011.
1822 https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555724

1823 BUTZGE, A. J.; YOSHINAGA, T. T.; ACOSTA, O. D. M.; FERNANDINO, J. I.; SANCHES,
1824 E. A.; TABATA, Y. A.; OLIVEIRA, C.; TAKAHASHI, N. S.; HATTORI, R. S. Early warming
1825 stress on rainbow trout juveniles impairs male reproduction but contrastingly elicits
1826 intergenerational thermotolerance. **Scientific Reports**, v. 11, 2021.
1827 https://doi.org/10.1038/s41598-021-96514-1

1828 BUZZOLO, H.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R.; OLIVEIRA-ALMEIDA, I. R.; ALEXANDRE,
1829 J. S.; OKUDA, H. T.; NINHAUS-SILVEIRA, A. Structural analysis of the *Pimelodus*
1830 *maculatus* (Lacépède, 1803) embryogenesis (Siluriformes: Pimelodidae). **Neotropical**
1831 **Ichthyology**, v. 9, n. 3, p. 601-616, 2011. https://doi.org/10.1590/S1679-62252011000300013

1832 CAO, Z.; WANG, N.; LIU, X.; DENG, W.; DONG, R.; JIANG, Q. Mechanisms of Low
1833 Temperature-induced GH Resistance via TRPA1 Channel Activation in Male Nile Tilapia.
1834 **Endocrinology**, v. 166, n. 2, fev. 2025. https://doi.org/10.1210/endocr/bqaf013

1835 CARVALHO, H. R.; SIQUEIRA-SILVA, D. H.; RODRIGUES, R. B.; SPICA, L. N.; ROTILI,
1836 D. A.; ZARDO, E. L.; GALUPPO, A. G.; VILLAR, R.; ESQUIVEL-MUELBERT, J. R.;
1837 POVH, J. A.; BARCELLOS, L.; STREIT JR., D. P. Temperature modulates gonadal
1838 development and sex ratio of piracanjuba *Brycon orbignyanus*. **Aquaculture**, v. 565, fev. 2023.
1839 https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.739099

1840 CARVALHO, P. A.; PASCHOALINI, A. L.; SANTOS, G. B.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N.
1841 Reproductive biology of *Astyanax fasciatus* (Pisces: Characiformes) in a reservoir in
1842 southeastern Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 25, n. 3, p. 306-313, mai. 2009.
1843 https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01238.x

CASSEL, M.; CAMARGO, M. P.; JESUS, L. W. O.; BORELLA, M. I. Involution processes of folicular atresia and post-ovulatory complex in a characid fish ovary: a study of apoptosis and autophagy pathways. **Journal of Molecular Histology**, v. 48, p. 243-257, abr. 2017. https://doi.org/10.1007/s10735-017-9723-6

CASSEL, M.; CHEHADE, C.; BRANCO, G. S.; CANEPPELE, D.; ROMAGOSA, E.; BORELLA, M. I. Ovarian development and the reproductive profile of *Astyanax altiparanae* (Teleostei, Characidae) over one year: Applications in fish farming. **Theriogenology**, v. 98, p. 1-15, ago. 2017. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.04.044

CASTRO, J. S.; SANTOS, F. B. P.; COSTA, J. C.; HEINRICHS-CALDAS, W.; VAL, A. L. In vivo exposure to high temperature compromises quality of the sperm in *Colossoma macropomum*. **Animal Reproduction Science**, v. 262, mar. 2024. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107412

CESP – COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. **Criação de peixes em tanques-rede**. São Paulo: Diretoria de Meio Ambiente. 1999.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais**. São Paulo : CETESB, 2025. Disponível em : https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYmNlNDViMjktZDFmNi00N2Y2LTg0NDMtNzk3YTU2YTQxZmZmIiwidCI6IjVkYWJjMjhkLWVmMDMtNDZlZi04OTFiLWJlMDQ1YTE1YTMxNCJ9. Acesso em: 20 out. 2025.

CHAIKIN, S.; GONZÁLEZ-TRUJILLO, J. D.; ARAÚJO, M. B. Long-term warming reduces fish biomass, but heatwaves shift it. **Nature Ecology & Evolution**, v. 10, p. 932-941, fev. 2026. https://doi.org/10.1038/s41559-026-03013-5

CHARITONIDOU, K.; PANTERIS, E.; GANIAS, K. Balbiani body formation and cytoplasmic zonation during early oocyte development in two Clupeiform fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 100, n. 5, p. 1223-1232, mar. 2022. https://doi.org/10.1111/jfb.15032

CHU, P.; WANG, S.; YU, W.; WANG, A.; ZONG, Y.; YIN, S.; ZHAO, C.; WANG, T. The impact f extremely low-temperature changes on fish: A case study on migratory bony fishes (*Takifugu fasciatus*). **Aquaculture**, v. 579, 2024. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740155

CORRIERO, A.; ZUPA, R.; MYLONAS, C. C.; PASSANTINO, L. Atresia of ovarian follicles in fishes, and implications and uses in aquaculture and fisheries. **Journal of Fish Diseases**, v. 44, n. 9, p. 1271-1291, jun. 2021. https://doi.org/10.1111/jfd.13469

COSTA, F. G.; GOMES, C. C.; ADOLFI, M. C.; CARVALHO, M. C. C. G.; ZANONI, M. A.; SEIVA, F. R.; BORELLA, M. I. New approaches concerning the testis of *Astyanax lacustris* (Characidae): immunohistochemical studies. **Fish Physiology Biochemistry**, v. 49, n. 3, p. 543-556, jun. 2023. https://doi.org/10.1007/s10695-023-01194-5

CROUSE, C.; DAVIDSON, J.; GOOD, C. The effects of two water temperature regimes on Atlantic salmon (*Salmo salar*) growth performance and maturation in freshwater recirculating aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 553, 2022. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738063

DAHLKE, F. T.; WOHLRAB, S.; BUTZIN, M.; PÖRTNER, H. Thermal bottlenecks in the life cycle define climate vulnerability of fish. **Science**, v. 369, n. 6499, p. 65-60, 2020. https://doi.org/10.1126/science.aaz3658

DALA-CORTE, R. B.; AZEVEDO, M. A. Biologia reprodutiva de Astyanax henseli (Teleostei, Characidae) do curso superior do rio dos Sinos, RS, Brasil. **Iheringia, Sér. Zool.**, Porto Alegre, v. 100, n. 3, p. 259-266, set. 2010. https://doi.org/10.1590/S0073-47212010000300012

DOMÍNGUEZ-CASTANEDO, O. Ovarian structure and oogenesis of two endemic pupfishes from the Yucatán Peninsula: morphofunctional traits related with na estuarine life history. **Zoomorphology**, v. 143, p. 443-458, 2024. https://doi.org/10.1007/s00435-024-00653-8

DONELSON, J. M.; MUNDAY, P. L.; MCCORMICK, M. I.; PANKHURST, M. W.; PANKHURST, P. M. Effects of elevated water temperature and food availability on the reproductive performance of a coral reef fish. **Marine Ecology Progress Series**, v. 401, p. 233-243, 2010. https://doi.org/10.3354/meps08366

