



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REPRODUÇÃO
ANIMAL NA AMAZÔNIA



VANESSA CONCEIÇÃO COIMBRA

ONTOGENIA INICIAL DO TETRA OLHO-DE-FOGO AMAZÔNICO *Moenkhausia oligolepis*
(CHARACIFORMES: CHARACIDAE)

BELÉM
2026

VANESSA CONCEIÇÃO COIMBRA

**ONTOGENIA INICIAL DO TETRA OLHO-DE-FOGO AMAZÔNICO *Moenkhausia oligolepis*
(CHARACIFORMES: CHARACIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Reprodução Animal na Amazônia (ReproAmazon) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Reprodução Animal.

Orientador: Dr. Diógenes Henrique de Siqueira Silva

**BELÉM
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C652o Coimbra, Vanessa Conceição
Ontogenia inicial do Tetra Olho-de-Fogo amazônico *Moenkhausia oligolepis* (Characiformes: Characidae) / Vanessa Conceição Coimbra. - 2026.
47 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Reprodução Animal na AMAZÔNIA (ReproAmazon), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2026.
Orientador: Prof. Dr. Diógenes Henrique de Siqueira Silva
1. *Moenkhausia oligolepis* - histologia. 2. Desenvolvimento larval. 3. Larvicultura. 4. Diferenciação sexual. I. Silva, Diógenes Henrique de Siqueira, *orient.* II. Título
-

CDD 639.31


VANESSA CONCEIÇÃO COIMBRA

**ONTOGENIA INICIAL DO TETRA OLHO-DE-FOGO AMAZÔNICO *Moenkhausia oligolepis*
(CHARACIFORMES: CHARACIDAE)**


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Reprodução Animal na Amazônia (ReproAmazon) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Reprodução Animal.

Data da Aprovação: 25/02/2026


BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **DIOGENES HENRIQUE DE SIQUEIRA SILVA**
Data: 12/03/2026 14:06:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Diógenes Henrique de Siqueira Silva (orientador)
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - UNIFESSPA

Documento assinado digitalmente
 **MATHEUS PEREIRA DOS SANTOS**
Data: 16/03/2026 17:00:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Matheus Pereira dos Santos
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Documento assinado digitalmente
 **JAYME APARECIDO POVH**
Data: 18/03/2026 08:32:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jayme Aparecido Povh
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Documento assinado digitalmente
 **ROMULO BATISTA RODRIGUES**
Data: 15/03/2026 11:43:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rômulo Batista Rodrigues
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Agradecimentos

Expresso a minha imensa gratidão a Deus pelo dom da vida e, juntamente com ela, os recursos necessários que me permitiram perseverar diante das adversidades ao longo de toda minha trajetória acadêmica e realização desse trabalho. Minha família, alicerce fundamental em minha jornada, merece um agradecimento especial, seu apoio e amor constante foram essenciais para minha caminhada acadêmica e pessoal, em especial os meus pais Arlete Castro e Walter Alves, é minha irmã Andressa Coimbra, que me proporcionaram condições, suporte e incentivo à conclusão do mestrado e ao aprimoramento da minha formação profissional, sou verdadeiramente grata pela força que recebi para não desistir, mesmo nos momentos mais desafiadores, ao longo dessa trajetória vocês não deixaram que faltassem nada e me incentivaram a seguir em frente, não tenho palavras pra agradecer o que vocês juntos fizeram por mim, e tudo que faço e para deixar vocês orgulhosos. Aos familiares que direto ou indiretamente deram-me apoio para realização desta etapa na minha vida e se fizeram presentes.

Ao meu namorado, Gabriel Henrique por estar ao meu lado desde o início dessa jornada, obrigada por todo o apoio, incentivo e paciência ao longo desse percurso. Sou grata por cada ajuda nas coletas dos peixes, por dividir comigo o cansaço dos dias de campo e por transformar momentos desafiadores em experiências mais leves. Obrigada, também por ouvir, com atenção e carinho, cada apresentação ensaiada, por ser meu primeiro público, meu crítico construtivo e meu encorajador constante.

Agradeço ao meu orientador Diógenes Henrique, que com toda paciência, apoio e ensinamento me conduziu a conquistar este ponto da minha jornada acadêmica, obrigada por mostrar que a prática científica é incrivelmente significativa e que desempenhamos um papel crucial nesse processo, sua orientação foi mais do que apenas direcionamento em minha jornada científica, foi uma fonte constante de inspiração, agradeço sinceramente por todos os ensinamentos valiosos e pelo apoio constante que recebi. Meus genuínos agradecimentos aos integrantes do grupo de pesquisa a qual eu faço parte GERPA – Grupo de Estudos da Reprodução de Peixes Amazônicos e do laboratório LANEC – Laboratório de Neurociência e Comportamento Animal, obrigada por toda parceria e apoio, por cada momento de aprendizado, desafios e descobertas que compartilhamos, a experiência de colaborar e aprender ao lado de mentes tão brilhantes tem sido fundamental para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao programa de Pós-Graduação em Reprodução Animal na Amazônia das Universidades Ufra e UFPA (ReproAmazon), e aos coordenadores e corpo docente, por toda estrutura e qualidade de ensino dispensada a nós. Ao meu comitê de orientação composto pelos Professores Dr. Diógenes Henrique, Nivaldo Nascimento e Fernanda Carlini que além de fazerem parte dessa caminhada, contribuíram de forma incrível e majestosa para a construção desse trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pelo financiamento da bolsa que tornou possível a realização deste estudo, o apoio financeiro fornecido desempenhou um papel crucial no desenvolvimento da pesquisa, permitindo-me dedicar tempo e recursos necessários para alcançar os resultados obtidos.

RESUMO

Este estudo descreve, de forma inédita, o desenvolvimento morfofisiológico, os padrões de crescimento alométrico e os principais eventos ontogenéticos iniciais de *Moenkhausia oligolepis*, espécie de importância ecológica e ornamental na região Amazônica. A eclosão ocorreu 16 horas após a fertilização, sob temperatura média de $25,36 \pm 0,64^{\circ}\text{C}$ com pH $7,28 \pm 1,11$. A partir da eclosão, as larvas foram amostradas em intervalos regulares (0-6 h pós-eclosão com coletas a cada 2 h; 6-22 h a cada 4 h; e, posteriormente, coletas diárias) para análises morfológicas, morfométricas, merísticas e histológicas. O desenvolvimento larval estendeu-se do estágio vitelino até a pós-flexão (0-30 dias após a eclosão - DAE), com sequência bem definida de eventos: abertura da boca e início da alimentação exógena aos 3 DAE, observação do comportamento canibalista aos 4 DAE, flexão da notocorda com 15 DAE (CP médio = $6,33 \pm 0,56$ mm) e transição larva-juvenil aos 30 DAE com o desenvolvimento dos raios das nadadeiras e surgimento de escamas. As análises alométricas evidenciaram crescimento cefálico positivo em relação ao comprimento padrão ($b = 1,389$ para CC/CP), indicando priorização do desenvolvimento das estruturas associadas à alimentação e percepção sensorial. Estruturas como comprimento da notocorda e distância pré-anal apresentaram crescimento próximo à isometria, enquanto a altura do corpo exibiu alometria negativa. A análise histológica demonstrou a diferenciação progressiva do trato digestório, com presença de cavidade bucofaríngea, esôfago, intestino segmentado (anterior, médio e posterior) e células mucosas aos 3 DAE. Observou-se vacuolização citoplasmática em hepatócitos a partir de 23 DAE, associada à presença de material digerido no lúmen intestinal. As lamelas secundárias das brânquias apresentavam brotos evidentes aos 4 DAE, e a bexiga natatória apresentou divisão em duas regiões ao final da flexão (22 DAE). A avaliação gonadal indicou gônadas indiferenciadas até 50 DAE e diferenciação ovariana aos 60 DAE, caracterizada pela presença de oócitos primários meióticos; a diferenciação testicular não foi observada no período analisado. Com base nas características morfológicas e ontogenéticas observadas, foram descritos quatro estágios larvais (vitelino, pré-flexão, flexão e pós-flexão). Os resultados ampliam o conhecimento sobre a biologia inicial da espécie, fornecendo subsídios relevantes para estudos taxonômicos, ecológicos, de conservação e para o aprimoramento de estratégias de manejo e larvicultura de peixes ornamentais nativos.

Palavras-chave: desenvolvimento larval; larvicultura; histologia; diferenciação sexual.

ABSTRACT

This study describes, for the first time, the morphophysiological development, allometric growth patterns, and the main early ontogenetic events of *Moenkhausia oligolepis*, a species of ecological and ornamental importance in the Amazon region. Hatching occurred 16 hours after fertilization under a mean temperature of $25.36 \pm 0.64^{\circ}\text{C}$ and pH of 7.28 ± 1.11 . From hatching onward, larvae were sampled at regular intervals (0-6 h post-hatching with collections every 2 h; 6-22 h every 4 h; and subsequently daily) for morphological, morphometric, meristic, and histological analyses. Larval development extended from the yolk-sac stage to post-flexion (0-30 days after hatching – DAH), with a well-defined sequence of events: mouth opening and the onset of exogenous feeding at 3 DAH, observation of cannibalistic behavior at 4 DAH, notochord flexion at 15 DAH (mean SL = 6.33 ± 0.56 mm), and the larva–juvenile transition at 30 DAH with the development of fin rays and the appearance of scales. Allometric analyses revealed positive cephalic growth in relation to standard length ($b = 1.389$ for HL/SL), indicating prioritization of the development of structures associated with feeding and sensory perception. Structures such as notochord length and pre-anal distance showed growth close to isometry, whereas body depth exhibited negative allometry. Histological analysis demonstrated the progressive differentiation of the digestive tract, with the presence of the buccopharyngeal cavity, esophagus, segmented intestine (anterior, middle, and posterior), and mucous cells at 3 DAH. Cytoplasmic vacuolization in hepatocytes was observed from 23 DAH onward, associated with the presence of digested material in the intestinal lumen. Secondary gill lamellae exhibited evident buds at 4 DAH, and the swim bladder showed division into two chambers by the end of the flexion stage (22 DAH). Gonadal evaluation indicated undifferentiated gonads up to 50 DAH and ovarian differentiation at 60 DAH, characterized by the presence of primary meiotic oocytes; testicular differentiation was not observed during the analyzed period. Based on the observed morphological and ontogenetic characteristics, four larval stages were described: yolk-sac, pre-flexion, flexion, and post-flexion. The results expand the knowledge of the early biology of this species, providing relevant information for taxonomic, ecological, and conservation studies, as well as for improving management strategies and larviculture of native ornamental fishes.

Key words: larval development; larviculture; histology; sexual differentiation.

SUMÁRIO

1. Introdução	9
2. Revisão bibliográfica	11
2.1 <i>Caracterização da espécie</i>	11
2.2 <i>Desenvolvimento larval de peixes</i>	13
3. Objetivos	14
3.1 <i>Geral:</i>	14
3.2 <i>Específicos:</i>	14
4. Metodologia	14
4.1 <i>Considerações Éticas</i>	14
4.2 <i>Acondicionamento dos animais</i>	15
4.3 <i>Reprodução artificial</i>	15
4.4 <i>Processamento morfológico</i>	16
4.5 <i>Análises morfométricas</i>	17
4.6 <i>Processamento histológico</i>	18
5. Resultados	19
5.1 <i>Análise Morfológica</i>	19
5.2 <i>Análises morfométricas</i>	24
5.3 <i>Relações corporais</i>	25
5.4 <i>Análises Histológicas</i>	28
6. Discussão	32
7. Considerações finais	37
Referências bibliográficas	38

1. Introdução

Os estudos ontogenéticos fornecem informações sobre mudanças morfológicas e fisiológicas que ocorrem durante o desenvolvimento dos organismos, estando diretamente relacionados à ecologia e à sobrevivência das espécies (Baliga e Mehta, 2016). No caso dos peixes, a ontogenia larval é um processo em constante mudança, em que alterações no estado ontogênico frequentemente coincidem com mudanças na dieta, micro-habitat, comportamento, desempenho natatório ou qualquer associação entre estes (Maciel, 2006).

Nos últimos anos, o interesse científico pelo conhecimento da ontogenia de larvas de peixes nativos tem crescido, uma vez que é essencial para a compreensão da história de vida inicial e da biologia da espécie, para a taxonomia, a larvicultura comercial principalmente para manejo nutricional e planejamento da reprodução e o repovoamento de rios (Nakatani et al., 2001; Maciel, 2006; Azocar et al., 2025). Embora as larvas de diferentes espécies possam apresentar semelhanças entre si nos estágios iniciais (Silva, 2010), o grau de desenvolvimento pode variar consideravelmente entre elas, o que reforça a importância dos estudos morfológicos para a correta identificação taxonômica (Maciel, 2006) e cultivo em laboratório e pisciculturas. Os peixes são amplamente reconhecidos como importantes indicadores da saúde ambiental, especialmente as espécies nativas, que desempenham papel fundamental na detecção precoce de alterações ambientais, muitas vezes antes que danos mais severos se manifestem no ecossistema (Vieira, Almeida et al., 2014). Além disso, os estágios iniciais do ciclo de vida desses organismos apresentam maior sensibilidade às variações ambientais (Ramos et al., 2015), o que os torna bioindicadores ainda mais eficazes para a avaliação dos impactos sobre os ambientes aquáticos.

Apesar do interesse científico, as informações disponíveis sobre dados morfológicos e morfométricos de larvas e juvenis de peixes permanecem fragmentadas e desigualmente distribuídas entre grupos taxonômicos, limitando comparações interespecíficas e interpretações ecológicas de ictioplâncton, pois as mudanças morfológicas e morfométricas estão em consonância com as necessidades de sobrevivência no ambiente (Sala et al. 2005; Devlin et al. 2012). O desenvolvimento inicial normal e a detecção de variações e anomalias morfológicas são, portanto, fundamentais para a compreensão das exigências ecológicas das espécies (Kovac e Copp, 1999), além de permitirem identificar os fatores que influenciam o sucesso do recrutamento populacional (Houde, 1994). Além disso, esses dados também são aplicáveis na melhoria de técnicas de cultivo larval por meio da manipulação de parâmetros ambientais e estratégias nutricionais (Gisbert et al., 2002). Segundo Gisbert (1999) e Kupren et al. (2014), as alterações morfométricas observadas durante o desenvolvimento alométrico ou isométrico de diferentes regiões do corpo, associadas ao comportamento de locomoção e alimentação, constituem parâmetros relevantes para uma análise mais precisa da ontogenia larval dos peixes.

