



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Anderson Ferreira Santana

**Desenvolvimento ontogenético do sistema digestório de *Steindachneridion
scriptum* durante a fase de larvicultura**

Florianópolis
2025

Anderson Ferreira Santana

Desenvolvimento ontogenético do sistema digestório de *Steindachneridion scriptum* durante a fase de larvicultura

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Pesqueiros.

Orientador: Prof. Robson Andrade Rodrigues, Dr.
Coorientador: Prof. Mauricio Laterça Martins, Dr.
Coorientadora: Profa. Cláucia Aparecida Honorato da Silva, Dra.

Florianópolis

2025

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Santana, Anderson Ferreira

Desenvolvimento ontogenético do sistema digestório de *Steindachneridion scriptum* durante a fase de larvicultura / Anderson Ferreira Santana ; orientador, Robson Andrade Rodrigues, coorientador, Maurício Laterça Martins, coorientadora, Cláucia Aparecida Honorato da Silva, 2025.
66 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Crescimento. 3. Enzimas Digestivas. I. Rodrigues, Robson Andrade . II. Martins, Maurício Laterça . III. Silva, Cláucia Aparecida Honorato da IV. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Aquicultura. V. Título.

Anderson Ferreira Santana

Desenvolvimento ontogenético do sistema digestório de *Steindachneridion scriptum* durante a fase de larvicultura

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 28 de fevereiro de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Robson Andrade Rodrigues, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Débora Machado Fracalossi, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Carlos Eurico dos Santos Fernandes, Dr.
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Aquicultura pelo Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Robson Andrade Rodrigues, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2025.

À minha família, por acreditarem em mim mesmo nos momentos em que eu duvidei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço de forma sincera e profunda a todas as pessoas e instituições que contribuíram para a realização deste trabalho e para minha jornada acadêmica no programa de mestrado em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Andreia e Fabio, cujo amor, apoio incondicional e valores sólidos foram fundamentais para minha formação e para a consecução deste objetivo acadêmico. Agradeço também às minhas irmãs, Beatriz e Flavia, pelo constante incentivo e compreensão ao longo desta jornada.

À minha namorada, Herika Hellen, dedico especial gratidão por seu amor, paciência e incentivo constantes, que foram fundamentais durante este período desafiador.

Agradeço igualmente à Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, por oferecer um ambiente acadêmico propício ao desenvolvimento intelectual e pela oportunidade de fazer parte deste renomado programa de mestrado.

Não posso deixar de expressar minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Robson, pela sua orientação, e apoio ao longo deste trabalho. Seu comprometimento e dedicação foram essenciais para o sucesso deste projeto.

Aos professores da UFSC, manifesto meu reconhecimento pela excelência acadêmica, pelo compartilhamento de conhecimento e pela constante inspiração no desenvolvimento deste estudo.

Agradecimentos ao Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce – LAPAD, pelo suporte técnico, acesso às instalações e recursos que foram fundamentais para a realização dos experimentos e para o desenvolvimento deste trabalho. Sua infraestrutura e expertise melhoraram significativamente para o sucesso desta pesquisa. Agradeço, portanto, a todos os membros e colaboradores do laboratório, pela disponibilidade, conhecimento e colaboração ao longo deste processo. Suas contribuições foram imprescindíveis para a condução eficiente dos experimentos e para a obtenção dos resultados apresentados neste trabalho.

Agradeço à professora Claucia, por ceder o laboratório de produção aquícola da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, para a realização das análises enzimáticas, e ao laboratório AQUOS, por disponibilizar sua estrutura para a realização de toda a parte histológica deste estudo.

Por fim, agradeço aos meus amigos, colegas de turma e a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram com este projeto e para minha trajetória acadêmica. Seu apoio, amizade e encorajamento foram essenciais para superar desafios e alcançar este marco importante em minha vida acadêmica.

Que este trabalho possa contribuir de forma significativa para o avanço do conhecimento na área de aquicultura e que os vínculos estabelecidos ao longo desta jornada perdurem além dos limites acadêmicos, enriquecendo vidas pessoais e profissionais.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Muito obrigado a todos.

Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos.

Isaac Newton

RESUMO

Os estudos de desenvolvimento ontogenético do sistema digestório são essenciais para compreender os processos alimentares e planejar dietas adequadas para pós-larvas e juvenis de *Steindachneridion scriptum*. Pesquisas sobre o desenvolvimento do sistema digestório têm sido ferramentas importantes para entender os períodos de alimentação endógena, exógena e mista. Assim, com este estudo o objetivo foi caracterizar o crescimento, sobrevivência e desenvolvimento morfofuncional do sistema digestório de *S. scriptum* durante a fase de larvicultura intensiva *indoor* em sistema de recirculação de água. As larvas, obtidas a partir de reprodução induzida, permaneceram nas incubadoras até o 2º dia pós-eclosão (dpe), quando foram distribuídas aleatoriamente em seis unidades experimentais - UE (tanques retangulares de 120 L), na densidade de 30 indivíduos L⁻¹. Do 2º ao 12º dpe a alimentação consistiu em náuplios de artemia recém-eclodidos (Fase 1 – Alimento vivo). Do 13º ao 16º dpe foi realizada a transição alimentar, substituindo gradualmente os náuplios de artemia por ração comercial em pó (Fase 2 – Transição alimentar). A partir do 17º dpe, os peixes foram alimentados exclusivamente com ração comercial em pó (Fase 3 – Alimento inerte). Em todas as fases os animais foram alimentados sete vezes ao dia, a cada 2 horas. Aos 0, 2, 4, 10, 13, 18, 23 e 28 dpe os peixes foram amostrados e avaliados quanto ao crescimento (n=20/UE/período amostral), desenvolvimento morfológico externo, histologia do trato digestório (n=5/UE/período amostral) e atividade de enzimas digestivas e hepáticas. Os dados foram analisados utilizando ANOVA unidirecional. As larvas recém-eclodidas, apresentaram-se pouco desenvolvidas e não pigmentadas. A cavidade bucofaríngea foi observada, mas sem diferenciação dos componentes do tubo digestivo. As reservas de vitelo foram identificadas até o 4º dia pós-eclosão (DPE), e as primeiras células calciformes do esôfago surgiram ao 2º DPE. O epitélio do esôfago foi caracterizado como estratificado pavimentoso, com células calciformes reativas ao Ácido Periódico de Schiff - PAS e Alcian-Blue - AB. Em relação ao estômago, as primeiras estruturas foram visualizadas no 4º DPE, enquanto a formação das glândulas gástricas ocorreu a partir do 10º DPE, com maior diferenciação no 13º DPE. O epitélio do estômago apresentou intensa reação ao PAS no 4º DPE, indicando a presença de mucosubstâncias neutras. No intestino, o epitélio simples colunar apresentou células calciformes mais concentradas na região posterior, com reação positiva ao PAS e AB. O fígado e o pâncreas se diferenciaram ao 2º DPE, estando bem desenvolvidos no início da alimentação exógena. A protease inespecífica e a fosfatase alcalina apresentaram picos em momentos chave, otimizando a absorção de nutrientes. A lipase manteve atividade constante até o 23º DPE, acompanhando a transição para dietas mais lipídicas, enquanto a amilase teve aumento em resposta à glicose dietética. Quanto às enzimas hepáticas, observou-se aumento na atividade de aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT) após o 18º DPE. A albumina, variou positivamente, refletindo o estado nutricional dos indivíduos. *S. scriptum* possui uma capacidade adaptativa robusta, otimizando a digestão e o metabolismo para garantir sua sobrevivência e crescimento em sistemas de recirculação de água durante a fase de larvicultura, sendo assim, é possível iniciar a transição alimentar a partir do 13º DPE.

Palavras-chave: Aquicultura; Crescimento; Enzimas Digestivas;

ABSTRACT

Studies of the ontogenetic development of the digestive system are essential for understanding the feeding processes and planning appropriate diets for post-larvae and juveniles of *Steindachneridion scriptum*. Research on digestive system development has been an important tool for understanding the periods of endogenous, exogenous, and mixed feeding. Thus, this study aimed to characterize the growth, survival, and morphofunctional development of the digestive system of *S. scriptum* during intensive indoor larviculture in a recirculating water system. The larvae, obtained through induced reproduction, remained in the incubators until day 2 post-hatch (dpe), when they were randomly distributed into six experimental units (UEs) (120-L rectangular tanks) at a density of 30 individuals L⁻¹. From dpe 2 to 12, the diet consisted of newly hatched artemia nauplii (Phase 1 – Live Food). From the 13th to the 16th dpe, a dietary transition was performed, gradually replacing the artemia nauplii with commercial powdered food (Phase 2 - Dietary Transition). From the 17th dpe onwards, the fish were fed exclusively with commercial powdered food (Phase 3 - Inert Food). In all phases, the animals were fed seven times a day, every 2 hours. At 0, 2, 4, 10, 13, 18, 23, and 28 dpe, the fish were sampled and evaluated for growth (n = 20/EU/sampling period), external morphological development, digestive tract histology (n = 5/EU/sampling period), and digestive and liver enzyme activity. Data were analyzed using one-way ANOVA. Newly hatched larvae were poorly developed and non-pigmented. The buccopharyngeal cavity was observed, but without differentiation of the digestive tract components. Yolk reserves were identified by day 4 post-hatch (DPE), and the first esophageal goblet cells appeared on day 2. The esophageal epithelium was characterized as stratified squamous, with goblet cells reactive to Periodic Acid-Schiff (PAS) and Alcian Blue (AB). Regarding the stomach, the first structures were visualized on day 4, while the formation of gastric glands occurred from day 10 onwards, with greater differentiation on day 13. The stomach epithelium showed intense PAS reaction on day 4, indicating the presence of neutral mucosubstances. In the intestine, the simple columnar epithelium presented goblet cells more concentrated in the posterior region, with positive PAS and AB reactions. The liver and pancreas differentiated on day 2 and were well developed at the beginning of exogenous feeding. Nonspecific protease and alkaline phosphatase peaked at key moments, optimizing nutrient absorption. Lipase activity remained constant until the 23rd DPE, accompanying the transition to higher-fat diets, while amylase increased in response to dietary glucose. Regarding liver enzymes, an increase in aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) activity was observed after the 18th DPE. Albumin levels increased, reflecting the nutritional status of the individuals. *S. scriptum* has a robust adaptive capacity, optimizing digestion and metabolism to ensure its survival and growth in recirculating water systems during the larval stage. Therefore, dietary transition can begin as early as the 13^o DPE.

Keywords: Aquaculture; Growth; Digestive Enzymes.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - *Steindachneridion scriptum* 18
- Figura 2 - Linha do tempo do período experimental, destacando as fases de alimentação. Dias pós-eclosão (DPE).....29
- Figura 3 - Mediana e desvio-padrão do peso e comprimento total de suruvi *Steindachneridion scriptum* durante a larvicultura intensiva de 0 a 28 dias após a eclosão (DPE) em sistema de recirculação de água.34
- Figura 4 - Desenvolvimento morfológico de *Steindachneridion scriptum* durante a fase de larvicultura em sistema de recirculação de água: A) 0 DPE: Larva no dia da eclosão. Ausência de cromatóforos, presença de nadadeira embrionária (ne), saco vitelínico (sv) repleto, cavidade oral aberta (seta grossa), olhos pequenos e pigmentados (ponta de seta), notocorda (n) evidente. B) 2 DPE: Pós-larva com cromatóforos em maior concentração na região superior da cabeça e distribuídos de forma irregular na região dorsal do corpo. Redução do tamanho do saco vitelínico (sv). Barbilhões maxilares (b) evidentes. C) 4 DPE) saco vitelínico (sv) ainda evidente. D e E) 10 DPE: Intensificação dos cromatóforos (c) na região dorsal do corpo e cabeça e na região dos olhos. Nadadeira dorsal (nd), nadadeira caudal (nc) nadadeiras peitorais (np) e nadadeira anal (na) bem desenvolvidas com raios de sustentação evidentes e nadadeira adiposa (na) em formação. Barra de escala = 2 mm. Aumento de 40X.....36
- Figura 5 - Secções histológicas de larvas de *Steindachneridion scriptum*. A) 0 DPE: Secção longitudinal, evidenciado a cavidade bucal (*), primórdio do tubo digestivo (seta fina) e saco vitelino (sv) contendo vitelo. Barra de escala = 0,2mm B) 2 DPE: Detalhamento do lúmen esofágico (es) Barra de escala = 0,05mm C) 4 DPE: Epitélio (e) esofágico pavimentoso simples com presença de células caliciformes (seta). D e E) 4° DPE corte longitudinal, evidenciando células caliciformes do esôfago reativas ao PAS e AB, esôfago (es), estômago (st), seta fina (células caliciformes), seta grossa (ápice das células do epitélio gástrico), barra de escala: 2mm, F e G) 18° DPE corte longitudinal, evidenciando pregas longitudinais e das células caliciformes do esôfago que se mostraram reativas ao AB e HE, esôfago

(es), seta fina (células caliciformes), barra de escala: 2mm, Aumento de 40x.....38

Figura 6 - Secções histológicas das larvas de *Steindachneridion scriptum*. A) larvas no 4° dia pós-eclosão (DPE) corte longitudinal, visualização das primeiras estruturas do estômago (Hematoxilina e eosina), es (esôfago), st (estômago), sm (submucosa), m (camada muscular). Barra de escala = 0,05 mm. B) 10° DPE corte longitudinal, epitélio do estômago simples cúbico (Hematoxilina e eosina), es (esôfago), st (estômago), sm (submucosa), m (camada muscular), ia (intestino anterior) e (epitélio). Barra de escala = 0,2 mm C) 4° DPE corte longitudinal, células caliciformes e células apicais do epitélio gástrico reativas ao PAS/AB, es (esôfago), st (estômago), seta (células caliciformes) e seta grossa (ápice das células do epitélio gástrico). Barra de escala = 2 mm D) 13° DPE corte longitudinal, células apicais do epitélio gástrico reativas ao PAS (PAS), st (estômago), gg (glândulas gástricas), seta grossa (ápice das células do epitélio gástrico). Barra de escala = 2 mm E) 13° DPE corte longitudinal, mudança do epitélio gástrico de simples cúbico para simples colunar e formação das glândulas gástricas (Hematoxilina e eosina), es (esôfago), st (estômago), seta (células caliciformes) e seta grossa (ápice das células do epitélio gástrico). Barra de escala = 0,2 mm F) 18° DPE corte longitudinal, estômago em forma sacular com a presença de glândulas gástricas (Hematoxilina e eosina), st (estômago), gg (glândulas gástricas). Barra de escala 0,2 mm. Figura A, B, C e D, aumento de 40X, E e F 1000X.40

Figura 7 - Secções histológicas de *Steindachneridion scriptum*. A) larvas no 2° dia após eclosão (DPE) corte longitudinal, visualização do intestino em diferenciação (Hematoxilina e eosina), bf (bucofaringe), sv (saco vitelino), v (vitelo), f (fígado), n (notocorda). Barra de escala = 0,5 mm B) 4° DPE corte longitudinal, intestino anterior com lúmen extenso (Hematoxilina e eosina), p (pâncreas), ia (intestino anterior), ip (intestino posterior). Barra de escala = 0,5 mm. C) larvas com 10° DPE corte longitudinal, visualização de três regiões intestinais denominadas: intestino anterior, médio e posterior (Hematoxilina e eosina), bf (bucofaringe), es (esôfago), st (estômago), p (pâncreas), f (fígado), ia (intestino anterior), im (intestino médio), ip (intestino posterior). Barra de escala = 0,5 mm. D) 10° DPE corte

longitudinal, intestino anterior e médio revestidos por epitélio simples colunar com a presença de células caliciformes (Hematoxilina e eosina), ia (intestino anterior), im (intestino médio. Barra de escala = 0,2 mm. E) 10 DPE corte longitudinal, região do intestino posterior revestido por epitélio simples colunar com a presença de células caliciformes e enterócitos (células absortivas) e região do reto evidenciando a presença de pregas longitudinais (Hematoxilina e eosina), ip (intestino posterior), seta (células caliciformes), r (reto), estrela (enterócitos). Barra de escala = 0,5 mm. Figura A, B, C e E, aumento de 40X, D 100X.42

Figura 8 - Secções histológicas das larvas de *Steindachneridion scriptum*. A) larvas no 18° dia pós-eclosão (DPE) corte longitudinal, reação borda em escova na região do intestino anterior e médio (PAS), ia (intestino anterior), im (intestino médio), seta (células caliciformes), seta grossa (ápice das células do epitélio intestinal), estrela (enterócitos). Barra de escala: 2 mm B) 18° DPE corte longitudinal, reação borda em escova na região do intestino posterior (AB), ip (intestino posterior), seta (células caliciformes), seta grossa (ápice das células do epitélio intestinal), estrela (enterócitos). Barra de escala: 2 mm C) 13° DPE corte longitudinal, aumento dos enterócitos no intestino médio (Hematoxilina e eosina), im (intestino médio), seta (células caliciformes), seta grossa (ápice das células do epitélio intestinal), estrela (enterócitos). Barra de escala: 2 mm D) 4° DPE corte longitudinal, reto com a presença de pregas longitudinais (Hematoxilina e eosina), r (reto). Barra de escala: 2 mm. Fugira A e C, aumento de 400X. B e C 40X.....43