DONELSON, J. M.; WONG, M.; BOOTH, D. J.; MUNDAY, P. L. Transgenerational plasticity of reproduction depends on rate of warming across generations. **Evolutionary Applications**, v. 9, n. 9, p. 1072-1081, abr. 2016. https://doi.org/10.1111/eva.12386

DORTS, J.; GRENOUILLET, G.; DOUXFILS, J.; MANDIKI, S. N. M.; MILLA, S.; SILVESTRE, F.; KESTEMONT, P. Evidence that elevated water temperature affects the reproductive physiology of the European bullhead *Cottus gobio*. **Fish Physiol. Biochem.**, v. 38, n. 2, p. 389-399, 2012. https://doi.org/10.1007/s10695-011-9515-y

DOS SANTOS, J. A.; SOARES, C. M.; BIALETZKI, A. Early ontogeny of yellowtail tetra fish *Astyanax lacustris* (Characiformes: Characidae). **Aquaculture Research**, v. 51, p. 4030-4042, 2020. https://doi.org/10.1111/are.14746

DRUMMOND, C. D.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E.; SATO, A. Postovulatory follicle: a model for experimental studies of programmed cell death or apoptosis in teleosts. **Journal of Experimental Zoology**, Hoboken, v. 287, n. 2, p. 176-182, jul. 2000. https://doi.org/10.1002/1097-010X(20000701)287:2<176::AID-JEZ8>3.0.CO;2-2

EGEA-SERRANO, A. ; ALVES, M. C. ; SOLÉ, M. ; TEJEDO, M. Upper thermal tolerances and vulnerability to global warming in a Brazilian Caatinga fish *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) population. **Austral Ecology**, v. 47, p. 1157-1161, 2022. https://doi.org/ 10.1111/aec.13207

EINUM, S.; FLEMING, I. A. Maternal effects of egg size in brown trout (*Salmo trutta*): norms of reaction to environmental quality. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 266, n. 1433, p. 2095-2100, 1999. https://doi.org/10.1098/rspb.1999.0893

ELKOUBY, Y. M.; MULLINS, M. C. Coordination of cellular differentiation, polarity, mitosis and meiosis – New findings from early vertebrate oogenesis. **Developmental Biology**, v. 430, n. 2, p. 275–287, out. 2017. https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2017.06.029

ERN, R.; ANDREASSEN, A. H.; JUTFELT, F. Physiological Mechanisms of Acute Upper Thermal Tolerance in Fish. **American Physiological Society**, v. 38, n. 3, p. 141-158, mai. 2023. https://doi.org/10.1152/physiol.00027.2022

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action**. 2024. Disponível em: https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd0683en. Acesso em: 01 de julho de 2024.

FAVERO, G. C.; SANTOS, F. A. C.; JÚLIO, G. S. C.; BATISTA, F. S.; BONIFÁCIO, C. T.; TORRES, I. F. A.; PARANHOS, C. O.; LUZ, R. K. Effects of water temperature and feeding time on growth performance and physiological parameters of *Piaractus brachypomus* juveniles. **Aquaculture**, v. 548, p. 737716, fev. 2022. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737716

FERNANDES, A. G. J.; OLIVEIRA, G. C.; SANTOS, L. H.; LUIZ, M. C.; ANDRADE, L. M.; PENA, G. R.; ORSI, M. L. Life strategy of *Astyanax lacustris* (Characiformes: Characidae) in different habitats of the Upper Paraná River basin. **Acta Scientiarum**, v. 47, n. 1, nov. 2025. https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v47i1.76785

FERRÃO, L.; MORINI, M.; GONZÁLEZ-LOPÉZ, W. A.; GALLEGO, V.; FELIP, A.; PÉREZ, L.; ASTURIANO, J. F. Effects of cold seawater pre-treatments on induction of early sexual maturation and sperm production in European eel (*Anguilla anguilla*). **Fish Physiol. Biochem.**, v. 50, p. 2489-2503, 2024. https://doi.org/10.1007/s10695-024-01402-w

FERREIRA, P. M. F.; NASCIMENTO, L. S.; DIAS, D. C.; MOREIRA, D. M. V.; SALARO, A. L.; FREITAS, M. B. D. Essential oregano oil as a growth promoter for the yellowtail tetra, *Astyanax altiparanae*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n. 1, p. 28-34, fev. 2014. https://doi.org/10.1111/jwas.12094

FLORES, A.; WIFF, R.; DONOVAN, C. R.; GÁLVEZ, P. Appyling machine learning to predict reproductive condition in fish. **Ecological Informatics**, v. 80, 2024. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102481

FLORES, A.; WIFF, R.; GANIAS, K.; MARSHALL, C. T. Accuracy of gonadosomatic index in maturity classification and estimation of maturity ogive. **Fisheries Research**, v. 210, p. 50-62, fev. 2019. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.10.009

FONSECA, T.; COSTA-PIERCE, B. A.; VALENTI, W. C. Lambari Aquaculture as a Means for the Sustainable Development of Rural Communities in Brazil**. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, v. 25, n. 4, p. 316-330, mai. 2017. https://doi.org/.1080/23308249.2017.1320647

FOSTER, G. ; RAHMSTORF, S. Global Warming Has Accelerated Significantly. **Geophysical Research Letters**, v. 53, n. 5, mar. 2026. https://doi.org/10.1029/2025GL118804

FOSTER, J.; HIRST, A. G.; ATKINSON, D. Warming-induced reductions in body size are greater in aquatic than terrestrial species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 47, p. 19310–19314, nov. 2012. https://doi.org/10.1073/pnas.1210460109

FRANÇA, G. F.; GRIER, H. J.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I. A new vision of the origin and the oocyte development in the ostariophysi applied to *Gymnotus sylvius* (Teleostei, Gymnotiformes). **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 4, p. 787-804, 2010. https://doi.org/10.1590/S1679-62252010000400008

GALVÃO, G. A.; SILVA, A. L. B.; CARDOSO, A. S.; SANTOS, H. S.; PEREIRA, P. A. N.; RIBEIRO, L. B. Comparative gonadal histomorphometry of *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875) and *Psellogrammus kennedyi* (Eigenmann, 1903) (Characiformes, Characidae) from a reservoir in brazilian semiarid. **Bol. Inst. Pesca**, v. 42, n. 4, p. 734-748, out./dez. 2016. https://doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n4p734

GANIAS, K. ; RAKKA, M. ; MANTZOUKI, E. ; VAVALIDIS, T. ; TSINGANIS, M. ; NUNES, C. Maternal versus environmental constraints on the oocyte size of a marine pelagophil fish. **Marine Biology**, v. 162, n. 9, p. 1879-1888, set. 2015. https://doi.org/10.1007/s00227-015-2719-4

GARDNER, J. L.; PETERS, A.; KEARNEY, M. R.; JOSEPH, L.; HEINSOHN, R. Declining body size: a third universal response to warming?. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 26, n. 6, p. 285-291, jun. 2011. https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.005

GUERRERO-ESTÉVEZ, S.; MORENO-MENDOZA, N. Sexual determination and differentiation in teleost fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 20, p. 101-121, 2010. https://doi.org/10.1007/s11160-009-9123-4

GUPTA, G.; KUMAR, M. RANI, S.; MOHANTA, B. Vitellogenesis and Their Endocrine Control in Fishes. *In:* Sundaray, J.K., Rather, M.A., Kumar, S., Agarwal, D. (eds) **Recent updates in molecular Endocrinology and Reproductive Physiology of Fish**. Springer, Singapore, jan. 2021. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8369-8_2

GURAYA, S. S. Gonadal Development and Production of Gametes in Fish. **Proc. Indian. Natn. Sci. Acad.**, n. 1, p. 15-32, 1994.

