

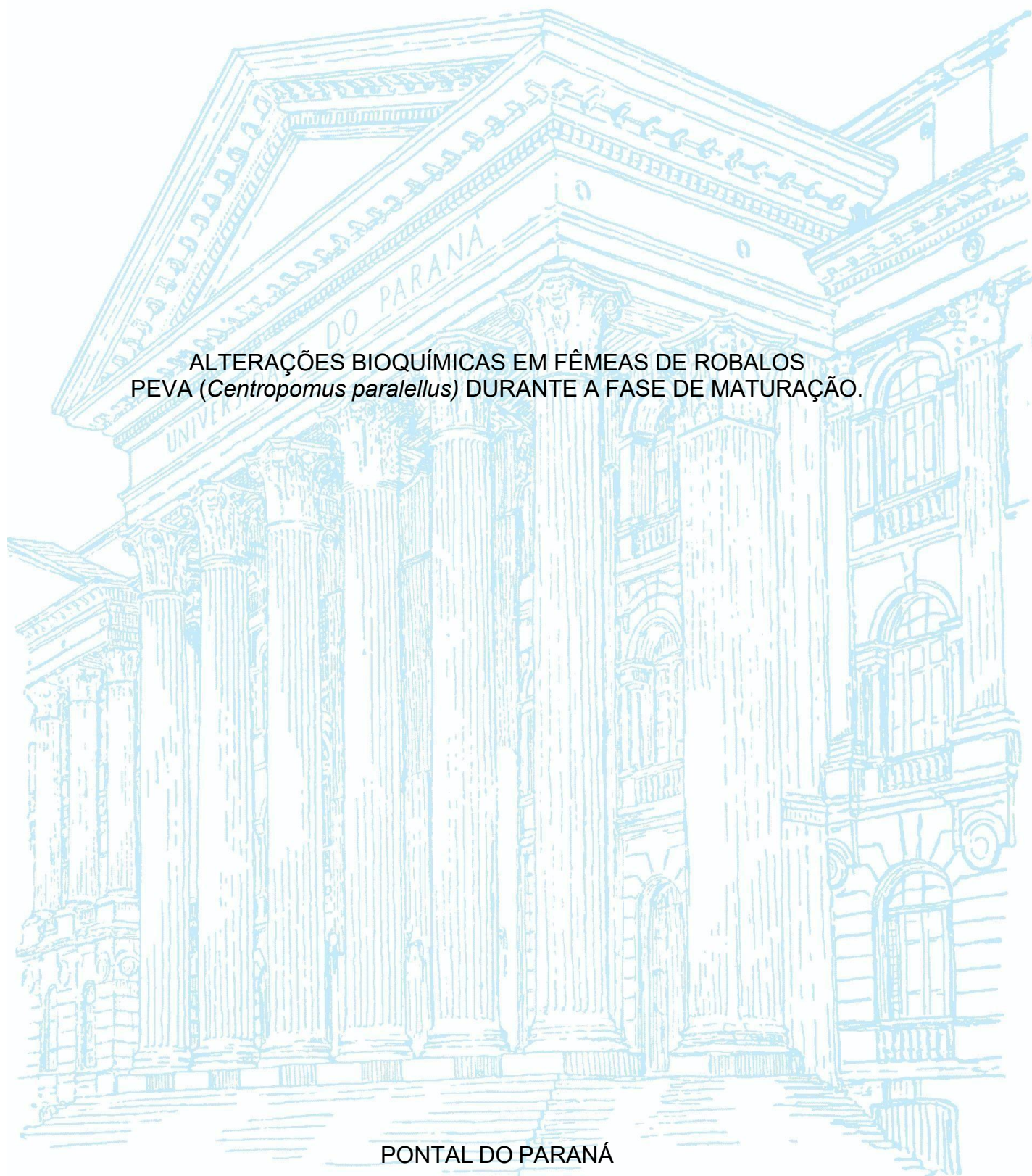
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BEATRIZ OVICHOWSKI

ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS EM FÊMEAS DE ROBALOS  
PEVA (*Centropomus paralellus*) DURANTE A FASE DE MATURAÇÃO.

PONTAL DO PARANÁ

2025



BEATRIZ OVICHOWSKI

ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS EM FÊMEAS DE ROBALOS PEVA  
(*Centropomus paralellus*) DURANTE A FASE DE MATURAÇÃO.

Trabalho apresentado como requisito à conclusão  
do Curso de Bacharelado em Oceanografia do  
Campus Pontal do Paraná – Centro de Estudos do  
Mar, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Bendhack



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE OCEANOGRAFIA  
Avenida Deputado Aníbal Khury, 2033, - Bairro Balneário Pontal do Sul, Pontal do Paraná/PR, CEP 83255-976  
Telefone: (41) 3511-8626 - <https://ufpr.br/>

ATA DE REUNIÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

BEATRIZ OVICHOWSKI

**"ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS EM FÊMEAS DE ROBALO-PEVA (*Centropomus parallelus*) DURANTE A FASE DE MATURAÇÃO"**

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:

Prof. Dr. Fabiano Bendhack  
Prof. Orientador - CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Carlos Eduardo Belz  
CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Francisco José Lagreze Squella  
CPP-CEM/UFPR

Pontal do Paraná, 04 de dezembro de 2025



Documento assinado eletronicamente por **FABIANO BENDHACK, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/12/2025, às 10:52, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS EDUARDO BELZ, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/12/2025, às 12:42, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **FRANCISCO JOSE LAGREZE SQUELLA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/12/2025, às 14:15, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **8407765** e o código CRC **3C0829DF**.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, á minha família que me apoiou tanto durante todo o curso, nos altos e baixos sempre me impulsionando e motivando a seguir com minhas metas e expectativas. Ao meu pai João Carlos, que sempre teve muito orgulho, mesmo não sendo uma área que ele dominava, comemorou todas as conquistas e experiências vividas. Á minha mãe Mônica, que me incentivou a entrar no curso desde a primeira feira de profissões , me apresentando todos os lados positivos e comemorando cada conquista junto a mim. Á minha madrinha Alexandra, que me orientou em cada dificuldade, me passando muita experiência e sabedoria quando estava em dúvida, além de me apoiar em cada decisão.

Quero agradecer também ao meu orientador Fabiano Bendhack, que me mostrou o mundo da aquicultura com muita paixão e paciência , e que mesmo sendo de outro curso poderia atuar e me apaixonar pela área. Quero agradecer ainda por todo conhecimento que foi me passado, todas as oportunidades e confiança que foram dados a mim, além das boas risadas.

À toda equipe do laboratório GEPeixe, aprendemos juntos mesmo com todas as dificuldades e prazos apertados.

Á todos os professores que não mediram esforços para passar conhecimento e experiências.

À Fundação Araucária pelo incentivo às pesquisas de iniciação científica.