Figura 9 - Secções histológicas das larvas de *Steindachneridion scriptum*. A) larvas no 2° dia após eclosão (DPE) corte longitudinal, evidenciando fígado em diferenciação (Hematoxilina e eosina), f (fígado). Barra de escala = 0,02 mm B) 4° DPE corte longitudinal, pâncreas em diferenciação com a presença de ácidos pancreáticos (Hematoxilina e eosina), p (pâncreas), ap (ácidos pancreáticos). Barra de escala = 0,02mm. C) 10° DPE corte longitudinal, fígado com armazenamento de lipídios (Hematoxilina e eosina), f (fígado). Barra de escala = 0,02 mm. D) 10° DPE corte longitudinal, glicogênio presente no fígado apresentou reação ao PAS, f (fígado). Barra de escala = 2 mm. E) 18° DPE corte longitudinal, evidenciando pâncreas extra-hepático (Hematoxilina e eosina), f (fígado), p

(pâncreas), st (estômago). Barra de escala = 0,02 mm. F) 18° DPE corte longitudinal, evidenciando pâncreas extra-hepático com a presença de ácidos pancreáticos (Hematoxilina e eosina), f (fígado), p (pâncreas), ap (ácidos pancreáticos). Barra de escala = 0,02 mm. Figura A, B, C, D, aumento de 1000x, E e F 40X.....45

Figura 10 - Atividade específica (UI/mg de proteína) da enzima hepática. A) aspartato aminotransferase (AST); B) alanina aminotransferase (ALT) e C) Albumina em suruvi durante larvicultura intensiva em sistema de recirculação de água. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre diferentes idades (ANOVA, P < 0,05).....47

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Variáveis (Média \pm Desvio padrão) de qualidade de água mensuradas durante a larvicultura do suruvi <i>Steindachneridion scriptum</i> em sistema de recirculação de água. | 28 |
| Tabela 2 - Desempenho zootécnico, fator de condição e uniformidade do lote de suruvi <i>Steindachneridion scriptum</i> durante a larvicultura intensiva em sistema de recirculação de água. | 35 |
| Tabela 3 - Atividade de enzimas digestivas em suruvi <i>Steindachneridion scriptum</i> durante a fase de larvicultura intensiva em sistema de recirculação de água. | 46 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|-------------------------------------|
| ALT | Alanina aminotransferase |
| AST | Aspartato aminotransferase |
| CEUA | Comissão de Ética no Uso de Animais |
| CTF | Comprimento total final |
| DPE | Dias pós-eclosão |
| GC | Ganho em comprimento |
| GP | Ganho em peso |
| PF | Peso final |
| TCE | Taxa de crescimento específico |
| UF | Uniformidade do lote |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL | 18 |
| 1.1 | DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE..... | 18 |
| 1.2 | ONTOGENIA DO SISTEMA DIGESTÓRIO..... | 20 |
| 1.3 | ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO TRATO DIGESTÓRIO..... | 21 |
| 2 | OBJETIVOS | 23 |
| 3 | ARTIGO CIENTÍFICO | 24 |
| 3.1 | INTRODUÇÃO..... | 25 |
| 3.2 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 27 |
| 3.2.1 | Aspectos éticos da pesquisa..... | 27 |
| 3.2.2 | Desova, fecundação e incubação..... | 27 |
| 3.2.3 | Unidades de cultivo..... | 28 |
| 3.2.4 | Parâmetros de qualidade de água..... | 28 |
| 3.2.5 | Povoamento das unidades de cultivo e manejo alimentar..... | 29 |
| 3.2.6 | Desempenho Zootécnico, fator de condição (K) e uniformidade do lote | 30 |
| 3.2.7 | Análises morfológicas..... | 31 |
| 3.2.8 | Análise histológica..... | 31 |
| 3.2.9 | Determinação da atividade das enzimas digestivas e hepáticas..... | 32 |
| 3.2.10 | Análise dos dados..... | 33 |
| 4 | RESULTADOS | 33 |
| 4.1.1 | Desempenho Zootécnico, fator de condição (K) e uniformidade do lote | 33 |
| 4.2 | CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS EXTERNAS..... | 35 |
| 4.3 | HISTOLOGIA E HISTOQUÍMICA DO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE <i>STEINDACHNERIDION SCRIPTUM</i> NA FASE DE LARVICULTURA..... | 37 |
| 4.3.1 | Bucofaringe e esôfago..... | 37 |
| 4.3.2 | Estômago..... | 39 |
| 4.3.3 | Intestino..... | 41 |
| 4.3.4 | Glândulas anexas..... | 44 |
| 5 | ATIVIDADE ENZIMÁTICA | 46 |
| 5.1 | ENZIMAS DIGESTIVAS..... | 46 |
| 5.2 | ENZIMAS HEPÁTICAS..... | 46 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6 | DISCUSSÃO | 48 |
| 6.1. | HISTOLOGIA E HISTOQUÍMICA DO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE <i>STEINDACHNERIDION SCRIPTUM</i> NA FASE DE LARVICULTURA | 49 |
| 6.2. | ATIVIDADE ENZIMÁTICA..... | 53 |
| 7 | CONCLUSÕES | 56 |
| | REFERÊNCIAS | 57 |
| 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO | 63 |
| | REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL | 64 |
| | ANEXO A..... | 66 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

Atualmente o gênero *Steindachneridion scriptum* apresenta três espécies mais estudadas: *Steindachneridion parahybae*, *Steindachneridion melanodermatum* e a espécie estudada neste trabalho, o *Steindachneridion scriptum* (GARAVELLO, 2005).

O *Steindachneridion scriptum*, também é conhecido como bocudo ou suruvi (Brasil) (ZANIBONI-FILHO; REYNALTE-TATAJE; HERMES-SILVA, 2020). Apresenta coloração cinza pardo-escuro, com manchas pretas irregulares e vermiformes, possui hábito alimentar noturno, predominantemente piscívoro e realiza movimento migratórios moderados para a reprodução (ZANIBONI-FILHO; REYNALTE-TATAJE; HERMES-SILVA, 2020). Essa espécie apresenta grande importância econômica e social na região do alto rio Uruguai. Na pesca artesanal esta espécie representou cumulativamente 41,3% do total capturado entre os anos de 2004 e 2009, contribuindo para a geração de renda e segurança alimentar das populações (SCHORK et al., 2013; ICMBIO, 2018). Ademais, essa espécie apresenta potencial para a piscicultura regional, devido as suas características de processamento como alto rendimento de carcaça e de filé (WEINGARTNER, 2012).

Figura 1 - *Steindachneridion scriptum*



Fonte: Elaborado pelo autor

Embora o suruvi seja amplamente distribuído nas bacias do alto rio Uruguai, sua abundância é baixa, devido às ações antropogênicas, como a construção de barragens para instalação de empreendimentos hidrelétricos, pesca com rede de espera e despejos de indústrias de papel e celulose, que tem afetado a manutenção de populações viáveis a médio prazo, culminando com o declínio populacional. Como o Suruvi é uma espécie típica de ambientes fluviais com correnteza, a construção de barragens afeta sua sobrevivência, uma vez que altera o ambiente de águas correntes para águas paradas, modificando seu habitat e os padrões de migração para fins reprodutivos (ICMBIO, 2018). Devido a isso, a espécie está ameaçada de extinção, sendo considerada em nível estadual, "Criticamente em perigo" no Rio Grande do Sul, "Vulnerável" no Paraná e "Em Perigo" em Santa Catarina (ICMBIO, 2018).

Dado ao seu risco de extinção e potencial para piscicultura, no Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce – LAPAD da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, o suruvi foi eleito como uma das espécies prioritárias para o desenvolvimento de pesquisas que poderão subsidiar o desenvolvimento de estratégias de conservação e de tecnologias de produção. Para tanto, é fundamental o desenvolvimento de estudos de reprodução e larvicultura.

A produção comercial da espécie em cativeiro é considerada uma importante estratégia para a sua conservação, pois pode auxiliar na redução da demanda por peixes oriundos da pesca, além de ser uma forma de obter juvenis destinados a ações de repovoamento para a recomposição de populações em ambientes natural (BEUX E ZANIBONI-FILHO, 2008).

Assim como em outras espécies de peixes de hábito alimentar carnívoro, os peixes do gênero *Steindachnerion* apresentam comportamento de canibalismo intenso após a absorção do saco vitelínico resultando em baixa sobrevivência durante a larvicultura (Feiden et al. 2006; Adamante et al., 2007; Schütz et al., 2008). Uma das formas de minimizar o efeito do canibalismo é a adoção de protocolo alimentar adequado, para garantir a sobrevivência e crescimento.

Embora as pós-larvas de peixes sejam capazes de ingerir vários itens alimentares, seu sistema digestório passa rapidamente por uma série de alterações antes de se tornar completamente funcional (GISBERT et al., 2022). Assim, o fornecimento de dietas artificiais antes do trato digestório estar completamente formado, pode causar mortalidade, resultando em grandes perdas econômicas. Logo, compreender as mudanças que ocorrem no trato digestório ao longo do tempo, pode

contribuir para promover o desenvolvimento de protocolos alimentares adequados e promover o crescimento saudável dos animais (GISBERT et al., 2022).

1.2 ONTOGENIA DO SISTEMA DIGESTÓRIO

Os estudos morfológicos sobre o desenvolvimento ontogenético do sistema digestório dos peixes teleósteos de água doce são fundamentais. Em combinação com dados ecológicos relativos aos variados hábitos alimentares desses organismos, esses estudos possibilitam a determinação temporal da ativação e função de cada órgão deste sistema em todas as fases de desenvolvimento (RODRIGUES; NAVARRO; MENIN, 2008).

Para larvas e pós-larvas de bagres siluriformes carnívoros, a ontogenia do sistema digestório já foi descrita sob a ótica da histologia para *Pseudoplatystoma punctifer* (GISBERT et al., 2014a), *Hemisorubim platyrhynchos* (FACCIOLI et al., 2016a) e *Zungaro jahu* (MARQUES et al., 2017). Nesses estudos as larvas recém-eclodidas apresentavam sistema digestório básico, que consistia em um tubo reto e simples, revestido por uma camada única de células epiteliais colunares, que se tornariam enterócitos no futuro. Conforme as larvas se desenvolveram, seu sistema digestório passou por uma transformação rápida, com a maioria dos órgãos digestivos se desenvolvendo e se diferenciando quase completamente. Isso incluía a formação do bucofaringe (parte inicial do sistema digestivo que engloba a boca e a faringe), o esôfago, o intestino, o fígado e o pâncreas exócrino.

Entretanto, somente o uso da histologia limita o entendimento da funcionalidade. A funcionalidade do sistema digestório em peixes nas fases iniciais de desenvolvimento pode ser avaliada por meio da determinação da atividade das principais enzimas envolvidas no processo de digestão dos alimentos. Estudos com esta abordagem já foram desenvolvidos para larvas e pós-larvas de *Pseudoplatystoma punctifer* (CASTRO-RUIZ et al., 2019b), *Pseudoplatystoma reticulatum* e para o híbrido *Pseudoplatystoma corruscans* x *Pseudoplatystoma reticulatum* (DE MELLO et al., 2021).

Embora as pesquisas nessa área estejam recebendo mais atenção, ainda são necessários muitos estudos para embasar o sistema de produção de várias espécies de peixes, de modo a sincronizar o estágio larval de desenvolvimento e maturação

dos órgãos digestivos com o protocolo de alimentação e as práticas de criação, além de identificar outros fatores limitantes durante a criação larval (GISBERT et al., 2014).

Os estudos de desenvolvimento ontogenético do sistema digestório considerando histomorfologia e atividade enzimática são essenciais para compreender os processos alimentares e planejar dietas adequadas para pós-larvas e juvenis de *Steindachneridion scriptum*. Ressalta-se que até o momento, não há informações disponíveis sobre o desenvolvimento inicial do trato digestório dessa espécie. Embora já se saiba bastante sobre como o sistema digestório se desenvolve e funciona em outros bagres carnívoros, é crucial levar em conta as especificidades de cada espécie, como o método de reprodução, tamanho e tempo de incubação dos ovos, além das práticas de manejo reprodutivo adotadas. Esses fatores podem influenciar significativamente o processo de desenvolvimento e diferenciação das estruturas do sistema digestório.

1.3 ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO TRATO DIGESTÓRIO

Nas últimas duas décadas, vários estudos focaram no desenvolvimento das atividades das enzimas digestivas em peixes marinhos e de água doce, especialmente os que são usados na aquicultura. Compreender os perfis dessas enzimas nos estágios iniciais de vida e sua adaptação à dieta de cada espécie é essencial para entender sua fisiologia nutricional. Isso é particularmente importante durante o desenvolvimento, pois as capacidades digestivas, que mudam ao longo do tempo, determinam os tipos de nutrientes que podem ser digeridos e absorvidos (CASTRO-RUIZ et al., 2019a).

Devido ao alto custo de cistos de artêmia e aos desafios de produzir náuplios, substituir assim que possível alimentos vivos por rações formuladas se tornou um objetivo importante na larvicultura de peixes. Assim, identificar o tipo de enzimas digestivas e como sua atividade varia durante o desenvolvimento pode servir como um indicador não só do desenvolvimento larval e da maturação intestinal, mas também da sobrevivência e do desempenho dos peixes (ZAMBONINO INFANTE JL et al., 2008).

As transições da alimentação endógena para a exógena, bem como do estágio larval para o juvenil, são momentos-chave, nos quais as estratégias alimentares precisam ser ajustadas às capacidades digestivas em desenvolvimento.

Por isso, entender a ontogenia das enzimas digestivas é crucial para determinar o melhor momento para o desmame e para otimizar as dietas e os protocolos de alimentação, o que pode melhorar o crescimento, a sobrevivência e a qualidade larval (CASTRO-RUIZ et al., 2019d; HAMRE et al., 2013; ZAMBONINO INFANTE JL et al., 2008).

Antes mesmo de começar a alimentação exógena, as larvas de peixes já possuem enzimas digestivas funcionais, facilitadas pela atividade de órgãos como o pâncreas e o intestino (ROSSATO et al., 2021a).

Para a maioria das espécies, as primeiras enzimas a agir na digestão são a tripsina e a quimiotripsina, vindas do intestino, seguidas pelas proteases, lipase, amilase e maltase (LAZO; DARIAS; GISBERT, 2011). Essas enzimas são essenciais para quebrar proteínas, carboidratos e lipídios em unidades menores que podem ser absorvidas. A caracterização e a quantificação dessas atividades enzimáticas são importantes para entender a fisiologia digestiva dos peixes, já que sua atividade geralmente está ligada aos hábitos alimentares das espécies (MAGOUZ et al., 2020; ROSSATO et al., 2021a).

O perfil das enzimas digestivas, incluindo sua especificidade, eficiência e limitações, é crucial para prever como os peixes aproveitam alimentos convencionais e novas fontes alimentares. Os peixes têm uma capacidade adaptativa no processo digestivo, ajustando seu perfil enzimático, absorção e transporte de nutrientes. Essa capacidade de adaptação às mudanças na dieta e de otimização das estratégias alimentares varia entre as espécies (HONORATO et al., 2010).

Estudos sobre a ontogenia funcional, avaliando a atividade das principais enzimas intestinais, já foram realizados para outros bagres, como o *Pseudoplatystoma punctifer*, onde foram descritas as atividades de enzimas digestivas (fosfatase alcalina, aminopeptidase N, maltase e leucina-alanina peptidase), pancreáticas (tripsina, quimiotripsina, proteases alcalinas totais, lipase ativada por sais biliares e amilase) e gástricas (pepsina) (CASTRO-RUIZ et al., 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a sobrevivência o crescimento, fator de condição, uniformidade do lote , desenvolvimento histomorfológico e o perfil enzimático do sistema digestório de *Steindachneridion scriptum* durante a fase de larvicultura intensiva *indoor* em sistema de recirculação de água.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Descrever a histomorfologia e histoquímica do sistema digestório de *Steindachneridion scriptum* a fase de larvicultura intensiva *indoor* em sistema de recirculação de água.
- ✓ Determinar o desempenho zootécnico, fator de condição (K) e uniformidade do lote de pós-larvas de suruvi mantidas em larvicultura intensiva *indoor* em sistema de recirculação de água.
- ✓ Descrever a morfologia externa das larvas e pós-larvas de suruvi mantidas em larvicultura intensiva *indoor* em sistema de recirculação de água.
- ✓ Determinar a atividade de enzimas digestivas e hepáticas em *Steindachneridion scriptum* a fase de larvicultura intensiva *indoor* em sistema de recirculação de água.