GURAYA, S. S. **Recent Advances in the Morphology, Cytochemistry, and Function of Balbiani's Vitelline Body in Animal Oocytes**. In: [s.l.] Academic Press., v. 59, p. 249-321, 1979. https://doi.org/10.1016/s0074-7696(08)61664-2

HABIBI, H. R.; LESSMAN, C. A. A study of goldfish oocyte meiosis *in vitro*: effects of 2,4-dinitrophenol and adenosine-5-triphosphate. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 1, p. 197-205, set. 1986. https://doi.org/10.1007/BF02311136

MYLONAS, C. C.; FOSTIER, A.; ZANUY, S. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. **General and Comparative Endocrinology**, v. 165, n. 3, p. 516-534, 2010. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.03.007

PICCINNO, M.; ZUPA, R.; CORRIERO, A.; CENTODUCATI, G.; PASSANTINO, L.; RIZZO, A.; SCIORSCI, R. L. In vitro effect of isotocin on ovarian tunica albuginea contractility of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) in different reproductive conditions. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 40, p. 1191-1199, 2014. https://doi.org/10.1007/s10695-014-9915-x

HANI, Y. M. I.; TURIES, C.; PALLUEL, O.; DELAHAUT, L.; BADO-NILLES, A.; GEFFARD, A.; DEDOURGE-GEFFARD, O.; PORCHER, J. M. Effects of a chronic exposure to different water temperatures and/or to an environmental cadmium concentration on the reproduction of the threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 174, p. 48-57, jun. 2019. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.032

HAVERINEN, J.; BADR, A..; ESKELINEN, M.; VORNANEN, M. Three steps down: Metabolic depression in winter-acclimatized crucian carp (*Carassius carassius* L.**). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 287, jan. 2024. https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2023.111537

HE, K.; LI, Z.; YAN, H.; SHI, L.; YANG, H.; LIU, Q.; SONG, K.; HU, Y.; WANG, B.; YANG, S.; ZHAO, L. Cold temperature delays ovarian development of largemouth bass by inhibiting sex hormone release, angiogenesis, apoptosis and autophagy during out-of-season reproduction. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 301, mar. 2025. https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2024.111795

HOPKINS, K. D. Reporting Fish Growth: A Review of the Basics. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 23, n. 3, 1992. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1992.tb00766.x

HOUSH, M. J.; TELISH, J.; FORSGREN, K. L.; LEMA, S. C. Fluctuating and Stable High Temperatures Differentially Affect Reproductive Endocrinology of Female Pupfish. **Integrative Organismal Biology**, v. 6, n. 1, fev. 2024. https://doi.org/10.1093/iob/obae003

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

ISLAM, S. M. M.; AKHTER, F.; JAHAN, I.; RASHID, H.; SHAHJAHAN, M. Alterations of oxygen consumption and gills morphology of Nile tilapia acclimatized to extreme warm ambient temperature. **Aquaculture Reports**, v. 23, p. 101089, abr. 2022. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101089

JAKOBSEN, T.; FOGARTY, M. J.; MEGREY, B. A.; MOKSNESS, E. **Fish Reproductive Biology: Implications for Assessment and Management**. John Wiley & Sons Ltd. Publication, 2009.

JOHNSTON, T. A.; LEGGETT, W. C. Maternal and environmental gradients in the egg size of an iteroparous fish. **Ecology**, v. 83, n. 7, p. 1777-1791, jul. 2002. https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[1777:MAEGIT]2.0.CO;2

JONSSON, B. Thermal Effects on Ecological Traits of Salmonids. **Fishes**, v. 8, n. 7, 2023. https://doi.org/10.3390/fishes8070337

KAIPIA, A.; HSUEH, A. J. Regulation of ovarian follicle atresia. **Annual Review of Physiology**, v. 59, p. 349-363, 1997. https://doi.org/10.1146/annurev.physiol.59.1.349

KATSANEVAKIS, S.; MARAVELIAS, C. D. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. **Fish and Fisheries**, v. 9, n. 2, p. 178-187, 2008. https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00279.x

KIM, J. A.; PARK, Y. S.; KIM, J. H. CHOI, C. Y. Impact of water temperature on oxidative stress and intestinal microbiota in pearl-spot chromis, *Chromis notata* (Temminck & Schlegel, 1843). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 275, 2025. https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2024.111029

KJESBU, O. S.; FONN, M.; GONZÁLES, B. D.; NILSEN, T. Stereological calibration of the profile method to quickly estimate atresia levels in fish. **Fisheries Research**, v. 104, n. 1-3, p. 8-18, 2010. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.03.013

KOENIGBAUER, S. T.; HÖÖK, T. O. Increased offspring provisioning by large female fish and consequences for reproductive efficiency. **Ecology and Evolution**, v. 13, n. 10, 2023. https://doi.org/10.1002/ece3.10555

MCGARVEY, L. M. ; ILGEN, J. E. ; GUY, C. S. ; MCLELLAN, J. G. ; WEBB, M. A. H. Nonlethal Tools to Identify Mass Ovarian Follicular Atresia in Burbot. **Journal of Fish and Wildlife Management**, v. 13, n. 2, p. 552-561, 2022. https://doi.org/10.3996/JFWM-22-018

KOZŁOWSKI, J.; CZARNOŁĘSKI, M.; DAŃKO, M. Can Optimal Resource Allocation Models Explain Why Ectotherms Grow Larger in Cold?. **Integrative and Comparative Biology**, v. 44, n. 6, p. 480-493, dez. 2004. https://doi.org/10.1093/icb/44.6.480

KRASKURA, K.; HARDISON, E. A.; ELIASON, E. J. Body size and temperature affect metabolic and cardiac thermal tolerance in fish. **Scientific Reports**, v. 13, out. 2023. https://doi.org/10.1038/s41598-023-44574-w

KUPARINEN, A.; CANO, J. M.; LOEHR, J.; HERCZEG, G.; GONDA, A.; MERILÄ, J. Fish age at maturation is influenced by temperature independently of growth. **Oecologia**, v. 167, p. 435-443, 2011. https://doi.org/10.1007/s00442-011-1989-x

LAHNSTEINER, F. Morphological, physiological and biochemical parameters characterizing the over-ripening of rainbow trout eggs. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 23, p. 107=118, jul. 2000. https://doi.org/10.1023/A:1007839023540