Apesar de o Brasil abrigar uma enorme diversidade de peixes de água doce, apenas uma parte muito pequena dessa diversidade é efetivamente utilizada na aquicultura comercial, desconsiderando-se inclusive importantes espécies ornamentais (Valenti et al., 2021). Essa limitação pode estar relacionada à escassez de informações disponíveis sobre a reprodução e a biologia larval de diversas espécies, aspectos fundamentais para o desenvolvimento de protocolos de produção em cativeiro. No contexto da aquicultura brasileira, observa-se a predominância da produção de espécies exóticas, especialmente da tilápia (*Oreochromis niloticus*), que representa a maior parcela do pescado cultivado no país (Peixe BR, 2024). Em contraste, a participação de espécies nativas ainda é proporcionalmente reduzida, apesar da elevada diversidade íctica brasileira e do potencial econômico desses recursos (Valenti et al., 2021). Esse cenário evidencia a necessidade de ampliar o conhecimento biológico e tecnológico sobre espécies nativas, de modo a subsidiar o desenvolvimento de protocolos de produção mais eficientes e sustentáveis.

A região Neotropical abriga a maior diversidade de peixes de água doce do mundo com mais de 5.000 espécies (Albert, Petry, & Reis, 2011; Reis et al., 2016; Fricke et al., 2026), distribuídas principalmente nas ordens Characiformes e Siluriformes (Eschmeyer, Fricke e van der Laan, 2018). Dentre os Characiformes, destaca-se a família Characidae, a maior e mais diversa, com mais de 1.192 espécies descritas (Fricke, Eschmeyer e Fong, 2019), das quais aproximadamente 90% são de pequeno a médio porte (Malabarba & Weitzman, 2003). O gênero *Moenkhausia*, juntamente com *Astyanax*, *Hemigrammus* e *Hyphessobrycon*, representa 35% das espécies de Characidae (Carvalho et al., 2014) e é formado por 116 espécies válidas, amplamente distribuídas em ambientes de água doce da América do Sul (Eschmeyer e Fricke, 2026). A espécie *M. oligolepis*, conhecida como lambari, piaba ou tetra, tem ampla distribuição na América do Sul, principalmente na bacia Amazônica e nas Guianas (Reis et al., 2016). Essa espécie é caracterizada por apresentar um corpo reticulado, pigmentação avermelhada na margem dorsal do olho, o que lhe confere o nome popular (tetra-olho-de-fogo), e uma mancha escura nos pedúnculos da nadadeira caudal (Queiroz et al., 2013; Soares, 2020). Possui importância econômica por estar na lista de peixes de água doce permitidos à captura, para exploração com fins ornamentais (IBAMA, 2012), o que reforça a necessidade de estudos científicos e conservacionistas da espécie. Diante desse contexto, embora o desenvolvimento larval tenha sido descrito para diversas espécies de Characidae, análises integrativas detalhadas que combinem morfometria, merística, alometria e histologia ainda são escassas para táxons ornamentais da Amazônia. Essa lacuna de conhecimento limita tanto a otimização da larvicultura quanto a identificação precisa dos estágios iniciais de vida em levantamentos ecológicos. Assim, o presente estudo tem como objetivo ampliar o conhecimento sobre *M. oligolepis* por meio de uma descrição integrada dos diferentes estágios do seu desenvolvimento larval, com ênfase nas características morfológicas, morfométricas e histológicas, de modo a fornecer uma base consistente para comparações

ontogenéticas, taxonômicas e aplicações futuras relacionadas à conservação e ao cultivo da espécie.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Caracterização da espécie

O gênero *Moenkhausia* pertence à família Characidae, uma das mais diversas da ordem Characiformes, que reúne grande parte da ictiofauna de água doce da região Neotropical. Essa família é composta majoritariamente por espécies de pequeno a médio porte, com ampla diversidade morfológica, ecológica e comportamental (Mirande, 2010). Compreendendo cerca de 116 espécies válidas (Eschmeyer e Fricke, 2026), o gênero *Moenkhausia* foi inicialmente incluído na subfamília Tetragonopterinae (Eigenmann, 1917), e, posteriormente, foi classificado como *incertae sedis* Characidae (Lima et al., 2003).

Moenkhausia oligolepis (Günther, 1864) (**FIG. 1**), é uma espécie amplamente distribuída na bacia Amazônica e nas Guianas (Eigenmann, 1917). Benine et al. (2009), a partir de análises moleculares de amostras de *M. oligolepis* provenientes de diferentes bacias hidrográficas, demonstraram que essa espécie constitui, na realidade, um complexo de espécies. De acordo com Domingos et al. (2014), o isolamento natural entre as populações que compõem o complexo *M. oligolepis* favorece processos de divergência evolutiva, contribuindo para o surgimento de novas espécies e variantes populacionais, como observado para *M. forestii* na bacia do rio Paraguai.

No estudo filogenético baseado em dados moleculares, Mariguela et al. (2013) alocaram *M. oligolepis* no clado 5, juntamente com *M. sanctaefilomenae*, *M. forestii*, *M. cosmops*, *M. australe* e *Bario steindachneri*. Os autores definem esse grupo com base em um padrão de colorido compartilhado, corroborando a hipótese de Costa (1994) de que *M. oligolepis*, *M. pyrophthalma* e *M. sanctaefilomenae* formam um grupo monofilético. Dentre as espécies do complexo *M. oligolepis* / *M. sanctaefilomenae*, algumas apresentam elevada similaridade morfológica como *M. oligolepis*, *M. sanctaefilomenae*, *M. forestii* e *M. australe*, o que pode dificultar a identificação, sendo a presença de uma quilha pré-pélvica pouco desenvolvida um caráter compartilhado por essas espécies.

Moenkhausia oligolepis apresenta corpo comprimido lateralmente, padrão de escamas laterais do corpo com pigmentação escura em margem posterior, formando um padrão de escamas reticulado, mancha conspícua no pedúnculo caudal que se estende até a base dos raios da nadadeira caudal (Costa, 1994). Os indivíduos dessa espécie são conhecidos popularmente como lambari do olho de fogo, uma vez que se caracterizam pela presença de uma coloração intensamente avermelhada na porção dorsal dos olhos, além de um ventre prateado (Reia, 2018). Seu dimorfismo sexual também se baseia na presença de pequenas

espículas na nadadeira anal dos machos, bem como pela morfologia corporal, cujas fêmeas costumam apresentar corpo mais arredondado e são maiores que os machos (Hojo et al., 2004).

Além de sua importância ecológica, *M. oligolepis* possui relevância econômica por integrar a lista de espécies permitidas para captura e comercialização ornamental no Brasil (IBAMA, 2012). Além disso, análises morfológicas e genéticas de populações naturais destacam a necessidade de estratégias de conservação e manejo sustentável, especialmente em virtude de sua ampla coleta para o comércio de aquarismo (Domingos et al., 2014). Estudos com desenvolvimento embrionário em laboratório evidenciam seu potencial como espécie modelo para pesquisas reprodutivas e biotecnológicas, o que pode contribuir tanto para o manejo reprodutivo quanto para a conservação de espécies ornamentais (Dos Santos et al., 2021; Rodrigues et al., 2020; Miranda et al., 2023). Apesar disso, informações sobre sua biologia reprodutiva e desenvolvimento inicial ainda são limitadas, o que reforça a necessidade de estudos voltados à ontogenia larval da espécie.



Figura 1. Exemplar fêmea de *Moekhausia oligolepis*. Barra de escala: 1 cm. Fonte: (dos Santos, 2021).

2.2 Desenvolvimento larval de peixes

O desenvolvimento larval em peixes representa uma das fases mais críticas do ciclo de vida, caracterizada por intensas transformações morfológicas, fisiológicas e comportamentais que condicionam a sobrevivência dos indivíduos e o sucesso do recrutamento populacional (Balon, 1975; Houde, 1994;

Sautereau et al., 2024). Esse período compreende desde o momento da eclosão até a aquisição da morfologia juvenil, podendo variar amplamente entre espécies em função de fatores genéticos e ambientais, como temperatura, disponibilidade de alimento e qualidade do habitat (Blaxter, 2012).

A maioria das larvas de peixes de água doce eclodem em estágio pouco desenvolvido, apresentando corpo transparente, saco vitelino volumoso, trato digestório indiferenciado e órgãos sensoriais (Govoni et al., 1986; Nakatani et al., 2001; Enemir et al., 2016), além de sistema imunológico ainda em formação (Buchmann, 2024). Durante o estágio inicial, a nutrição é endógena, sendo o saco vitelino a principal fonte energética até a abertura da boca e o início da alimentação exógena (Shahsavarani et al., 2002). A transição entre a nutrição endógena e exógena é considerada um dos momentos de maior vulnerabilidade do desenvolvimento larval, uma vez que ocorre antes da completa maturação do sistema digestório e das glândulas associadas (Lasker et al., 1970; Kamler, 2012; Benini et al., 2022). Falhas na sincronia entre a absorção do vitelo e a disponibilidade de alimento externo podem resultar em elevadas taxas de mortalidade.

Durante o desenvolvimento larval, observa-se a diferenciação progressiva dos principais sistemas orgânicos, incluindo o sistema digestório, respiratório, sensorial e locomotor (Osse & van den Boogaart, 1999; Moorman, 2001; Portella et al., 2014). A flexão da notocorda constitui um marco ontogenético amplamente utilizado para a classificação dos estágios larvais, refletindo o início da formação da nadadeira caudal definitiva e a reorganização do eixo corporal (Ahlstrom & Ball, 1954; Kendall Jr. 1984; Arevalo et al., 2023). Esses eventos estão diretamente associados a mudanças no comportamento, no habitat ocupado e nas estratégias alimentares das larvas. O padrão de crescimento dos peixes passa por rápidas modificações durante as fases iniciais do ciclo de vida, o que torna necessária sua mensuração em curtos intervalos de tempo (Pepin, 2024; Rigg et al. 2025). Nesse contexto, Ehlinger (1991) destaca que a discriminação morfométrica do crescimento constitui um dos principais desafios funcionais, uma vez que, quando associada à descrição das variações morfológicas, aumenta a probabilidade de identificar transformações correlacionadas que conduzem à diferenciação entre larvas, juvenis e adultos nas populações. O estudo do desenvolvimento inicial de peixes pode ser abordado sob diferentes perspectivas, incluindo aspectos morfológicos, taxonômicos e ecológicos, e investigações sobre as fases iniciais de vida fornecem informações relevantes para a sistemática das espécies, o monitoramento de estoques e a biologia pesqueira, contribuindo para a identificação de áreas de desova, estimativas de abundância e compreensão da dinâmica populacional (Orsi et al., 2016; Pepin, 2024).

Apesar dos avanços nas técnicas de reprodução, alimentação e manejo na piscicultura, diversos desafios ainda persistem, especialmente na larvicultura de peixes, que continua sendo um dos principais gargalos na produção de larvas e juvenis (Beerli et al., 2004). A identificação de ovos e larvas de peixes

constitui um desafio para a taxonomia, uma vez que essas fases iniciais apresentam características morfológicas distintas das observadas nos adultos, o que, em muitos casos, pode levar à sua atribuição a gêneros diferentes ou até mesmo a famílias distintas daquelas reconhecidas para os adultos (Reynalte et al., 2020; Jiang et al., 2024).

3. Objetivos

3.1 Geral:

- Descrever os estágios do desenvolvimento larval de *Moenkhausia oligolepis*, bem como determinar as janelas críticas do desenvolvimento e suas implicações para o manejo larval e a otimização do cultivo da espécie.

3.2 Específicos:

- Caracterizar os padrões de crescimento corporal ao longo do desenvolvimento larval;
- Elucidar as transformações morfológicas que definem cada estágio do desenvolvimento larval;
- Determinar a organização interna progressiva dos sistemas orgânicos, e identificar o momento da diferenciação gonadal;

4. Metodologia

4.1 Considerações Éticas

As coletas seguiram as normas e autorização ICMBio mediante requisição via Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO (Autorização N° 94406-1), e ocorreram em ambiente natural em ponto previamente estabelecido (-4.3316041, -49.0635611) na cidade de Jacundá - PA. Todos os procedimentos experimentais seguiram as diretrizes de manutenção e manejo estabelecidas pelo Conselho Canadense de Cuidados com Animais (2005) e pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), com aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa) (Protocolo n° 23479.010692/2021-16). O estudo priorizou o bem-estar animal e minimizou o estresse durante os experimentos.

4.2 Acondicionamento dos animais

Os peixes foram mantidos em 2 aquários de 40 litros com densidade de 15 peixes em cada, equipados com aeração artificial contínua e filtragem biológica, vegetação sintética, e fotoperíodo constante de 12 horas de luz e 12 horas de escuro com temperatura na média de 25°C. A alimentação foi

realizada duas vezes ao dia até a saciedade aparente, com ração comercial contendo 28% de proteína bruta. O fotoperíodo foi controlado com iluminação artificial, simulando um ciclo claro/escuro de 12 horas.

4.3 Reprodução artificial

Cinco machos e quatro fêmeas de *M. oligolepis* foram anestesiados com 1 ml solução de eugenol (20 ml de eugenol em 180 ml de álcool 100%, BIODINÂMICA) diluída em 800 ml de água, e então submetidos à indução hormonal com extrato bruto de hipófise de carpa (EHC). Para preparar essa solução, uma hipófise de carpa de 2 mg foi macerada e diluída em 2 mL de solução fisiológica (0,9% NaCl). A injeção foi realizada intraperitonealmente abaixo da nadadeira peitoral dos espécimes, no sentido cefalo-caudal, com o auxílio de seringa de insulina (0,5 ml) (DOS SANTOS et al., 2021). As Fêmeas receberam duas doses de 0,1 ml de EHC, com intervalo de 12 h entre as doses, com a finalidade de maturação e liberação dos oócitos, respectivamente. A espermiacção nos machos foi induzida por dose única de 0,05 ml de EHC, no momento da aplicação da segunda dose nas fêmeas.

Após as injeções, as matrizes foram mantidas em seus aquários de 13 litros, com aeração constante, temperatura média de 23,7°C e pH 7,6 durante um período de seis horas, para corte reprodutiva, liberação e fertilização seminatural dos gametas. Nesses aquários, os parentais permaneceram em redes submersas, separando-os do fundo do aquário onde os embriões são depositados. Esse protocolo é utilizado para evitar a ingestão dos embriões pelas próprias matrizes, haja vista que trata-se de uma espécie sem cuidado parental.

4.4 Delineamento experimental

A eclosão ocorreu 16 horas após a fertilização, sob temperatura de 23,7 °C e pH 7,6. Após a eclosão, os embriões foram transferidos para três aquários de 8 L, mantidos sob aeração suave. O acompanhamento do desenvolvimento larval foi realizado durante 30 dias após a eclosão. A coleta das larvas foi realizada em diferentes intervalos de tempo, com maior frequência nas primeiras 24 horas pós-eclosão, período caracterizado por mudanças morfológicas mais intensas. Durante esse período, as coletas ocorreram nos seguintes intervalos: 0–6 horas pós-eclosão, com amostragens a cada 2 horas (0, 2, 4 e 6 hpe), e de 6–22 horas pós-eclosão, com amostragens a cada 4 horas (10, 14, 18 e 22 hpe). A partir do segundo dia após a eclosão, as coletas passaram a ser realizadas diariamente até o final do período experimental. Em cada coleta, 10 larvas foram retiradas cuidadosamente dos aquários com auxílio de pipetas plásticas para análise morfológica e morfométrica e posteriormente fixadas em glutaraldeído a 2,5% (tampão fosfato bibásico 0,2 M, pH 7,4) para análise histológica. Ao final do experimento foram analisados 311 indivíduos, sendo 40 no estágio larval vitelino, 111 em pré-flexão, 80 em flexão e 80 em

pós-flexão. Três dias após a eclosão, quando a boca já se encontrava aberta e o vitelo reduzido, as larvas passaram a receber alimentação com náuplios de *Artemia* (Ocean Star International Inc., EUA), fornecidos três vezes ao dia. Os resíduos alimentares e detritos acumulados eram removidos por sifonagem nos períodos da manhã e da tarde. Paralelamente, realizava-se a troca parcial diária de 30% da água, visando manter condições adequadas de cultivo. Durante o período experimental, foram monitorados o pH e a temperatura da água, mantendo-se a temperatura média de $25,36 \pm 0,64$ °C e pH $7,28 \pm 1,11$. O sistema foi mantido sob fotoperíodo controlado de 12 horas de luz e 12 horas de escuro.