3 ARTIGO CIENTÍFICO

Desenvolvimento ontogenético do sistema digestório de *Steindachneridion scriptum* durante a fase de larvicultura

RESUMO

O desenvolvimento ontogenético do sistema digestório é essencial para compreender os processos alimentares e formular dietas adequadas para *Steindachneridion scriptum*. Com o objetivo de caracterizar o crescimento, a sobrevivência e o desenvolvimento morfofuncional do sistema digestório durante a larvicultura intensiva em sistema recirculação de água, as larvas de *S. scriptum* provenientes da mesma desova com idade de 2 dias pós-eclosão (DPE), foram distribuídas aleatoriamente em seis unidades experimentais (120 L) na densidade de 30 indivíduos L⁻¹. Do 2° ao 12° DPE (Fase Alimento vivo) as larvas foram alimentadas com náuplios de artemia recém-eclodidos. Do 13° ao 16° DPE (Fase Transição alimentar), os náuplios de artemia foram substituídos gradualmente por ração comercial em pó. Entre o 17° e 28° DPE (Fase Alimento Inerte), a alimentação foi realizada apenas com ração comercial em pó. Aos 0, 2, 4, 10, 13, 18, 23 e 28 dpe, analisou-se o crescimento, histomorfologia do trato digestório e atividade de enzimas digestivas e hepáticas. A cavidade bucofaríngea foi observada logo após a eclosão. As primeiras células caliciformes esofágicas surgiram no 2° DPE. O estômago começou a se formar no 4° DPE, com glândulas gástricas visíveis a partir do 10° DPE. O intestino mostrou epitélio simples colunar, com células caliciformes mais abundantes na região posterior. O fígado e o pâncreas se diferenciaram no 2° DPE e estavam completamente desenvolvidos no início da alimentação exógena. A atividade enzimática digestiva e hepática indicou adaptações fisiológicas ao longo do desenvolvimento. Protease e fosfatase alcalina apresentaram picos em momentos-chave, otimizando a absorção de nutrientes. A lipase manteve atividade constante até o 23° DPE, enquanto a atividade da amilase aumentou em resposta ao aumento de carboidrato na dieta. A atividade de alanina aminotransferase e aspartato aminotransferase aumentaram após o 18° DPE. A variação da albumina indicou ajustes no funcionamento hepático e no estado nutricional da espécie. Durante a fase de larvicultura *S. scriptum* possui grande capacidade adaptativa, ajustando digestão e metabolismo para otimizar sobrevivência e crescimento em sistemas de recirculação de água.

Palavras-chave: Glândulas gástricas; Piscicultura; Protease; Suruvi.

3.1 INTRODUÇÃO

Os peixes do gênero *Steindachneridion* (Eigenmann; Eigenmann 1919) pertencem à ordem Siluriforme, família Pimelodidae. São reconhecidas seis espécies válidas distribuídas nas bacias hidrográficas do Jequitinhonha, Paraíba do Sul, Rio Doce, Rio Uruguai e Alto Rio Paraná (GARAVELLO, 2005). Segundo (ZANIBONI-FILHO et al., 2020) as espécies mais estudadas quanto a sua biologia e cultivo são surubim-do-Iguaçu *Steindachneridion melanodermatum* da bacia do Rio Iguaçu, surubim-do-Paraíba *S. parahybae* da bacia do rio Paraíba do sul e o *S. scriptum* das bacias do Rio Uruguai e alto rio Paraná.

Embora o surubi *S. scriptum* seja amplamente distribuído nas bacias do alto rio Paraná e alto rio Uruguai, sua abundância é baixa, devido às ações antropogênicas, como a construção de barragens para a instalação de empreendimentos hidrelétricos, pesca com redes de espera e despejos de indústrias de papel e celulose, que têm afetado a manutenção de populações viáveis a médio prazo, culminando com o declínio populacional. Como o *S. scriptum* é uma espécie típica de ambientes fluviais com correnteza, a construção de barragens afeta sua sobrevivência, uma vez que altera o ambiente de águas correntes para águas paradas, modificando seu habitat e os padrões de migração para fins reprodutivos (AGOSTINHO et al., 2008; ICMBIO, 2018). Devido a isso, a espécie está ameaçada de extinção, sendo considerada em nível estadual, "Criticamente em perigo" no Rio Grande do Sul, "Vulnerável" no Paraná e "Em Perigo" em Santa Catarina (ICMBIO, 2018).

Considerando que o status de conservação da espécie é preocupante, a sua produção em confinamento pode ser considerada como uma importante estratégia para a conservação, pois pode auxiliar na redução da demanda por peixes oriundos da pesca, além de ser uma forma de obter juvenis destinados a ações de repovoamento para recomposição das populações em ambientes afetados (BEUX IF; ZANIBONI FILHO E., 2008).

A fase inicial de produção do surubi é considerada crítica e marcada pelo intenso canibalismo observado após absorção do saco vitelínico e responsável pelos baixos índices de sobrevivência durante a larvicultura. Uma das formas de minimizar o efeito do canibalismo é a adoção de protocolo alimentar adequado durante essa etapa (NEUMANN et al., 2020).

O manejo alimentar de pós-larvas, principalmente daquelas de hábito alimentar carnívoro, como o suruvi é considerado como um dos fatores mais críticos para garantir a sobrevivência e crescimento. Embora as pós-larvas sejam capazes de ingerir vários itens alimentares, seu sistema digestório passa rapidamente por uma série de alterações antes se tornar totalmente funcional (GISBERT et al., 2022). O fornecimento de dietas artificiais antes do trato digestório estar completamente formado, pode causar alta mortalidade, resultando em grandes perdas econômicas (LOPES, et al., 1996). Assim, compreender as mudanças que ocorrem do trato digestório e no processo de digestão e absorção de nutrientes ao longo do tempo, pode contribuir para o desenvolvimento de protocolos alimentares adequados e promover o crescimento saudável dos animais (GISBERT et al., 2022).

Estudos de desenvolvimento ontogenético do sistema digestório de larvas e pós-larvas de bagres siluriformes carnívoros já foram desenvolvidos sob a ótica da histologia para *Pseudoplatystoma punctifer*, onde as larvas recém-eclodidas tinham um sistema digestivo básico, que consistia em um tubo reto simples e recomendado, revestido por uma camada única de células epiteliais colunares, que se tornariam enterócitos no futuro. Conforme as larvas se desenvolvem, seu sistema digestório passa por uma rápida transformação, com a maioria dos órgãos digestivos se desenvolvendo e se diferenciando quase completamente. Isso incluía a formação da bucofaringe (parte inicial do sistema digestório que engloba a boca e a faringe), o esôfago, o intestino, o fígado e o pâncreas exócrino (GISBERT et al., 2014). Além da morfologia, o entendimento da da funcionalidade do sistema digestório é de fundamental importância,. A funcionalidade do sistema digestório em peixes nas fases iniciais de desenvolvimento pode ser avaliada por meio da determinação da atividade das principais enzimas envolvidas no processo de digestão dos alimentos. Estudos com esta abordagem já foram desenvolvidos para larvas e pós-larvas de *Pseudoplatystoma punctifer* (CASTRO-RUIZ et al., 2019), *Pseudoplatystoma reticulatum* e para o híbrido *Pseudoplatystoma corruscans* x *Pseudoplatystoma reticulatum* (MELLO et al., 2021).

Os estudos de desenvolvimento ontogenético do sistema digestório considerando a histomorfologia e atividade enzimática são essenciais para compreender os processos alimentares e planejar dietas adequadas para pós-larvas e juvenis de *Steindachneridion scriptum*. Ressalta-se que até o momento, não há informações disponíveis sobre a o desenvolvimento inicial do trato digestório dessa

espécie. Embora já se tenha informações sobre o desenvolvimento ontogenético e funcionalidade do sistema digestório para outros bagres siluriformes carnívoros, é necessário considerar as particularidades de cada espécie (modo de reprodução, tamanho de ovo, tempo, tamanho larval) e o manejo produtivo adotado, pode interferir no processo de desenvolvimento e diferenciação das estruturas que compõe o sistema digestório.

Com este trabalho o objetivo foi descrever o crescimento e caracterizar o desenvolvimento histomorfológico e enzimático sistema digestório do suruvi durante a larvicultura. Os dados gerados contribuirão para uma compreensão aprimorada da morfofisiologia do sistema digestório dessa espécie, que possui um hábito alimentar piscívoro. Além disso, essas informações fornecerão bases para estudos futuros relacionados a nutrição e alimentação dessa espécie.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Aspectos éticos da pesquisa

O experimento foi realizado no Laboratório de Biologia e cultivo de Peixes de Água Doce – LAPAD da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Os procedimentos experimentais envolvendo os peixes foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA da UFSC (Protocolo CEUA n° 3990201023; **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

3.2.2 Desova, fecundação e incubação

Espécimes adultos de *S. scriptum*, sendo as fêmeas com peso médio de $5,26 \pm 1,14$ kg e os machos com peso médio de aproximadamente $2,33 \pm 0,90$ kg, do plantel de reprodutores do Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce - LAPAD foram selecionados e submetidos ao protocolo de hipofiseação, conforme proposto por (ZANIBONI-FILHO; REYNALTE-TATAJE; HERMES-SILVA, 2020). O sêmen e os oócitos foram coletados pelo método de extrusão a seco (ZANIBONI-FILHO E NUÑER, 2004).

Para a fecundação, os oócitos foram homogeneizados com sêmen e ativados com a adição de água do sistema de incubação. Após a fecundação, os ovos foram

transferidos para as incubadoras cilindro-cônicas (56 L) com fluxo ascendente de água. Oito horas após a fecundação, a taxa de fertilização foi determinada conforme proposto por Luz et al. (2001). A taxa de eclosão das larvas foi determinada conforme proposto por OKAWARA et al. (2015). A taxa de fertilização média foi de $97,6 \pm 1,60\%$, a taxa de eclosão média foi de $89,15 \pm 5,56\%$. As larvas permaneceram nas incubadoras com temperatura de $24,00 \pm 0,66$ °C até o início da alimentação exógena aos dois dias pós-eclosão (DPE) quando foram transferidas para as unidades de cultivo.

3.2.3 Unidades de cultivo

O experimento foi conduzido em ambiente fechado, em seis unidades experimentais retangulares de 120 L, integradas a um sistema de recirculação de água, composto por decantador, reator biológico de leito móvel, filtro mecânico *bead*, trocador de calor (Astralpool Top+14) e reator ultravioleta multilâmpadas com dosagem de $30\text{mJ}/\text{cm}^2/\text{s}$ para desinfecção. Em cada unidade de cultivo a vazão de ($57,6 \text{ L hora}^{-1}$) foi ajustada para promover $11,6$ renovações dia^{-1} . A aeração contínua foi fornecida por um soprador radial e distribuída para cada unidade por meio de mangueiras equipadas com pedras porosas.

3.2.4 Parâmetros de qualidade de água

As variáveis de qualidade de água como: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), pH e salinidade (‰) foram monitorados duas vezes ao dia com o auxílio de um oxímetro YSI Pro20 (Tabela 1).

Tabela 1 - Variáveis (Média \pm Desvio padrão) de qualidade de água mensuradas durante a larvicultura do suruvi *Steindachneridion scriptum* em sistema de recirculação de água.

| Parâmetro | Manhã | Tarde |
|--|------------------|------------------|
| Temperatura (°C) | $24,00 \pm 0,66$ | $24,20 \pm 0,46$ |
| Oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) | $7,10 \pm 1,79$ | $6,90 \pm 1,63$ |
| pH | $7,20 \pm 0,26$ | $7,20 \pm 0,21$ |
| Salinidade (‰) | $1,70 \pm 0,74$ | $1,80 \pm 0,70$ |

Fonte: Elaborado pelo Autor

Semanalmente foram determinadas as concentrações de amônia total (mg L^{-1}) utilizando o método descrito por Koroleff (1999)

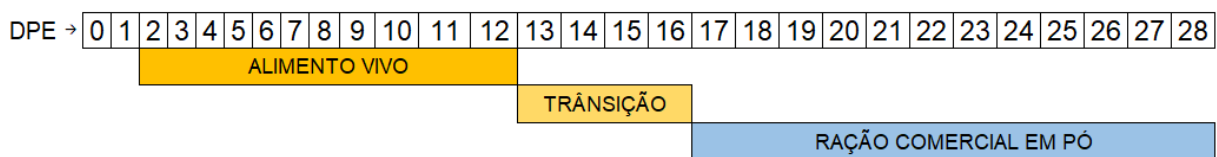
e nitrito (mg L^{-1}), seguindo o descrito por (GOLTERMAN; CLYMO; OHNSTAD, 1979). As concentrações de nitrato foram determinadas de acordo com Mackereth; Heron; Talling (1978). Ao longo da larvicultura, a concentração de amônia total, nitrito e nitrato foram respectivamente de $0,05 \pm 0,02 \text{ mg L}^{-1}$; $0,01 \pm 0,00 \text{ mg L}^{-1}$ e $2,99 \pm 0,94 \text{ mg L}^{-1}$.

3.2.5 Povoamento das unidades de cultivo e manejo alimentar

As pós-larvas (PL's) foram transferidas para seis unidades de cultivo aos 2 DPE, em uma densidade de 30 PL's L^{-1} , totalizando 3600 animais em cada unidade.

O protocolo alimentar adotado foi baseado nas recomendações existentes para bagres carnívoros (ZANIBONI-FILHO; REYNALTE-TATAJE; HERMES-SILVA, 2020). A alimentação foi dividida em três fases distintas: fase de alimento vivo, fase de transição alimentar em regime de co-alimentação e fase de alimento inerte (Figura 2). Em todas as fases, as pós-larvas foram alimentadas sete vezes ao dia, em intervalos de 2 h, iniciando as 07h00 e finalizando as 19h00.

Figura 2 - – Linha do tempo do período experimental, destacando as fases de alimentação. Dias pós-eclosão (DPE).



Fonte: Elaborado pelo autor

Do 2° ao 12° DPE (Fase 1 – Alimento Vivo), as pós-larvas foram alimentadas com náuplios recém-eclodidos de artemia (HIGH 5 Artemia® INVE Aquaculture®). Entre o 2° e 7° DPE foram ofertados 450 náuplios/pós-larva/dia, aumentando para 750 náuplios/pós-larva/dia do 8° ao 12° DPE (FERNANDES et al., 2009). A salinidade da água foi mantida em $1,67 \pm 0,74 \text{ ppm}$ para prolongar a vida dos náuplios de artemia, resultando em maior disponibilidade de alimento vivo para os peixes (BEUX E ZANIBONI FILHO, 2008).

Na fase de transição alimentar (13°-16° DPE) foi realizada substituição gradual de náuplios de artemia por alimento inerte (MORO et al., 2009). O alimento inerte consistiu em ração comercial extrusada em pó peneirada em peneira granulométrica de malha 250 µm (GuabiTech Inicial larvas). Níveis de garantia: Umidade 100 g kg⁻¹; Proteína Bruta 550 g kg⁻¹; Extrato Etéreo 80 g kg⁻¹, Fibra Bruta 30 g kg⁻¹ e, Matéria Mineral 160 g kg⁻¹).

A proporção de náuplios de artemia e alimento inerte foi ajustada diariamente: 75% artemia e 25% ração no 13° DPE, 50% artemia e 50% ração no 14° DPE, e 25% artemia e 75% ração nos 15° e 16° DPE. Nesta fase foram ofertados 1100 náuplios/pós-larva/dia.

Entre o 17° e 28° DPE, os peixes foram alimentados exclusivamente com ração comercial em pó. Na fase de transição alimentar e alimento inerte a quantidade de ração ofertada aos peixes foi baseada em 10% da biomassa total.

3.2.6 Desempenho Zootécnico, fator de condição (K) e uniformidade do lote

Para a realização da biometria foram amostrados aleatoriamente 20 indivíduos de cada unidade de cultivo no dia da eclosão (0) e aos 2, 4, 10, 13, 18, 23 e 28 DPE. O peso total (mg) foi mensurado em balança analítica de precisão (0,0001g) OHAUS *Adventurer* e, o comprimento total (mm), com auxílio de paquímetro digital.

Ao final do experimento, todas as pós-larvas das unidades experimentais foram contadas para determinação da taxa de sobrevivência (%) e a partir dos dados biométricos, foram aplicadas as seguintes fórmulas para determinar as variáveis zootécnicas:

Ganho em peso (mg) = peso final – peso inicial

Ganho em comprimento (mm) = comprimento total final – comprimento total inicial

Taxa de crescimento específico (%/dia) = $100 * [(\ln \text{ peso final médio} - \ln \text{ peso inicial médio}) / \text{tempo}]$

Taxa de Sobrevivência (%) = $(\text{Número de sobreviventes final} / \text{Número de sobreviventes inicial}) \times 100$

Fator de Condição (%) = $(\text{Peso} / \text{Comprimento}^3) \times 100$

Para avaliar a uniformidade de peso, foi utilizada uma adaptação da equação proposta por Furuya et al. (1998): $U = (N/N1) \times 100$, onde: U = uniformidade (%); N = número de animais no tanque; N1 = número total de animais com peso ou comprimento 20% superior ou inferior à média do peso vivo, em cada unidade experimental.

3.2.7 Análises morfológicas

Para a análise das características morfológicas externas das larvas, os espécimes amostrados aleatoriamente das unidades experimentais entre 0 e 28° DPE foram fotografados utilizando um microscópio de campo claro (Leica DM3000 LED) acoplado a uma câmera Basler acA1300-200uc. As imagens foram capturadas com o software LAS EZ da Leica. As características avaliadas foram: pigmentação do tegumento, formação dos olhos, formação dos pares de barbilhões, abertura bucal, formação dos raios de todas as nadadeiras.

3.2.8 Análise histológica

Para a realização da histologia, foram amostradas cinco larvas de cada unidade de cultivo. As larvas foram anestesiadas por aprofundamento do plano anestésico utilizando eugenol 5% e imediatamente fixadas em solução fixadora de Davidson (água deionizada 347 ml L⁻¹, ácido acético glacial 111 ml L⁻¹ e etanol absoluto 320 ml L⁻¹ e formaldeído 10% tamponado 222 ml L⁻¹), por um período de 24 horas. Posteriormente à fixação, as larvas foram armazenadas em álcool 70° GL até o momento do processamento. As amostras foram desidratadas em séries crescentes de etanol, diafanizadas em xilol em Processador Automático de Tecidos (Lupetec, modelo PT052TS) e incluídas em parafina.