LAI, F.; BUDAEV, S.; HUNDVEN, I. K.; BALSEIRO, P.; HANDELAND, S. O.; RØNNESTAD, I. Influence of water temperature on feed intake, appetite control, and energy allocation in Atlantic salmon (Salmo salar) post-smolt. **Frontiers in Physiology**, v. 16, 13 ago. 2025. https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1646208

LEE, C. H.; HUR, S. W.; KIM, B. H.; SOYANO, K.; LEE, Y. D. Induced maturation and fertilized egg production of the red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*, using adaptive physiology of photoperiod and water temperature. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 5, p. 2084-2090, fev. 2020. https://doi.org/10.1111/are.14559

LEMA, S. C.; LUCKENBACH, J. A.; YAMAMOTO, Y.; HOUSH, M. J. Fish reproduction in a warming world: vulnerable points in hormone regulation from sex determination to spawning. **Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.**, v. 379, n. 1898, 2024. https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0516

LI, H.; ZHANG, S. Functions of Vitellogenin in Eggs, p. 389–401, 2017. In: Kloc, M. (eds) Oocytes. **Results and Problems in Cell Differentiation**, vol 63. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60855-6_17

LI, M.; WANG, C.; ZHOU, H.; CHEN, J.; WANG, L.; XIONG, Y.; TIAN, Y.; YAN, H.; LIANG, X.; LIU, Q.; WANG, X.; WANG, Y.; FU, C. Effects of temperature to the liver transcriptome in the hybrid puffer fish (*Takifugu rubripes* x *Takifugu obscurus*). **Comparative**

Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics, v. 53, 2025. https://doi.org/10.1016/j.cbd.2024.101360

LI, T. ; CHEN, Q. ; ZHANG, Q. ; FENG, T. ; ZHANG, J. ; LIN, Y. ; YANG, P. ; HE, S. ; ZHANG, H. Transcriptomic Analysis on the Effects of Altered Water Temperature Regime on the Fish Ovarian Development of *Coreius guichenoti* under the Impact of River Damming. **Biology**, v. 11, n. 12, 1829. https://doi.org/10.3390/biology11121829

LI, W. H.; LI, Z. Q.; BU, M. D.;LI, J. Z.; CHEN, L. B. Metabolomic-based analysis reveals bile acid-mediated ovarian failure induced by low temperature in zebrafish. **Zoological Research**, v. 45, n. 4, p. 791-804, jul. 2024. https://doi.org/10.24272/j.issn.2095-8137.2023.369

LI, Y.; CHEN, K.; GUI, B.; YANG, C.; HE, L.; LIAO, L.; ZHU, Z.; WANG, Y.; HUANG, R. Effect of long-term temperature-controlled rearing on growth traits and sexual maturity of common carp (Cyprinus carpio). **Aquaculture**, v. 593, 2024. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741271

LINDMARK, M.; OHLBERGER, J.; GÅRDMARK, A. Optimum growth temperature declines with body size within fish species. **Glob. Chang. Biol.**, v. 28, n. 7, p. 2259-2271, abr. 2022. https://doi.org/10.1111/gcb.16067

LOFEU, L.; BONINI-CAMPOS, B.; KOHLSDORF, T. Water temperature modulates multidimensional plastic responses to water flow during the ontogeny of a neotropical fish (*Astyanax lacustris*, characiformes). **Front. Cell Dev. Biol.**, v. 13, jul. 2025. https://doi.org/10.3389/fcell.2025.1531162

LOISEL, A.; ISLA, A.; DAUFRESNE, M. Variation of thermal plasticity in growth and reproduction patterns: Importance of ancestral and developmental temperatures. **Journal of Thermal Biology**, v. 84, p. 460-468, ago. 2019. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.07.029

LOPES, A. F.; FARIA, A. M.; DUPONT, S. Elevated temperature, but not decreased pH, impairs reproduction in a temperate fish. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, 2020. https://doi.org/10.1038/s41598-020-77906-1

LUCCHETTI, A.; VIRGILI, M.; PETETTA, A.; SARTOR, P. An overview of gill net and trammel net size selectivity in the Mediterranean Sea. **Fisheries Research**, v. 230, 2020. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105677

LUGERT, V.; THALLER, G.; TETENS, J.; SCHULZ, C.; KRIETER, J. A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. **Reviews in Aquaculture**, v. 8, n. 1, p. 30-42, 2014. https://doi.org/10.1111/raq.12071

LUKŠIENĖ, D.; SVEDÄNG, H. **A Review on Fish Reproduction with Special Reference to Temperature Anomalies**. Fiskeriverket Kustlaboratoriet, 37 f., jul. 1997.

LUO, S.; JIN, S.; SU, L.; WANG, J. Effect of water temperature on reproductive performance and offspring quality of rare minnow, *Gobiocypris rarus*. **Journal of Thermal Biology**, v. 67, p. 59-66, 2017. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.05.002

MAHALINGAM, A.; SANTHANAM, P. Vitellogenesis and Reproductive Strategies in Fishes. p. 105–121, jan. 2023. In: Baskaralingam, V., Vanichviriyakit, R. (eds) **Vitellogenin in Fishes-Diversification, Biological Properties, and Future Perspectives**. Springer, Singapura. https://doi.org/10.1007/978-981-99-5340-0_8

MAHMOUD, S.; SABRY, A.; ABDELAZIZ, A.; SHUKRY, M. Deleterious impacts of heat stress on steroidogenesis markers, immunity status and ovarian tissue of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Thermal Biology**, v. 91, jun. 2020. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102578

MALLASEN, M.; CARMO, C. F.; TUCCI, A.; BARROS, H. P.; ROJAS, N. E. T.; FONSECA, F. S.; YAMASHITA, E. Y. Qualidade da água em sistema de piscicultura em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira, SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, n. 1, p. 15-30, 2012.

MAÑANÓS, E.; DUNCAN, N.; MYLONAS, C. Reproduction and control of ovulation, spermiation and spawning in cultured fish. ***In:*** **Methods in reproductive aquaculture: Marine and freshwater species**, p. 3-80, 2008. https://doi.org/10.1201/9780849380549.sec1

MARTIN, W. R. The mechanics of environmental control of body form in fishes. Univ. Toronto, **Stud., Biol. Ser.**, n. 58, 1949.