4.5 *Processamento morfológico*

Foi realizada a análise dos indivíduos de cada estágio para averiguar/conferir sua morfologia corporal. Essa análise e classificação larval em diferentes estágios foram baseadas em Ahlstrom & Ball (1954) modificada por Nakatani et al. (2001), que consiste em: larvas vitelinas, pré-flexão, flexão, pós-flexão, seguindo a sequência de desenvolvimento utilizando-se como critério principal o nível de flexão da estrutura final da notocorda, formação dos raios das nadadeiras e seus elementos de suporte. A descrição de cada estágio foi baseada no grau de desenvolvimento e na ocorrência dos principais eventos morfológicos.

- Estágio larval vitelino (LV) – estágio de desenvolvimento compreendido entre a eclosão e o início da alimentação exógena, com ausência do vitelo.
- Estágio de pré-flexão (PF) – estágio de desenvolvimento que se estende desde o início da alimentação exógena até o início da flexão da notocorda, com o aparecimento dos elementos de suporte que originaram a nadadeira caudal (raios caudais).
- Estágio de flexão (FL) – estágio de desenvolvimento que se caracteriza pelo início da flexão da notocorda, com o aparecimento dos elementos de suporte da nadadeira caudal, até a completa flexão, e aparecimento do botão da nadadeira dorsal e anal para algumas espécies.
- Estágio de pós-flexão (FP) – estágio de desenvolvimento que se caracteriza a partir da completa flexão da notocorda e aparecimento do botão das nadadeiras dorsal e anal até a completa formação dos raios das nadadeiras.

4.6 *Análises morfométricas*

As larvas foram dispostas separadamente em placa de Petri e fotodocumentadas com uso de um microscópio estereoscópio (LUMEN), adaptador universal (ÓPTICA) e câmera de *Iphone* em 12

megapixels (Apple Inc.,2019) (Siqueira-Silva et al., 2025). Em seguida, foi realizada a mensuração morfométrica das larvas fotografadas com auxílio do *software ImageJ/FIJI* (versão bundled with 64-bit Java 8). Foram mensuradas as seguintes medidas corporais, expressas em milímetros, de acordo com Nakatani *et al.* (2001): Comprimento padrão (CP), distância do olho à boca (OB), diâmetro do olho (DO), comprimento da cabeça (CC), altura da cabeça (ACB), comprimento pré-anal (PreAL), comprimento da notocorda (CN), altura do corpo (ACO), comprimento do vitelo (CV) e altura do vitelo (AV) (**FIG. 2**). Para caracterização merística foram quantificados, sempre que possível, o número de miômeros total, bem como os raios das nadadeiras caudal, anal e dorsal (Nakatani, 2001). Para avaliar os padrões de crescimento relativo entre as estruturas corporais e o comprimento padrão e o comprimento da cabeça, foram estabelecidas relações alométricas entre cada variável morfométrica (Y) e as variáveis independentes (X) ao longo do desenvolvimento larval. As seguintes relações foram analisadas: comprimento padrão, altura da cabeça, distância do olho à boca e diâmetro do olho em relação ao comprimento da cabeça; e comprimento da cabeça, altura da cabeça, comprimento da notocorda, distância pré-anal e altura do corpo em relação ao comprimento padrão.

As relações morfométricas foram analisadas por meio de regressões lineares simples ajustadas a dados previamente transformados em log10, com o objetivo de linearizar relações alométricas do tipo potencial ($Y = aX^b$) e estabilizar a variância. A transformação log–log converte o modelo potencial na forma linear $\log(Y) = \log(a) + b \log(X)$, em que Y representa a variável dependente, X a variável independente a o intercepto da regressão e b o coeficiente angular, interpretado como expoente de crescimento alométrico.

Para cada regressão foram estimados o tamanho amostral efetivo (n), o intercepto (a), o coeficiente angular (b), o intervalo de confiança de 95% do coeficiente b (IC95%), o coeficiente de determinação (R^2), o valor de p do modelo e o valor de p do teste formal de isometria ($H_0: b = 1$). O IC95% de b foi calculado a partir do erro-padrão da regressão, permitindo avaliar a precisão da estimativa e verificar se o valor 1 estava contido no intervalo. A hipótese de isometria foi testada formalmente por meio de teste t aplicado ao coeficiente angular do modelo linear. O crescimento foi classificado como isométrico quando b não diferiu estatisticamente de 1 ($p \geq 0,05$), alométrico positivo quando $b > 1$ e $p < 0,05$, e alométrico negativo quando $b < 1$ e $p < 0,05$.

A normalidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Shapiro–Wilk e a homocedasticidade foi avaliada pelo teste de Breusch–Pagan. O nível de significância adotado foi $\alpha = 0,05$ e todas as análises foram realizadas no software R (versão 4.2.2).

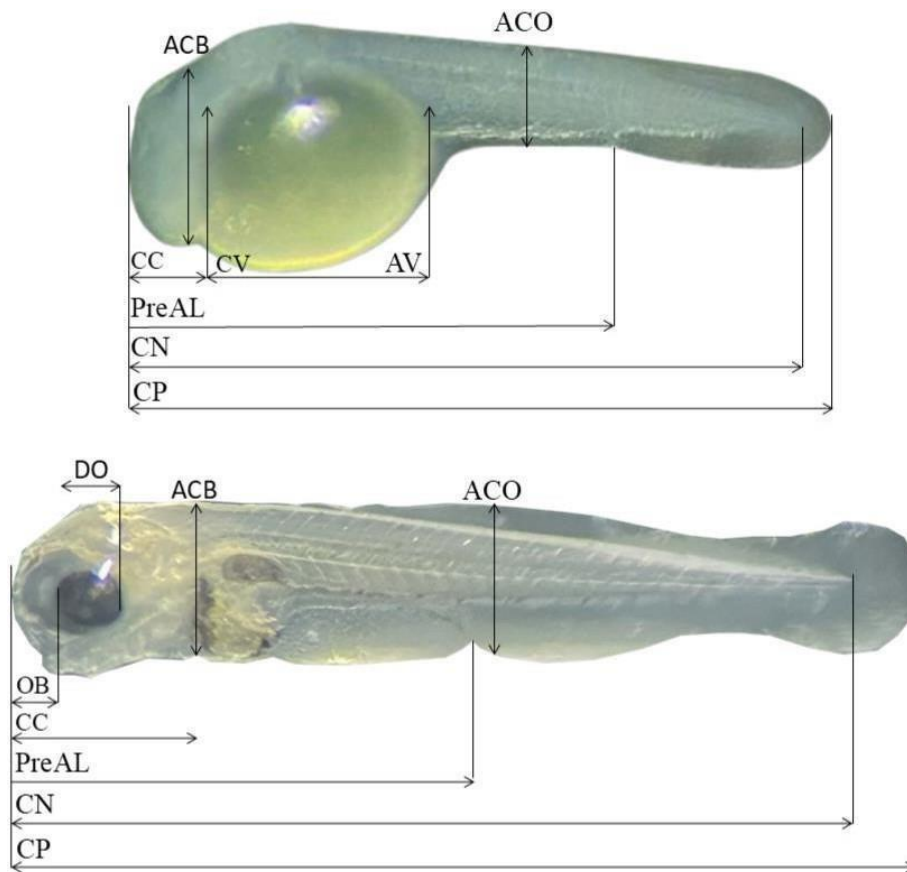


Figura 2. Diagrama esquemático das medidas morfométricas das larvas de *Moenkhausia oligolepis*. Comprimento padrão (CP), distância do olho à boca (OB), diâmetro do olho (DO), comprimento da cabeça (CC), altura da cabeça (ACB), comprimento pré-anal (PreAL), comprimento da notocorda (CN), altura do corpo (ACO), comprimento do vitelo (CV) e altura do vitelo (AV).

4.7 Processamento histológico

As larvas fixadas foram desidratadas em sucessivas passagens em álcoois de graduação crescente (70%, 80% e 95%). Em seguida, foram incluídas em resina em três etapas: pré-infiltração, infiltração e inclusão. O material foi cortado em seções de 4 micrômetros utilizando um micrótomo rotativo manual (LUPETEC, MRP, 2015) equipado com uma lâmina de aço (LUPETEC). As lâminas histológicas foram coradas com azul de toluidina e, posteriormente, analisadas utilizando microscópio óptico (NIKON, ECLIPSE). A fotodocumentação foi realizada com câmera de Iphone (Apple Inc., 2019) 12 megapixels (Siqueira-Silva et al., 2025).

5. Resultados

5.1 Análise Morfológica

A avaliação dos estágios larvais de *M. oligolepis* revelou características notáveis em cada estágio do desenvolvimento. Observou-se o desenvolvimento do saco vitelino, poro anal, nadadeira membranosa, desenvolvimento dos olhos, flexão da notocorda e desenvolvimento dos raios das nadadeiras (**Quadro 1**).

Quadro 1. Caracterização dos estágios larvais de *M. oligolepis*. (DAE) dias após eclosão; (CP) comprimento padrão; (mm) milímetros.

ESTÁGIOS	DAE	CP (mm)	DESCRIÇÃO
Larval vitelino	0-3	1,62 - 4,13 (3,05±0,87)	Após a eclosão, as larvas ainda não possuíam a boca aberta, a cabeça estava inclinada para baixo, apresentavam corpo transparente, notocorda reta, nadadeira embrionária, poro pré-anal visível e glândula adesiva na região dorsal da cabeça, o saco vitelino era volumoso, oval e de coloração amarelada. Dez horas após a eclosão observaram-se cromatóforos, células de pigmentação isoladas na borda do vitelo. Por volta de 14 horas surgiu uma leve pigmentação na parte anterior dos olhos e às 22 horas essa pigmentação circundou a vesícula óptica, além de aparecer em pequena quantidade na parte dorsal do corpo. Dois dias após a eclosão, os olhos estavam pigmentados, as nadadeiras peitorais já eram visíveis. Aos 3 dias após a eclosão, houve intensificação de pigmentação na borda do vitelo, parte dorsal do corpo e região da bexiga natatória, que começava a se inflar. (Fig. 3 A-B).
Pré-flexão	4-14	3,33-6,21 (4,25±0,47)	Apresentaram boca aberta e olhos com pigmentação completa, o vitelo já estava totalmente absorvido, nadadeira peitoral presente e funcional. Cromatóforos distribuídos pelo corpo, incluindo a bexiga natatória e a região do opérculo. As principais estruturas visíveis eram o poro pré-anal, a nadadeira embrionária, a notocorda reta e a bexiga natatória. (Fig. 3 C-D).

Flexão	15-22	5,33-7,74 (6,33±0,56)	Apresentaram início dos raios da nadadeira caudal, pigmentação distribuída pelo corpo e cabeça, além de estar presente na bexiga natatória e na região do opérculo. As estruturas visíveis incluíam o poro pré-anal, a nadadeira embrionária e a notocorda levemente flexionada. Aos 20 dias após a eclosão, a notocorda apresentava-se ainda mais flexionada. Com 21 dias, observou-se redução da nadadeira membranosa, presença dos raios da nadadeira anal e a bexiga natatória dividida em duas regiões, além da presença de cromatóforos na nadadeira caudal.(Fig. 3 E-F).
Pós-flexão	23-30	6,41-10,0 (8.01±0,89)	Presença da nadadeira peitoral, assim como os raios das nadadeiras caudal, anal, dorsal e pélvica. Surgimento da nadadeira adiposa com 28 dias e com 30 dias o surgimento inicial de escamas. A pigmentação estava amplamente distribuída por todo o corpo, com um aumento de cromatóforos. As estruturas visíveis incluíam o poro pré-anal, notocorda totalmente flexionada tornando-se menos visível devido à sua transparência e maior redução da nadadeira embrionária, bexiga natatória dividida em duas regiões. (Fig. 3 G-H).