As secções histológicas, com espessura entre 3-5 µm foram obtidas utilizando um micrótomo manual Lupetec MRP09. Para cada peixe foram confeccionadas três lâminas contendo no mínimo três cortes, as quais foram coradas com hematoxilina e eosina (HE) para descrição morfológica, e ácido periódico de Schiff – PAS para determinação de reações histoquímicas ao neutro e Alcian Blue – AB (pH 2,5) para

determinação de mucinas ácidas. As reações histoquímicas foram realizadas utilizando kits comerciais (EasyPath|Diagnósticos®).

As lâminas histológicas foram examinadas em microscópio de campo claro (Leica DM3000 LED), acoplado a uma câmera Basler acA1300-200uc e as imagens foram capturadas com o software LAS EZ da Leica.

3.2.9 Determinação da atividade das enzimas digestivas e hepáticas

Para determinação da atividade enzimática foram colhidas amostras de pós-larvas inteiras, as quais foram eutanasiadas por hipotermia (água: gelo 1:1), pesadas e armazenadas em microtubos plásticos, em seguida congelados em nitrogênio líquido e armazenados a -20 °C até o momento do processamento.

Para o preparo dos homogeneizados, 200 mg de pós-larvas inteiras de foram homogeneizadas com solução fisiológica. Os homogeneizados foram centrifugados a 12.000 x g por 3 minutos. O sobrenadante foi utilizado como fonte de enzima para determinação das atividades de protease inespecífica, lipase, amilase, albumina, alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST) e fosfatase alcalina.

A atividade proteolítica total foi mensurada através da hidrólise de caseína segundo adaptado de Walter (1984). Os valores adequados de pH para os ensaios foram previamente determinados. Utilizou-se tampão glicina-HCl 0,2 M (pH 2,0) e tampão Tris-HCl 0,1 M (pH 8,0). A mistura de reação era composta de: tampão adequado à fração da amostra (500 µl), caseína 1% (500 µl) como substrato e alíquota previamente ajustada do homogeneizado como fonte de enzima. Após 60 minutos de incubação à 25 °C, a reação foi interrompida com 500 µl de ácido tricloroacético 20% (TCA), mantida em gelo por 30 minutos e o precipitado removido por centrifugação a 12.000 x g por 3 minutos para leitura do sobrenadante em 280 nm em analisador Bioquímico semiautomático BIO PLUS S 200. Uma solução de tirosina foi utilizada como padrão e a atividade específica expressa em µmol de tirosina minuto⁻¹ (U), miligrama de proteína⁻¹.

A atividade de lipase não-específica foi ensaiada segundo a metodologia adaptada de Albro et al. (1985). A reação foi incubada em meio contendo: alíquota de 50 µl previamente ajustada do homogeneizado; 0,4 mM de p-nitrofenil miristato em solução tampão 24 mM de bicarbonato de amônio pH 7,8 e 0,5 Triton X-100. Após 30

min, as reações eram interrompidas pela adição de NaOH 25 mM. A densidade óptica era então registrada a 405 nm. Uma unidade de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima necessária para hidrolisar 1 μmol de substrato minuto^{-1} (U) e expressa por miligrama de proteína (UI).

A atividade de amilase, aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT) e albumina foi determinada por kit colorimétrico (Gold Analisa Diagnóstica®) e a leitura realizada em Analisador Bioquímico semiautomático BIO PLUS S 200.

3.2.10 Análise dos dados

Os dados de crescimento e de atividade das enzimas digestivas e hepáticas foram verificados quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias pelo teste de Shapiro-Wilk e Levene e submetidos à análise de variância ANOVA *One Way*. Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5%.

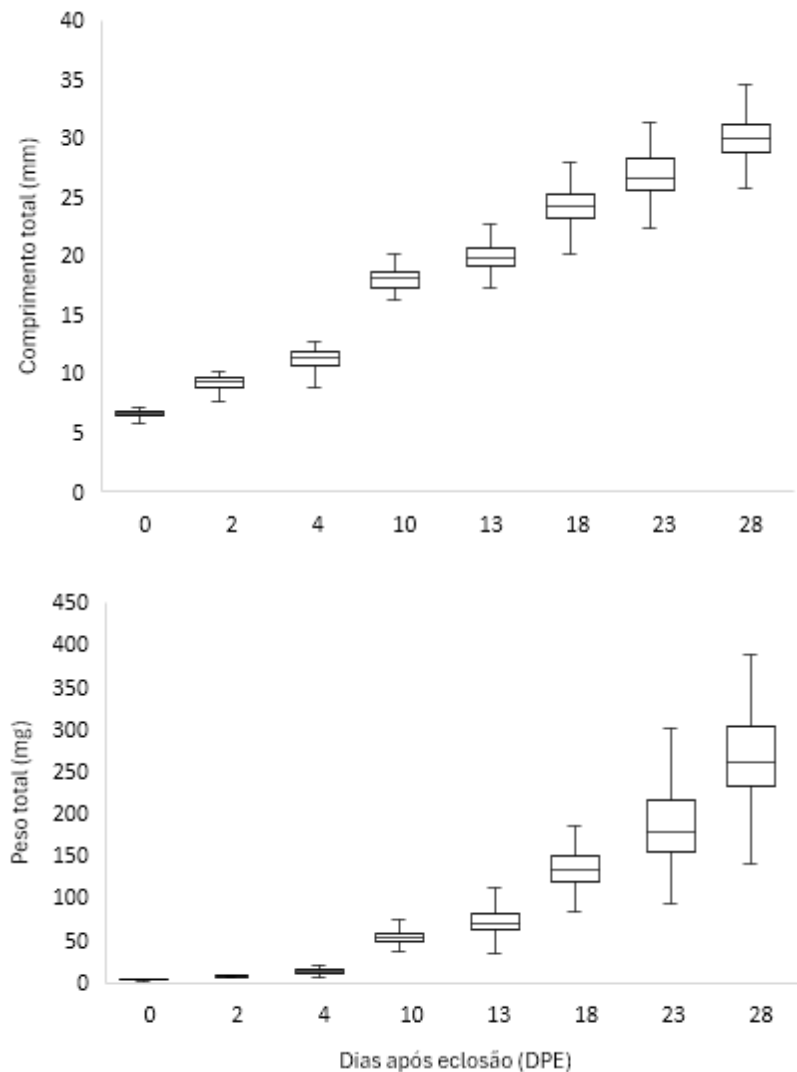
4 RESULTADOS

4.1.1 Desempenho Zootécnico, fator de condição (K) e uniformidade do lote

A relação entre comprimento e peso do suruvi durante a larvicultura intensiva em sistema de recirculação de água é descrita pela equação exponencial $y = 0,0142x^{2,8675}$ ($R^2 = 0,96$). As larvas eclodiram com peso médio de $3,87 \pm 0,5$ mg e comprimento total médio de $6,64 \pm 0,3$ mm ($24,01 \pm 0,66$ °C). Aos 2 dias após eclosão (DPE), o peso médio das pós-larvas foi de $7,62 \pm 0,48$ mg e o comprimento total médio foi de $9,26 \pm 0,38$ representando aumento de 96,98% e 39,46%, respectivamente.

Ao término da fase de alimentação com alimento vivo, aos 13 DPE, as pós-larvas atingiram $73,80 \pm 5,60$ mg de peso e $19,96 \pm 0,27$ mm de comprimento total. Ao final da fase de transição alimentar (18 DPE) o peso médio e comprimento total médio foi de $140,80 \pm 11,07$ mg e $23,30 \pm 0,42$ mm. Aos 28 DPE, os então juvenis, apresentaram peso final $271,55 \pm 24,83$ mg e $30,12 \pm 0,96$ mm de comprimento total (Figura 3). Ao final do período de larvicultura foi registrada taxa de sobrevivência de 59,36% após 28 dias.

Figura 3 - Mediana e desvio-padrão do peso e comprimento total de suruvi *Steindachneridion scriptum* durante a larvicultura intensiva de 0 a 28 dias após a eclosão (DPE) em sistema de recirculação de água.



O crescimento do suruvi durante a fase de larvicultura foi marcado pelo progressivo aumento do ganho em peso. O período de maior crescimento ($p < 0,05$) em peso foi observado entre 19 e 28 DPE (Tabela 2). O maior ganho em comprimento ($p < 0,05$) foi observado entre o 3 e 13 DPE (Tabela 2). A taxa de crescimento específico foi significativamente maior nos dois primeiros dias de vida das larvas e reduziu com o aumento da idade.

Nos primeiros dias de vida, as larvas apresentaram maior valor de K devido a presença de vitelo. Após o início da alimentação exógena e durante a fase de transição alimentar observou-se redução do valor de K. No entanto, aos 28 dias pós-eclosão a alimentação exclusiva com a ração comercial em pó proporcionou o aumento do bem-estar dos peixes.

A uniformidade do lote (UF) variou ao longo do desenvolvimento de *Steindachneridion scriptum*. Nos primeiros dias após a eclosão (00-02 DPE), a UF foi de $88,33 \pm 9,31\%$, reduzindo para $80,83 \pm 13,20\%$ entre 03-13 DPE. No intervalo de 14-18 DPE, houve um aumento na uniformidade para $93,33 \pm 6,83\%$. No entanto, na fase final do experimento (19-28 DPE), a UF apresentou a maior redução, atingindo $65,83 \pm 25,38\%$ (Tabela 2).

Tabela 2 - Desempenho zootécnico, fator de condição e uniformidade do lote de suruvi *Steindachneridion scriptum* durante a larvicultura intensiva em sistema de recirculação de água.

| Variáveis | Idade (DPE) | | | |
|----------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| | 00 - 02 | 03 - 13 | 14 - 18 | 19 - 28 |
| PF(mg) | $5,74 \pm 2,0^d$ | $37,34 \pm 29,7^c$ | $107,30 \pm 35,6^b$ | $201,41 \pm 62,6^a$ |
| CTF (mm) | $7,95 \pm 1,4^d$ | $14,64 \pm 4,6^c$ | $22,3 \pm 2,3^b$ | $27,11 \pm 2,6^a$ |
| GP(mg) | $3,75 \pm 0,49^c$ | $66,18 \pm 5,89^b$ | $67,00 \pm 9,42^b$ | $130,75 \pm 27,03^a$ |
| GC (mm) | $2,62 \pm 0,30^d$ | $10,69 \pm 0,42^a$ | $4,35 \pm 0,54^c$ | $5,82 \pm 0,74^b$ |
| TCE (% dia ⁻¹) | $33,80 \pm 3,39^a$ | $20,64 \pm 1,13^b$ | $12,92 \pm 1,52^c$ | $6,56 \pm 1,19^d$ |
| FC (K) | $1,25 \pm 0,26^a$ | $0,93 \pm 0,13^c$ | $0,94 \pm 0,11^{cb}$ | $0,97 \pm 0,14^b$ |
| UF (%) | $88,33 \pm 9,31$ | $80,83 \pm 13,20$ | $93,33 \pm 6,83$ | $65,83 \pm 25,38$ |

DPE: Dias após eclosão; PF: Peso final; CTF: comprimento total final; GP: ganho em peso; GC: ganho em comprimento; TCE: Taxa de crescimento específico; FC: Fator de condição; UF: Uniformidade do lote. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

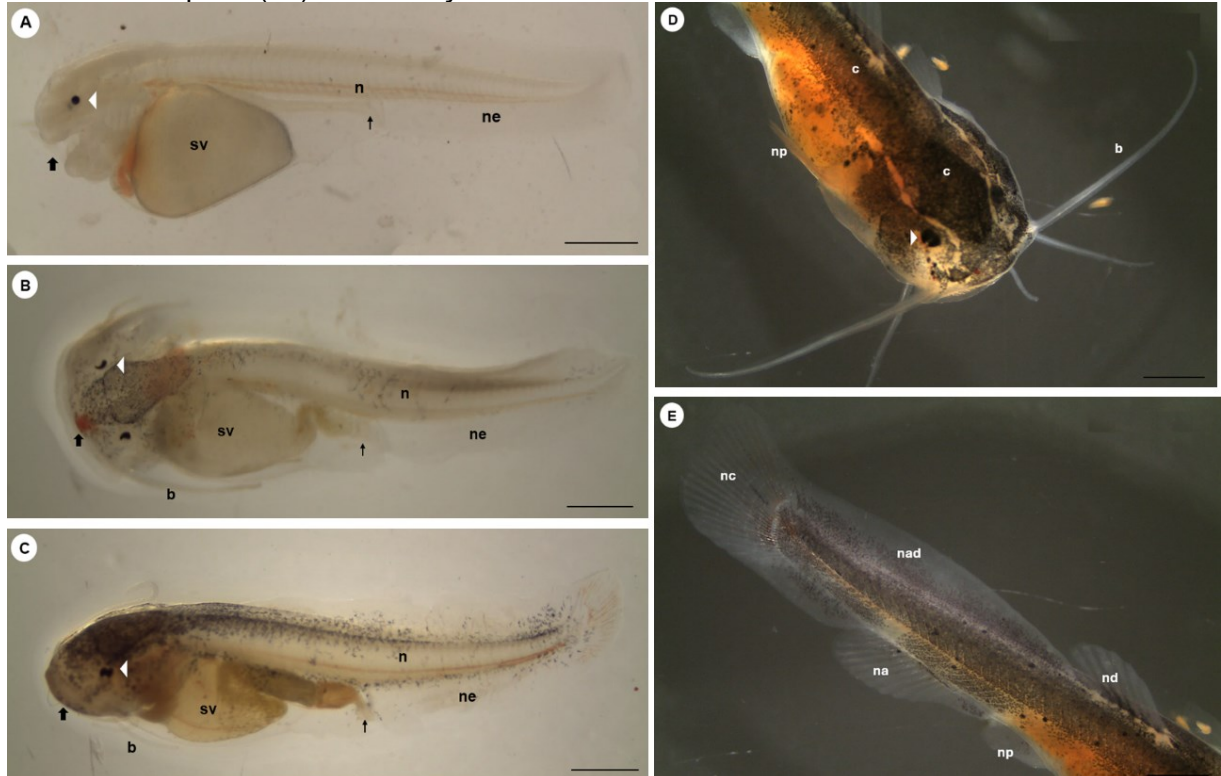
4.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS EXTERNAS

Quando eclodiram as larvas de *S. scriptum* apresentaram saco vitelino com formato oval e repleto de vitelo, notocorda, olhos parcialmente pigmentados, boca em formação, tubo digestivo em formação e ânus fechado. A nadadeira embrionária estava presente contornando o corpo do animal, exceto a cabeça (Figura 4A).

A abertura da boca do suruvi ocorreu no 2° dia após eclosão (DPE) ($24,3 \pm 0,00$ °C). No 2° DPE foi observado nitidamente que o saco vitelino permaneceu em formato oval. Neste mesmo período foi observado a formação dos barbilhões (Figura 4B). No 4° DPE o saco vitelínico ainda era evidente em *S. scriptum*, neste mesmo período também foi observado que os olhos estavam bem pigmentados (Figura 4C).

As larvas de *S. scriptum* apresentaram intensificação dos cromatóforos na região dorsal do corpo, na cabeça e próximo aos olhos a partir do 10° DPE. Neste mesmo período foi observado que as nadadeiras dorsais, adiposa, anal, peitoral, pélvica e caudal estavam bem desenvolvidas (Figura 4D, 4E).

Figura 4 - Desenvolvimento morfológico de *Steindachneridion scriptum* durante a fase de larvicultura em sistema de recirculação de água: A) 0 DPE: Larva no dia da eclosão. Ausência de cromatóforos, presença de nadadeira embrionária (ne), saco vitelínico (sv) repleto, cavidade oral aberta (seta grossa), olhos pequenos e pigmentados (ponta de seta), notocorda (n) evidente. B) 2 DPE: Pós-larva com cromatóforos em maior concentração na região superior da cabeça e distribuídos de forma irregular na região dorsal do corpo. Redução do tamanho do saco vitelínico (sv). Barbilhões maxilares (b) evidentes. C) 4 DPE) saco vitelínico (sv) ainda evidente. D e E) 10 DPE: Intensificação dos cromatóforos (c) na região dorsal do corpo e cabeça e na região dos olhos. Nadadeira dorsal (nd), nadadeira caudal (nc) nadadeiras peitorais (np) e nadadeira anal (na) bem desenvolvidas com raios de sustentação evidentes e nadadeira adiposa (na) em formação. Barra de escala = 2 mm. Aumento de 40X.