## RESUMO

O robalo-peva (*Centropomus parallelus*) é uma espécie de relevância ecológica e econômica, caracterizada por ampla tolerância ambiental e potencial para a aquicultura marinha. Este estudo teve como objetivo caracterizar as alterações bioquímicas plasmáticas de fêmeas mantidas em condições controladas durante a fase de maturação reprodutiva. Foram utilizados 30 exemplares capturados por pesca de arremesso, identificados individualmente com microchips eletrônicos e aclimatados por três meses em sistema de recirculação com temperatura controlada (27 °C), fotoperíodo natural e alimentação diária. Amostras sanguíneas foram coletadas em intervalos mensais (setembro, outubro e novembro de 2024), após jejum de 24 horas e anestesia com benzocaína (100 mg L<sup>-1</sup>). O plasma obtido por centrifugação (5000 rpm/10 min) foi analisado por métodos colorimétricos para determinação de proteínas totais, albumina, globulinas, triglicerídeos e colesterol. Os resultados indicaram que os níveis de colesterol diminuíram significativamente ao longo da maturação, sugerindo sua utilização como precursor na esteroidogênese final. As proteínas totais apresentaram padrão oposto, com aumento em novembro, compatível com maior mobilização proteica e síntese de vitelogenina. As concentrações de triglicerídeos não variaram significativamente, possivelmente devido à oferta alimentar constante em ambiente de laboratório. Esses achados evidenciam que proteínas plasmáticas e colesterol se comportam como biomarcadores sensíveis do avanço reprodutivo de *C. parallelus* em cativeiro. Conclui-se que a avaliação bioquímica plasmática é uma ferramenta eficiente para o monitoramento da maturação gonadal da espécie, contribuindo para aprimorar protocolos de manejo e indução reprodutiva na aquicultura marinha.

**Palavras-chave:** Bioquímica, Aquicultura, Reprodução, Robalo Peva, *Centropomus paralellus*.

## ABSTRACT

The fat snook (*Centropomus parallelus*) is a species of ecological and economic relevance, characterized by broad environmental tolerance and strong potential for marine aquaculture. This study aimed to characterize the biochemical plasma changes of females maintained under controlled conditions during the reproductive maturation phase. Thirty specimens captured by cast net were individually identified with electronic microchips and acclimated for three months in a recirculating aquaculture system with controlled temperature (27 °C), natural photoperiod, and daily feeding. Blood samples were collected at monthly intervals (September, October, and November 2024) after 24 hours of fasting and anesthesia with benzocaine (100 mg L<sup>-1</sup>). Plasma obtained by centrifugation (5000 rpm/10 min) was analyzed using colorimetric assays to quantify total protein, albumin, globulins, triglycerides, and cholesterol. The results showed a significant decrease in plasma cholesterol levels throughout maturation, suggesting its use as a precursor in final steroidogenesis. Total proteins exhibited the opposite pattern, with higher values in November, consistent with increased protein mobilization and vitellogenin synthesis. Triglyceride concentrations did not vary significantly, likely due to continuous feeding under laboratory conditions. These findings indicate that plasma proteins and cholesterol act as sensitive biomarkers of reproductive progression in *C. parallelus* under captivity. In conclusion, plasma biochemical assessment is an effective tool for monitoring gonadal maturation in this species and may contribute to improving broodstock management and reproductive induction protocols in marine aquaculture.

**Keywords:** Biochemistry, Aquaculture, Reproduction, Fat snook, *Centropomus parallelus*.

## SUMÁRIO

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                   | 9  |
| 1.1 OBJETIVO .....                                    | 10 |
| 1.1.1 Objetivo geral.....                             | 10 |
| 1.1.2 Objetivos específicos .....                     | 10 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA .....                               | 11 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                        | 12 |
| 3. METODOLOGIA .....                                  | 14 |
| 3. RESULTADOS.....                                    | 15 |
| 4. DISCUSSÃO.....                                     | 19 |
| 5. CONCLUSÃO .....                                    | 21 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES FUTURAS ..... | 21 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                      | 23 |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### EQUAÇÃO

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| EQUAÇÃO 1 - Fator de condição ..... | 14 |
|-------------------------------------|----|

### FIGURAS

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1 - Valores médios do fator de condição de fêmeas de robalos peva.....        | 15 |
| FIGURA 2 - Valores médios de proteína total em fêmeas de robalos peva.....           | 17 |
| FIGURA 3 - Valores médios de globulina sanguíneos em fêmeas de robalos peva... ..    | 17 |
| FIGURA 4 - Níveis médios de albumina sanguíneo em fêmeas de robalos peva.....        | 18 |
| FIGURA 5 - Níveis médios de colesterol sanguíneo em fêmeas de robalos peva.....      | 18 |
| FIGURA 6 - Níveis médios de triglicerídeos sanguíneo em fêmeas de robalos peva ..... | 19 |

### TABELAS

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| TABELA 1 - Parâmetros de qualidade de água..... | 16 |
|-------------------------------------------------|----|



## 1. INTRODUÇÃO

A maricultura artesanal tem se consolidado como uma importante atividade socioeconômica e ambiental nas regiões costeiras do Brasil, promovendo geração de renda, segurança alimentar e uso sustentável dos recursos aquáticos locais. Entre as espécies nativas com potencial para cultivo, o robalo-peva (*Centropomus parallelus*) destaca-se por seu alto valor comercial, excelente qualidade de carne e boa adaptabilidade a diferentes salinidades, o que o torna promissor para sistemas de produção em pequena e média escala (HERKENHOFF et al., 2023; COSTA e SILVA et al., 2021). Além de contribuir para o fortalecimento da maricultura artesanal, o cultivo de robalos representa uma alternativa sustentável frente à sobrepesca e à degradação dos habitats naturais, problemas ainda recorrentes nas zonas costeiras brasileiras (LIRA et al., 2017).

Do ponto de vista ecológico, *C. parallelus* é uma espécie eurialina, distribuída ao longo da costa atlântica ocidental do sul da Flórida (EUA) ao estado de Santa Catarina (Brasil) e amplamente associada a estuários e manguezais, onde desempenha papel trófico relevante como predador intermediário (COSTA e SILVA et al., 2021). Essa plasticidade ambiental permite que a espécie utilize diferentes habitats durante seu ciclo de vida, migrando entre regiões costeiras e estuarinas conforme a disponibilidade de alimento e as condições abióticas. O ciclo reprodutivo do robalo-peva ocorre principalmente entre setembro e novembro, período em que há intensificação da maturação gonadal e da desova, coincidente com o aumento da temperatura e da salinidade nas regiões costeiras do Sudeste e Sul do Brasil (COSTA e SILVA et al., 2021).

Do ponto de vista fisiológico, a reprodução de teleósteos marinhos, como o robalo-peva, envolve uma série de ajustes metabólicos e hormonais que garantem a produção de gametas viáveis. Durante a maturação gonadal, ocorre intensa mobilização de proteínas plasmáticas, lipídios e colesterol, que atuam como substratos energéticos e precursores hormonais necessários à vitelogênese e à esteroidogênese (CHANDRASEKHARA RAO; KRISHNAN, 2011). A análise desses parâmetros bioquímicos permite compreender a dinâmica metabólica associada à maturação e identificar potenciais biomarcadores para o monitoramento reprodutivo em cativeiro.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar as variações nos níveis plasmáticos de proteínas totais, globulinas, albumina, triglicerídeos e colesterol em fêmeas de *Centropomus parallelus* durante o processo de maturação em laboratório, desde os estágios iniciais até a fase final de desova induzida em cativeiro, contribuindo para o aprimoramento de protocolos de manejo reprodutivo em sistemas controlados.

## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 *Objetivo geral*

Investigar, por meio da análise de proteínas plasmáticas, lipídios e relações metabólicas, como os parâmetros bioquímicos de fêmeas de *Centropomus parallelus* se modificam ao longo da maturação reprodutiva, buscando confirmar tendências já conhecidas e revelar potenciais indicadores adicionais do avanço gonadal em ambiente controlado.

### 1.1.2 *Objetivos específicos*

- Quantificar as variações nos níveis plasmáticos de proteínas totais, albumina, globulinas, triglicerídeos e colesterol durante o período de maturação.
- Calcular a relação albumina/globulina (A/G) e avaliar sua utilidade como possível biomarcador do estágio reprodutivo.
- Correlacionar os parâmetros bioquímicos com o fator de condição e as condições ambientais do sistema de recirculação.
- Identificar possíveis indicadores bioquímicos associados ao avanço da vitelogênese e à fase final da maturação gonadal.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A reprodução em cativeiro de espécies marinhas nativas é um dos principais desafios da aquicultura brasileira, especialmente em espécies de ciclo de vida complexo, como o robalo-peva (*Centropomus parallelus*). Apesar de seu potencial econômico e ecológico, o sucesso da maturação e da desova em condições controladas ainda é limitado pela escassez de informações sobre os mecanismos fisiológicos e bioquímicos que regulam o processo reprodutivo.

A compreensão das alterações metabólicas que ocorrem no organismo durante a maturação gonadal é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo reprodutivo mais eficientes, como protocolos de indução hormonal e ajustes nutricionais. Entre os parâmetros bioquímicos, as frações protéicas (albumina e globulinas) e os lipídios plasmáticos (triglicerídeos e colesterol) representam indicadores importantes do estado fisiológico e do estágio de maturação das fêmeas.

Dessa forma, este estudo se justifica pela necessidade de compreender como esses parâmetros variam ao longo do ciclo reprodutivo do *C. parallelus* em cativeiro, contribuindo para aprimorar a reprodução assistida da espécie e fortalecer as bases para sua produção sustentável na aquicultura marinha nacional.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O robalo-peva (*Centropomus parallelus*) é um teleósteo estuarino-costeiro do Atlântico Ocidental com grande importância pesqueira e potencial aquícola no Brasil. Segundo Silva et al. (2021), estudos populacionais recentes no sul do país detalharam sua biologia reprodutiva, incluindo razão sexual por classe de comprimento,  $L_{50}$  e sazonalidade do recrutamento gonadal, confirmando dimorfismo relacionado ao tamanho e maturação, informações fundamentais para o manejo pesqueiro e protocolos de reprodução em cativeiro.

Durante a maturação ovariana, as fêmeas mobilizam reservas energéticas, principalmente lipídios do fígado e do tecido adiposo, para os ovócitos, formando o vitelo e sustentando o desenvolvimento embrionário. Callet et al. (2022) destacam que não apenas a quantidade de lipídios varia ao longo do ciclo reprodutivo, mas também sua composição molecular, o que influencia diretamente a qualidade dos ovos e a sobrevivência da progênie. Além disso, Cota Mamani et al. (2023) observaram em *Anisotremus scapularis* cultivados que alterações no perfil de ácidos graxos maternos, especialmente EPA e ARA, repercutem significativamente na viabilidade larval.

Estudos demonstram que perfis adequados de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (LC-PUFAs), especialmente DHA e EPA, estão diretamente associados ao aumento da fertilidade, maior qualidade dos ovos e melhor desempenho larval em diversas espécies de teleósteos (Izquierdo et al., 2015; Callet et al., 2022; Péter et al., 2023).

Do ponto de vista fisiológico, a maturação gonadal é regulada pelo eixo hipotálamo–hipófise–gônadas (HPG). Sinais ambientais estimulam o hipotálamo a liberar GnRH, que induz a hipófise a secretar FSH e LH, hormônios responsáveis pela ativação das células foliculares do ovário e pela síntese de esteroides sexuais (Tokarz et al., 2015; Almeida, 2013). Nas fêmeas, o estradiol (E2) produzido no ovário exerce papel central, pois, ao atingir o fígado, estimula a transcrição dos genes da vitelogenina (VTG), uma glicolipofosfoproteína precursora do vitelo (Ye et al., 2022; Zhao et al., 2024).

A vitelogenina é sintetizada no fígado, secretada no plasma e captada pelos ovócitos através de mecanismos mediados por receptores e junções celulares especializadas, processo que, segundo Babio et al. (2022), influencia diretamente a qualidade dos gametas. A mobilização proteica plasmática observada durante a maturação está diretamente relacionada ao aumento da síntese de VTG e ao transporte dessa molécula para as gônadas, motivo pelo qual proteínas totais e globulinas tendem a oscilar ao longo do ciclo reprodutivo (Chandrasekhara Rao; Krishnan, 2015).

O colesterol desempenha papel essencial nesse processo, atuando como principal precursor da esteroidogênese. Ele é convertido em pregnenolona pelas células ovarianas e, posteriormente, em progesterona, testosterona e estradiol, dependendo da etapa do desenvolvimento folicular (Tokarz et al., 2015; Chaves-Pozo et al., 2018). A utilização intensiva desse composto na produção hormonal explica reduções em seus níveis plasmáticos em estágios avançados de maturação. Ao mesmo tempo, o estímulo estrogênico sobre o fígado promove aumento da síntese proteica, intensificando a mobilização energética para formação do vitelo.

Embora menos estudados, os carboidratos também desempenham papel importante. Em diferentes espécies de teleósteos, Itagaki et al. (2013) observaram que os níveis de glicogênio hepático tendem a diminuir nos estágios finais da maturação gonadal, fornecendo energia rápida para processos metabólicos intensos, como a síntese proteica e o transporte de lipídios. Essa dinâmica energética está alinhada à observação de que o estado nutricional materno influencia diretamente a sobrevivência larval e a qualidade do vitelo em *C. parallelus*.

A nutrição de reprodutores constitui um dos fatores mais relevantes para o sucesso reprodutivo. Estudos demonstram que dietas ricas em proteínas de alta digestibilidade e ácidos graxos essenciais favorecem a vitelogênese, a maturação gonadal e a performance reprodutiva em diferentes espécies de teleósteos (Izquierdo et al., 2015; Hernández de Dios; Montero; Izquierdo, 2022). Além disso, Ramos-Júdez et al. (2025) destacam que a inclusão de antioxidantes e compostos funcionais na dieta de reprodutores contribui para reduzir o estresse oxidativo, melhorando a qualidade dos gametas e aumentando a viabilidade embrionária.

No contexto ambiental, Lombó et al. (2024) ressalta que fatores como temperatura, salinidade e poluentes emergentes afetam diretamente a fisiologia reprodutiva de teleósteos, alterando o metabolismo energético e o balanço entre mobilização de reservas e investimento reprodutivo. A integração de fatores ambientais, fisiológicos e nutricionais é, portanto, essencial para compreender os mecanismos que sustentam a reprodução dessas espécies.

Por fim, revisões recentes têm apontado lacunas relevantes. Segundo Lombó et al. (2024), ainda faltam estudos que integrem dados “ômicos” (lipidômica, transcriptômica) com métricas tradicionais, como GSI e HSI, para construir indicadores mais robustos de qualidade reprodutiva. Essa ausência é particularmente evidente para o robalo-peva, espécie de importância regional para a aquicultura e a conservação.