MARTINS, Y. S.; ARANTES, F. P.; SATO, Y.; SANTOS, J. E.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. Comparative analysis of gonadal morphology in six fish species of the *Incertae Sedis* genera in Characidae of occurrence in the São Francisco River basin, Brazil. **Acta Zoologica**, v. 93, n. 1, p. 48-56, out. 2010. https://doi.org/10.1111/j.1463-6395.2010.00478.x

MENNIM R. C.; MIQUELARENA, A. M.; GÓMEZ, S. E. Fish and limnology of a thermal water environment in subtropical South America. **Environmental Biology of Fishes**, v. 51, n. 3, p. 265-283, 1998. https://doi.org/10.1023/A:1007445417647

MERÇON, J.; CABRAL, D. S.; TEIXEIRA, B. C.; PEREIRA, T. M.; BONA, A. M.; ARMINI, C. V. L.; AGOSTINHO, S. G. N.; GOMES, L. C. Evidence of reproductive disturbance in *Astyanax lacustris* (Teleostei: Characiformes) from the Doce River after the collapse of the Fundão Dam in Mariana, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 66643-66655, jul. 2021. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15238-x

MICHIE, L. E.; THIEM, J. D.; FACEY, J. A.; BOYS, C. A.; CROOK, D. A.; MITROVIC, S. M. Effects of suboptimal temperatures on larval and juvenile development and otolith morphology in the three freshwater fishes: implications for cold water pollution in rivers. **Environmental Biology of Fishes**, v. 103, p. 1527-1540, out. 2020. https://doi.org/10.1007/s10641-020-01041-z

MILLER, T. J.; CROWDER, L. B.; RICE, J. A.; MARSCHALL, E. A. Larval Size and Recruitment Mechanisms in Fishes: Toward a Conceptual Framework. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 45, n. 9, p. 1657-1670, set. 1988. https://doi.org/10.1139/f88-197

MIRANDA, A. C. L. ; BAZZOLI, N. ; RIZZO, E. ; SATO, Y. Ovarian follicular atresia in two teleost species: a histological and ultrastructural study. **Tissue & Cell**, v. 31, n. 5, p. 480-488, 1999. https://doi.org/ 10.1054/tice.1999.0045

MIRANDA, L. A.; CHALDE, T.; ELISIO, M.; STRÜSSMANN, C. A. Effects of global warming on fish reproductive endocrine axis, with special emphasis in pejerrey *Odontesthes bonariensis*. **General and Comparative Endocrinology**, v. 192, p. 45-54, out. 2013. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2013.02.034

MIRANDE, J. M. Morphology, molecules and the phylogeny of Characidae (Teleostei, Characiformes). **Cladistics**, v. 35, n. 3, p. 282-300, jun. 2018. https://doi.org/10.1111/cla.12345

MLINGI, F. T.; BURGERHOUT, E.; MOMMENS, M.; TVEITEN, H.; TOMKIEWICZ, J.; KJØRSVIK, E.; PUVANENDRAN, V. Reproductive performance of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*, L. 1758) females: Effects of integrated photoperiod and temperature manipulations on sexual maturation and spawning. **PLOS One**, v. 19, n. 10, out. 2024. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311735

MOKHTAR, D. M.; HUSSEIN, M. M. Microanalysis of Fish Ovarian Follicular Atresia: A Possible Synergic Action of Somatic and Immune Cells. **Microscopy and Microanalysis**, p. 1-10, 2020. https://doi.org/10.1017/S1431927620001567

MORAIS, M. E. M.; PASCHOALINI, A. L.; VASCONCELLOS, A. S.; LOPES, J. V. S. R. Effects of the exposition to waters from the Doce River basin (Minas Gerais, Brazil) on the gametogenesis of females of *Astyanax lacustris* (Characiformes: Acestrorhamphidae) after the Fundão dam collapse. **Environmental Biology of Fishes**, v. 108, p. 2263-2271, out. 2025. https://doi.org/10.1007/s10641-025-01758-9

MORAIS, R. D. V. S.; THOMÉ, R. G.; LEMOS, F. S.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E. Autophagy and apoptosis interplay during follicular atresia in fish ovary: a morphological and immunocytochemical study. **Cell Tissue Research**, v. 347, p. 467-478, fev. 2012. https://doi.org/10.1007/s00441-012-1327-6

MUNDAY, P. L.; DONELSON, J. M.; DOMINGOS, J. A. Potential for adaptation to climate change in a coral reef fish. **Global Change Biology**, v. 23, n. 1, p. 307-317, jul. 2016. https://doi.org/10.1111/gcb.13419

MUNRO, A. D.; LAM, T. J. **Control of Gonad Growth, Maturation and Spawning in Teleost Fish: A Review**. In: MARTE, C. L.; QUINITIO, G. F.; EMATA, A. C. Proceedings of the Seminar-Workshop on Breeding and Seed Production of Cultured Finfishes in the Philippines. Tigbauan, Iloilo, Filipinas : SEAFDEC/AQ, 1996. p. 1-53. http://hdl.handle.net/10862/564

NIKALAYEVICH, E.; ZOLLO, N.; VERLHAC, M.H. Impact of organelle architecture on oocyte developmental potential. **Current Opinion in Cell Biology**, v. 95, p. 102556, 11 jun. 2025. https://doi.org/10.1016/j.ceb.2025.102556

NINHAUS-SILVEIRA, A.; FORESTI, F.; AZEVEDO, A. Structural and ultrastructural analysis of embryonic development of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiforme; Prochilodontidae). **Zygote**, v. 14, n. 3, p. 217-229, 2006. https://doi.org/10.1017/S096719940600373X

NIU, J.; HUSS, M.; VASEMÄGI, A.; GÅRDMARK, A. Decades of warming alters maturation and reproductive investment in fish. **Ecosphere**, v. 14, n. 1, 2023. https://doi.org/10.1002/ecs2.4381

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. The climates of Brazil: according to the climate classification of Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 32, jan./jun. 2023. https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16163

OHLBERGER, J. Climate warming and ectotherm body size – from individual physiology to community ecology. **Functional Ecology**, v. 27, n. 4, p. 991-1001, abr. 2013. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12098

OJANGUREN, A. F.; REYES-GAVILÁN, F. G.; BRAÑA, F. Effects of egg size on offspring development and fitness in brown trout, *Salmo trutta* L. **Aquaculture**, v. 147, p. 9-20, 1996. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01398-1

OKUZAWA, K.; GEN, K. High water temperature impairs ovarian activity and gene expression in the brain–pituitary–gonadal axis in female red seabream during the spawning season. **General and Comparative Endocrinology**, v. 194, p. 24-30, dez. 2013. https://doi.org/ 10.1016/j.ygcen.2013.08.015

OLIVEIRA, C. E.; AUACHE-FILHO, A. A.; DAMASIO, D.; GHISI, N. C.; MICHELS-SOUZA, A. Reproductive indicators of the endemic species *Astyanax bifasciatus* (Teleostei: Characidae) in a tributary of the Lower Iguaçu River Basin, Brazil. **Acta Scientiarum**, v. 41, 2019. https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v41i1.47720

OLIVEIRA, J. V.; EMILIAVACA, S. A. S.; SOUZA, A. R.; SILVA, B. N.; LIRA, A. L. O.; SILVA, L. S.; SOUZA, V. R. S.; SILVA, C. M. S. **Influência de material particulado na intensidade da irradiância global horizontal na cidade de Ilha Solteira-SP**. *In:* X Congresso Brasileiro de Energia Solar, 10, 2024, Natal-RN, 8f.