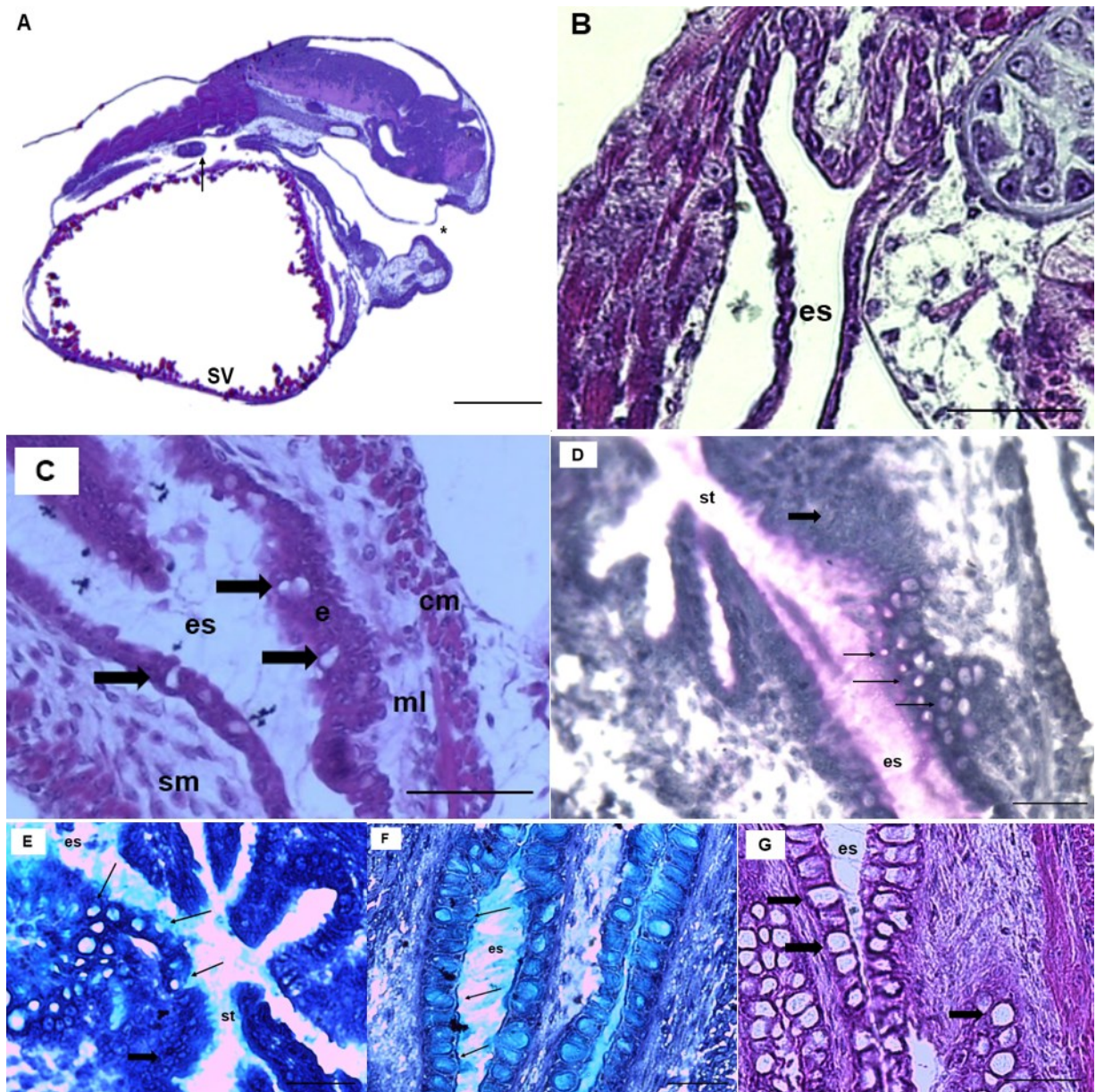
Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 HISTOLOGIA E HISTOQUÍMICA DO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE *STEINDACHERIDION SCRIPTUM* NA FASE DE LARVICULTURA

4.3.1 Bucofaringe e esôfago

Após a eclosão, a cavidade bucofaríngea e o esôfago não puderam ser diferenciadas dos demais componentes do tubo digestivo (Figura 5A). A formação do lúmen esofágico foi observada no 2° DPE (Figura 5B). No 4° DPE, o epitélio esofágico foi caracterizado como estratificado pavimentoso com a presença de células caliciformes (Figura 5C). A reação histoquímica revelou que as células caliciformes esofágicas foram PAS, AB positivas a partir do 4° DPE (Figura 5D, 5E, 5F). Com o crescimento das larvas, o número de células epiteliais e células caliciformes aumentou, sendo evidenciadas e pregas longitudinais no esôfago (Figura 5G). Abaixo da camada epitelial do esôfago, foi observada a lâmina própria que não pode ser distinguida da submucosa pela ausência da camada muscular. Com o crescimento das larvas observou-se o aumento da espessura da submucosa que era composta por tecido conjuntivo. A camada muscular apresentou-se inicialmente delgada, sendo possível observar o aumento desta durante o crescimento dos animais (aumento de 40X), possibilitando a visualização de fibras estriadas com orientação longitudinal interna e circular externa. Abaixo da camada muscular observou-se a presença da camada serosa.

Figura 5 - Secções histológicas de larvas de *Steindachneridion scriptum*. A) 0 DPE: Secção longitudinal, evidenciado a cavidade bucal (*), primórdio do tubo digestivo (seta fina) e saco vitelino (sv) contendo vitelo. Barra de escala = 0,2mm B) 2 DPE: Detalhamento do lúmen esofágico (es) Barra de escala = 0,05mm C) 4 DPE: Epitélio (e) esofágico pavimentoso simples com presença de células caliciformes (seta). D e E) 4° DPE corte longitudinal, evidenciando células caliciformes do esôfago reativas ao PAS e AB, esôfago (es), estômago (st), seta fina (células caliciformes), seta grossa (ápice das células do epitélio gástrico), barra de escala: 2mm, F e G) 18° DPE corte longitudinal, evidenciando pregas longitudinais e das células caliciformes do esôfago que se mostraram reativas ao AB e HE, esôfago (es), seta fina (células caliciformes), barra de escala: 2mm, Aumento de 40x.



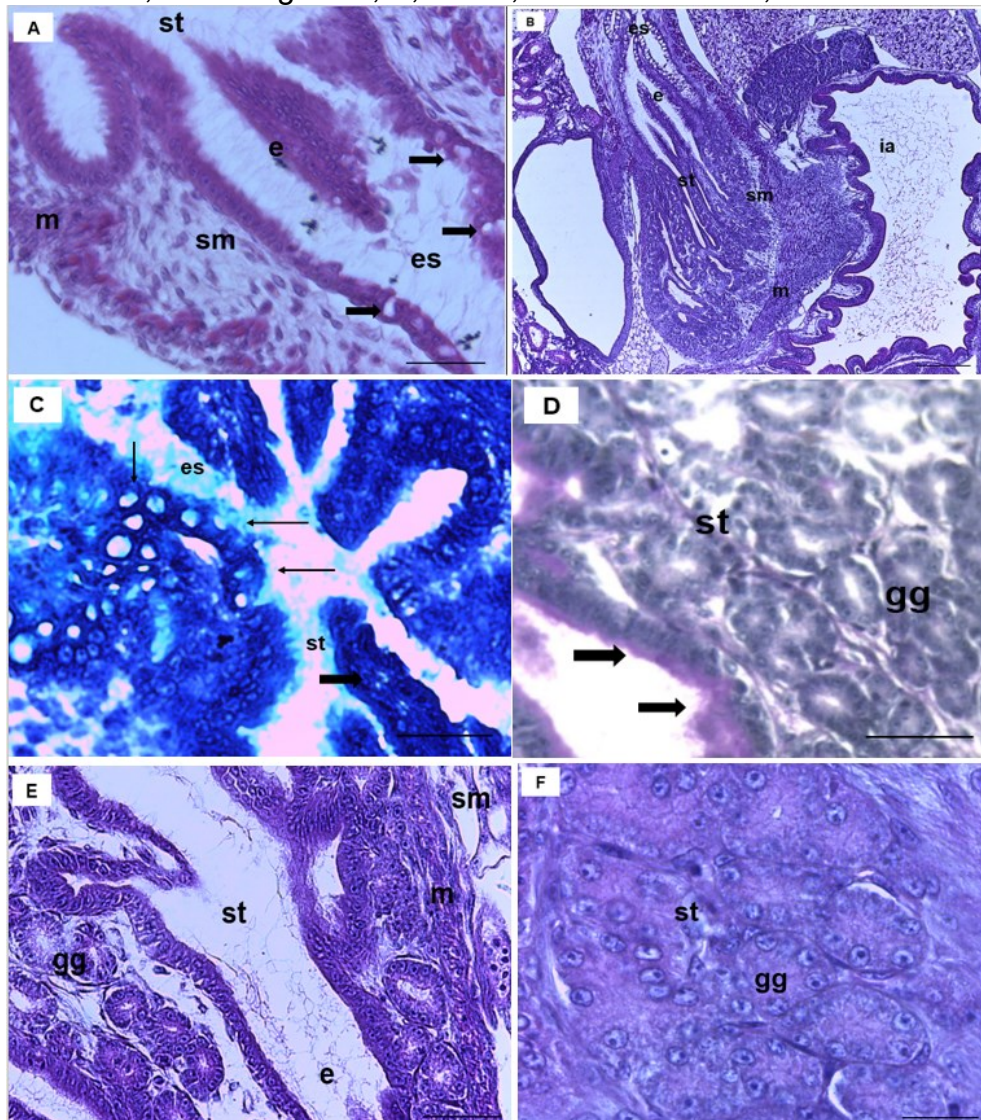
Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2 Estômago

O primórdio do estômago foi observado no 4° DPE, sendo notado como uma extensão do esôfago, porém com epitélio de revestimento cúbico simples e lúmen mais amplo e com maior quantidade de pregas longitudinais quando comparadas ao esôfago (Figura 6A, 6B). A partir do 4° DPE, as células do epitélio gástrico mostraram a região apical fortemente reativa ao AB (Figura 6C, 6D).

No 10° DPE foi evidenciado a presença de glândulas gástricas. Porém, a maior incidência de glândulas gástricas foi observada nos peixes aos 13 DPE. Também foi observada a mudança do epitélio cúbico simples para colunar simples (Figura 6E). O estômago como estrutura sacular foi observado no mesmo período (Figura 6F).

Figura 6 - Secções histológicas das larvas de *Steindachneridion scriptum*. A) larvas no 4° dia pós-eclosão (DPE) corte longitudinal, visualização das primeiras estruturas do estômago (Hematoxilina e eosina), es (esôfago), st (estômago), sm (submucosa), m (camada muscular). Barra de escala = 0,05 mm. B) 10° DPE corte longitudinal, epitélio do estômago simples cúbico (Hematoxilina e eosina), es (esôfago), st (estômago), sm (submucosa), m (camada muscular), ia (intestino anterior) e (epitélio). Barra de escala = 0,2 mm C) 4° DPE corte longitudinal, células caliciformes e células apicais do epitélio gástrico reativas ao PAS/AB, es (esôfago), st (estômago), seta (células caliciformes) e seta grossa (ápice das células do epitélio gástrico). Barra de escala = 2 mm D) 13° DPE corte longitudinal, células apicais do epitélio gástrico reativas ao PAS (PAS), st (estômago), gg (glândulas gástricas), seta grossa (ápice das células do epitélio gástrico). Barra de escala = 2 mm E) 13° DPE corte longitudinal, mudança do epitélio gástrico de simples cúbico para simples colunar e formação das glândulas gástricas (Hematoxilina e eosina), es (esôfago), st (estômago), seta (células caliciformes) e seta grossa (ápice das células do epitélio gástrico). Barra de escala = 0,2 mm F) 18° DPE corte longitudinal, estômago em forma sacular com a presença de glândulas gástricas (Hematoxilina e eosina), st (estômago), gg (glândulas gástricas). Barra de escala 0,2 mm. Figura A, B, C e D, aumento de 40X, E e F 1000X.



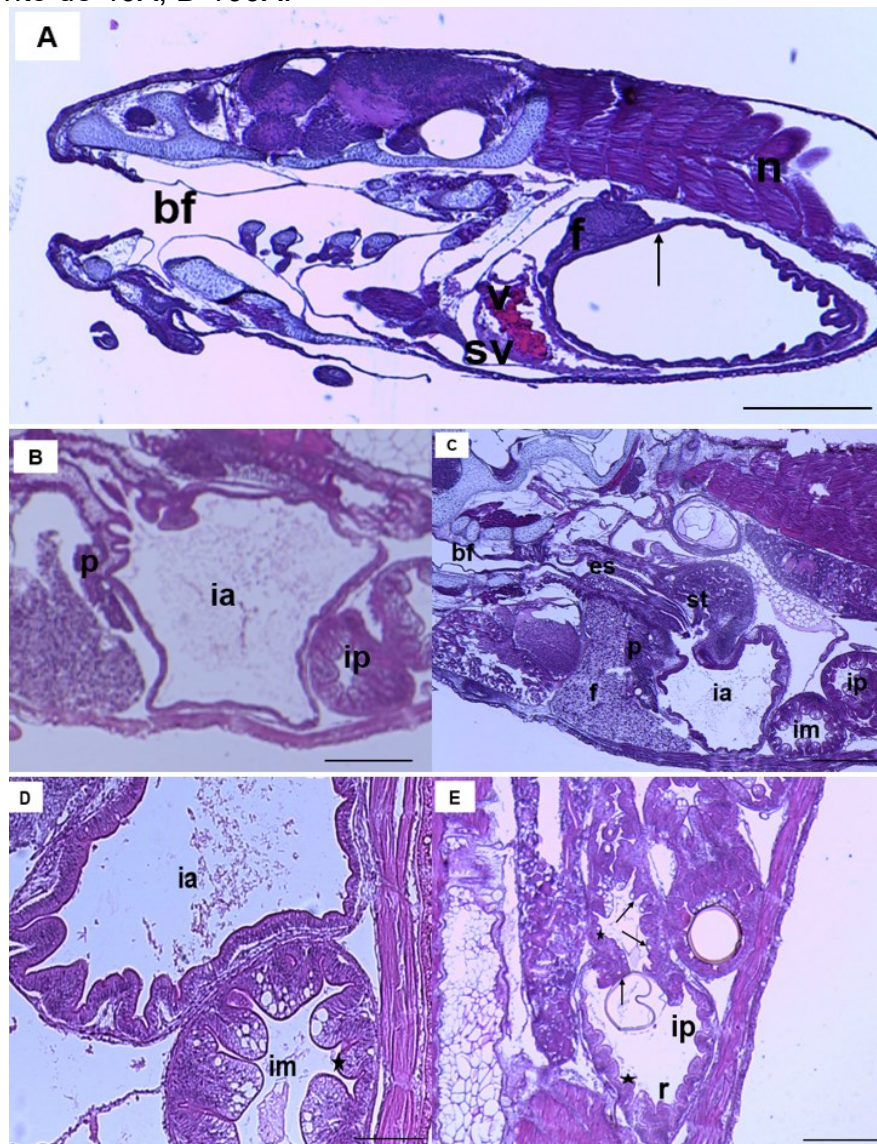
Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3 Intestino

Após a eclosão, o intestino primitivo era formado apenas por um tubo retilíneo, com ânus fechado (Figura 7A). A partir do 2° DPE, foi possível observar a formação de pregas intestinais e o lúmen começou a ampliar-se, permitindo assim a visualização de duas regiões, anterior e posterior (Figura 7B). A alimentação exógena iniciou-se e ao 2° DPE foi possível notar a presença de alimento no intestino anterior e uma pequena quantidade de vitelo, este período foi considerado alimentação mista. Também foi possível diferenciar três regiões intestinais bem delimitadas aos 10° DPE: intestino anterior com lúmen amplo e aspecto sacular; intestino médio com lúmen amplo e numerosas pregas e intestino posterior com lúmen estreito e pregas longitudinais (Figura 7C).

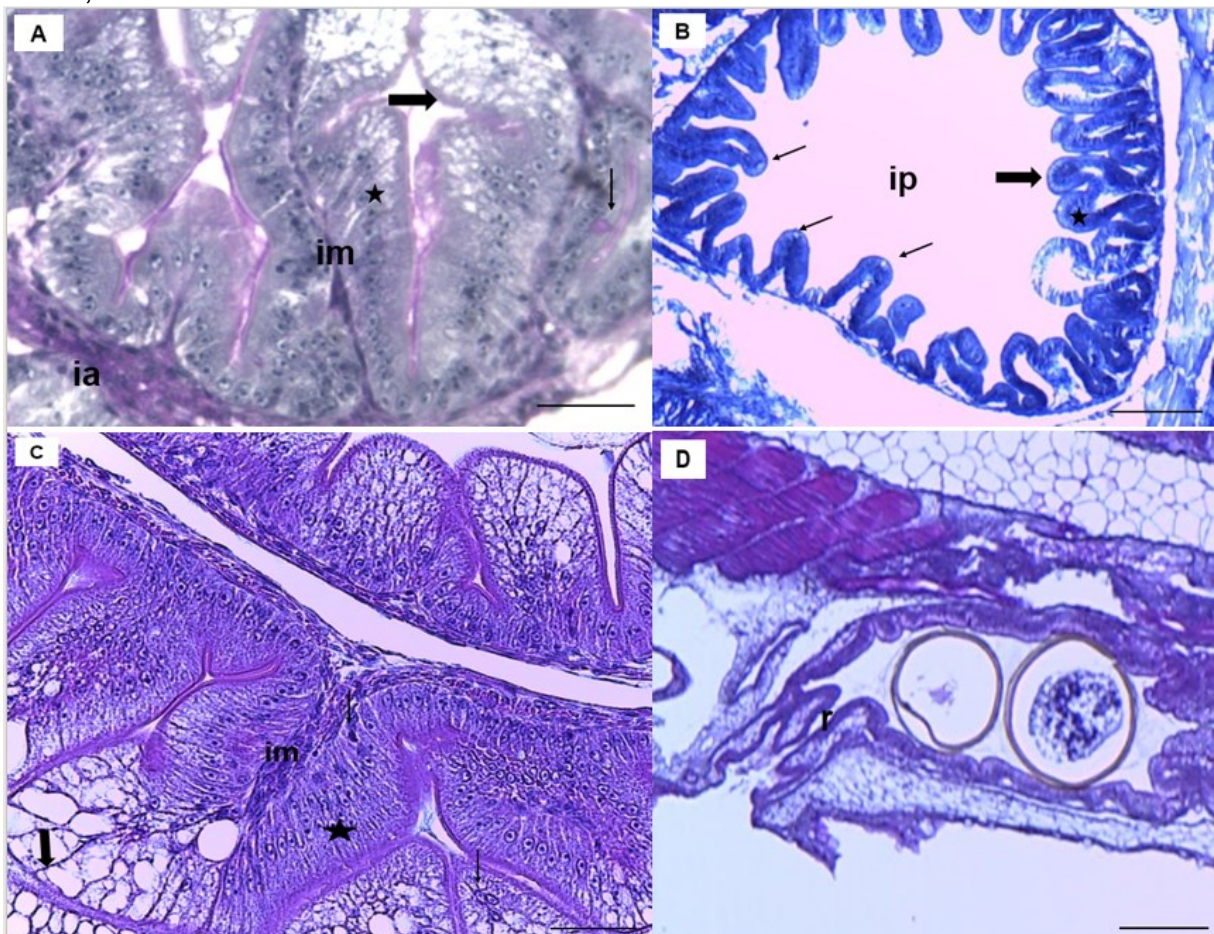
Todas as porções do intestino são revestidas por epitélio colunar simples, formado por células absortivas ou enterócitos e células caliciformes (Figura 7D, 7E). As primeiras células caliciformes foram visualizadas no 2° DPE. O número de células caliciformes aumentou com o desenvolvimento dos animais, sendo maior na região posterior. Estas células apresentaram reação positiva ao Ácido Periódico de Schiff (PAS) e Alcian blue (AB) em todas as regiões intestinais. Além disso constatou-se reação PAS e AB positiva na borda em escova dos enterócitos e grande quantidade de vacúolos de absorção na região apical dos enterócitos do intestino médio e posterior e a presença de pregas longitudinais no reto (Figura 8A, 8B, 8C e 8D). abaixo da camada submucosa observou-se uma fina camada submucosa, seguida por uma camada muscular também delgada e o revestimento externo do intestino foi formado pela camada serosa.