Em síntese, as fêmeas de *C. parallelus* apresentam um conjunto coordenado de adaptações fisiológicas durante a maturação gonadal, envolvendo mobilização de lipídios e proteínas para as gônadas, regulação endócrina da vitelogênese, participação direta do estradiol na síntese hepática de VTG e utilização do colesterol como precursor hormonal. Essa compreensão integrada permite orientar práticas de manejo nutricional e reprodutivo mais eficientes para a espécie.

### 3. METODOLOGIA

Exemplares de robalo-peva (*Centropomus parallelus*) foram coletados nos meses de outubro e novembro de 2024, em áreas de manguezal da região estuarina do litoral do Paraná, por meio de pesca esportiva. Após a captura, os peixes foram transportados para o Laboratório Experimental do Grupo de Estudos em Piscicultura (GEPeixe), localizado no Campus Pontal do Paraná – Unidade Mirassol, da Universidade Federal do Paraná.

Cada indivíduo recebeu identificação individual por meio de microchip alfanumérico, implantado por via intramuscular logo abaixo da porção anterior da segunda nadadeira dorsal. Os animais permaneceram 30 dias em período de aclimação em um sistema de recirculação de água (RAS) com tanques de 1.000 L, temperatura controlada a 27 °C por termostato (Full Gauge TIC-17RGTi) e fotoperíodo natural. Durante a aclimação, receberam ração comercial uma vez ao dia, já previamente incorporada à dieta nos três meses anteriores ao início das coletas experimentais.

#### Protocolo Experimental

Foram utilizados exemplares de robalo-peva, todos do sexo feminino e em fase de maturação gonadal. A cada 30 dias, durante os meses de setembro, outubro e novembro de 2024, 10 peixes foram capturados nos tanques experimentais e rapidamente submetidos a anestesia com Benzocaína (100 mg L<sup>-1</sup>), previamente diluída em álcool a 70% e adicionada a baldes graduados contendo 6 L de água do próprio sistema, visando minimizar o estresse decorrente do manuseio.

Os parâmetros de qualidade da água no sistema de recirculação, previamente calibrado para simular as condições ambientais naturais, mantiveram-se dentro dos limites ideais para a espécie ao longo das 96 horas de experimento, evidenciando a eficiência do sistema (Cerqueira, 2002). Os dados de temperatura, pH, salinidade da água, oxigênio dissolvido e amônia total amostrada nos tanques de manutenção dos animais durante cada mês, são indicados na Tabela 1.

#### Coleta e análises Sanguíneas

A coleta do sangue foi realizada com jejum de 24h, logo após a anestesia foi coletado um volume de 3 ml de sangue com auxílio de seringas de 5 ml (Descarpac) e agulhas de 0,80x30mm (BD PrecisionGlide) descartáveis por meio de punção da veia caudal. O plasma sanguíneo foi obtido por centrifugação (5000 rpm x 10 minutos) e analisado por testes colorimétricos para quantificação de proteína total, triglicerídeos, albumina e colesterol.

As concentrações séricas de albumina, proteínas totais, colesterol e triglicerídeos foram determinadas por métodos colorimétricos, utilizando kits comerciais específicos (In Vitro Diagnóstica, Brasil). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-VIS em comprimentos de onda de 630 nm (albumina), 550 nm (proteínas totais), 505 nm (colesterol) e 500 nm (triglicerídeos), de acordo com as instruções do fabricante. A concentração de globulina sérica foi calculada pela diferença entre proteína total e albumina, e a relação A/G (albumina/globulina) foi obtida pela razão entre os valores dessas duas frações.

### **Análise biométrica**

Os exemplares foram submetidos à biometria para a obtenção de dados de peso (gramas) e comprimento padrão (cm) para este procedimento foram utilizados de uma balança de precisão (dois dígitos após a vírgula) e ictiômetro milimetrado. A partir das mensurações feitas, calculou-se o fator de condição (k) a partir da fórmula a seguir:

EQUAÇÃO 1 - Fator de condição (k).

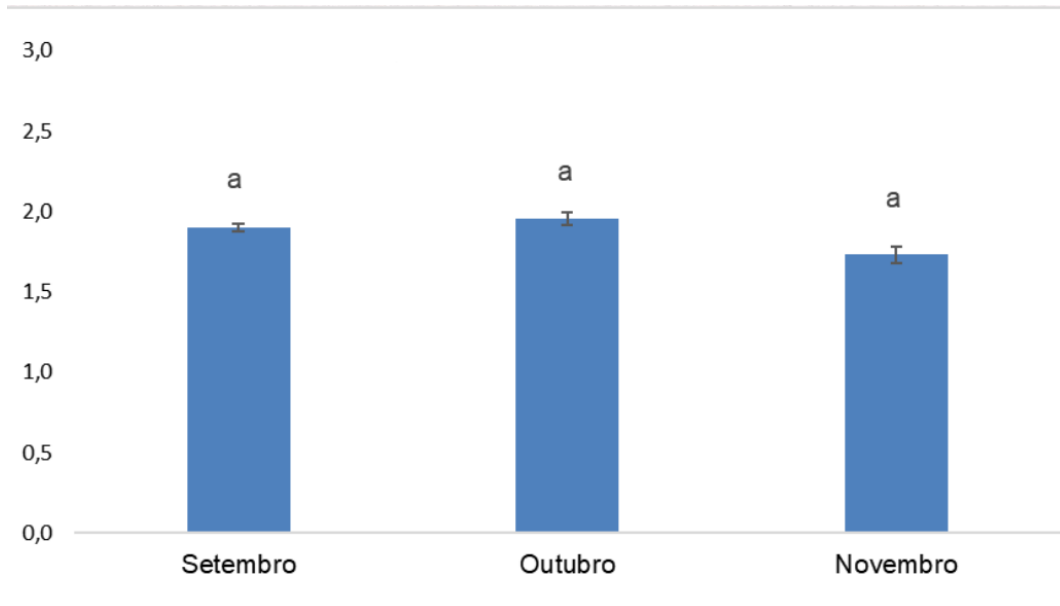
$$K = \frac{\text{Peso}}{\text{Comprimento padrão}^3}$$

### **Análise estatística**

Foram realizadas análises de variância de um fator (ANOVA) com um nível de significância de 5% ( $p > 0,05$ ) para avaliar diferenças entre os tratamentos em cada variável, seguidas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey.

## **3. RESULTADOS**

O fator de condição é uma ferramenta importante para monitorar a saúde das populações de peixes e o estado ambiental do habitat. Valores adequados indicam disponibilidade de recursos alimentares e condições ambientais favoráveis, enquanto desvios podem sinalizar problemas ambientais ou de manejo (Hamid, Mansor & Mohd Nor, 2015). No presente estudo, os peixes apresentaram fator de condição com média 1,9 indicando qualidade de saúde e bem-estar animal (Figura 1).



**Figura 1.** Valores médios do fator de condição de fêmeas de *Centropomus parallelus* durante o período de maturação reprodutiva em condições laboratoriais. Barras indicam erro padrão da média, letras iguais indicam ausência de diferença estatística ( $p>0,05$ ) ( $n=10$ ).