PANKHURST, N. W.; MUNDAY, P. L. Effects of climate change on fish reproduction and early life history stages. **Marine & Freshwater Research**, v. 62, n. 9, p. 1015-1026, set. 2011. https://doi.org/10.1071/MF10269

PANKHURST, N. W; KING, H. R. Temperature and salmonid reproduction: implications for aquaculture. **Journal of Fish Biology**, v. 76, n. 1, p. 69-85, fev. 2010. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02484.x

PATIÑO, R ; SULLIVAN. C. V. Ovarian follicle growth, maturation, and ovulation in teleost fish. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 26, p. 57-70, out. 2022. https://doi.org/10.1023/A:1023311613987

PEREIRA-SANTOS, M. P.; YASUI, G. S.; XAVIER, P. L. P.; ADAMOV, N. S. M.; NASCIMENTO, N. F.; FUJIMOTO, T.; SENHORINI, J. A.; NAKAGHI, L. S. O. Morphology of gametes, post-fertilization events and the effect of the temperature on the embryonc development of *Astyanax altiparanae* (Teleostei, Characidae). **Zygote**, v. 24, n. 6, p. 795-807, dez. 2016. https://doi.org/10.1017/S0967199416000101

PERINI, V. R.; PASCHOALINI, A. L.; CRUZ, C. K. F.; ROCHA, R. C. G. A.; SENHORINI, J. A.; RIBEIRO, D. M.; FORMAGIO, P. S.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E. Profiles of sex steroids, fecundity and spawning of a migratory characiform fish from the Paraguay–Paraná basin: a comparative study in a three-river system. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 39, p. 1473-1484, abr. 2013. https://doi.org/10.1007/s10695-013-9800-z

PHAM, H. Q.; LE, H. M.; PHAN, U. V.; NGUYEN, M. V.; DINH, K. V. Seasonal dynamics of plasma estradiol 17β level, gonadosomatic index, and ovarian development in female golden trevally (*Gnathanodon speciosus*). **Scientific Reports**, v. 16, n. 713, 2026. https://doi.org/10.1038/s41598-025-30370-1

PINHEIRO, A. P. B.; MELO, R. M. C.; TEIXEIRA, D. F.; BIRINDELLI, J. L. O.; CARVALHO, D. C.; RIZZO, E. Integrative approach detects natural hybridization of sympatric lambaris species and emergence of infertile hybrids. **Scientific Reports**, v. 9, n. 4333, mar. 2019. https://doi.org/10.1038/s41598-019-40856-4

PINTO, D.; PELLEGRIN, L.; NITZ, L. F.; MONSERRAT, J. M.; GARCIA, L. Influence of temperature on growth, feed consumption and chemical composition in the muscle of Pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 9, p. 3760–3767, 16 jun. 2020. https://doi.org/10.1111/are.14726

PODOLSKA, M.; NADOLNA-AŁTYN, K.; PAWLAK, J; HORBOWY, J. The presence of nematodes in the liver of Baltic cod, Gadus morhua, is associated with a decline in condition factors and hepatosomatic index of the host. **Fisheries Research**, v. 273, 2024. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.106958

PORTO-FORESTI, F. Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura em Santa Maria**. Santa Maria: Ed. UFMS, 468 f., 2005.

QIANG, J.; TAO, Y. F.; ZHU, J. H.; LU, S. Q.; CAO, Z. M.; MA, J. L.; HE, J.; XU, P. Effects of heat stress on folicular development and atresia in Nile tilápia (*Oreochromis niloticus*) during one reproductive cycle and its potential regulation by autophagy and apoptosis. **Aquaculture**, v. 555, jun. 2022. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738171

QUAGIO-GRASSIOTTO, I; WILDNER, D. D.; ISHIBA, R. Gametogênese de peixes: aspectos relevantes para o manejo reprodutivo. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 37, n. 2, p. 181-191, abr./jun. 2013.

QUIRINO, P. P.; RODRIGUES, M. S.; CABRAL, E. M. S.; SIQUEIRA-SILVA, D. H.; MORI, R. H.; BUTZGE, A. J.; NÓBREGA, R. H.; NINHAUS-SILVEIRA, A.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R. The influence of increased water temperature on the duration of spermatogenesis in a neotropical fish, *Astyanax altiparanae* (Characiformes, Characidae). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 47, p. 747-755, 2021. https://doi.org/10.1007/s10695-020-00869-7

QUIRINO, P. P.; SIQUEIRA-SILVA, D. H.; RODRIGUES, M. S.; SANTOS-SILVA, A. P.; DELGADO, M. L. R.; SENHORINI, J. A.; NINHAUS-SILVEIRA, A.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R. Gonadal morphology and difference in reproductive development of two isolated populations of *Astyanax rivularis* (Teleostei, Characidae). **Journal of Fish Biology**, v. 99, n. 5, p. 1719-1728, 2021. https://doi.org/10.1111/jfb.14879

RATKO, J.; SILVA, N. G.; SILVA, D. O.; CORRÊA, A. P. N.; PEREIRA, D. M. C.; SCHLEGER, I. C.; NEUNDORF, A. K. A.; HERRERIAS, T.; CORSO, C. R.; SOUZA, M. R. D. P.; DONATTI, L. Can high- and low-temperature termal stress modulate the antioxidant defense response of *Astyanax lacustris* brain?. **Brain Research**, v. 1797, 11 f., 2022. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2022.148118

RIBEIRO, Y. M.; MOREIRA, D. P.; PASCHOALINI, A. L.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E. Exposure to Estrone Impairs Oogenesis and Spawning in Zebrafish (*Danio rerio*). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 91, n. 5, 2026. https://doi.org/10.1007/s00244-026-01202-8

RIZZO, E.; BAZZOLI, N. Chapter 13 – Reproduction and embryogenesis. In: BALDISSEROTTO, B.; URBINATI, E. C.; CYRINO, J. E. P (org.). **Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish**. Academic Press, 2020. p. 287-313. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815872-2.00013-0

RODRIGUES, J.; ROSA-SILVA, M.; TERCYA, H.; JESUS, P.; MIRANDA, S.; OLIVEIRA, H.; LIMA, B.; SANTOS, L.; MAXIMINO, C.; SIQUEIRA-SILVA, D. Oogenesis and *in vitro* reproduction of the twospot astyanax *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) exposed to conspecific alarm substance. **Animal Reproduction Science**, v. 253, 11 f., jun. 2023. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2023.107252

RODRIGUES-FILHO, J. A.; HONJI, R. M.; MELLO, P. H.; BORELLA, M. I.; HILSDORF, A. W. S.; MOREIRA, R. G. Reproductive biology of *Pseudotocinclus tietensis* (Siluriformes: Loricariidae: Hypoptopomatinae), a threatened fish species. **Int. J. Aquat. Biol.**, v. 5, n. 3, p. 218-227, 2017. https://doi.org/10.22034/ijab.v5i3.260

ROMO-MENDOZA, D.; CAMPOS-RAMOS, R.; BURGOS-ACEVES, M; GUERRERO-TORTOLERO, D. A. Simultaneous Germinal Vesicle Migration and Oil Droplet Coalescence Predict Final Oocyte Maturation in the Leopard Grouper. **North American Journal of Aquaculture**, v. 79, n. 3, p. 197-204, jul. 2017. https://doi.org/10.1080/15222055.2017.1301605

SAIDAPUR, S. K. Follicular atresia in the ovaries of nonmammalian vertebrates. **International Review of Cytology**, v. 54, p. 225–244, 1978. https://doi.org/10.1016/s0074-7696(08)60169-2