Figura 7 - Secções histológicas de *Steindachneridion scriptum*. A) larvas no 2° dia após eclosão (DPE) corte longitudinal, visualização do intestino em HE, bf (bucofaringe), sv (saco vitelino), v (vitelo), f (fígado), n (notocorda). Barra de escala = 0,5 mm B) 4° DPE corte longitudinal, intestino anterior com lúmen extenso, p (pâncreas), ia (intestino anterior), ip (intestino posterior). Barra de escala = 0,5 mm. C) larvas com 10° DPE corte longitudinal, visualização de três regiões intestinais denominadas: intestino anterior, médio e posterior, bf (bucofaringe), es (esôfago), st (estômago), p (pâncreas), f (fígado), ia (intestino anterior), im (intestino médio), ip (intestino posterior). Barra de escala = 0,5 mm. D) 10° DPE corte longitudinal, intestino anterior e médio revestidos por epitélio simples colunar com a presença de células caliciformes, ia (intestino anterior), im (intestino médio). Barra de escala = 0,2 mm. E) 10 DPE corte longitudinal, região do intestino posterior revestido por epitélio simples colunar com a presença de células caliciformes e enterócitos e região do reto evidenciando a presença de pregas longitudinais, ip (intestino posterior), seta (células caliciformes), r (reto), estrela (enterócitos). Barra de escala = 0,5 mm. Figura A, B, C e E, aumento de 40X, D 100X.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8 – Secções histológicas das larvas de *Steindachneridion scriptum*. A) larvas no 18° dia pós-eclosão (DPE) corte longitudinal, reação borda em escova na região do intestino anterior e médio (PAS), ia (intestino anterior), im (intestino médio), seta (células caliciformes), seta grossa (ápice das células do epitélio intestinal), estrela (enterócitos). Barra de escala: 2 mm B) 18° DPE corte longitudinal, reação borda em escova na região do intestino posterior (AB), ip (intestino posterior), seta (células caliciformes), seta grossa (ápice das células do epitélio intestinal), estrela (enterócitos). Barra de escala: 2 mm C) 13° DPE corte longitudinal, aumento dos enterócitos no intestino médio (Hematoxilina e eosina), im (intestino médio), seta (células caliciformes), seta grossa (ápice das células do epitélio intestinal), estrela (enterócitos). Barra de escala: 2 mm D) 4° DPE corte longitudinal, reto com a presença de pregas longitudinais (Hematoxilina e eosina), r (reto). Barra de escala: 2 mm. Fugira A e C, aumento de 400X. B e C 40X.

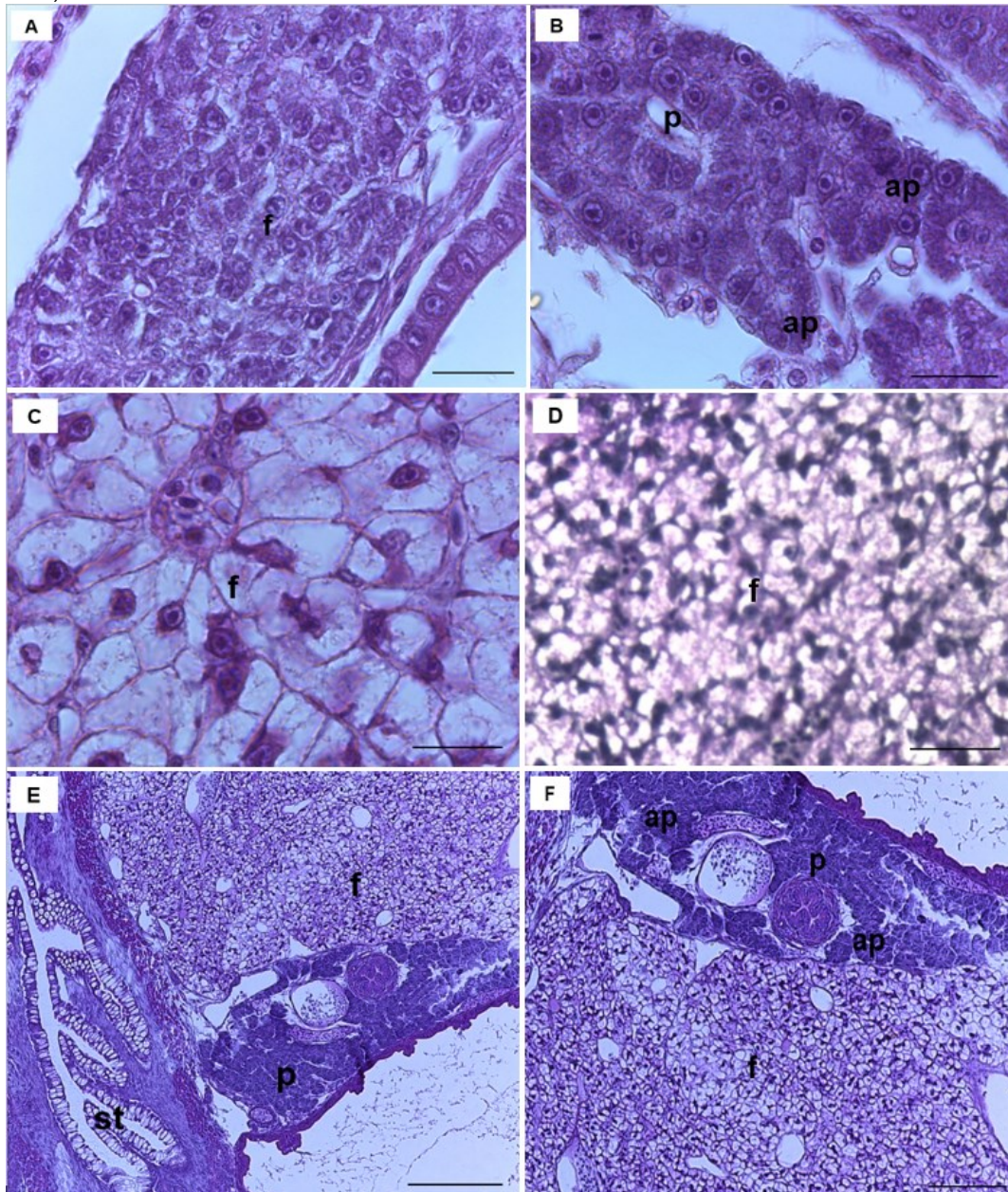


Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.4 Glândulas anexas

O fígado, localizado cranialmente ao saco vitelínico, foi observado no 2° DPE (Figura 9A). No 4° DPE observou-se a diferenciação do pâncreas, sendo possível observar a presença de ácinos pancreáticos (Figura 9B). Com o desenvolvimento dos animais e ampliação do lúmen intestinal, fígado e o pâncreas passaram a ocupar uma posição cranial ao intestino anterior. No início da alimentação exógena (2° DPE), as glândulas anexas já se encontravam bem desenvolvidas. Ao 10° DPE observou-se o depósito de lipídios no fígado e reação positiva ao PAS nos hepatócitos, indicando a presença de glicogênio (Figura 9C, 9D). O pâncreas encontrava-se externo ao fígado, caracterizando assim a presença de um pâncreas difuso extra-hepático (Figura 9E, 9F).

Figura 9 - Secções histológicas do fígado e pâncreas das larvas de *Steindachneridion scriptum*. A) larvas no 2° dia após eclosão (DPE) corte longitudinal, evidenciando fígado em diferenciação (Hematoxilina e eosina), f (fígado). Barra de escala = 0,02 mm B) 4° DPE corte longitudinal, pâncreas em diferenciação com a presença de ácinos pancreáticos (Hematoxilina e eosina), p (pâncreas), ap (ácinos pancreáticos). Barra de escala = 0,02mm. C) 10° DPE corte longitudinal, fígado com armazenamento de lipídios (Hematoxilina e eosina), f (fígado). Barra de escala = 0,02 mm. D) 10° DPE corte longitudinal, glicogênio presente no fígado apresentou reação ao PAS, f (fígado). Barra de escala = 2 mm. E) 18° DPE corte longitudinal, evidenciando pâncreas extra-hepático (Hematoxilina e eosina), f (fígado), p (pâncreas), st (estômago). Barra de escala = 0,02 mm. F) 18° DPE corte longitudinal, evidenciando pâncreas extra-hepático com a presença de ácinos pancreáticos (Hematoxilina e eosina), f (fígado), p (pâncreas), ap ácinos pancreáticos). Barra de escala = 0,02 mm. Figura A, B, C, D, aumento de 1000x, E e F 40X.



Fonte: Elaborado pelo autor

5 ATIVIDADE ENZIMÁTICA

5.1 ENZIMAS DIGESTIVAS

A atividade da protease inespecífica mostrou-se responsividade ao longo do período de alimentação. As maiores atividades foram registradas aos 4 DPE e 28 DPE. A atividade específica da lipase apresentou-se constitutiva até o 23 DPE. A amilase digestiva foi responsiva à presença de alimentos até 23 DPE. A atividade da fosfatase alcalina apresentou responsividade em todo período analisado (Tabela 3).

Tabela 3 - Atividade de enzimas digestivas em suruvi *Steindachneridion scriptum* durante a fase de larvicultura intensiva em sistema de recirculação de água.

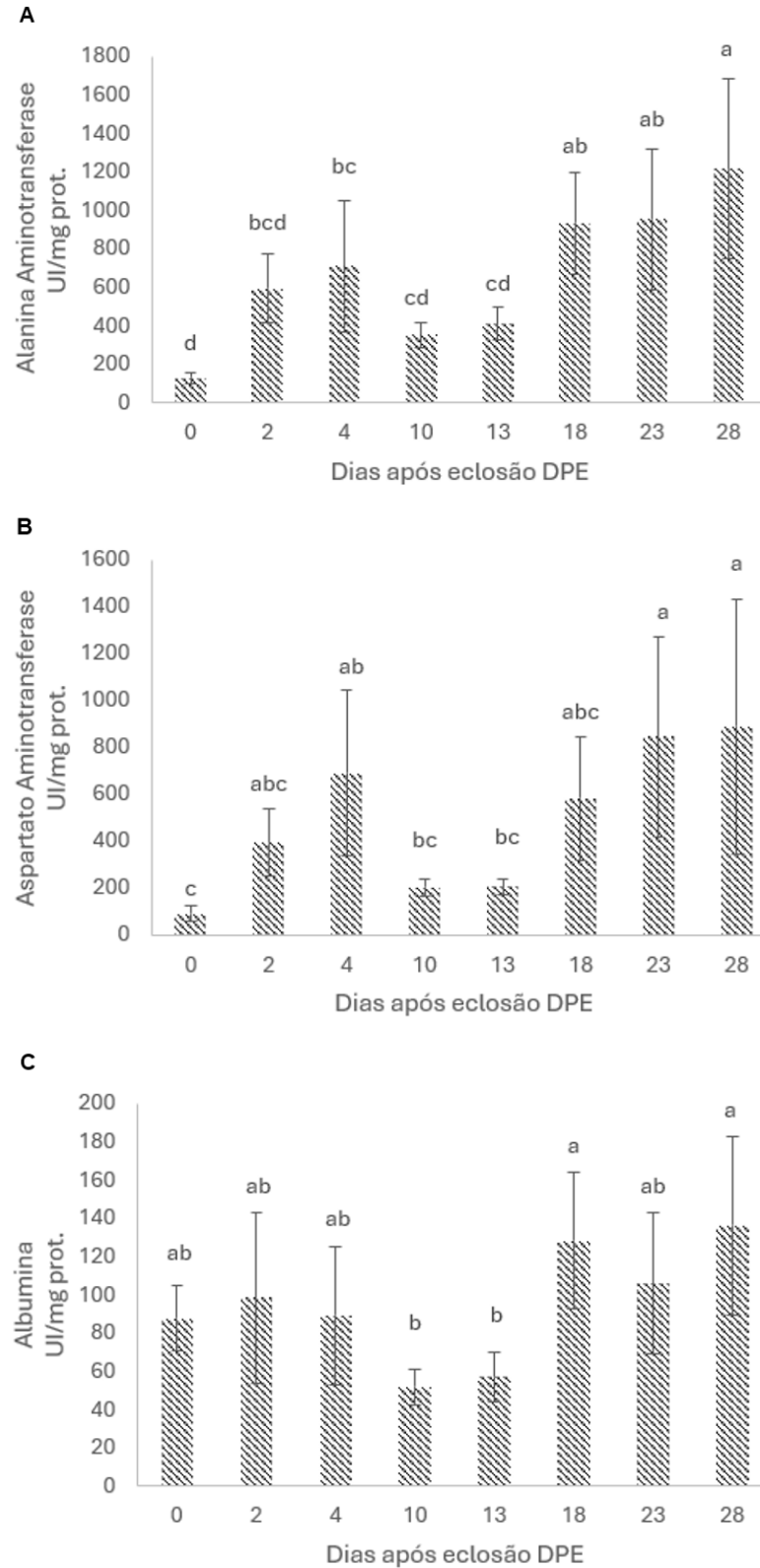
| DPE | Protease inespecífica | Lipase | Amilase | Fosfatase alcalina |
|-----|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | UI/mg prot. | UI/mg prot. | UI/mg prot. | UI/mg prot. |
| 0 | 37,51 ± 17,05 ^b | 4,39 ± 1,39 ^a | 19,37 ± 5,28 ^b | 136,53 ± 28,37 ^d |
| 2 | 11,02 ± 3,11 ^b | 1,20 ± 0,36 ^c | 83,92 ± 26,05 ^{cd} | 689,47 ± 190,63 ^{cd} |
| 4 | 156,97 ± 67,61 ^a | 1,48 ± 0,70 ^{bc} | 77,60 ± 34,92 ^{bc} | 1333,54 ± 479,52 ^{bc} |
| 10 | 21,07 ± 10,43 ^b | 2,79 ± 0,54 ^b | 61,64 ± 12,17 ^{bc} | 840,26 ± 64,27 ^{acd} |
| 13 | 9,93 ± 5,38 ^b | 1,89 ± 0,57 ^{bc} | 85,96 ± 15,30 ^{cd} | 800,12 ± 112,91 ^{cd} |
| 18 | 5,35 ± 2,28 ^b | 0,95 ± 0,21 ^c | 191,59 ± 59,94 ^a | 1754,25 ± 539,16 ^b |
| 23 | 41,37 ± 38,15 ^b | 2,74 ± 0,86 ^b | 127,32 ± 34,72 ^d | 1527,99 ± 648,31 ^{ab} |
| 28 | 154,68 ± 141,58 ^a | 1,91 ± 0,57 ^{bc} | 136,27 ± 46,65 ^a | 1727,41 ± 495,65 ^b |

Médias com letras maiúsculas distintas na coluna diferente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

5.2 ENZIMAS HEPÁTICAS

A atividade hepática analisada pela atividade das enzimas alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST) e albumina estão apresentadas na Figura 10. Essas enzimas apresentaram comportamento semelhante ao longo do período analisado. Observamos que houve uma maior atividade das enzimas de degradação proteica até o 4° DPE acompanhada do aumento da atividade de albumina. Menores valores foram observados no 10° DPE e 13° DPE. A partir do 18° DPE observa-se aumento destes valores.

Figura 10 – Valor médio e desvio-padrão da atividade específica (UI/mg de proteína) da enzima hepática. A) aspartato aminotransferase (AST); B) alanina aminotransferase (ALT) e C) Albumina em suruvi durante larvicultura intensiva em sistema de recirculação de água. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre diferentes os dias após a eclosão ($P < 0,05$).