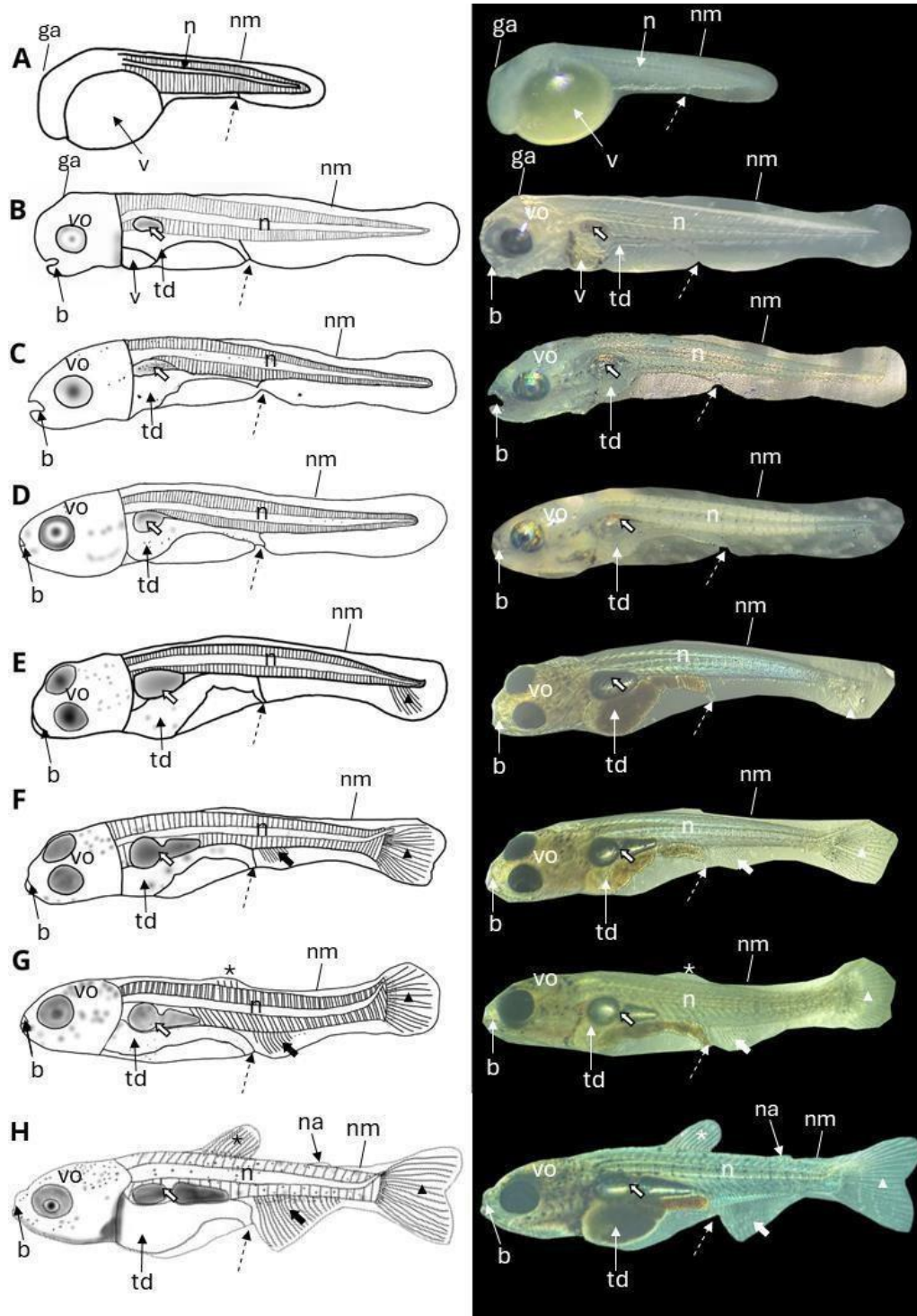


Figura 3. Características morfológicas de larvas de *Moenkhausia oligolepis* nos estágios do desenvolvimento inicial: A e B: Larval vitelino; C e D: Pré-flexão; E e F: Flexão; G e H: Pós-flexão. A e B: ga: glândula adesiva; v: vitelo; n: notocorda; seta tracejada: poro anal; nm: nadadeira membranosa; vo: vesícula óptica; b: boca; td: trato digestório; seta oca: bexiga natatória. C e D: vo: vesícula óptica; b: boca; n: notocorda; seta tracejada: poro anal; td: trato digestório; nm: nadadeira membranosa; seta oca: bexiga natatória; ponta de seta: raios caudais. E e F: vo: vesícula óptica; b: boca; n: notocorda; seta tracejada: poro anal; td: trato digestório; nm: nadadeira membranosa; seta oca: bexiga

natatória; ponta de seta: raios caudais; seta grossa: raios anais. G e H: vo: vesícula óptica; b: boca; n: notocorda; seta tracejada: poro anal; td: trato digestório; nm: nadadeira membranosa; seta oca: bexiga natatória; ponta de seta: raios caudais; seta grossa: raios anais; asterisco: raios dorsais; na: nadadeira adiposa.

Os principais eventos do desenvolvimento inicial estão sintetizados na Figura 5. Nela é apresentada a sequência temporal dos marcos ontogenéticos ao longo dos dias após a eclosão, associada ao comprimento padrão médio e aos estágios larvais. A eclosão ocorreu no dia 0, com larvas apresentando comprimento padrão médio de 1,7 mm, no estágio vitelino. No segundo dia após a eclosão, observou-se o início da natação ativa, associado à presença da nadadeira peitoral e à inflação da bexiga natatória. O início da alimentação exógena ocorreu no terceiro dia após a eclosão, concomitantemente à abertura da boca e à redução do saco vitelínico. O comportamento canibalista foi observado a partir do quarto dia após a eclosão, coincidindo com o início do estágio de pré-flexão. A aquisição da propulsão caudal ocorreu 15 dias após a eclosão, momento em que se iniciou a flexão da notocorda e o surgimento dos raios da nadadeira caudal, com comprimento padrão médio de aproximadamente 6.0 mm, no estágio de flexão. O aprimoramento do controle hidrostático foi registrado por volta do 22º dia após a eclosão, com a diferenciação da bexiga natatória em duas regiões, próximo ao final do estágio de flexão. No início do estágio de pós-flexão, as larvas atingiram comprimento padrão médio de aproximadamente 6.8 mm, e ao final do estágio, por volta do 30º dia após a eclosão, ocorreu a transição larva-juvenil, associada ao desenvolvimento das nadadeiras e ao início da formação das escamas com comprimento padrão médio de 8.0 mm (FIG. 4).

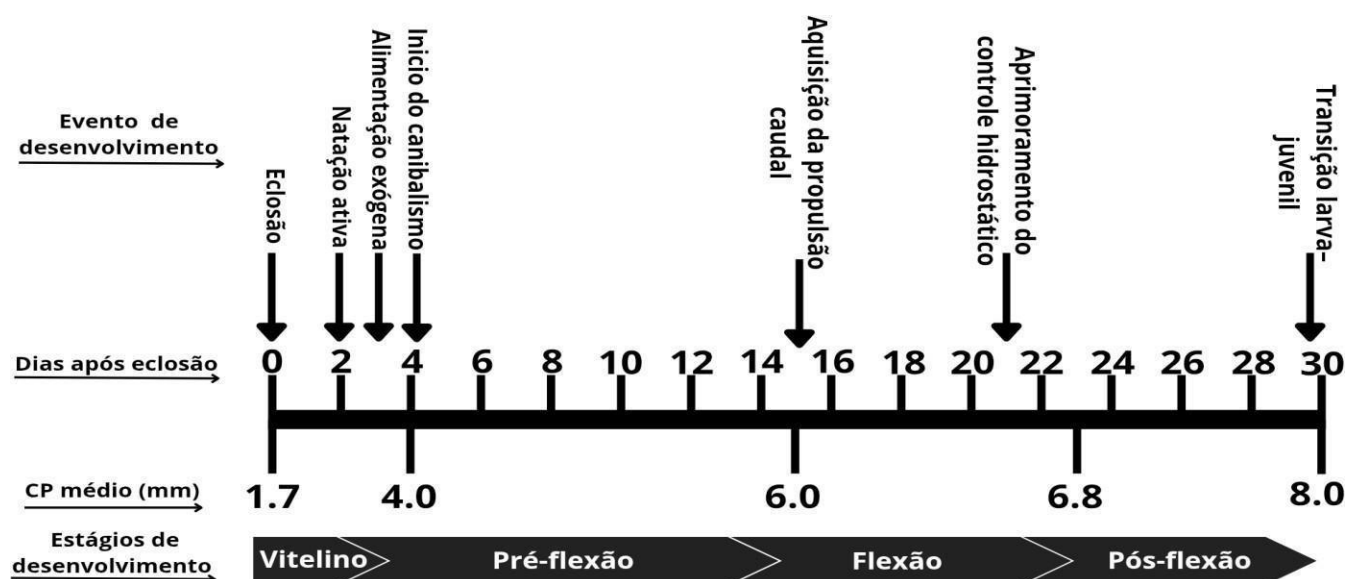


Figura 4. Principais eventos de desenvolvimento de *Moenkhausia oligolepis* durante os estágios larvais.

CP: Comprimento padrão; mm: milímetros.

5.2 Análises morfométricas

Os dados morfométricos do desenvolvimento larval de *M. oligolepis* evidenciaram crescimento progressivo das estruturas corporais ao longo dos estágios larvais, desde o estágio larval vitelino até a pós-flexão com exceção do saco vitelínico que a parte do estágio de pré-flexão já não estava mais presente. (Tab. 1).

Tabela 1. Média e desvio padrão das medidas morfométricas das estruturas de larvas de *Moenkhausia oligolepis*.

Variáveis	Vitelino N: 40	Pré-flexão N:111	Flexão N:80	Pós-flexão N:80
CP	3.055±0.870	4.256±0.471	6.333±0.563	8.011±0.899
CC	0.491±0.255	1.021±0.146	1.445±0.146	1.907±0.269
ACB	0.520±0.218	0.761±0.099	1.153±0.169	1.405±0.106
DO	0.184±0.113	0.322±0.045	0.511±0.074	0.685±0.094
OB	0.139±0.089	0.250±0.089	0.336±0.050	0.422±0.078
CV	0.569±0.135	—	—	—
AV	0.392±0.085	—	—	—
PreAL	1.722±0.366	2.169±0.307	3.440±0.319	4.194±0.440
CN	2.889±0.790	3.933±0.444	5.896±0.537	7.080±0.784
ACO	0.458±0.161	0.628±0.129	0.887±0.097	0.989±0.198

Legenda: (CP) comprimento padrão; (CC) comprimento da cabeça; (ACB) altura da cabeça; (DO) Diâmetro do olho; (OB) distância do olho a boca; (CV) Comprimento do vitelo; (AV) Altura do vitelo; (PreAL) Comprimento pré anal; (CN) Comprimento da notocorda; (ACO) Altura do corpo; (N) Numero amostral; (mm) milímetros.

Os dados merísticos evidenciaram variações no número de elementos estruturais ao longo do desenvolvimento larval de *M. oligolepis*, considerando a contagem de miômeros e de raios das nadadeiras. O número de miômeros pôde ser claramente observado nos estágios iniciais, quando a elevada transparência corporal permitia a visualização dos segmentos musculares. Entretanto, com o avanço do desenvolvimento, verificou-se redução na capacidade de contagem desses elementos, em decorrência da perda gradual de transparência e do espessamento da musculatura, o que dificultou sua delimitação

individual. Já os raios das nadadeiras apresentaram aumento progressivo ao longo dos estágios larvais. O padrão observado demonstra desenvolvimento sequencial dos elementos merísticos (**Tab. 2**).

Tabela 2. Intervalo mínimo e máximo dos caracteres merísticos em larvas de *Moenkhausia oligolepis* ao longo dos estágios de desenvolvimento.

Características merística	Larval vitelino	Pré-flexão	Flexão	Pós-flexão
Números de miômeros	26 - 32	25-38	23-34	15 - 25
Raios nadadeira caudal	—	—	05 - 19	21 - 24
Raios nadadeira anal	—	—	06 - 07	09 - 18
Raios nadadeira dorsal	—	—	—	04 - 18

5.2 Relações corporais

As relações morfométricas analisadas apresentaram ajuste significativo ao modelo potencial, evidenciado por elevados coeficientes de determinação e valores de p inferiores a 0,001. Os parâmetros estimados das regressões alométricas encontram-se apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros das regressões alométricas para as relações morfométricas em larvas de *Moenkhausia oligolepis*

Relação morfométrica	a	b	Tipo de crescimento	IC95%(b)	R^2	p	n
CC X OB	-1.377	0.736	Alometria negativa	0.683 - 0.789	0.716	<0.001	301
CC X DO	-1.045	0.924	Alometria negativa	0.882 - 0.965	0.865	<0.001	301
CC X ACB	-0.189	0.763	Alometria negativa	0.738 - 0.788	0.921	<0.001	311
CP X CC	-2.162	1.389	Alometria positiva	1.329 - 1.448	0.874	<0.001	311
CP X ACB	-1.971	1.139	Alometria positiva	1.104 - 1.117	0.930	<0.001	311
CP X CN	0.005	0.945	Alometria negativa	0.933 - 0.957	0.988	<0.001	311
CP X PreAL	-0.945	0.945	Alometria negativa	0.921 - 0.969	0.952	<0.001	311
CP X ACO	0.865	0.866	Alometria negativa	0.820 - 0.910	0.822	<0.001	311

Legenda: a: intercepto; b: coeficiente de crescimento; IC95%(b): intervalo de confiança de 95% para b inferior e superior; R^2 : coeficiente de determinação; p: nível de significância; n: número de larvas analisadas. (CP) comprimento padrão; (CC) comprimento da cabeça; (ACB) altura da cabeça; (DO) Diâmetro do olho; (OB) distância do olho a boca; (CV) Comprimento do vitelo; (AV) Altura do vitelo; (PreAL) Comprimento pré anal; (CN) Comprimento da notocorda; (ACO) Altura do corpo.

A análise alométrica ontogenética revelou padrões distintos de crescimento entre as estruturas cefálicas e corporais das larvas de *M. oligolepis*. As relações entre o comprimento da cabeça (CC) e a distância olho–boca (OB) ($b = 0,736$), bem como entre CC e a altura da cabeça (ACB) ($b = 0,763$),

apresentaram alometria negativa, indicando que essas estruturas cresceram, proporcionalmente, menos que o comprimento da cabeça. Em contraste, o diâmetro do olho (DO) ($b = 0,924$) apresentou crescimento próximo à isometria, evidenciando uma taxa de crescimento mais proporcional em relação ao CC (**Fig. 5**).

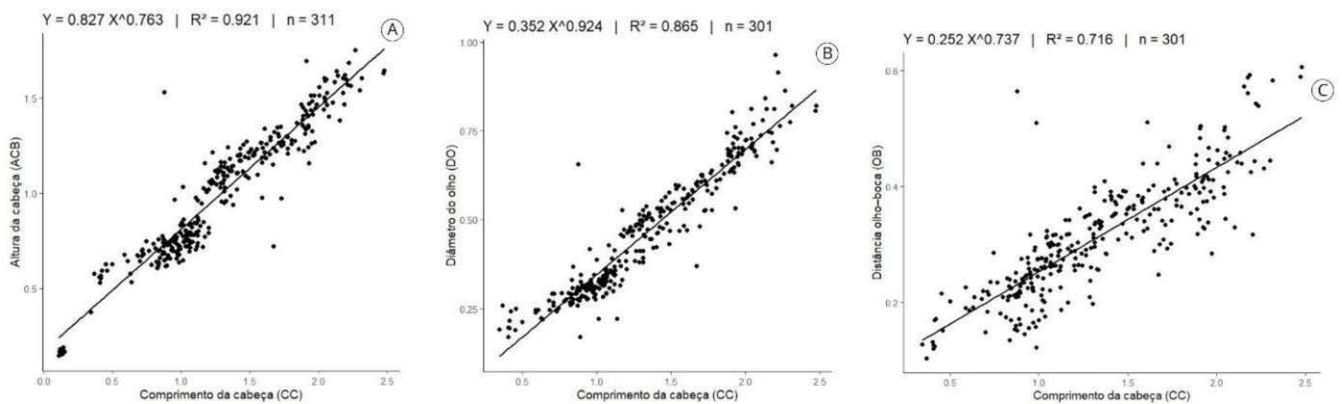


Figura 5. Relações corporais de *Moenkhasuia oligolepis* obtidas em função do comprimento da cabeça: A - altura da cabeça, B - diâmetro do olho e C - distância do olho à boca. Milímetros (mm).

Em relação ao comprimento padrão (CP), os resultados evidenciaram alometria positiva para o crescimento cefálico. A relação entre CC e CP apresentou coeficiente elevado ($b = 1,389$), indicando que a cabeça cresce mais rapidamente que o corpo. De forma semelhante, a altura da cabeça em relação ao CP também exibiu alometria positiva ($b = 1,139$) (**Fig. 6**). Por outro lado, as estruturas corporais, como o comprimento da notocorda (CN) ($b = 0,945$) e a distância pré-anal (PreAL) ($b = 0,945$), apresentaram crescimento próximo à isometria, sugerindo desenvolvimento proporcional ao comprimento do corpo. A exceção da altura do corpo (ACO), que apresentou alometria negativa ($b = 0,866$), indicando crescimento proporcionalmente mais lento em relação ao comprimento padrão (**Fig. 6**).