Os valores médios de temperatura apresentaram aumento progressivo entre os meses avaliados, com  $22,8 \pm 0,5$  °C em setembro,  $26,6 \pm 0,4$  °C em outubro e  $27,0 \pm 0,3$  °C em novembro.

A salinidade manteve-se estável nos dois primeiros meses (25 ppt) e aumentou gradualmente para 30 ppt em novembro.

Os valores médios de pH oscilaram levemente entre os meses, sendo  $7,40 \pm 0,1$  em setembro,  $7,17 \pm 0,1$  em outubro e  $7,00 \pm 0,1$  em novembro.

O oxigênio dissolvido (OD) apresentou  $6,84 \pm 0,2$  mg/L em setembro,  $8,00 \pm 0,3$  mg/L em outubro e  $6,50 \pm 0,3$  mg/L em novembro, com variações pontuais ao longo do experimento..

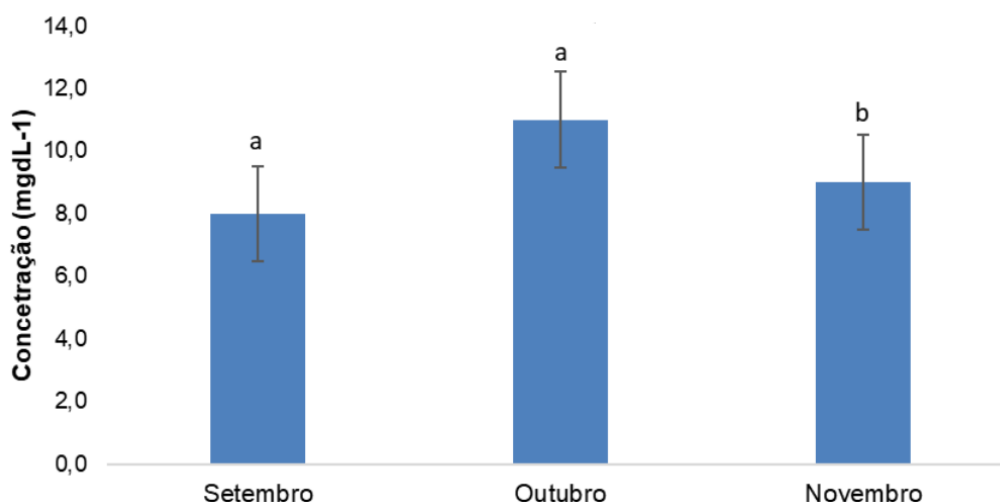
A amônia total permaneceu em 0 mg/L em todos os meses.

**Tabela 1.** Valores médios dos parâmetros de qualidade de água do sistema de recirculação de água durante o período de maturação reprodutiva de fêmeas de robalos peva (*Centropomus parallelus*) em condições laboratoriais.

| Parâmetros<br>qualidade de<br>á | Setembro/2024 | Outubro/2024 | Novembro/2024 |
|---------------------------------|---------------|--------------|---------------|
| g Temperatura<br>u (°C)<br>a    | 22,8          | 26,6         | 27            |
| Salinidade (ppt)                | 25            | 25           | 30            |
| pH                              | 7,4           | 7,17         | 7             |
| Oxigênio Dissolvido<br>(mg/L)   | 6,84          | 8            | 6,5           |
| Amônia total (mg/L)             | 0             | 0            | 0             |

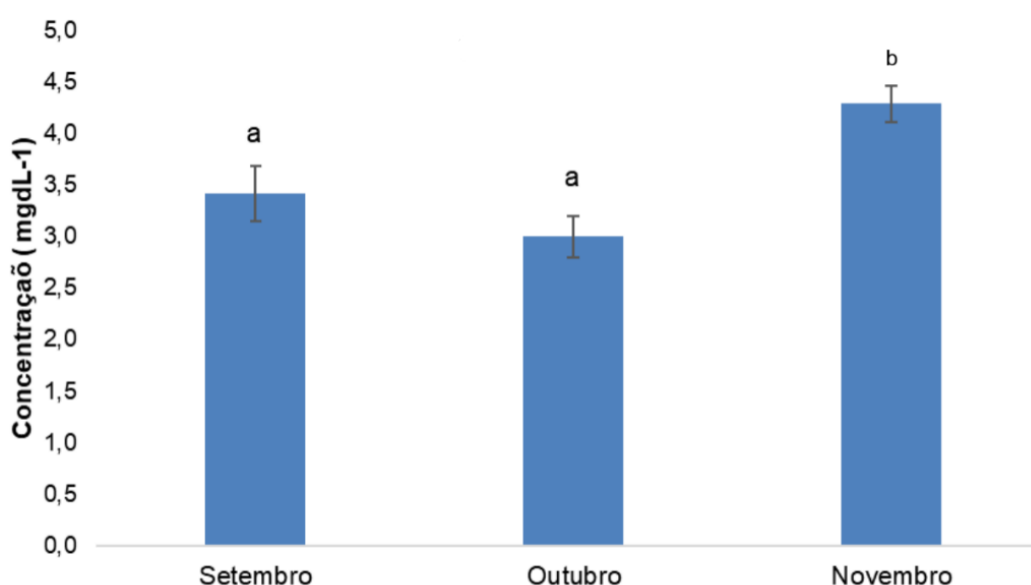


As concentrações plasmáticas de proteína total nas fêmeas de robalo-peva apresentaram diferenças entre os meses avaliados ( $p < 0,05$ ). Os valores médios observados em outubro foram significativamente superiores aos de setembro e novembro (Figura 2).



**Figura 2.** Valores médios de proteína total em fêmeas de robalos peva (*Centropomus parallelus*) durante o período de maturação gonadal, avaliados no período de setembro a novembro. Letras iguais indicam ausência de diferença estatística ( $p > 0,05$ ) ( $n=10$ ).

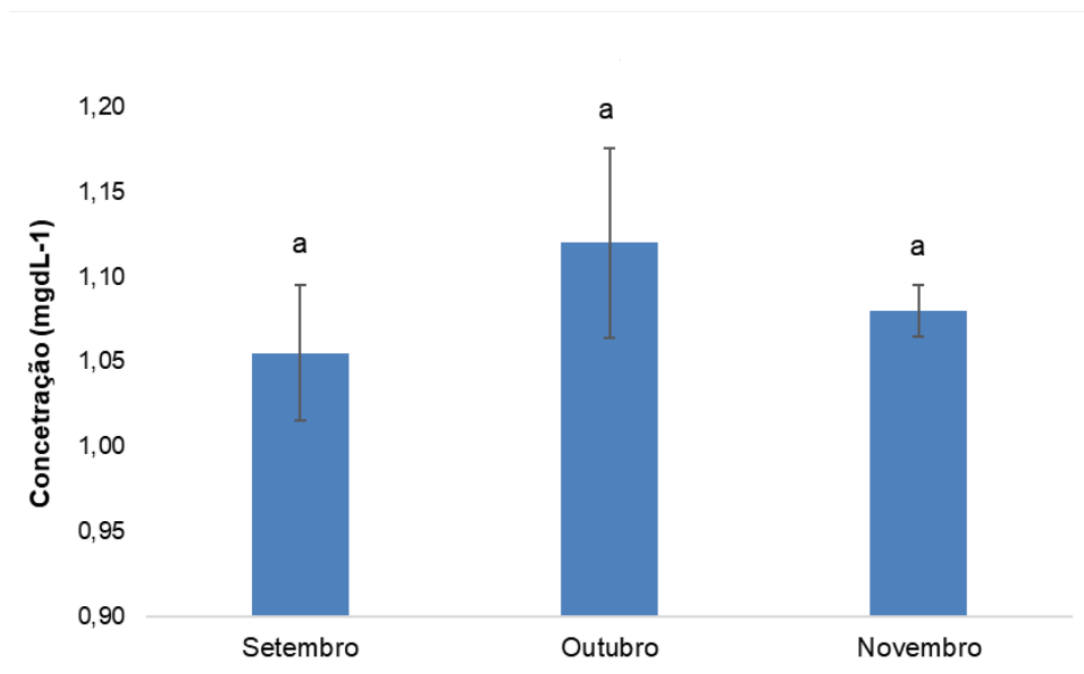
As concentrações plasmáticas de globulinas apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) (Figura 3).