SANDSTRÖM, O.; ABRAHAMSSON, I.; ANDERSSON, J.; VETEMAA, M. Temperature effects on spawning and egg development in Eurasian perch. **Journal of Fish Biology**, v. 51, p. 1015-1024, 1997. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb01540.x

SANTOS, H. B.; THOMÉ, R. G.; ARANTES, F. P.; SATO, Y.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E. Ovarian follicular atresia is mediated by heterophagy, autophagy, and apoptosis in *Prochilodus argenteus* and *Leporinus taeniatus* (Teleostei: Characiformes). **Theriogenology**, v. 70, n. 9, p. 1449-1460, 2008. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.06.091

SANTOS, M. P.; YASUI, G. S.; XAVIER, P.L.P.; ADAMOV, N. S. M.; NASCIMENTO, N. F.; TAKAFUMI, F.; SENHORINI, J. A.; NAKAGHI, L. S. O. Morphology of gametes, post-fertilization events and the effect of temperature on the embryonic development of *Astyanax altiparanae* (Teleostei, Characidae). **Zygote**, v. 24, n. 6, p. 795-807, 2016. https://doi.org/10.1017/S0967199416000101

SANTOS, R. S.; SILVA, J. P. C.; COSTA, M. R.; ARAÚJO, F. G. O tamanho de primeira maturação como parâmetro para estabelecimento de tamanho mínimo de captura para corvina no sudeste do Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 507-518, jun. 2015.

SCHLEGER, I. C.; PEREIRA, D. M. C.; RESENDE, A. C.; ROMÃO, S.; HERRERIAS, T.; NEUNDORF, A. K. A.; SLOTY, A. M.; GUIMARÃES, I. M.; SOUZA, M. D. P.; CARSTER, G. P.; DONATTI, L. Cold and warm waters: energy metabolism and antioxidant defenses of the freshwater fish *Astyanax lacustris* (Characiformes: Characidae) under thermal stress. **Journal of Comparative Physiology**, v. 192, p. 77-94, set. 2022. https://doi.org/10.1007/s00360-021-01409-2

SERVILI, A.; CANARIO, A. V. M.; MOUCHEL, O.; MUÑOZ-CUETO, J. A. Climate change impacts on fish reproduction are mediated at multiple levels of the brain-pituitary-gonad axis. **General and Comparative Endocrinology**, v. 291, mai. 2020. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2020.113439

SHAHJAHAN, M.; KITAHASHI, T.; ANDO, H. Temperature affects sexual maturation through the control of kisspeptin, kisspeptin receptor, GnRH and GTH subunit gene expression in the grass puffer during the spawning season. **General and Comparative Endrocrinology**, v. 243, p. 138-145, mar. 2017. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.11.012

SHIN, Y. J.; ROCHET, M. J. JENNINGS, S.; FIELD, J.; GISLASON, H. Using size-based indicators to evaluate the ecosystem effects of fishing. **ICES Journal of Marine Science**, v. 62, p. 384-396, 2005. https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2005.01.004

SILVA, J. P. C.; COSTA, M. R.; ARAÚJO, F. G.Energy Acquisition and allocation to the gonadal development of *Cynoscion leiachus* (Perciformes, Sciaenidae) in a tropical Brazilian bay. **Marine Biology Research**, v. 15, n. 2, abr. 2019. https://doi.org/10.1080/17451000.2019.1610777

SIQUEIRA-SILVA, D. H.; BERTOLINI, R. M.; LEVY-PEREIRA, N.; NASCIMENTO, N. F.; SENHORINI, J. A.; PIVA, L. H.; FERRAZ, J. B. S.; YASUI, G. S. Factors affecting secondary sex characteristics in the yellowtail tetra, *Astyanax altiparanae*. **Fish. Physiol. Biochem.**, v. 47, n. 3, p. 737-746, 2021. https://doi.org/10.1007/s10695-020-00832-6

SIQUEIRA-SILVA, D. H.; SILVA, A. P. S.; NINHAUS-SILVEIRA, A.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R. The effects of temperature and busulfan (Myleran) on the yellowtail tetra *Astyanax altiparanae* (Pisces, Characiformes) spermatogenesis. **Theriogenology**, v. 84, n. 6, p. 1033-1042, 2015. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.06.004

SMITH, J. J.; HASIOTIS, S. T.; KRAUS, M. J.; WOODY, D. T. Transient dwarfism of soil fauna during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. **PNAS**, v. 106, n. 42, p. 17655-17660, out. 2009. https://doi.org/10.1073/pnas.0909674106

SOMARAKIS, S.; GANIAS, K.; TSERPES, G.; KOUTSIKOPOULOS, C. Ovarian allometry and the use of the gonosomatic index: a case study in the Mediterranean sardine, *Sardina pilchardus*. **Marine Biology**, v. 146, p. 181-189, jul. 2004. https://doi.org/10.1007/s00227-004-1419-2

RIDEOUT, R. M.; TOMKIEWICZ, J. Skipped Spawning in Fishes: More Common than You Might Think. **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science**, v. 3, n. 1, p. 176-189, 2011. https://doi.org/10.1080/19425120.2011.556943

SÚAREZ, Y. R.; SILVA, E. A.; VIANA, L. F. Reproductive biology of *Astyanax lacustris* (Characiformes: Characidae) in the southern Pantanal floodplain, upper Paraguay River basin,

Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 100, p. 775-783, mai. 2017. https://doi.org/10.1007/s10641-017-0604-3

SULLIVAN, C. V.; YILMAZ, O. Vitellogenesis and Yolk Proteins, Fish. *In:* **Encyclopedia of Reproduction**, 2 ed. (ed. Skinner, M.K.), p. 266–277, Academic Press, 2018. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20567-0.

SUN, C.; ZHANG, S. Immune-Relevant and Antioxidant Activities of Vitellogenin and Yolk Proteins in Fish. **Nutrients**, v. 7, n. 10, p. 8818–8829, 22 out. 2015. https://doi.org/10.3390/nu7105432

TOBIN, D.; WRIGHT, P. J. Temperature effects on female maturation in a temperate marine fish. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 403, n. 1-2, p. 9-13, 2011. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.03.018

UJU, C. N.; UNNIAPPAN, S. Growth factors and female reproduction in vertebrates. **Molecular and Cellular Endocrinology**, v. 579, 2024. https://doi.org/10.1016/j.mce.2023.112091

UN Nutrition. **The role of aquatic foods in sustainable healthy diets**. 2021. Disponível em: https://www.unnutrition.org/wp-content/uploads/FINAL-UN-Nutrition-Aquatic-foods Paper_EN_.pdf. Acesso em 01 de julho de 2024.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; SILVEIRA, E. L. Idade e crescimento de peixes de riacho: métodos e desafios para a obtenção de estimativas robustas. **Oecologia Australis**, v. 25, n. 2, p. 344-366, 2021. https://doi.org/10.4257/oeco.2021.2502.08

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

VELOSO-JÚNIOR, V. C.; GUIMARÃES-CRUZ, R. J.; BARROZ, M. D. M.; BARATA, R. S. L.; SANTOS, J. E. Reproduction of the lambari *Astyanax scabripinnis* (Jenyns, 1842) (Pisces: Characidae) in a small stream in Southeastern Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 25, n. 3, p. 314-320, mai. 2009. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2008.01152.x