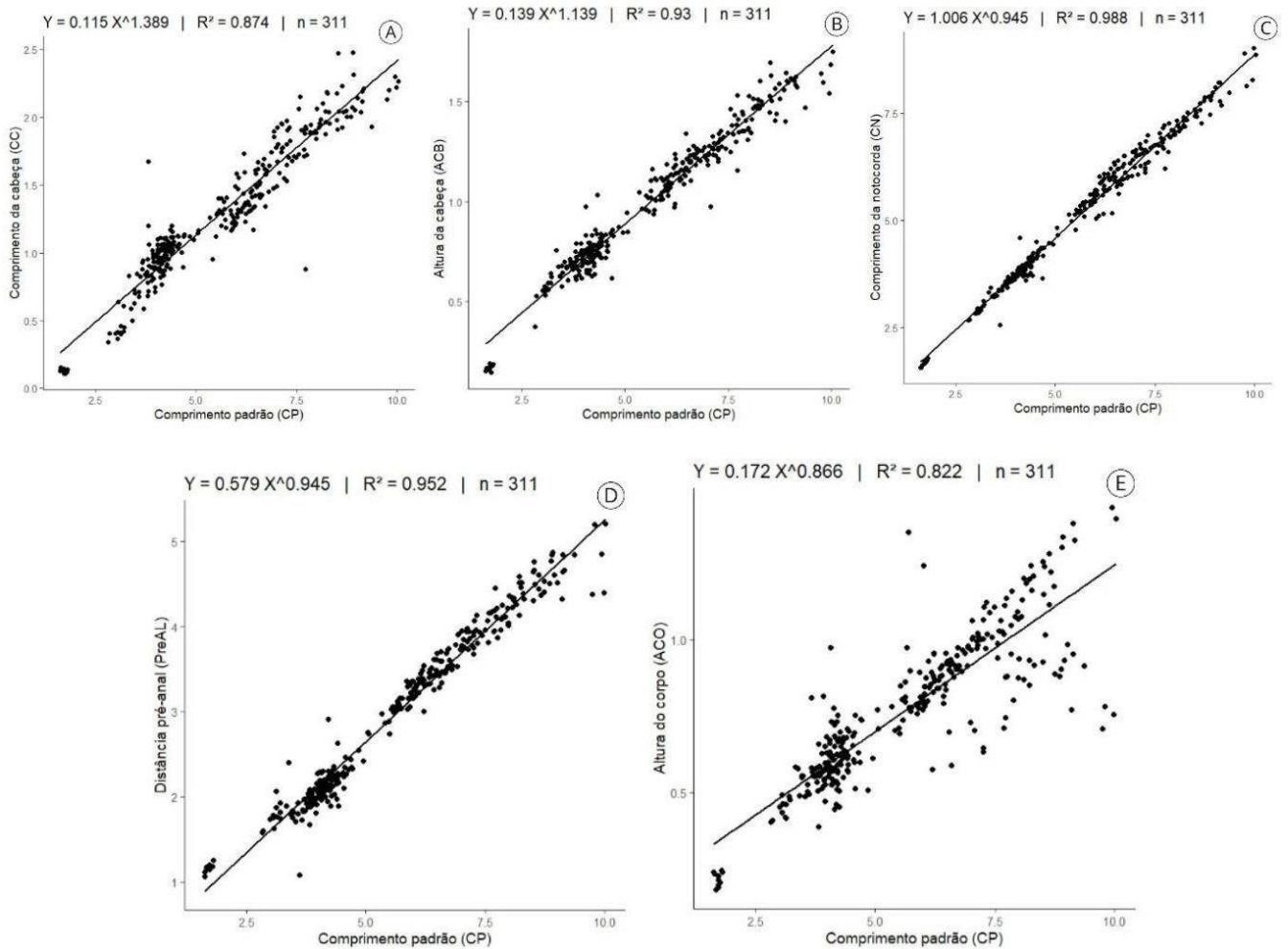


Figura 6. Relações corporais de *Moenkhausia oligolepis* obtidas em função do comprimento padrão: A - comprimento da cabeça; B - altura da cabeça; C - comprimento da notocorda, D - distância pré-anal e E - altura do corpo. Milímetros (mm).

5.4 Análises Histológicas

Durante o estágio inicial do desenvolvimento larval de *M. oligolepis* foi possível observar estruturas como miômeros, notocorda, saco vitelino volumoso, encéfalo, um coração rudimentar na cavidade pericárdica anteriormente ao saco vitelino. A vesícula óptica já havia invaginado, formando a taça óptica, bem como o cristalino (**Fig. 7A**). Também estava presente um tubo reto e simples na região ventral da larva, representando o esboço do tubo digestório primitivo. Ele estava indiferenciado, com um tecido semelhante e contínuo ao tegumento, penetrando diretamente na parte posterior do saco vitelino no momento da eclosão (**Fig. 7B**). À medida que o desenvolvimento prosseguia, observou-se que o sistema digestório se encontrava diferenciado com 3 DAE, apresentando cavidade bucofaringea, pequenos dentes iniciais, esôfago e intestino. A boca, a faringe e o ânus tornaram-se completamente abertos, e o esôfago,

um tubo curto e estreito em continuidade com a cavidade bucofaríngea, se conectava ao intestino (**Fig. 7C**).

As estruturas sensoriais e relacionadas à natação e respiração, como narina, olhos pigmentados por cromatóforos e suas camadas celulares completas, bexiga natatória inflada e arcos branquiais localizados sob o opérculo apresentando maior definição, com evidência das lamelas secundárias (**Fig. 7C**) O epitélio esofágico exibiu células mucosas ou secretoras, e o fígado também estava presente (**Fig. 7D**). As lamelas primárias estavam em desenvolvimento, apresentando brotos para o desenvolvimento das lamelas secundárias com 4 DAE (**Fig. 7E**). Com o avanço do desenvolvimento, surgiram novos dentes originados do epitélio bucal, a bexiga natatória inflada estava dividida em duas regiões. O epitélio intestinal apresentava bordas em escova e a presença de material digerido foi observada no intestino. Houve a expansão do trato digestório, com maior capacidade de passagem de alimento, e o intestino estava dividido em intestino anterior, médio e posterior (**Fig. 7F**) com a presença de células caliciformes, secretoras de muco, para facilitar o transporte do alimento e proteger a mucosa das pregas do intestino (**Fig. 7G**). As células caliciformes também estavam presentes no esôfago (**Fig. 7H**). A vacuolização hepática é notável (**Fig. 7I**) em relação a um estágio anterior (**Fig. 7D**), pode indicar aumento da atividade metabólica associada à reorganização funcional do fígado. Posteriormente, as lamelas secundárias já estavam presentes (**Fig. 7J**). Com o desenvolvimento da visão das larvas é possível observar a camada pigmentar mais externa, nervo óptico, cristalino e corpo vítreo com 23 DAE (**Fig. 7K**).

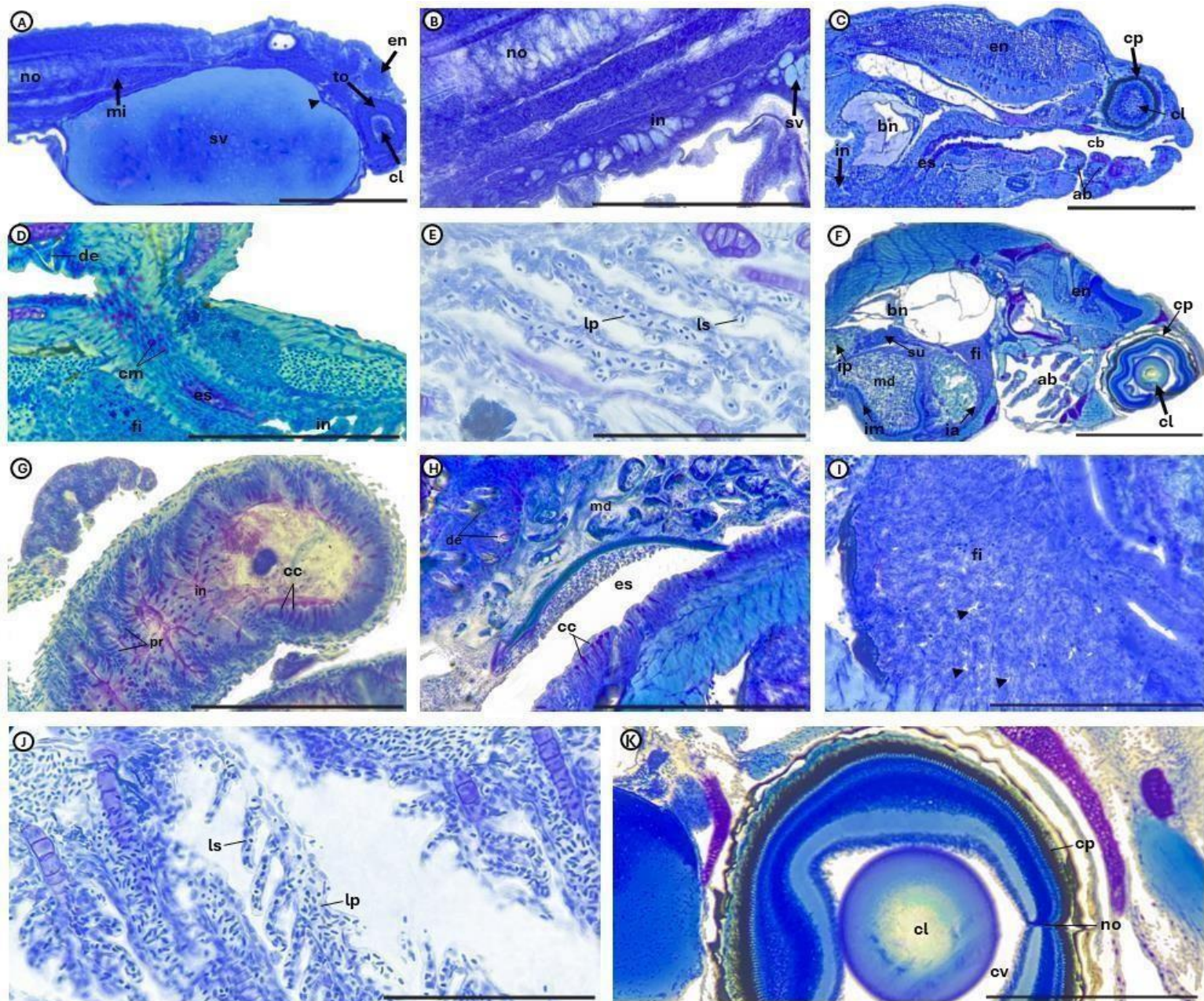


Figura 7. Análises histológicas de larvas de *Moenkhausia oligolepis*. (A) e (B) 0 DAE: cabeça de seta - coração em desenvolvimento; sv - saco vitelino; mi - miômeros; en - encefalo; no - notocorda; to - taça óptica; cl - cristalino. (C), (D) 03 DAE: cp - camada pigmentada; cl - cristalino; cb - cavidade bucofaringea; ab - arcos branquiais; bn - bexiga natatória; en - encefalo; es - esófago; in - intestino; fi - fígado; cm - células mucosas; de - dente. (E) 4 DAE brânquias: lp - lamela primária; ls - lamela secundária. (F), (G), (H), (I), (J) e (K) 23 DAE: ab - arcos branquiais; lp - lamela primária; ls - lamela secundária; en - encefalo; bn - bexiga natatória; su - sistema urinário; in - intestino; pr - pregas intestinais; fi - fígado; cp - camada pigmentada; cl - cristalino; md - material digerido; cc - células caliciformes; de - dentes; ia - intestino anterior; im - intestino médio; ip - intestino posterior; cabeça de seta - vacuolização hepática; no - nervo óptico; cv - corpo vítreo. Coloração: azul de toluidina; Barras de escala: A, C e F - 100 µm, B, D, E, G-k - 50 µm.

Em juvenis de *M. oligolepis* com até 50 DAE, as gônadas eram indiferenciadas, constituídas por componentes somáticos, células germinativas e vasos sanguíneos (**Fig. 8A**). As células somáticas apresentavam morfologia pavimentosa e alongada, com núcleo basofílico e citoplasma escasso. As células germinativas primordiais (PGCs) exibiam formato oval, com núcleo volumoso e irregular, ocupando grande parte do volume celular (**Fig. 8A**), contendo eucromatina, além de um único nucléolo evidente (**Fig. 8C**). As PGCs encontravam-se organizadas em cordões contínuos alinhados, circundados por células somáticas formando o primórdio gonadal (**Fig. 8B**). Em animais coletados até os 50 dias de vida, apenas gônadas indiferenciadas foram observadas, com 60 DAE, o primeiro sinal de diferenciação gonadal foi a partir da observação de oócitos primários meióticos, indicando início da oogênese na gônada (**Fig. 8E-G**). Eles estavam organizados em agrupamentos (**Fig. 8H e I**).