**Figura 3.** Valores médios de globulina sanguínea em robalos durante a fase de maturação gonadal, avaliados no período de setembro a novembro. As barras representam o desvio padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ) ( $n = 10$ ).

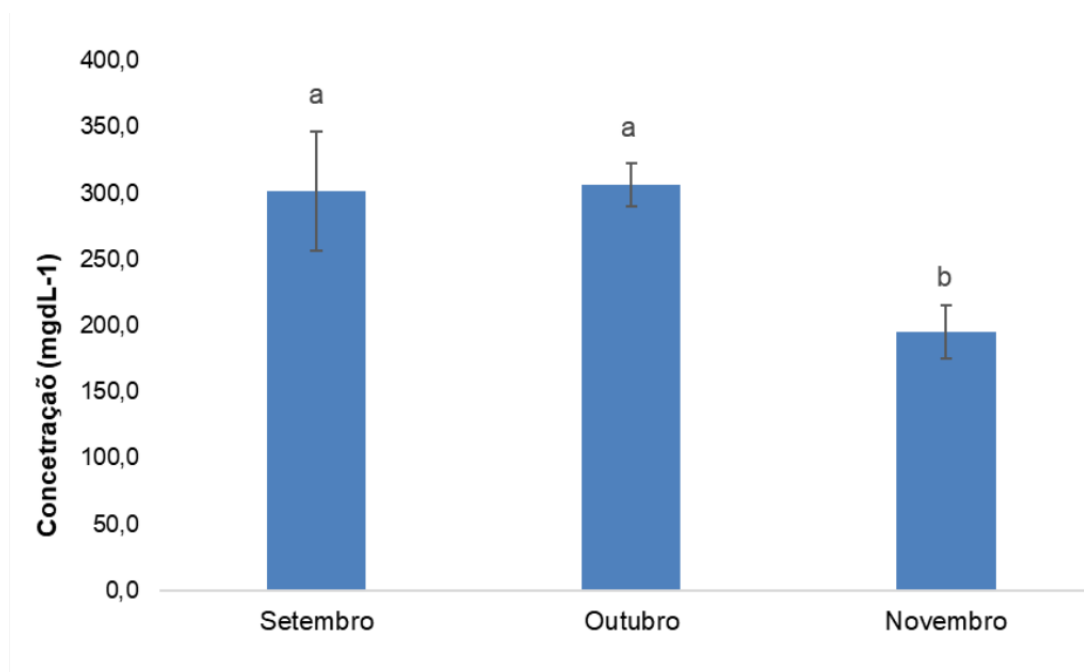
Foram observadas diferenças significativas entre os meses para a albumina plasmática ( $p > 0,05$ ), sugerindo estabilidade dessa fração

proteica ao longo do período experimental (Figura 4).



**Figura 4.** Níveis médios de albumina sanguínea em robalos durante a fase de maturação gonadal, avaliados no período de setembro a novembro. As barras representam o desvio padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ) ( $n = 10$ ).

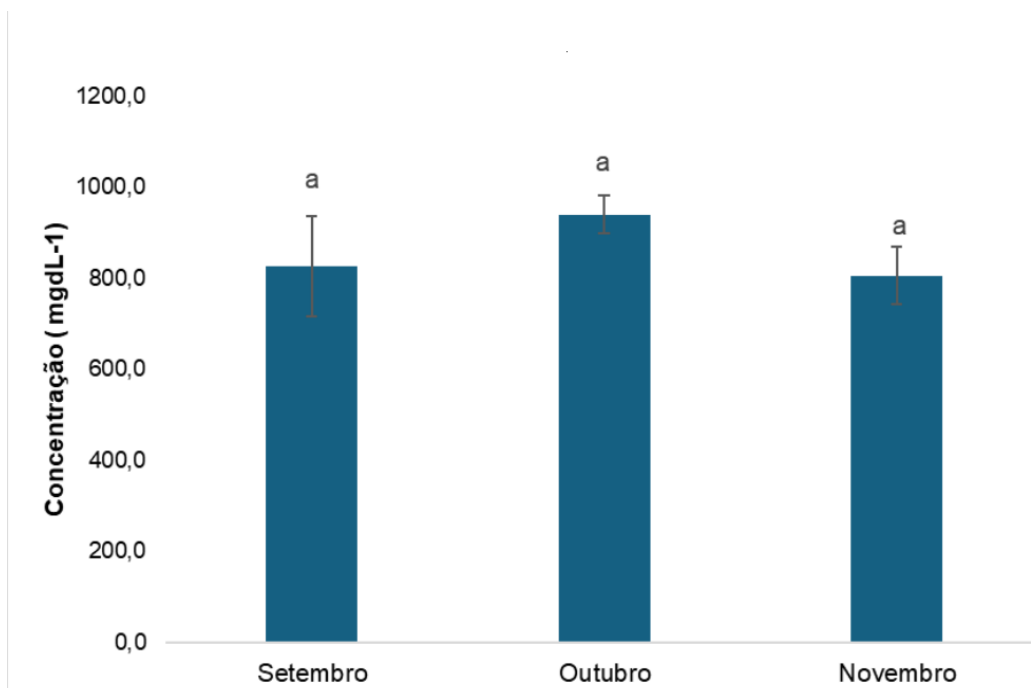
O colesterol plasmático variou significativamente entre os meses ( $p < 0,05$ ), apresentando valores menos elevados em novembro em comparação a setembro e outubro, que diferiram entre si (Figura 5).



**Figura 5.** Níveis médios de colesterol sanguíneos em robalos durante a fase de maturação gonadal, avaliados no período de setembro a novembro. As barras representam o desvio padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) ( $n = 10$ ).

Os níveis de triglicerídeos apresentaram variação entre os períodos

amostrados, apesar disto não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) (Figura 6).



**Figura 6.** Níveis médios de triglicerídeos sanguíneos em robalos durante a fase de maturação gonadal, avaliados no período de setembro a novembro. As barras representam o desvio padrão da média. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ) ( $n = 10$ ).