6 DISCUSSÃO

O presente estudo apresentou dados de crescimento e a descrição do desenvolvimento histomorfológico e enzimático do sistema digestório de suruvi *Steindachneridion scriptum* durante a fase de larvicultura intensiva em sistema de recirculação de água. Os resultados obtidos durante a larvicultura intensiva de *Steindachneridion scriptum* em sistema de recirculação de água evidenciam o desenvolvimento satisfatório dos indivíduos nos primeiros 28 dias de idade. A relação entre comprimento e peso demonstra um forte ajuste exponencial, indicando que o crescimento do suruvi segue um padrão alométrico característico de muitas espécies de peixes, como o *Pseudoplatystoma corruscans* (GISBERT et al., 2014a), onde o peso aumenta mais rapidamente que o comprimento.

O peso médio e comprimento total das larvas apresentaram aumento expressivo ao final de 28 dias. Esse desempenho foi resultado de uma combinação eficiente do manejo alimentar, temperatura controlada ($24,01 \pm 0,66$ °C) e qualidade da água mantida pelo sistema de recirculação, fatores críticos para a otimização do metabolismo e desenvolvimento larval.

Os valores de taxa de crescimento específico (TCE) refletem o padrão de desenvolvimento típico durante as diferentes fases da larvicultura. A maior TCE foi registrada, durante os primeiros dois dias após a eclosão. Com a transição para o consumo de alimento vivo e, posteriormente, de ração, houve uma redução progressiva no TCE ($6,56 \pm 1,19\%$ dia⁻¹ aos 28 DPE), uma tendência comumente observada em peixes durante o avanço do estágio ontogenético.

O fator de condição, que reflete o estado nutricional e a saúde geral dos peixes, variou significativamente ao longo dos dias após a eclosão (DPE). O valor mais alto ($K = 1,33$), foi observado no dia 0, quando os indivíduos ainda dependiam das reservas de vitelo. Isso pode ser interpretado como uma estratégia evolutiva para alocar a energia disponível das reservas do saco vitelínico e itens de presa para promover mudanças fisiológicas larvais, ou seja, desenvolvimento gastrointestinal e de outros sistemas corporais, em vez do crescimento somático, como também foi relatado em bagre-manteiga *Ompok bimaculatus* (PRADHAN et al., 2013a), bagre-listrado *Pangasianodon hypophthalmus* (NGUYEN et al., 2013). Com o avanço do desenvolvimento, houve uma redução progressiva até os 10 DPE, esse tipo de padrão de crescimento também foi relatado em espécies de peixes de água doce, como bagre

amarelo, *Pelteobagrus fulvidraco* (YANG et al., 2010a), possivelmente devido às demandas energéticas impostas pelo início da alimentação exógena e adaptação ao ambiente. A partir de 13 DPE, os valores começaram a se recuperar gradualmente, alcançando $K = 0,99$ aos 28 DPE. Essa recuperação pode estar associada ao ajuste metabólico dos juvenis e à eficiência crescente na utilização da dieta fornecida. A análise dos fatores de condição reforça a importância de um manejo alimentar adequado, especialmente durante os períodos críticos de transição alimentar e crescimento inicial (CASTRO-RUIZ et al., 2019a).

A uniformidade do lote apresentou variações significativas ao longo do experimento. A redução de 95,83% para 78,33% aos 10 DPE pode ser atribuída a diferenças individuais no consumo de alimento vivo e à competição causada pelo ambiente intensivo. A recuperação da uniformidade entre os 13 e 18 DPE, sugere que o manejo alimentar foi eficaz nesse período. Contudo, as diferenças individuais no crescimento tornam-se mais pronunciadas à medida que os peixes se desenvolvem. Isso pode indicar a necessidade de estratégias de classificação ou ajustes no manejo para minimizar disparidades e maximizar a produtividade do lote, sendo que tivemos uma taxa de sobrevivência de 59,36% aos 28 DPE.

No entanto, taxas mais elevadas poderiam ser alcançadas com o refinamento dos protocolos de alimentação e densidade de estocagem (DARIAS et al., 2015; GISBERT et al., 2014b; NÚÑEZ et al., 2011). Esses resultados reforçam o potencial da larvicultura intensiva de *S. scriptum*. Contudo, ajustes no manejo e maior investigação sobre a influência de fatores como densidade de estocagem, frequência alimentar e formulações de dietas podem ser estratégias relevantes para a melhoria dos índices zootécnicos e a redução das disparidades observadas na uniformidade do lote.

6.1 HISTOLOGIA E HISTOQUÍMICA DO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE *STEINDACHERIDION SCRIPTUM* NA FASE DE LARVICULTURA

Entre as espécies de água doce, os bagres são um dos grupos que mais tem recebido atenção quanto ao desenvolvimento histológico do seu sistema digestivo (GISBERT et al., 2014a). No presente estudo foi observado no 2º dia pós-eclosão (DPE), a abertura da boca e a diferenciação do fígado, características também

relatadas em larvas de *Ompok bimaculatus* (PRADHAN et al., 2014). Segundo SHAHSAVARANI et al., (2001), antes da abertura da boca, as larvas dependem exclusivamente das reservas de vitelo, que representam sua única fonte de alimento até o início da alimentação exógena.

A alimentação exógena em algumas espécies de peixes começa enquanto ainda há presença de reservas de vitelo, caracterizando o período de alimentação mista (GISBERT; WILLIOT, 1997; HEMING; BUDDINGTON, 1988). no presente estudo, a alimentação exógena teve início aos 2 DPE, e as reservas de vitelo foram completamente absorvidas aos 4 DPE, resultando em um período de alimentação misto de dois dias. Essas características corroboram os achados de Andrade et al. (2016) para larvas de *Pseudoplatystoma reticulatum*, que também iniciaram a alimentação exógena no 2º DPE e tiveram o saco vitelino totalmente absorvido no 4º DPE. Padrões semelhantes de transição alimentar foram observados em siluriformes, conforme relatado por KOZARIĆ et al., (2008), onde larvas de peixe-gato europeu (*Silurus glanis* L.) iniciaram a alimentação exógena entre o 1º e o 2º DPE, embora ainda possuíssem bastante reserva de vitelo.

As mudanças morfológicas que ocorrem na alimentação dos peixes são direcionadas para aumentar a absorção e digestão de nutrientes exógenos. Desta forma para que as larvas sejam capazes de ingerir e assimilar os primeiros alimentos exógenos após a absorção completa das reservas de vitelo, o fígado e o pâncreas precisam estar em funcionamento, sendo eles responsáveis pela produção das enzimas digestivas (QU et al., 2012).

Após a eclosão, o sistema digestório da espécie estudada estava indiferenciado, não sendo possível distinguir a bucofaringe e esôfago. Ao 2º DPE, o esôfago apresentou-se curto e posteriormente foi aumentando com o desenvolvimento dos animais. De acordo com (LUIZI et al., 1999), a proliferação celular do esôfago é importante para que o órgão execute sua principal função, de conduzir o alimento até o estômago. A partir do 4º DPE as pregas longitudinais foram visualizadas. Com o crescimento dos animais a proliferação das células esofágicas, ocorreu o aumento de pregas longitudinais na mucosa. Estas pregas que se desenvolvem durante o crescimento das larvas, permitem a distensão durante a deglutição, estando relacionadas também com o aumento da superfície de contato com o alimento, que irá auxiliar na digestão (MURRAY; WRIGHT; GOFF, 1994).

As primeiras células caliciformes esofágicas foram observadas a partir do 2° DPE. As células caliciformes foram reativas ao PAS e AB a partir do 4° DPE. De acordo com (GISBERT et al., 2014a), as células caliciformes esofágicas em *Pseudoplatystoma punctifer* começaram a secretar mucosubstâncias neutras e ácidas no 6° DPE. A presença dessas células na região esofágica, indica que o esôfago está morfológicamente preparado para se proteger contra a ação abrasiva de alimentos. Essas células têm como função a liberação de muco que além de facilitar o transporte de alimentos, irá proteger a mucosa digestiva contra danos físico-químicos e contra ataque bacteriano e viral (ANDERSON, 1986; HACHERO-CRUZADO et al., 2009). No presente estudo, o esôfago foi revestido por epitélio estratificado pavimentoso. O epitélio em associação a secreção de mucosubstâncias proporciona maior proteção ao esôfago, esta mesma característica foi observada em *Paralichthys californicus* (GISBERT; PIEDRAHITA; CONKLIN, 2004).

O primórdio do estômago foi observado em *S. scriptum* ao 4° DPE. O início da formação do órgão foi notado pelo revestimento epitelial colunar simples e pela presença de muco substâncias neutras na região apical das células epiteliais. No 10° DPE o epitélio era colunar simples. De acordo com (GISBERT et al., 2013), as propriedades histoquímicas da região apical das células epiteliais (positivas para PAS: secreção de mucosubstâncias neutras) que revestem as regiões gástricas podem ser consideradas como um sinal indireto da funcionalidade do estômago. Estas mucosubstâncias neutras, tem como função proteger o estômago do suco gástrico, impedindo assim danos ao tecido epitelial, contribuindo para que o processo de digestão ocorra normalmente (CHEN et al., 2006; DÍAZ; GARCÍA; GOLDEMBERG, 2008; HERNÁNDEZ; PÉREZ GIANESELLI; DOMITROVIC, 2009).

A partir do 13° DPE, o estômago foi visto como uma estrutura sacular, contendo várias glândulas gástricas em *S. scriptum*. O aparecimento de glândulas gástricas varia de acordo com a espécie (STROBAND; MEER; TIMMERMANS, 1979; WILSON; CASTRO, 2010). Em estudos realizados por (PORTELLA et al., 2014) em larvas de *Piaractus mesopotamicus*, a formação das glândulas gástrica iniciou-se a partir do 12° DPE. em *Pseudoplatystoma corruscans* a partir do 13° dia pós-eclosão (GISBERT et al., 2014a), em *Pseudoplatystoma fasciatum* a partir do 10° DPE (DABROWSKI; PORTELLA, 2005). A presença dessas glândulas, que são formadas por células oxintopépticas e secretam ácido clorídrico e enzimas digestivas, indica a

formação de um estômago funcional (STROBAND; KROON, 1981; WILSON; CASTRO, 2010).

Em relação ao intestino, inicialmente observou-se que este constituiu-se num tubo reto com a porção final dobrada ventralmente. O epitélio de revestimento das regiões intestinais foi identificado como simples colunar. Este epitélio era formado por células caliciformes e enterócitos. Porém, nos estágios iniciais de desenvolvimento, poucas células caliciformes foram observadas entre os enterócitos. Estas características corroboram com os estudos realizados em larvas de *Hemisorubim platyrhynchos* em estágios iniciais de desenvolvimento (FACCIOLI et al., 2016).

De acordo com o crescimento do animal e o início da alimentação exógena o lúmen do intestino anterior expandiu drasticamente assumindo forma sacular para acomodar os alimentos ingeridos. Para *S. scriptum* estas características foram observadas no 2° DPE. Em larvas de *Pseudoplatystoma punctifer*, observou-se a dilatação drástica da região do intestino anterior para acumular as presas ingeridas também a partir do 2° DPE (GISBERT et al., 2014a)

Os vacúolos de absorção foram observados com maior concentração na região média e posterior do intestino. O acúmulo de lipídeos na mucosa intestinal logo após o início da alimentação exógena pode ser interpretado como um indicador de digestão e absorção luminal e armazenamento de lipídios, refletindo o desenvolvimento funcional do intestino (GISBERT et al., 2014c). Estes vacúolos estão relacionados à digestão intracelular de lipídios, proteínas e carboidratos, pois nos estágios iniciais de vida o sistema digestivo enzimático é pouco desenvolvido, sendo a assimilação de nutrientes dependente parcialmente da digestão intracelular (GOVONI; BOEHLERT; WATANBE, 1986). Os vacúolos de absorção nos enterócitos foram observados no 3° DPE em larvas de *Pseudoplatystoma corruscans* (GISBERT et al., 2014b), com os vacúolos de absorção nos enterócitos foram observados no 4° DPE em *Rhamdia quelen* (ROSSATO et al., 2021b) e 6° DPE em *Parachromis dovii* (FRÍAS-QUINTANA et al., 2019).

Em todas as regiões intestinais, observou-se reação borda em escova nas células absorptivas do intestino, constituído por microvilos. devido a reação positiva a coloração de PAS, constatou-se que estas estruturas continham muco substâncias neutras. Isso foi observado para larvas de *Hemisorubim platyrhynchos* (FACCIOLI et al., 2016b). A borda em escova nas células absorptivas do intestino forma uma superfície absorptiva em que estão localizadas enzimas envolvidas na degradação final

do alimento, a reação PAS na borda em escova ocorre nesta região devido a presença de glicoconjugados neutros, indicando a presença de carboidratos complexos, como glicoproteínas e glicolipídios, que podem desempenhar papéis importantes na proteção e na função de transporte da célula epitelial do trato digestório, onde a borda em escova está localizada, podendo estar envolvidos na lubrificação e na interação com o ambiente digestivo, que formam o glicocálice (KUZ'MINA; GELMAN, 1997; MURRAY; WRIGHT; GOFF, 1994).

Com relação as glândulas anexas do sistema digestório, o fígado e o pâncreas iniciaram a diferenciação a partir do 2° DPE. As glândulas anexas se localizavam na parte ventral ao intestino em desenvolvimento e foram identificadas como uma massa de tecido não lobular. O mesmo padrão de diferenciação dos órgãos acessórios foi descrito para o siluriforme *Pelteobagrus fulvidraco* (YANG et al., 2010b). Nos estágios iniciais de vida as larvas dependem do pâncreas e intestino para digestão de nutrientes e do fígado para assimilação de substâncias nutritivas, armazenamento de glicogênio e vitaminas (PEÑA et al., 2003). As glândulas anexas, fígado e pâncreas, iniciam a diferenciação cedo nas larvas, apresentando-se funcionais antes da absorção total do vitelo devido à importância destes órgãos na digestão de alimentos ingeridos pelas larvas.

O armazenamento de lipídios no fígado foi identificado a partir do 2° DPE, nas larvas de *S. scriptum*, momento em que havia iniciado a alimentação exógena. Conforme relatado por (GISBERT et al., 2014b) o acúmulo de gordura no fígado de *Pseudoplatystoma punctifer* coincidiu com o início da alimentação exógena. Para as larvas de *Pelteobagrus fulvidraco* a incorporação de lipídios no fígado também foi observada após o início da alimentação exógena (YANG et al., 2010).

6.2 ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Os resultados das atividades enzimáticas digestivas e hepáticas em *Steindachneridion scriptum* durante a fase de larvicultura revelaram padrões claros de desenvolvimento ontogenético, destacando mudanças adaptativas relacionadas as necessidades nutricionais e à transição alimentar. A promoção no desenvolvimento com reflexos no fator de condição das larvas do peixe pode ter sido resultado do aumento da atividade das funções digestivas (OTA et al., 2019; DORCE et al., 2024).

A maior ação da protease e da fosfatase alcalina, no presente estudo, resultado do desenvolvimento dos peixes para assimilar eficientemente outras fontes de alimento, corroboram com os que evidenciam o melhor aproveitamento de dietas a base de hidrolisado (DORCE et al., 2024; GONÇALVES et al., 2018). A correlação entre a atividade da protease e a densidade energética da dieta, ou seja, o excesso de lipídios pode interferir na taxa de absorção dos nutrientes (NAVARRO-GUILLÉN et al., 2019).

As diferenças observadas nas atividades enzimáticas entre as idades podem ser explicadas por uma regulação positiva da captação de nutrientes das larvas de *S. scriptum* como forma de compensar deficiências nutricionais e garantir uma melhor digestão e aproveitamento da dieta (NASS; GONÇALVES; TSUZUKI, 2016; QUANG et al., 2011). Essa resposta compensatória também foi descrita para o robalo (*European Sea Bass*) (GARCÍA-MEILÁN et al., 2016) e *S. dumerili* (NAVARRO-GUILLÉN et al., 2019)

A atividade das enzimas digestivas é um aspecto importante na determinação da capacidade dos peixes de utilizar os nutrientes da dieta. Neste estudo pode ser atribuído a responsividade da lipase ao substrato específico (CAMILO et al., 2021) uma vez que houve transição alimentar para a dieta com maiores teores de lipídios. Para a espécie carnívora como acará disco (*Symphysodon aequifasciatus*) há indução da lipase com o aumento de lipídios fornecidos (LI et al., 2018; SANTOS et al., 2024). Isso demonstra a habilidade desta espécie em digestão eficaz de fontes energéticas promovendo maior eficiência para o sistema de produção.

A responsividade da amilase digestiva está associada ao aumento de glicose proveniente do processo de transição alimentar (DE SALES et al., 2020). A glicose, liberada pela hidrólise do amido da dieta, provavelmente desempenha um papel importante na regulação positiva da amilase (CAMILO et al., 2021; FABRIZZI et al., 2025). A glicose é supostamente mais abundante quando o amido é aumentado na alimentação (HONORATO et al., 2016) O efeito da glicose no tecido pancreático é bem conhecido. A glicose estimula a liberação da insulina, que estimula a produção e liberação de amilase (SULAIMAN et al., 2020; ZHONG et al., 2022). Portanto, há uma tênue diferença a ser estabelecida entre o carboidrato da dieta e a oferta de aminoácidos em direção a otimização da produção de amilase para atingir o efeito poupador de proteína.