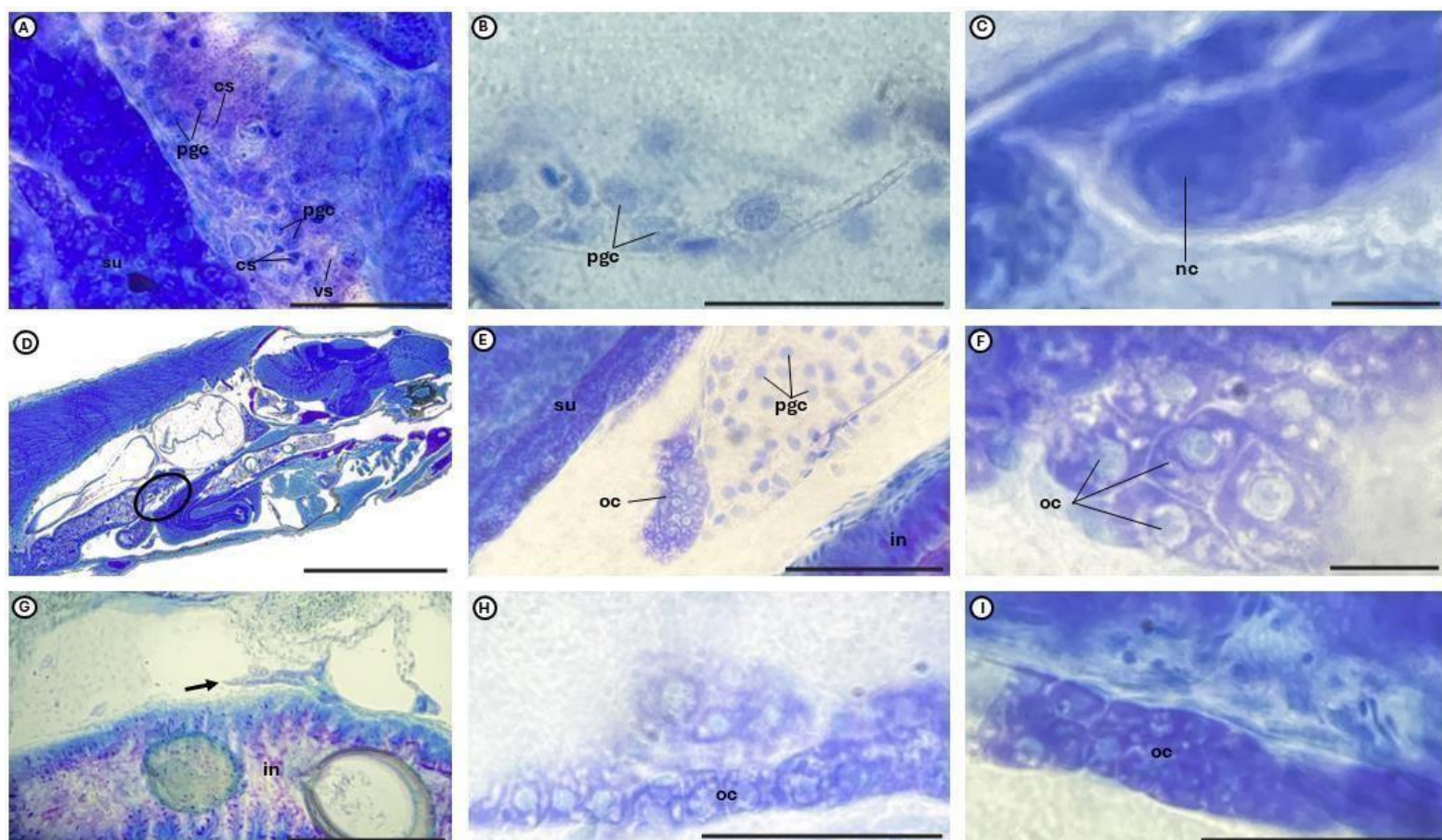


Figura 8. Diferenciação gonadal de juvenil de *Moenkhausia oligolepis*. (A) Gônada indiferenciada de pós-larva com 50 dias após a eclosão. (B) Cordão gonadal. (C) Célula germinativa primordial (PGC). (D,E e G) Localização das gônadas femininas no juvenil. (F, H e I) Organização dos oócitos. PGC - células germinativas primordiais; cs - célula somática; vs - vasos sanguíneos; su - sistema urinário; nc - nucléolo; círculo - localização dos oócitos; su - sistema urinário; oc - oócitos; in - intestino; seta preta - indicando os oócitos. Coloração: azul de toluidina. Barra de escala: A, B, F, H e I - 50 μ m, C e G - 20 μ m, D, E e G - 100 μ m.

6. Discussão

No estágio larval vitelino, logo após a eclosão, o tamanho das larvas recém-eclodidas ($3,05 \pm 0,87$ mm) é relativamente semelhante ao observado por Dos Anjos (2006) ($2,9 \pm 0,2$) no cardinal tetra (*Paracheirodon axelrodi*) e por Stevanato e Ostrensky (2018) ($2,99 \pm 0,32$) no tetra *Astyanax lacustris*, lambaris da mesma família de *M. oligolepis*. As larvas apresentam corpo transparente e não possuem boca e intestino funcionais, além de apresentarem escassez de pigmentação nos olhos, característica semelhante à observada para a maioria das larvas de peixes neotropicais de água doce (Nakatani et al., 2001).

Apesar disso, é possível observar a presença de pequenos pigmentos formados por cromatóforos dendríticos espalhados pelas bordas externas do saco vitelínico. O padrão de pigmentação associado a dados morfométricos e merísticos em larvas de peixes constitui um importante aliado na identificação taxonômica das espécies, pois funciona como um caráter distintivo utilizado para a diferenciação entre espécies (Simon & Vondruska, 1991; Meijide & Guerrero, 2000). De acordo com Nakatani et al. (2001), a maioria das espécies de peixes da ordem Characiformes exibe um padrão morfológico pós-eclosão relativamente semelhante, mostrando-se pouco desenvolvidas e transparentes. Essa característica é importante nesse estágio inicial, pois representa uma estratégia de vida para reduzir a detecção por predadores e aumentar as chances de sobrevivência. Com o decorrer do desenvolvimento, a pigmentação corporal tende a aumentar (Almeida, 2016).

Durante o estágio larval vitelino, o vitelo volumoso constitui a principal fonte nutritiva endógena até o momento da alimentação exógena (Govoni et al., 1986). Ao término da utilização do vitelo, os indivíduos precisam encontrar alimento no ambiente para sobreviver (Ferreira et al., 2009). Na maioria das espécies de peixes, as larvas apresentam trato digestório simples e indiferenciado nos estágios iniciais, desenvolvendo posteriormente os órgãos digestórios (Govoni et al., 1986). Esse padrão também foi observado nas larvas de *M. oligolepis*, que inicialmente apresentaram um tubo digestório simples e primitivo. Posteriormente, com a reabsorção do vitelo, o trato digestório se mostrou mais desenvolvido, sendo composto pelas regiões anterior, média e posterior.

Larvas que eclodem com grande quantidade de vitelo e trato digestório ainda indiferenciado, como observado em *M. oligolepis*, são classificadas como altriciais (Onal et al., 2010). As larvas altriciais apresentam reservas vitelínicas limitadas que se esgotam nos primeiros dias após a eclosão, levando ao início da alimentação exógena mesmo com o sistema digestório ainda em desenvolvimento (Holt, Webb & Rust, 2011), característica típica de larvas pouco desenvolvidas (Fuiman & Werner, 2009).

Em contraste, em larvas de peixes vivíparos como *Poecilia vivipara*, o desenvolvimento embrionário ocorre no interior do ovário materno e a nutrição é lecitotrófica (Wourms et al., 1988; Arcanjo et al., 2014). O saco vitelínico é progressivamente consumido ao longo da embriogênese, encontrando-se

reduzido ou praticamente ausente ao nascimento (Arcanjo et al., 2014). Nessa fase, o sistema digestório já se apresenta relativamente bem diferenciado, com boca e ânus abertos, intestino com lúmen definido e glândulas digestórias associadas reconhecíveis, possibilitando o início imediato da alimentação exógena (Infante & Cahu, 2001; Arcanjo et al., 2014).

Uma estrutura importante presente no estágio larval vitelino de *M. oligolepis* é a glândula adesiva, localizada na região superior da cabeça. Segundo Godinho et al. (2003), em ambientes naturais essa glândula auxilia as larvas a permanecerem próximas ao local de eclosão, mesmo quando arrastadas pelas correntes de água, contribuindo para uma dispersão mais eficiente e controlada, além de favorecer a permanência em ambientes potencialmente mais nutritivos. Essa glândula não está mais presente quatro dias após a eclosão.

Em *Astyanax mexicanus*, foi demonstrado que a glândula adesiva exerce um papel inibitório sobre a natação, favorecendo a adesão ao substrato e reduzindo o gasto energético, efeito que desaparece após sua regressão ontogenética (Pottin et al., 2010). Essa regressão coincide com o aumento da capacidade de natação e do controle hidrostático, associado à diferenciação completa das nadadeiras peitorais e ao desenvolvimento dos olhos em *M. oligolepis*, estruturas essenciais para a exploração da coluna d'água (Fuiman & Werner, 2009; Pottin et al., 2010). Dessa forma, a perda dessa estrutura indica uma transição funcional para um modo de vida mais ativo, compatível com a ocupação da coluna d'água e com a necessidade de maior mobilidade no ambiente aquático.

O início da natação ativa e a inflação da bexiga natatória observados neste estudo seguem o padrão descrito para teleósteos e Characiformes, nos quais essas estruturas estão diretamente associadas à melhoria do controle hidrostático e à exploração da coluna d'água (Blaxter, 1988; Fuiman & Werner, 2002; Nakatani et al., 2001).

No início do estágio de pré-flexão, a vesícula óptica apresenta desenvolvimento morfológico expressivo, com suas camadas oculares já formadas. A abertura da boca, a formação do sistema digestório, a abertura do ânus, a presença de bexiga natatória inflada, a formação da fossa nasal e o desenvolvimento da nadadeira peitoral são eventos que ocorrem quase simultaneamente. O desenvolvimento dessas estruturas melhora o direcionamento, o equilíbrio e o controle da natação (Trotter et al., 2003), aumenta a eficiência na captura de alimento e na evasão de predadores (Osse & Van den Boogaart, 1999) e, conseqüentemente, favorece a sobrevivência das larvas (Stevanato & Ostrensky, 2018).

Considerando o papel central dos olhos na percepção visual, sua pigmentação e o conseqüente desenvolvimento da acuidade visual tornam-se prioritários durante o desenvolvimento larval (Moorman, 2001). Nesse contexto, em larvas de *M. oligolepis*, a presença do cristalino estrutura de formato esférico maximiza seu poder de refração. Além disso, sua posição anterior no globo ocular proporciona maior

distância focal, favorecendo a convergência dos raios luminosos sobre a retina e contribuindo para a formação de imagens mais nítidas no ambiente aquático (Romer & Parsons, 1986).

Segundo Lasker et al., (1970), a pigmentação dos olhos, concomitantemente à abertura da boca e do intestino, associada ao crescimento da larva, está diretamente relacionada à preparação das larvas para receber alimentação exógena, evidenciando a importância da sincronia na formação dessas estruturas e no rápido consumo do vitelo.

De acordo com Osse e Van den Boogaart (2004), é típico de muitos peixes o crescimento mais rápido da cabeça. Esse desenvolvimento é vital para a alimentação e apresenta crescimento prioritário em muitos grupos de teleósteos, auxiliando as larvas recém-eclodidas a estabelecerem a alimentação exógena (Peña & Dumas, 2009; Gao et al., 2015).

Em *M. oligolepis*, o comprimento e a profundidade da cabeça apresentaram crescimento alométrico positivo, indicando diferenciação e rápido desenvolvimento de estruturas neurais, sensoriais, respiratórias e associadas ao processamento alimentar. O aumento das estruturas cefálicas, como diâmetro do olho, distância do olho à boca, comprimento da cabeça e altura da cabeça observados neste trabalho, sugere maior capacidade de percepção e resposta ao ambiente (Maciel, 2006), incluindo reação a estímulos luminosos, detecção de presas e predadores e sucesso na transição da nutrição endógena para a exógena (Peña & Dumas, 2009; Wang et al., 2019).

Em *M. oligolepis*, o diâmetro do olho (DO), o comprimento da notocorda (CN) e a distância pré-anal (PreAL) apresentaram crescimento próximo à isometria. Esses resultados reforçam a hipótese de prioridades de crescimento ontogenético (Osse & Van den Boogaart, 1990), na qual estruturas associadas a funções primárias, como visão e locomoção, tendem a manter crescimento proporcional durante o desenvolvimento larval.

O crescimento do corpo pode estar relacionado ao desenvolvimento de miômeros, coluna vertebral, trato digestório e glândulas associadas, estruturas importantes para locomoção e metabolismo (Gao et al., 2015; Saemi-Komsari et al., 2018). A reabsorção total do vitelo, que marca o início da alimentação exógena, representa um dos pontos de maior vulnerabilidade no desenvolvimento larval, apresentando elevadas taxas de mortalidade (Kamber, 1992; Nunn, 2012; Stevanato & Ostrensky, 2018). Nesse contexto, as larvas de *M. oligolepis* no estágio de pré-flexão encontram-se na fase de transição entre a alimentação endógena e exógena.

A presença precoce de células produtoras de muco no epitélio esofágico em larvas de *M. oligolepis* no terceiro dia após a eclosão sugere que o esôfago já se encontra morfológicamente preparado para oferecer proteção contra possíveis danos mecânicos decorrentes da ingestão de alimento (Galvão et al.,

1997). As células mucosas produzem muco que lubrifica a superfície do órgão, protegendo o epitélio contra abrasão e lesões (Anderson, 1986).

A vacuolização citoplasmática nos hepatócitos das larvas sugere intensificação da atividade metabólica hepática associada à alimentação exógena, indicando maturação funcional do fígado relacionada ao armazenamento e processamento de lipídios e carboidratos (Marthinsen et al., 2026). Alguns autores relatam que os hepatócitos apresentam atividade de armazenamento de glicogênio durante o estágio larval (Hamlin et al., 2000; Peña et al., 2003; Micale et al., 2006). De acordo com Hamlin et al. (2000), essa capacidade de armazenamento pode ser considerada um indicativo do início da funcionalidade hepática.

No estágio de flexão, aos 15 dias após a eclosão, as larvas apresentam comprimento padrão de $6,33 \pm 0,56$ mm e a notocorda já se encontra flexionada. Valores semelhantes foram observados em outros Characiformes de pequeno porte, como *Moenkhausia cf. gracilima*, com flexão da notocorda ocorrendo em média aos 5,91 mm (Santos et al., 2017), *Pyrrhulina australis*, com flexão entre 5,3 e 7,3 mm (Taguti et al., 2009), e *Markiana nigripinnis*, com média de aproximadamente 7,0 mm (Souza et al., 2023).

A flexão da notocorda constitui um dos principais critérios para a delimitação dos estágios larvais em teleósteos e está diretamente associada à reorganização do eixo axial e à diferenciação do complexo caudal (Kendall et al., 1984; Ahlstrom et al., 1976), levando à aquisição de maior desempenho locomotor pela nadadeira caudal (Flammang & Lauder, 2009).

Os raios das nadadeiras caudal e anal foram os primeiros a se desenvolver, seguidos pelos raios das nadadeiras dorsal, pélvica e peitoral e, por fim, da nadadeira adiposa. A sequência de desenvolvimento das nadadeiras observada em *M. oligolepis* é semelhante à descrita para outros Characiformes, como *Triportheus albus* e *Triportheus angulatus* (Cajado et al., 2023). Entretanto, em algumas espécies da família Characidae, a nadadeira dorsal surge antes da anal, como observado em *Moenkhausia cf. gracilima* (Santos et al., 2017), *Markiana nigripinnis* (Souza et al., 2023) e *Heterocharax macrolepis* (Mattox, 2014).

O desenvolvimento das nadadeiras representa um aspecto fundamental durante a ontogenia inicial dos peixes, pois está diretamente associado a alterações no modo e na velocidade de natação, nas estratégias alimentares e na capacidade de fuga frente à predação (Kendall et al., 1984; Osse & Van den Boogaart, 1999).

No estágio de pós-flexão, observa-se intensificação da pigmentação corporal e as larvas passam a apresentar morfologia mais semelhante à dos indivíduos adultos. Com o crescimento e o desenvolvimento progressivo das estruturas, a eficiência na natação e na captura de alimento torna-se comparável à dos

peixes adultos. Esse avanço funcional é corroborado pelo maior grau de enovelamento do trato digestório em *M. oligolepis*, indicando maior capacidade digestiva e adaptação à alimentação exógena.