#### 4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstram que a maturação gonadal de *Centropomus parallelus* em ambiente laboratorial está associada a mudanças coordenadas no metabolismo bioquímico plasmático, especialmente nas concentrações de proteínas totais e colesterol, que se mostraram significativamente alteradas entre os meses de análise. Essas variações refletem as crescentes demandas metabólicas do processo de vitelogênese e da síntese de hormônios esteróides, etapas centrais para a progressão da maturação ovariana.

As condições físico-químicas da água permaneceram adequadas ao longo de todo o experimento, fornecendo um ambiente estável para os peixes e evitando interferências externas nas respostas fisiológicas. A faixa térmica observada enquadra-se dentro do intervalo ótimo para *C. parallelus*, que apresenta ampla tolerância a variações de temperatura (TSUZUKI et al., 2007). A variação de salinidade simulou condições estuarinas e costeiras típicas da espécie, que é eurialina e apresenta melhor desempenho reprodutivo próximo à salinidade marinha (CERQUEIRA; TSUZUKI, 2009). O pH manteve-se próximo à neutralidade, em níveis adequados para peixes marinhos cultivados (BOYD, 1990), e os valores de oxigênio dissolvido permaneceram acima de 5 mg L<sup>-1</sup>, garantindo suporte ao metabolismo aeróbico (WEDEMEYER, 1996). A ausência de acúmulo de amônia total também indica boas condições de manejo e estabilidade ambiental (IWAMA et al., 1997), reforçando que as alterações bioquímicas observadas refletem, sobretudo, processos

reprodutivos e não efeitos de estresse ambiental.

A redução significativa das proteínas totais em novembro sugere mobilização direta desses compostos para a síntese de vitelogenina, corroborando achados em outras espécies marinhas, como *Epinephelus diacanthus*, onde a queda plasmática de proteínas coincide com o avanço da vitelogênese (CHANDRASEKHARA RAO; KRISHNAN, 2015).

As globulinas apresentaram diferenças significativas entre os meses, indicando sua participação ativa durante a maturação gonadal. O aumento observado nas fases intermediárias e finais do experimento reflete maior síntese e transporte de vitelogenina do fígado para os ovócitos, processo fundamental da vitelogênese (ZHAO et al., 2024; BABIO et al., 2022). Esse comportamento confirma que as globulinas atuam como biomarcadores sensíveis do avanço reprodutivo, sendo essenciais no transporte de macromoléculas e hormônios em teleósteos marinhos (CHANDRASEKHARA RAO; KRISHNAN, 2015; CHATZIFOTIS et al., 2004).

Por outro lado, a albumina manteve-se estável ao longo do período experimental, desempenhando papel homeostático relacionado ao transporte de metabólitos e à manutenção da pressão osmótica, sem envolvimento direto na gametogênese. Resultados semelhantes foram observados em *Dentex dentex* e *Sparus aurata*, onde essa fração apresentou variação mínima durante o ciclo reprodutivo (CHATZIFOTIS et al., 2004; LOMBÓ et al., 2024).

O contraste entre as duas frações indica um redirecionamento metabólico seletivo, em que as globulinas participam ativamente da reprodução, enquanto a albumina mantém funções de regulação fisiológica basal. Assim, a relação A/G (albumina/globulina) pode fornecer uma métrica complementar para o monitoramento do estágio reprodutivo em fêmeas de *C. parallelus*, permitindo melhor interpretação dos ajustes metabólicos durante a maturação em cativeiro.

O metabolismo lipídico também apresentou padrões relevantes para a compreensão da maturação gonadal em *C. parallelus*. Os triglicerídeos não mostraram diferenças significativas entre os meses, o que pode estar relacionado à oferta alimentar contínua em condições de laboratório, reduzindo a necessidade de mobilização de reservas energéticas. Em contraste, estudos com salmão-do-Atlântico (*Salmo salar*) por Bou et al. (2020) demonstraram que a mobilização e deposição de lipídios nos adipócitos variam conforme as demandas fisiológicas, e que os triglicerídeos atuam como uma das principais reservas energéticas do tecido adiposo. Assim, embora o estudo não trate especificamente de maturação gonadal, o padrão observado em *C. parallelus* pode refletir uma menor necessidade de recrutamento de TAG em ambiente controlado, diferindo de espécies que mobilizam reservas mais intensamente em fases avançadas de desenvolvimento reprodutivo.

O colesterol apresentou variações significativas ao longo do experimento, com redução em novembro, o que é compatível com sua utilização como precursor para a síntese de hormônios sexuais esteróides durante as etapas finais da maturação ovariana. Como discutido por

Tokarz et al. (2015), a esteroidogênese em teleósteos depende diretamente da disponibilidade de colesterol, o que torna plausível sua diminuição plasmática em períodos de intensa atividade hormonal. Em outras espécies marinhas, como *Dentex dentex* e *Epinephelus* spp., alterações em metabólitos plasmáticos ao longo da maturação também foram relatadas, reforçando que o metabolismo lipídico acompanha a progressão reprodutiva (CHATZIFOTIS et al., 2004; CHANDRASEKHARA RAO; KRISHNAN, 2011).

Ao se integrar essas duas frações lipídicas, observa-se que, enquanto os triglicerídeos se mantêm relativamente estáveis, refletindo uma disponibilidade energética contínua no ambiente experimental, o colesterol é especificamente redirecionado para a produção hormonal. Essa distinção reforça que os lipídios não atuam de forma homogênea durante a maturação: enquanto alguns funcionam como reservas energéticas, outros assumem papéis regulatórios cruciais. Nesse sentido, o colesterol destaca-se como um biomarcador sensível e funcional do estágio reprodutivo em *C. parallelus*, com potencial aplicação prática no monitoramento de protocolos de indução hormonal e manejo reprodutivo em aquicultura.

## 5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a maturação gonadal de fêmeas de *Centropomus parallelus* em condições laboratoriais está associada a alterações coordenadas no metabolismo bioquímico plasmático. Observou-se que as proteínas totais e globulinas diminuíram na fase final do período experimental, sugerindo mobilização desses compostos para a síntese de vitelogenina e incorporação aos ovócitos. A albumina permaneceu estável, confirmando seu papel homeostático, enquanto os triglicerídeos não variaram significativamente, possivelmente em função da oferta alimentar contínua. Já o colesterol apresentou queda significativa em novembro, corroborando sua utilização como precursor hormonal durante a esteroidogênese final da maturação ovariana.

Esses resultados indicam que proteínas plasmáticas e colesterol são potenciais biomarcadores do processo reprodutivo do robalo-peva em cativeiro, podendo ser utilizados para monitorar e otimizar protocolos de indução hormonal e manejo reprodutivo em aquicultura. Os resultados reforçam a importância de integrar parâmetros bioquímicos à avaliação reprodutiva da espécie, contribuindo para estratégias mais eficientes de produção e conservação.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Os resultados deste estudo demonstram que a maturação gonadal de *Centropomus parallelus* em ambiente laboratorial está associada a alterações coordenadas no metabolismo bioquímico plasmático, particularmente nas frações protéicas e no colesterol, refletindo as demandas fisiológicas do processo de vitelogênese e da esteroidogênese.

A manutenção da qualidade da água dentro de faixas adequadas permitiu isolar os efeitos fisiológicos reprodutivos de possíveis interferências ambientais, fornecendo um panorama mais claro dos biomarcadores associados à maturação ovariana em condições controladas.