VERBERK, W. C. E. P.; ATKINSON, D.; HOEFNAGEL, N.; HIRST, A. G.; HORNE, C. R.; SIEPEL, H. Shrinking body sizes in response to warming: explanations for the temperature–size rule with special emphasis on the role of Oxygen. **Biological Reviews**, v. 96, n. 1, p. 247-268, set. 2020. https://doi.org/10.1111/brv.12653

VIANA, L. F.; SUAREZ, Y. R.; LIMA-JUNIOR, S. E. Influence of environmental integrity on the feeding biology of *Astyanax altiparanae* (Garutti & Britski, 2000) in the Ivinhema river basin. **Acta. Sci. Biol. Sci.**, v. 35, n. 4, p. 541-548, 2013. https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v35i4.19497

VICENTINI, M.; BEGHETTO, C. L.; CARVALHO, L. A. S. J.; CORAL, L. A. A.; ASSIS, H. C. S. Effects of Cyanotoxins Producedby *Raphidiopsis raciborskii* T3 Strainand Temperature on The Reproductive Axis Biomarkers of Neotropical Catfish. **Ecotoxicol. Environ. Contam.**, v. 19, n. 2, p. 21-30, dez. 2024. https://doi.org/10.5132/eec.2024.02.03

VIKINGSTAD, E.; ANDERSSON, E.; HANSEN, T. J.; NORBERG, B.; MAYER, I.; STEFANSSON, S. O.; FJELLDAL, P. G.; TARANGER, G. L. Effects of temperature on the final stages of sexual maturation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Fish Physiol. Biochem.**, v. 42, n. 3, p. 895-907, 2016. https://doi.org/10.1007/s10695-015-0183-1

VOLKOFF, H.; RØNNESTAD, I. Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish. **Temperature**, v. 7, n. 4, p. 307-320, 2020. https://doi.org/10.1080/23328940.2020.1765950

VON BERTALANFFY, L. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws II). **Human Biology**, v. 10, n. 2, p. 181-213, 1938. https://www.jstor.org/stable/41447359

VONO, V.; SILVA, L. G. M.; MAIA, B. P.; GODINHO, H. P. Biologia reprodutiva de três espécies simpátricas de peixes neotropicais: *Pimelodus maculatus* Lacépède (Siluriformes, Pimelodidae), *Leporinus amblyrhynchus* Garavello & Britski e *Schizodon nasutus* Kner (Characiformes, Anostomidae) do recém-formado Reservatório de Miranda, Alto Paraná. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, p. 819-826, 2002. https://doi.org/10.1590/S0101-81752002000300020

WALCZYŃSKA, A.; FRANCH-GRAS, L.; SERRA, M. Empirical evidence for fast temperature-dependent body size Evolution in rotifers. **Hydrobiologia**, v. 796, p. 191-200, 2017. https://doi.org/10.1007/s10750-017-3206-3

WALCZYŃSKA, A.; SOBCZYK, M.; CZARNOLESKI, M.; KOZŁOWSKI, J. The temperature–size rule in a rotifer is determined by the mother and at the egg stage**.** **Evolutionary Ecology**, v. 29, p. 525-536, mai. 2015. https://doi.org/10.1007/s10682-015-9771-x

WALSH, B. S.; PARRAT, S. R.; HOFFMANN, A. A.; ATKINSON, D.; SNOOK, R. R.; BRETMAN, A.; PRICE, T. A. R. The Impact of Climate Change on Fertility. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 34, n. 2, mar. 2019. https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.12.002

WANG, N.; XU, X.; KESTEMONT, P. Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). **Aquaculture**, v. 289, n. 1-2, p. 70–73, abr. 2009. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.002

WANG, Y.; LI, C.; PAN, C.; LIU, E.; ZHAO, X.; LING, Q. Alterations to transcriptomic profile, histopathology, and oxidative stress in liver of pikeperch (*Sander lucioperca*) under heat stress. **Fish Shellfish Immunol.**, v. 95, p. 659-669, 2019. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.11.014

WEBER, A. A. ; ARANTES, F. P. ; SATO, Y. ; RIZZO, E. ; BAZZOLI, N. Oocyte adhesiveness and embryonic development of *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Characidae). **Zygote**, v. 21, n. 2, p. 198-202, mai. 2013. https://doi.org/10.1017/S096719941200007X

WEBER, A. A.; MOREIRA, D. P.; MELO, R. M. C.; VIEIRA, A. B. C.; PRADO, P. S.; SILVA, M. A. N.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E. Reproductive effects of oestrogenic endocrine disrupting chemicals in *Astyanax rivularis* inhabiting headwaters of the Velhas River, Brazil.

Science of The Total Environment, v. 592, p. 693-703, ago. 2017. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.181

WEST, G. Methods of Assessing Ovarian development in Fishes: a Review. **Australian Journal of Marine & Freshwater Research**, v. 41, n. 2, p. 199-222, abr. 1990. https://doi.org/10.1071/MF9900199

WOOTTON, H. F.; MORRONGIELLO, J. R.; SCHMITT, T.; AUDZIJONYTE, A. Smaller adult fish size in warmer water is not explained by elevated metabolism. **Ecology Letters**, v. 25, n. 5, p. 1177-1188, mar. 2022. https://doi.org/10.1111/ele.13989

WOOTTON, R. J.; SMITH, C. **Reproductive Biology of Teleost Fishes**. 1 ed., Reino Unido: Wiley Blackwell, 2015.

YASUI, G. S.; NASCIMENTO, N. F.; PEREIRA-SANTOS, M.; SILVA, A. P. S.; COELHO, G. C. Z.; VISINTIN, J. A.; PORTO-FORESTI, F.; NAKAGHI, L. S. O.; VIANNA, N. C.; CARVALHO, G. B.; MONZANI, P. S.; LÓPEZ, L. S.; SENHORINI, J. A. Establising a model fish for the Neotropical region: The case of the yellowtail tetra *Astyanax altiparanae* in advanced biotechnology. **Front. Genet.**, 12 f., 2022. https://doi.org/10.3389/fgene.2022.903990

YONEDA, M.; WRIGHT, P. J. Effects of varying temperature and food availability on growth and reproduction in first-time spawning female Atlantic cod. **Journal of Fish Biology**, v. 67, n. 5, p. 1225-1241, 2005. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2005.00819.x

ŻELAZOWSKA, M.; HALAJIAN, A. Asymmetry in the cytoplasm of oocytes of largescale yellowfish *Labeobarbus marequensis* Smith 1841 (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae). **Journal of Morphology**, v. 281, n. 8, p. 997–1009, 20 jun. 2020. https://doi.org/10.1002/jmor.21228

ZHANG, K.; CAI, Y.; LIAO, B.; JIANG, Y.; SUN, M.; SU, L.; CHEN, Z. Population dynamics of threadfin porgy *Evynnis cardinalis*, na endangered species on the IUCN red list in the Beibu Gulf, South China Sea. **Journal of Fish Biology**, v. 97, n. 2, p. 479-489, 2020. https://doi.org/10.1111/jfb.14398