As características anatômicas do aparelho digestório dos peixes estão intimamente relacionadas à natureza do alimento, às condições do habitat, ao estado nutricional e ao estágio de desenvolvimento do organismo (Seixas Filho et al., 2001). De acordo com Balon (1975), o rápido desenvolvimento inicial das estruturas corporais promove intensas mudanças morfológicas e fisiológicas, porém, com o avanço da ontogenia, esse ritmo tende a desacelerar progressivamente.

No presente estudo, o primórdio gonadal foi identificado em *M. oligolepis*, entretanto não foi observada diferenciação gonadal em indivíduos com até 50 dias após a eclosão. A diferenciação do tecido ovariano foi observada aos 60 DAE, enquanto a diferenciação testicular não foi identificada durante o período analisado, padrão semelhante ao descrito para outros teleósteos gonocóricos.

A caracterização morfológica detalhada realizada neste estudo amplia a compreensão ontogenética de *M. oligolepis* e fornece subsídios aplicáveis ao manejo larval da espécie, uma vez que a delimitação dos estágios de desenvolvimento é fundamental para o ajuste das práticas alimentares, incluindo o momento adequado de introdução e o tamanho do alimento vivo (Hunter, 1984; Rotta, 2003).

O canibalismo observado durante o desenvolvimento larval pode estar associado à heterogeneidade de crescimento entre os indivíduos. Diferenças iniciais de tamanho favorecem que larvas maiores predem indivíduos menores, intensificando a mortalidade dentro do lote, padrão relatado por diversos autores (De Angelis et al., 1980; Hecht & Appelbaum, 1988; Baras, 1998; Baras, 2000; Kestemont et al., 2003). Embora a classificação por tamanho seja apontada como estratégia para reduzir o canibalismo (Hecht & Pienaar, 1993), sua aplicação durante o estágio larval é limitada devido à dificuldade de manipulação individual dos organismos.

Este estudo reforça a importância da integração entre análises morfológicas, morfométricas e histológicas para a compreensão do desenvolvimento larval em peixes. A identificação das variações estruturais ao longo da ontogenia permite inferir possíveis adaptações ecológicas relacionadas à transição de habitats, mudanças no padrão alimentar e ajustes comportamentais durante as fases iniciais da vida.

7. Considerações finais

O desenvolvimento larval de *M. oligolepis* apresenta uma sequência ontogenética bem definida, com eventos morfológicos, morfométricos e histológicos diretamente relacionados à transição da alimentação endógena para a exógena e à aquisição progressiva de capacidades sensoriais e locomotoras. Os padrões de crescimento alométrico indicaram crescimento prioritário da região cefálica, evidenciando a importância do desenvolvimento das estruturas associadas à alimentação e ao sistema visual. A análise

histológica confirmou a diferenciação funcional dos principais órgãos. Com base nas características observadas, foram definidos quatro estágios larvais (vitelino, pré-flexão, flexão e pós-flexão), contribuindo para o conhecimento da biologia inicial da espécie e fornecendo subsídios para estudos taxonômicos, ecológicos, de conservação e para o aprimoramento de técnicas de larvicultura de peixes ornamentais nativos. As análises histológicas revelaram a diferenciação ovariana aos 60 dias após a eclosão (DAE), enquanto a diferenciação testicular não foi observada no período analisado, indicando que esse processo requer um tempo ontogenético mais prolongado na espécie.

Referências bibliográfica

ADOLFI, Mateus C. et al. Molecular cloning and expression analysis of *dmrt1* and *sox9* during gonad development and male reproductive cycle in the lambari fish, *Astyanax altiparanae*. **Reproductive biology and endocrinology**, v. 13, n. 1, p. 2, 2015.

AHLSTROM, Elbert H.; BALL, Orville P. **Description of eggs and larvae of jack mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951**. US Government Printing Office, 1954.

AHLSTROM, Elbert H.; BUTLER, John L.; SUMIDA, Barbara Y. Pelagic stromateoid fishes (*Pisces, Perciformes*) of the eastern Pacific: kinds, distributions, and early life histories and observations on five of these from the northwest Atlantic. **Bulletin of marine science**, v. 26, n. 3, p. 285-402, 1976.

ALBERT, James S.; TAGLIACOLLO, Victor A.; DAGOSTA, Fernando. Diversification of Neotropical freshwater fishes. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 51, n. 1, p. 27-53, 2020.

ALMEIDA, Mara Cristina. Desenvolvimento ontogenético larval e variabilidade populacional de *Pimelodus britskii* em um reservatório neotropical. 2016.

ALVES, A. L. et al. Riscos genéticos da produção de híbridos de peixes nativos. 2014.

ANDERSON, T. A. Histological and cytological structure of the gastrointestinal tract of the luderick, *Girella tricuspidata* (Pisces, Kyphosidae), in relation to diet. *European Journal of Morphology*, Liss, v. 190, p. 109-119, 1986

ARCANJO, Rachel B. et al. Embryonic development and nourishment in the viviparous fish *Poecilia vivipara* (C : P oeciliidae). *Acta Zoológica*, v. 95, n. 4, p. 493-500, 2014.

AREVALO, Elorri et al. Fish larvae dynamics in temperate estuaries: A review on processes, patterns and factors that determine recruitment. **Fish and Fisheries**, v. 24, n. 3, p. 466-487, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (PEIXE BR). Anuário Peixe BR da Piscicultura 2024. São Paulo: Peixe BR, 2024.

AZOCAR, Cristian et al. Ontogenetic development and allometric growth patterns of the Peruvian rock seabass *Paralabrax humeralis* (Valenciennes, 1828) under culture conditions in northern Chile. **Frontiers in Marine Science**, v. 12, p. 1700126, 2025.

BALIGA, V. B.; MEHTA, R. S. Ontogenetic allometry in shape and flexibility underlies life history patterns of labrid cleaning behavior. *Integrative and comparative biology*, v. 56, n. 3, p. 416-427, 2016. DOI: 10.1093/icb/icw028.q

BALON, Eugene K. Guildas reprodutivas de peixes: uma proposta e definição. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, v. 32, n. 6, p. 821-864, 1975.

BARAS, E. et al. Sibling cannibalism in dorada under experimental conditions. II. Effect of initial size heterogeneity, diet and light regime on early cannibalism. *Journal of Fish Biology*, v. 57, n. 4, p. 1021-1036, 2000.

BARAS, Étienne. Bases biologiques du cannibalisme chez les poissons. *Cahiers d'éthologie*, n. 18 (1), p. 53-98, 1998.

BEERLI, Eduardo Lopes; LOGATO, Priscila Vieira Rosa; FREITAS, Rilke Tadeu Fonseca de. Alimentação e comportamento de larvas de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Ciência e agrotecnologia**, v. 28, p. 149-155, 2004.

BEM, Jaqueline Cristina de. Desenvolvimento gonadal inicial e reversão sexual em *Astyanax altiparanae* (Teleostei, characidae). 2009.

BENINE, Ricardo C.; MARIGUELA, Tatiane C.; OLIVEIRA, Claudio. New species of *Moenkhausia* Eigenmann, 1903 (Characiformes: Characidae) with comments on the *Moenkhausia oligolepis* species complex. *Neotropical Ichthyology*, v. 7, n. 2, p. 161-168, 2009.

BENINI, Elisa et al. Transition from endogenous to exogenous feeding in hatchery-cultured European eel larvae. **Aquaculture Reports**, v. 24, p. 101159, 2022.

BLAXTER, J. H. S. 1 Pattern and variety in development. In: **Fish physiology**. Academic Press, 1988. p. 1-58.

BLAXTER, John HS (Ed.). The Early Life History of Fish: The Proceedings of an International Symposium Held at the Dunstaffnage Marine Research Laboratory of the Scottish Marine Biological Association at Oban, Scotland, from May 17–23, 1973 . Springer Science & Business Media, 2012.

BRAAT, Arie Koen; SPEKSNIJDER, Johanna E.; ZIVKOVIC, Danica. Germ line development in fishes. **International Journal of Developmental Biology**, v. 43, n. 7, p. 745-760, 1999.

BRITZ, R.; KIRSCHBAUM, F.; HEYD, A. Observations on the structure of larval attachment organs in three species of gymnotiforms (Teleostei: Ostariophysi). *Acta Zoologica*, v. 81, p. 57-67, 2000.

BUCHMANN, Kurt; KARAMI, Asma M.; DUAN, Yajiao. The early ontogenetic development of immune cells and organs in teleosts. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 146, p. 109371, 2024.

Buckup, P.A., Menezes, N. A., Ghazzi, M. S. (Ed.). Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007.

CAJADO, Ruineris Almada et al. Early life history of two Neotropical Triportheidae fish (Characiformes). **Neotropical Ichthyology**, v. 21, n. 1, p. e220102, 2023.

CARVALHO, Fernando R.; SARMENTO-SOARES, Luisa M.; MARTINS-PINHEIRO, Ronaldo F. Redescription of *Moenkhausia doceana* (Steindachner, 1877)(Ostariophysi: Characiformes): a characid from the northeastern Mata Atlântica ecoregion, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, p. 377-388, 2014.

CHO, Hyun Chul; HWANG, In Joon; BAEK, Hea Ja. Histological analysis of early gonadal development and sex differentiation in chameleon goby, *Tridentiger trigonocephalus*. **Development & Reproduction**, v. 18, n. 1, p. 51, 2014.

COSTA, WJE M. Description of two new species of the genus *Moenkhausia* (Characiformes: Characidae) from the central Brazil. **Zoologischer Anzeiger**, v. 232, n. 1-2, p. 21-29, 1994.

DE, ANGLIS; PA, HACKNEY; JC, WEBB. A PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATION MODEL OF CHANGING SIZES AND NUMBERS IN A COHORT OF JUVENILE FISH. 1980.

- Devlin, R. H., Vandersteen, W. E., U.H.M., Stevens, E. D. Genetically modified growth effects allometry of eye and brain in salmonids. *Canadian Jour. Zool.*, v. 90: p. 193-202. 2012.
- DEVLIN, Robert H.; NAGAHAMA, Yoshitaka. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. **Aquaculture**, v. 208, n. 3-4, p. 191-364, 2002.
- DOITSIDOU, Maria et al. Guidance of primordial germ cell migration by the chemokine SDF-1. *Cell*, v. 111, n. 5, p. 647-659, 2002.
- DOMINGOS, T. J. et al. Genetic and morphological diversity of *Moenkhausia oligolepis* (Characiformes: Characidae) populations in the tributaries of the Araguaia River, Brazil: implications for taxonomy and conservation. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 3, p. 7979-7991, 2014.
- DOS ANJOS, Hélio Daniel Beltrão; DOS ANJOS, Chris Rocha. Biologia reprodutiva e desenvolvimento embrionário e larval do cardinal tetra, *Paracheirodon axelrodi* Schultz, 1956 (Characiformes: Characidae), em laboratório. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, v. 32, n. 2, p. 151-160, 2006.
- DOS SANTOS, Raquel Santos et al. Embryonic development of the fire-eye-tetra *Moenkhausia oligolepis* (Characiformes: Characidae). *Zygote*, v. 29, n. 3, p. 194-198, 2021.
- EHLINGER, Timothy J. Allometry and analysis of morphometric variation in the bluegill, *Lepomis macrochirus*. **Copeia**, p. 347-357, 1991.
- Eigenmann, C. H. 1917. The American Characidae. Part I. *Memoirs of the Museum of*.
- ENEMIR DOS SANTOS, José et al. Early larvae ontogeny of the Neotropical fishes: *Prochilodus costatus* and *P. argenteus* (Characiformes: Prochilodontidae). **Revista de Biología Tropical**, v. 64, n. 2, p. 537-546, 2016.
- FALK-PETERSEN, I. B. Comparative organ differentiation during early life stages of marine fish. *Fish and Shellfish Immunology, Scotland*, v. 19, p. 307-412. 2005.
- FERREIRA, A. V.; VIDAL, M. V. J.; ANDRADE, D. R.; YASUI, G. S.; MENDONÇA, P. P.; MATTOS, D. C. Consumo de vitelo durante o desenvolvimento embrionário de Melanotênia-Maçã, *Glossolepis incisus*, WEBER 1907 (Melanotaeniidae). **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 3, p. 721-729, 2009.

FLAMMANG, Brooke Elizabeth; LAUDER, George V. Modulação e controle da forma da nadadeira caudal durante manobras de aceleração, frenagem e recuo em peixes-sol, *Lepomis macrochirus*. **Journal of Experimental Biology**, v. 212, n. 2, p. 277-286, 2009.

Fricke, R., Eschmeyer, W.N. & van der Laan, R. (eds.) (2026) Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References. California Academy of Sciences, versão online de 13 Jan 2026. Disponível em: researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp.

FROESE, R. e PAULY, D., eds. FishBase [online]. 2016 [consultado em 16 de novembro de 2016]. Disponível em: <http://www.fishbase.org>

FUIMAN, L. A. Growth gradients in fish larvae. *Journal of Fish Biology*, v. 23, n. 1, p. 117-123, 1983.

FUIMAN, Lee A.; WERNER, Robert G. (Ed.). **Fishery science: The unique contributions of early life stages**. John Wiley & Sons, 2009.

Galvão, M. S. N.; Fenerich-Verani, N.; Yamanaka, N. & Oliveira, I. R. (1997). Histologia do sistema digestório da tainha *Mugil platanus* (Günther, 1880) (Osteichthyes, Mugilidae) durante as fases larval e juvenil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 24, p. 91-100, 1997

Gao XQ, Hong L, Liu ZF, Guo ZL, Wang YH, Lei JL (2015) Estudo do padrão de crescimento alométrico de larvas e juvenis de sável americano (*Alosa sapidissima*). *Acta Hydrobiol Sin* 39:638–644 (em chinês, com resumo em inglês).

GISBERT, E. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. **Journal of Fish Biology**, v. 54, n. 4, p. 852-862, 1999.

GISBERT, E. et al. Morphological development and allometric growth patterns in hatchery-reared California halibut larvae. **Journal of Fish Biology**, v. 61, n. 5, p. 1217-1229, 2002.

GODINHO, Hugo Pereira; SANTOS, J. E.; SATO, Yoshimi. Ontogênese larval de cinco espécies de peixes do São Francisco. **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**, p. 133-148, 2003.

GOVONI, John J.; BOEHLERT, George W.; WATANABE, Yoshirou. The physiology of digestion in fish larvae. *Environmental Biology of fishes*, v. 16, n. 1, p. 59-77, 1986.