Apesar dos resultados consistentes, este foi um estudo de curta duração, restrito a um período reprodutivo específico, o que limita a avaliação de variações interanuais ou de longo prazo. Além disso, foram avaliados apenas alguns parâmetros bioquímicos plasmáticos, não contemplando outros potenciais biomarcadores que poderiam aprofundar a compreensão dos mecanismos fisiológicos envolvidos.

Como recomendações para trabalhos futuros, destaca-se a importância de ampliar o número de parâmetros fisiológicos e moleculares analisados, incluindo, por exemplo, hormônios reprodutivos, vitelogenina plasmática e parâmetros oxidativos, a fim de obter um quadro mais abrangente da fisiologia reprodutiva da espécie. Estudos de maior duração e acompanhando diferentes fases do ciclo reprodutivo também poderiam fornecer informações valiosas sobre a sazonalidade dos biomarcadores.

Adicionalmente, recomenda-se a avaliação do efeito de diferentes condições ambientais, como variações controladas de salinidade, temperatura e fotoperíodo, sobre o metabolismo bioquímico reprodutivo, permitindo compreender melhor como esses fatores modulam a fisiologia da espécie. Tais informações podem auxiliar no aperfeiçoamento de protocolos de indução hormonal e manejo reprodutivo, contribuindo para avanços no cultivo de *C. parallelus* e para estratégias de conservação populacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. L. Endocrinologia aplicada na reprodução de peixes. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, Belo Horizonte, v. 37, n. 2, p. 174–180, 2013.

BABIO, L.; LOKMAN, P. M.; DAMSTEEGT, E. L.; DUTOIT, L. Are cell junctions implicated in the regulation of vitellogenin uptake? Insights from an RNAseq-based study in eel (*Anguilla australis*). *Cells*, v. 11, n. 3, art. 550, 2022.

BOU, M.; WANG, X.; TODORČEVIĆ, M.; ØSTBYE, T.-K. K.; RUYTER, B. Lipid deposition and mobilisation in Atlantic salmon adipocytes. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 21, n. 7, p. 2332, 2020.

BOYD, C. E. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn: Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station, 1990.

CALLET, T. et al. Alteration of eggs biochemical composition and progeny survival by maternal high-carbohydrate nutrition in a teleost fish. *Scientific Reports*, v. 12, art. 16726, 2022.

CERQUEIRA, V. R. Culture of snook: aspects of reproduction, larviculture and grow-out. Florianópolis, 94 p., 2002.

CERQUEIRA, V. R.; TSUZUKI, M. Y. A review of the reproductive biology and larviculture of the fat snook *Centropomus parallelus*. *Brazilian Journal of Animal Reproduction*, v. 33, n. 2, p. 109–119, 2009.

CHANDRASEKHARA RAO, A.; KRISHNAN, L. Biochemical composition and changes in biological indices associated with maturation of the ovary in the spiny cheek grouper *Epinephelus diacanthus*. *Indian Journal of Fisheries*, v. 58, n. 2, p. 45–52, 2011.

CHAVES-POZO, E. et al. Effects of sex steroids on fish leukocytes. *Biology*, v. 7, n. 1, p. 1–21, 2018.

CHATZIFOTIS, S.; MUJEL, P.; PAVLIDIS, M.; MÖLSÄ, H. Evolution of tissue composition and serum metabolites during gonadal development in the common dentex (*Dentex dentex*). *Aquaculture*, v. 237, n. 1–4, p. 343–358, 2004.

COSTA E SILVA, G. H.; FREITAS, M. O.; ABILHOA, V. Reproductive biology of the fat snook *Centropomus parallelus* Poey, 1860 (Teleostei, Centropomidae) and implications

for its management in the southern Atlantic Ocean. *Journal of Fish Biology*, v. 99, n. 2, p. 669–672, 2021.

COTA MAMANI, N. et al. Reproductive performance and egg and larvae quality from first-generation Peruvian grunt broodstock. *Frontiers in Marine Science*, v. 10, art. 1287439, 2023.

DIOTEL, N. et al. The brain of teleost fish: a source and a target of sexual steroids. *Frontiers in Neuroscience*, v. 5, p. 1–15, 2011.

HERKENHOFF, M. E.; BAJAY, M. M.; COSTAMILAN, C. A. V. L.-R. Genetic Structure and Biodiversity in Wild *Centropomus parallelus* and in Wild and Recently Domesticated *Centropomus undecimalis* Populations. *Life*, v. 13, p. 1595, 2023.

HERNÁNDEZ DE-DIOS, M. A.; MONTERO, D.; IZQUIERDO, M. Functional additives as a boost to reproductive performance in fish broodstock. *Fishes*, v. 7, n. 5, p. 262, 2022.

HONJI, R. M.; ARAÚJO, B. C.; MOREIRA, R. G. Fisiologia reprodutiva aplicada ao cultivo de peixes neotropicais. *Ciência Animal*, v. 30, n. 4, p. 123–137, 2020.

ITAGAKI, M. K. et al. Early development of fat snook *Centropomus parallelus* from Southeastern Brazil. *Zootaxa*, v. 3669, n. 1, p. 65–75, 2013.

IWAMA, G. K. et al. *Fish stress and health in aquaculture*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

IZQUIERDO, M. et al. Improving reproductive performance in marine fish through lipid nutrition. *Aquaculture Research*, v. 46, n. 2, p. 270–281, 2015.

LIRA, A. K. F. et al. Feeding ecology and trophic role of *Centropomus parallelus* in estuarine environments. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 12, n. 2, p. 123–135, 2017.

LOMBÓ, M. et al. A Pretty Kettle of Fish: A review on the current challenges in teleost reproduction and aquaculture. *Animals*, v. 14, 2024.

OLIVEIRA, H. Visão geral sobre reprodução de peixes teleósteos. *Pubvet*, v. 11, n. 4, p. 345–357, 2017.

PÉTER, G. et al. Reproduction of hatchery-reared pike-perch (*Sander lucioperca*) fed diet with low-marine-ingredients: role of dietary fatty acids. *Fishes*, v. 8, n. 5, art. 219,



2023.

RAMOS-JÚDEZ, S. et al. The use of egg quality parameters to evaluate the effect of dietary antioxidants on fish broodstock. *Aquaculture*, 2025.

RODRIGUES, R. Vitelogenina como biomarcador de exposição em peixes: uma revisão cienciométrica. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2023.

TOKARZ, J. et al. Regulation of steroidogenesis in teleost fish. *General and Comparative Endocrinology*, v. 221, p. 64–75, 2015.

TSUZUKI, M. Y. et al. Effects of temperature on the survival and growth of juvenile fat snook *Centropomus parallelus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 38, n. 3, p. 363–372, 2007.

WEDEMEYER, G. A. *Physiology of fish in intensive culture systems*. New York: Chapman & Hall, 1996.

YE, Z. et al. Distinct roles of estrogen receptors in the regulation of vitellogenin expression in orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 15, p. 8632, 2022.

ZHAO, Z. et al. Genome-wide identification and estrogen-dependent regulation of the vitellogenin gene family in Sichuan bream. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 25, n. 12, p. 6739, 2024.