- HAMLIN, H. J.; VON HERBING, I. Hunt; KLING, L. J. Histological and morphological evaluations of the digestive tract and associated organs of haddock throughout post-hatching ontogeny. **Journal of Fish Biology**, v. 57, n. 3, p. 716-732, 2000.
- HECHT, T.; APPELBAUM, S. Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larval and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae: Pisces) under controlled conditions. *Journal of zoology*, v. 214, n. 1, p. 21-44, 1988.
- HECHT, Thomas; PIENAAR, Anthony G. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 24, n. 2, p. 246-261, 1993.
- HOJO, René Eiji Souza; SANTOS, Gilmar Bastos; BAZZOLI, Nilo. Reproductive biology of *Moenkhausia intermedia* (Eigenmann)(Pisces, Characiformes) in Itumbiara Reservoir, Goiás, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, p. 519-524, 2004.
- HOLT, G. Joan; WEBB, Ken A.; RUST, Michael B. Microparticulate diets: testing and evaluating success. **Larval fish nutrition**, p. 353-372, 2011.
- HOUDE, E. D. Differences between marine and freshwater fish larvae: implications for recruitment. **ICES Journal of Marine Science**, v. 51, n. 1, p. 91-97, 1994.
- HUNTER, J. R. Synopsis of culture methods for marine fish eggs and larvae. In: BOYD, C. E. (Ed.). *Fish Physiology*. New York: Academic Press, 1984. p. 23-45.
- IBAMA. In: Instrução Normativa Interministerial nº1, de 3 de janeiro de 2012. 2012. Peixes de Ictiologia Neotropical, 2014, 12(2), 353-363. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20130107>.
- INFANTE, JL Zambonino; CAHU, C. L. Ontogeny of the gastrointestinal tract of marine fish larvae. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 130, n. 4, p. 477-487, 2001.
- JIANG, Changping et al. DNA barcode reference library of the fish larvae and eggs of the South China Sea: taxonomic effectiveness and geographic structure. **BMC Ecology and Evolution**, v. 24, n. 1, p. 132, 2024.
- KAMBER, E. Early life history of fish: An energetic approach. **Chapman and Hall. Fish and Fisheries Series**, v. 4, p. 167, 1992.

KAMLER, Ewa. Early life history of fish: an energetics approach. Springer Science & Business Media, 2012.

KENDALL JR, A. W. Early life history stage of fishes and their characters. **Ontogeny and systematics of fishes**, p. 11-22, 1984.

KESTEMONT, Patrick et al. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture*, v. 227, n. 1-4, p. 333-356, 2003.

KOVÁČ, Vladimír; COPP, Gordon H. Prelude: looking at early development in fishes. In: **When do fishes become juveniles?**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1999. p. 7-14.

Kupren K, Prusińska M, Ąarski D, Krejszef S, Kucharczyk D. Desenvolvimento inicial e crescimento alométrico em *Nannacara anomala* Regan, 1905 (Perciformes: Cichlidae) em condições de laboratório. **Neotrop Ichthyol.** 2014; 12(3):659-65.

LASKER, R. 1987. Use of fish eggs and larvae in probing some major problems in fisheries and aquaculture. In HOYT, R. D. (ed.). 10th Annual Larval Fish Conference. Proceedings of a Conference held in Miami, Florida, USA May 18-23, Bethesda, Maryland: American Fisheries Society. p. 1-16. (American Fisheries Society Symposium, 2)

LASKER, R. et al. Alimentação, crescimento e sobrevivência de larvas de *Engraulis mordax* criadas em laboratório. *Biologia Marinha*, v. 5, n. 4, p. 345-353, 1970.

LIMA, Flávio César Thadeo de. Genus incertae sedis in Characidae. Checklist of freshwater fishes of South and Central America, p. 106-170, 2003.

MACIEL, Cláudia Maria Reis Raposo. Ontogenia de larvas de piracanjuba, *Brycon orbignyanus* valenciennes (1849)(Characiformes, Characidae, Bryconinae). 2006.

MARIGUELA, Tatiane C. et al. Molecular phylogeny of *Moenkhausia* (Characidae) inferred from mitochondrial and nuclear DNA evidence. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, v. 51, n. 4, p. 327-332, 2013.

MARTHINSEN, Joachim Larsen et al. Liver development in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) larvae: Histomorphological analysis of biliary ABC transporters and hepatic vacuolization. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 52, n. 1, p. 4, 2026.

- MATTOX, George MT; HOFFMANN, Martin; HOFFMANN, Peter. Ontogenetic development of *Heterocharax macrolepis* Eigenmann (Ostariophysi: Characiformes: Characidae) with comments on the form of the yolk sac in the Heterocharacinae. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, n. 2, p. 353-363, 2014.
- MEIJIDE, F. J. & G. A. GUERRERO. Embryonic and larval development of a substrate-brooding cichlid *Cichlasoma dimerus* (Heckel, 1940) under laboratory conditions. *J. Zool.* 252:481-493, 2000.
- Micale, V.; Garaffo, M.; Genovese, L.; Spedicato, M. T. & Muglia, U. (2006). The ontogeny of the alimentary tract during larval development in common pandora *Pagellus erythrinus* L. **Aquaculture**, v. 251, p. 354-365.
- MIRANDA, Saynara et al. The effects of water temperature and hybridization on embryonic development and gametogenesis of two species of Amazonian tetra. **Theriogenology Wild**, v. 3, p. 100051, 2023.
- MIRANDE, Juan Marcos. Filogenia da família Characidae (Teleostei: Characiformes): dos caracteres à taxonomia. *Neotropical Ichthyology*, v. 8, p. 385-568, 2010.
- MOORMAN, Stephen J. Development of sensory Systems in Zebrafish (*Donio rerio*). *ILAR journal*, v. 42, n. 4, p. 292-298, 2001.
- NAKAMURA, Masaru et al. Gonadal sex differentiation in teleost fish. 1998.
- NAKATANI, Keshiyu. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. (No Title), 2001.
- NUNN, Andy D.; TEWSON, Lauren H.; COWX, Ian G. The foraging ecology of larval and juvenile fishes. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 22, n. 2, p. 377-408, 2012.
- ÖNAL, Umur; CELIK, Ihsan; CIRIK, Şükran. Histological development of digestive tract in discus, *Symphysodon* spp. larvae. **Aquaculture International**, v. 18, n. 4, p. 589-601, 2010.
- ORSI, M. L. et al. Ovos, larvas e juvenis dos peixes da Bacia do Rio Paranapanema uma avaliação para a conservação. Assis, SP: Triunfal Gráfica e Editora, Duke Energy, 2016.
- OSSE, J. W. M. From changes in fish larvae i relation to changing demands of function. **Netherlands Journal of Zoology**, n. 1-2, 1990.

OSSE, J. W. M.; VAN DEN BOOGAART, J. G. M. Allometric growth in fish larvae: timing and function. In: **The development of form and function in fishes and the question of larval adaptation**. 2004. p. 167-194.

OSSE, JWM e VAN DEN BOOGAART, JGM Morfologia dinâmica de larvas de peixes, implicações estruturais das forças de atrito na natação, alimentação e ventilação. **Journal of Fish Biology**, 1999, 55, 156-174.

PAES, Maria do Carmo Faria. Indução à reprodução e desenvolvimento embrionário e larval do ciclídeo acará-açu *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831). 2008.

PEÑA, R. et al. Ontogenetic development of the digestive tract in reared spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* larvae. **Aquaculture**, v. 219, n. 1-4, p. 633-644, 2003.

PEÑA, Renato; DUMAS, Silvie. Development and allometric growth patterns during early larval stages of the spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae). **Scientia Marina**, v. 73, n. S1, p. 183-189, 2009.

PEPIN, Pierre. A probabilistic foundation for the study of larval fish feeding, growth, and mortality rates. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 81, n. 7, p. 952-967, 2024.

PERES-NETO, Pedro. Introdução a análises morfométricas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 2, n. 1, p. 3, 1995.

PINI, S. F. R. Desenvolvimento embrionário, larval e juvenil de *Hemisorubim platyrhynchos* (Siluriformes, Pimelodidae) da bacia do rio Paraná. Iheringia. **Série Zoologia**, v. 104, n. 1, p.

PORTELLA, M. C. et al. Larval development of indigenous South American freshwater fish species, with particular reference to pacu (*Piaractus mesopotamicus*): A review. **Aquaculture**, v. 432, p. 402-417, 2014.

Pottin, K., Hyacinthe, C., & Rétaux, S. (2010). Conservation, development, and function of a cement gland-like structure in the fish *Astyanax mexicanus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(40), 17256-17261

Queiroz, L., Torrente-Vilara, G., Ohara, W., Pires, T., Zuanon, J., & Doria, C. (2013). Peixes do Rio Madeira (Dialeto Latin Ameri..., Vol. 1).

- Quirino, P. P., Delgado, M. L. R., Gomes-Silva, L., Benevente, C. F., Grigoli-Olivio, M. L., Bianchini, B. C., ... & Veríssimo-Silveira, R. (2022). Female sex inversion as a reason for an unbalanced sex ratio in the neotropical species *Brycon orbignyanus*. *Aquaculture Research*, 53(5), 1706-1726.
- Ramos, S., H. Cabral and M. Elliott (2015). "Do fish larvae have advantages over adults and other components for assessing estuarine ecological quality?" *Ecological Indicators* 55(0): 74-85.
- RAZAK, Shaharudin Abdul et al. Growth performance and gonadal development of growth enhanced transgenic tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) following heat-shock-induced triploidy. **Marine Biotechnology**, v. 1, n. 6, p. 533-544, 1999.
- RE, Pedro. Ictioplâncton estuarino da Península Ibérica: guia de identificação dos ovos e estados larvares planctônicos. **(No Title)**, 1999.
- REIA, Lais. Revisão taxonômica das espécies do grupo *Moenkhausia oligolepis* (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes). 2018.
- REIS, Roberto E. et al. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of fish biology**, v. 89, n. 1, p. 12-47, 2016.
- REYNALTE-TATAJE, David Augusto et al. State of the art of identification of eggs and larvae of freshwater fish in Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 32, p. e6, 2020.
- RIGG, Alexander L. et al. Early life history traits and elevated growth trajectories associated with survival into winter in range-expanding coral reef fish. *Marine Biology*, v. 172, n. 4, 2025.
- RODRIGUES, Jeane et al. Caracterização seminal do tetra de olho de fogo amazônico *Moenkhausia oligolepis* (Günther, 1864). *Zygote*, v. 28, n. 6, p. 453-458, 2020
- ROMER, A.S.; PARSONS, T.S. 1986. *The Vertebrate Body*. New York: Saunders College Publishing/CBS Publishing Japan, 679p.
- ROTTA, M. A. *Biologia e Ecologia na Aquicultura*. Santa Maria: UFSM, 2003. SAMPAIO, L. A.; TESSER, M. B. Avanços da maricultura na primeira década do século XXI: piscicultura e carcinocultura marinha. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 104-111, 2010.
- SAEMI-KOMSARI, M. et al. Early developmental and allometric patterns in the electric yellow cichlid *Labidochromis caeruleus*. **Journal of Fish biology**, v. 92, n. 6, p. 1888-1901, 2018.

SALA, R.; SANTAMARIA, C. A.; CRESPO, S. Growth of organ systems of *Dentex dentex* (L) and *Psetta maxima* (L) during larval development. **Journal of Fish Biology**, v. 66, n. 2, p. 315-326, 2005.

SANTOS, Joyce Andreia dos et al. Temporal distribution and early development of *Moenkhausia cf. gracilima* (Lucena & Soares, 2016)(Osteichthyes, Characidae) in the upper Paraná River, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 29, p. e109, 2017.

SAUTEREAU, Camille A. et al. Coral Reef Fish Larvae as Model Systems to Understand Marine Fish Larval Recruitment. In: **Marine Larvae**. CRC Press, 2024. p. 55-87.

SEIXAS FILHO, J. T., BRÁS, J. M., GOMIDE, A. T. M., OLIVEIRA, M. G. A., DONZELE, J. LOPES, M., E. Anatomia Funcional e Morfometria do Intestino no Teleostei (Pisces) de Água Doce Surubim (*Pseudoplatystoma coruscans* - Agassiz, 1829). **Revista Brasileira de Zootecnia** [on-line], v. 30, n. 6, p. 1670-1680, 2001.

SHAHSVARANI, I. A.; THOMAS, Z. C.; BALLANTYNE, J. S.; WRIGHT, P. A. A novel technique for the separation of yolk from the developing embryonic tissue in a teleost fish, *Oncorhynchus mykiss*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 24, p. 321–326, 2002.

SILVA, Denis Santos da. Identificação dos estágios de larva, pupa e adultos dos *Heliconini* (*Lepidoptera*, *Nymphalidae*, *Heliconiinae*) do Rio Grande do Sul. 2010.

SIMON, T. P. & J. T. VONDRUSKA. Larval identification of the ruffe, *Gymnocephalus cernus* (Linnaeus) (Percidae: Percini), in the St. Louis River Estuary, Lake Superior drainage basin, Minnesota. **Can. J. Zool.** 69:436-442, 1991.

SIQUEIRA-SILVA, Diógenes et al. Alternative protocol for the histological preparation of animal tissues. **Tissue and Cell**, v. 95, p. 102841, 2025.

SOARES, Isabel Matos. Revisão taxonômica e análise filogenética morfológica do complexo de espécies *Moenkhausia collettii* (Characiformes: Characidae). 2020.

SOUZA, Mateus Babichi Veiga de et al. Early ontogeny of tetra *Markiana nigripinnis* (Characiformes: Characidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 21, n. 02, p. e220114, 2023.

STEVANATO, Diego J.; OSTRENSKY, Antonio. Ontogenetic development of tetra *Astyanax lacustris* (Characiformes: Characidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 16, n. 2, p. e170073, 2018.

SULZBACHER, R.; SANTOS, J. A.; BIALETZKI, A. State of the art of identification of eggs and larvae of freshwater fish in Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 32, p. e6.

TAGUTI, Tatia Leika et al. Desenvolvimento inicial de *Pyrrhulina australis* Eigenmann & Kennedy, 1903 (Characiformes, Lebiasinidae). *Biota Neotropica*, v. 9, p. 59-65, 2009.

TROTTER, A. J. et al. Effects of temperature on initial swim bladder inflation and related development in cultured striped trumpeter (*Latris lineata*) larvae. *Aquaculture*, v. 221, n. 1-4, p. 141-156, 2003.

VALENTI, Wagner C. et al. Aquaculture in Brazil: past, present and future. *Aquaculture Reports*, v. 19, p. 100611, 2021.

Vieira, C. E. D., M. d. S. Almeida, B. A. Galindo, L. Pereira and C. B. d. R. Martinez (2014). "Integrated biomarker response index using a Neotropical fish to assess the water quality in agricultural areas." *Neotropical Ichthyology* 12(1): 153-164.

Wang XL, Wen HS, Zhang MZ, Li JF, Fang X, Zhang KQ, Liu Y, Tian Y, Chang ZC, Wang Q (2019) Estudos sobre o padrão de crescimento alométrico de larvas cultivadas de *Lateolabrax maculatus* durante o desenvolvimento inicial. *Periodical Ocean Univ China* 49:25–30 (em chinês, com resumo em inglês)

WOURMS, John P.; GROVE, Bryon D.; LOMBARDI, Julian. 1 The Maternal-Embryonic Relationship in Viviparous Fishes. In: **Fish physiology**. Academic Press, 1988. p. 1-134.

YAMAMOTO, Toki-O. 3 Sex differentiation. **Fish physiology**, v. 3, p. 117-175, 1969.

ZARDO, Éverton Luís et al. Gonadal development period and sexual differentiation through histological analysis in *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1850) (Characiformes: Bryconidae). *Aquaculture*, v. 539, p. 736636, 2021.