Destaca-se que a responsividade da fosfatase alcalina corresponde a uma maior absorção de nutrientes pelo trato digestório (DORCE et al., 2025; OTA et al., 2019). Moss (1992) sugere que a desfosforilação dos nutrientes pela fosfatase alcalina intestinal deva ser necessária para torná-los permeáveis a membrana plasmática. Estudos revelam que esta enzima está envolvida na absorção de nutrientes tais como lipídios, glicose, cálcio e fosfato inorgânico (TENGGJAROENKUL et al., 2000). Algumas condições alimentares podem estimular a produção de enzimas digestivas (SANTOS et al., 2021). Observou-se que as larvas de *Steindachneridion scriptum* apresentaram maiores atividades da fosfatase alcalina que reflete em altas taxas de absorção de nutrientes. A detecção precoce desta enzima digestiva também foi descrita em outras espécies como o ciclídeo zebra, *Archocentrus nigrofasciatus*, (MENTE et al., 2017) e *O. niloticus* (MOURA PEREIRA et al., 2019), e em outras espécies de peixes como a corvina miiuy, *Miichthys miiuy*, (SHAN et al., 2009), peixe-peixe, *Silurus soldatovi* (LIU et al., 2008) e bagre manteiga, *Ompok bimaculatus*, (PRADHAN et al., 2013b).

No entanto, estes peixes apresentaram aumento da atividade da enzima hepática de metabolismos proteico quando alimentados exclusivamente com artêmia. Estes resultados podem estar associados ao aumento da neoglicogênese (CAMPECHE et al., 2018; HONORATO et al., 2014). Em um estudo com níveis de proteína para juvenis de surubim também foi observado um aumento da degradação de proteica para fins energéticos conforme o aumento de proteína da dieta (HONORATO et al., 2015). A utilização de dietas umidificadas para larvas de surubim também reportam a maior atividade do metabolismo proteico como precursor da glicose (DORCE et al., 2024). Nesse estudo, as atividades das enzimas envolvidas no metabolismo de proteína foram responsivas a taxa de aproveitamento da digestão, sendo que esta fração estaria sendo usada como recurso energético aumentando a neoglicogênese a partir de aminoácidos. O aumento da atividade de AST e ALT são consideradas resposta do organismo a estressores e ao metabolismo nutricional e é considerado um indicativo de órgão lesionado ou danificado (ZIEMNICZAK et al., 2025).

A atividade do metabolismo hepático pode ser usada como um indicador do estado nutricional dos peixes (GODOY et al., 2024; OTA et al., 2019). As modulações reportadas pela albumina no fígado está demonstrando o bom funcionamento do órgão e podem refletir no desempenho da funcionalidade do hepatopâncreas (VILLENEUVE, 1996). E é reconhecida com um padrão ouro para avaliar a integridade

estrutural e funcional da unidade sinusoidal do fígado (MA et al., 2019). A hipoalbuminemia tem sido diretamente associada ao estado nutricional, mais precisamente a desnutrição proteico-calórica ou a intoxicação (BEDOYA-SERNA et al., 2018; GODOY et al., 2024; VALLADÃO et al., 2020).

7 CONCLUSÕES

Com base na análise dos resultados neste trabalho, podemos concluir que: O desenvolvimento do sistema digestivo de *S. scriptum* seguiu um padrão semelhante ao de outros siluriformes e espécies de teleósteos já estudadas, embora tenha apresentado algumas diferenças específicas relacionadas ao desenvolvimento dos tecidos e órgãos. Os resultados sobre o desenvolvimento e a funcionalidade do sistema digestivo de *S. scriptum* contribuem para entendermos melhor a fisiologia digestiva dessa espécie de rápido crescimento. O uso de náuplios de artemia durante a fase larval atendeu às necessidades nutricionais da espécie podendo ser usado com estratégia alimentar inicial. As larvas de *S. scriptum* mostraram rápido desenvolvimento do sistema digestivo, com perfil enzimático característico de espécies carnívoras. A atividade das enzimas digestivas intestinais, pancreáticas e gástricas refletiu as mudanças funcionais associadas ao desenvolvimento e à dieta. O sistema digestivo se tornou funcional no 13º dia pós-eclosão (DPE), indicando a transição do estágio larval para o juvenil. Os dados bioquímicos sobre a atividade enzimática estão de acordo com formação estrutural do sistema digestivo. com base na organização histológica e funcional, pode-se concluir que pode iniciar a transição alimentar das larvas de *S. scriptum* com sucesso a partir do 13º DPE. As variações na atividade enzimática indicaram a adaptação à nova dieta fornecida.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; GOMES, L. C.** Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, n. 4 suppl, p. 1119–1132, nov. 2008.
- ALBRO, P. W.** et al. Activation of nonspecific lipase (EC 3.1.1.-) by bile salts. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Lipids and Lipid Metabolism*, v. 835, n. 3, p. 477–490, jul. 1985.
- ANDERSON, T. A.** Histological and cytological structure of the gastrointestinal tract of the luderick, *Girella tricuspidata* (Pisces, Kyphosidae), in relation to diet. *Journal of Morphology*, v. 190, n. 1, p. 109–119, 6 out. 1986.
- BEDOYA-SERNA, C. M.** et al. Effects of dietary aflatoxin B1 on accumulation and performance in matrinxã fish (*Brycon cephalus*). *PLOS ONE*, v. 13, n. 8, p. e0201812, 8 ago. 2018.
- BUITRAGO-SUÁREZ, U. A.; BURR, B. M.** Taxonomy of the catfish genus *Pseudoplatystoma* Bleeker (Siluriformes: Pimelodidae) with recognition of eight species. *Zootaxa*, v. 1512, n. 1, 21 jun. 2007.
- CAMILO, R. Y.** et al. Macronutrients and essential amino acids on digestive process of the freshwater teleost Matrinxã. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, v. 15, n. 4, p. 413–421, 30 dez. 2021.
- CAMPECHE, D. F. B.** et al. Dietary protein:lipid ratio changes growth, digestive enzyme activity, metabolic profile and haematological parameters in hybrid surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum* × *Leiarius marmoratus*). *Aquaculture Research*, v. 49, n. 7, p. 2486–2494, jul. 2018.
- CHEN, B. N.** et al. Ontogenetic development of the digestive system in yellowtail kingfish *Seriola lalandi* larvae. *Aquaculture*, v. 256, n. 1–4, p. 489–501, jun. 2006.
- DABROWSKI, K.; PORTELLA, M. C.** Feeding Plasticity and Nutritional Physiology in Tropical Fishes. In: [s.l.: s.n.]. p. 155–224.
- DARIAS, M. J.** et al. Influence of dietary protein and lipid levels on growth performance and the incidence of cannibalism in *Pseudoplatystoma punctifer* (Castelnau, 1855) larvae and early juveniles. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 31, p. 74–82, dez. 2015.
- DE SALES, R. O.** et al. Histopathology and molecular identification of *Henneguya pseudoplatystoma*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, v. 48, n. 2, p. 207–213, 6 maio 2020.
- DÍAZ, A. O.; GARCÍA, A. M.; GOLDEMBERG, A. L.** Glycoconjugates in the mucosa of the digestive tract of *Cynoscion guatucupa*: a histochemical study. *Acta Histochemica*, v. 110, n. 1, p. 76–85, jan. 2008.

DORCE, L. S. et al. Moisture content in diets in the co-feeding phase of *Pseudoplatystoma* sp. influences performance and digestive process. *Veterinary Research Communications*, v. 48, n. 5, p. 2977–2988, 3 out. 2024.

DORCE, L. S. et al. Mitigation of cold stress in red female betta (*Betta splendens*) through dietary supplementation with annatto (*Bixa orellana* L.) oil extract. *Aquaculture International*, v. 33, n. 2, p. 100, 2 fev. 2025.

FABRIZZI, F. et al. Sustained swimming and improvements in anti-oxidative stress responses in matrinxã (*Brycon amazonicus*) exposed to environmental nitrite. *Veterinary Research Communications*, v. 49, n. 1, p. 42, 27 fev. 2025.

FRÍAS-QUINTANA, C. A. et al. Changes in digestive enzymes activities during the initial ontogeny of wolf cichlid, *Parachromis dovii* (Perciformes: Cichlidae). *Neotropical Ichthyology*, v. 17, n. 1, 2019.

FURUYA, W. M. et al. Dietas peletizada e extrusada para machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), na fase de terminação. *Ciência Rural*, v. 28, n. 3, p. 483–487, set. 1998.

GARCÍA-MEILÁN, I. et al. Effects of dietary protein-to-lipid ratio on digestive and absorptive processes in sea bass fingerlings. *Aquaculture*, v. 463, p. 163–173, out. 2016.

GISBERT, E. et al. *Bacillus cereus* var. *toyoi* promotes growth, affects the histological organization and microbiota of the intestinal mucosa in rainbow trout fingerlings. *Journal of Animal Science*, v. 91, n. 6, p. 2766–2774, 1 jun. 2013.

GISBERT, E. et al. Histological development of the digestive system of the Amazonian pimelodid catfish *Pseudoplatystoma punctifer*. *Animal*, v. 8, n. 11, p. 1765–1776, 2014.

GISBERT, E.; PIEDRAHITA, R. H.; CONKLIN, D. E. Ontogenetic development of the digestive system in California halibut (*Paralichthys californicus*) with notes on feeding practices. *Aquaculture*, v. 232, n. 1–4, p. 455–470, abr. 2004.

GISBERT, E.; WILLIOT, P. Larval behaviour and effect of the timing of initial feeding on growth and survival of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) larvae under small scale hatchery production. *Aquaculture*, v. 156, n. 1–2, p. 63–76, out. 1997.

GODOY, A. C. et al. The effects of probiotic-based additives on aflatoxin intoxication in *Piaractus mesopotamicus*: a study of liver histology and metabolic performance. *Veterinary Research Communications*, v. 48, n. 4, p. 2281–2294, 13 ago. 2024.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. Methods of Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters. Oxford: [s.n.].

GONÇALVES, A. F. N. et al. Dietary protein-to-carbohydrate ratios affect metabolism and growth of juvenile surubim cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*). *Aquaculture International*, v. 26, n. 1, p. 349–362, 17 fev. 2018.

GOVONI, J. J.; BOEHLERT, G. W.; WATANABE, (sic) A fisiologia da digestão em larvas de peixes. *Environmental Biology of Fishes*, v. 16, p. 59–57, 1986.

HACHERO-CRUZADO, I. et al. Larval organogenesis of flatfish brill *Scophthalmus rhombus* L: Histological and histochemical aspects. *Aquaculture*, v. 286, n. 1–2, p. 138–149, jan. 2009.

HEMING, T. A.; BUDDINGTON, R. K. Yolk Absorption in Embryonic and Larval Fishes. In: [s.l.: s.n.]. p. 407–446.

HERNÁNDEZ, D. R.; PÉREZ GIANESELLI, M.; DOMITROVIC, H. A. Morphology, Histology and Histochemistry of the Digestive System of South American Catfish (*Rhamdia quelen*). *International Journal of Morphology*, v. 27, n. 1, mar. 2009.

HONORATO, C. A. et al. Níveis de proteína digestível para surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) criados em tanque-rede. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 5, p. 2781, 6 nov. 2014.

HONORATO, C. A. et al. Desempenho produtivo e econômica de surubins (*Pseudoplatystoma* sp.) alimentados com níveis de proteína e estocados em tanque-rede. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 67, n. 5, p. 1408–1414, out. 2015.

HONORATO, C. A. et al. Dietary carbohydrate and food processing affect the digestive physiology of *Piaractus mesopotamicus*. *Aquaculture Nutrition*, v. 22, n. 4, p. 857–864, ago. 2016.

KOROLEFF, F.; HANSEN, H. P. Determination of nutrients. In: *Methods of Seawater Analysis*. [S.l.]: Wiley, 1999. p. 159–228.

KOZARIĆ, Z. et al. The development of the digestive tract in larval European catfish (*Silurus glanis* L.). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, v. 37, n. 2, p. 141–146, 17 abr. 2008.

KUZ'MINA, V. V.; GELMAN, A. G. Membrane-linked digestion in fish. *Reviews in Fisheries Science*, v. 5, n. 2, p. 99–129, 23 jan. 1997.

LI, Y. et al. Growth performance, fatty-acid composition, lipid deposition and hepatic-lipid metabolism-related gene expression in juvenile pond loach *Misgurnus anguillicaudatus* fed diets with different dietary soybean oil levels. *Journal of Fish Biology*, v. 92, n. 1, p. 17–33, 17 jan. 2018.

LIU, B.-X. et al. Purification and characterization of a leucine aminopeptidase from the skeletal muscle of common carp (*Cyprinus carpio*). *Food Chemistry*, v. 108, n. 1, p. 140–147, maio 2008.

LUIZI, F. S. et al. Further description of the development of the digestive organs in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) larvae, with notes on differential absorption of copepod and *Artemia* prey. *Aquaculture*, v. 176, n. 1–2, p. 101–116, jun. 1999.

- LUZ, R. K.** et al. Avaliação qualitativa e quantitativa do sêmen de suruvi, *Steindachneridion scripta* (Pimelodidae). [s.l.: s.n.].
- MA, H.-J.** et al. Effect of dietary starch level on growth, metabolism enzyme and oxidative status of juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquaculture*, v. 498, p. 482–487, jan. 2019.
- MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F.** Water analysis: Some revised methods for limnologists. Kendall: Titus Wilson & Son Ltd; Freshwater Biological Association, 1978.
- MENTE, E.** et al. Digestive Enzyme Activity during Initial Ontogeny and after Feeding Diets with Different Protein Sources in Zebra Cichlid, *Archocentrus nigrofasciatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 48, n. 5, p. 831–848, 18 out. 2017.
- DE MELLO, P. H.** et al. Ontogeny of the digestive system and the profile of proteases in larvae of cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum* Siluriformes: Pimelodidae) and its hybrid (*Pseudoplatystoma corruscans* × *Pseudoplatystoma reticulatum*). *Journal of Fish Biology*, v. 99, n. 3, p. 1135–1139, 25 set. 2021.
- MORO, G. V.** et al. Desenvolvimento inicial e treinamento alimentar de larvas de bocudo *Steindachneridion scriptum* são influenciados pela fonte alimentar. [s.l.: s.n.].
- MOURA PEREIRA, M.** et al. Nile tilapia broodfish fed high-protein diets: Digestive enzymes in eggs and larvae. *Aquaculture Research*, v. 50, n. 8, p. 2181–2190, 12 ago. 2019.
- MURRAY, H. M.; WRIGHT, G. M.; GOFF, G. P.** A comparative histological and histochemical study of the stomach from three species of pleuronectid: the Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), the yellowtail flounder (*Pleuronectes ferruginea*) and the winter flounder (*Pleuronectes americanus*). *Canadian Journal of Zoology*, v. 72, n. 7, p. 1199–1210, 1 jul. 1994.
- NASS, D. H.; GONÇALVES, E. L. T.; TSUZUKI, M. Y.** Effect of live food transition time on survival, growth and metamorphosis of yellowtail clownfish, *Amphiprion clarkii*, larvae. *Aquaculture International*, v. 24, n. 5, p. 1255–1261, 15 out. 2016.
- NAVARRO-GUILLÉN, C.** et al. Fast-growing greater amberjack post-larvae require a high energy-high protein weaning diet. *Aquaculture*, v. 499, p. 195–202, jan. 2019.
- NEUMANN, E.** et al. Ontogeny of the digestive tract of *Brycon amazonicus* (Teleostei, Bryconidae) under culture conditions: from hatching to juvenile stage. *Zygote*, v. 28, n. 3, p. 208–216, 20 jun. 2020.
- NGUYEN, P. T.** et al. Developments in hatchery technology for striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). In: *Advances in Aquaculture Hatchery Technology*. [S.l.]: Elsevier, 2013. p. 498–518.
- NÚÑEZ, J.** et al. Hatching rate and larval growth variations in *Pseudoplatystoma punctifer*: maternal and paternal effects. *Aquaculture Research*, v. 42, n. 6, p. 764–775, maio 2011.

- OKAWARA, R. Y.** et al. Ovulation and initial rearing of *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae) larvae from different accumulated thermal units. *Ichthyological Research*, v. 62, n. 4, p. 495–503, 1 nov. 2015.
- OTA, E. DO C.** et al. Hepatic and gastroprotective activity of *Serjania marginata* leaf aqueous extract in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, v. 45, n. 3, p. 1051–1065, 14 jun. 2019.
- 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, abr. 2003.
- 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, ago. 2014.
- PRADHAN, P. K.** et al. Ontogeny of the digestive enzymes in butter catfish *Ompok bimaculatus* (Bloch) larvae. *Aquaculture*, v. 372–375, p. 62–69, jan. 2013.
- PRADHAN, P. K.** et al. Effects of different weaning strategies on survival, growth and digestive system development in butter catfish *Ompok bimaculatus* (Bloch) larvae. *Aquaculture*, v. 424–425, p. 120–130, mar. 2014.
- QU, M.** et al. Ontogenetic development of the digestive system and growth in coral trout (*Plectropomus leopardus*). *Aquaculture*, v. 334–337, p. 132–141, mar. 2012.
- QUANG, H. N.** et al. Effects of early weaning strategies on growth, survival and digestive enzyme activities in cobia (*Rachycentron canadum* L.) larvae. *Aquaculture International*, v. 19, n. 1, p. 63–78, 1 fev. 2011.
- REYNALTE-TATAJE, D. A.** et al. State of the art of identification of eggs and larvae of freshwater fish in Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 32, 2020.
- SANTOS, R. F. B.** et al. Influence of a blend of dietary essential amino acids on growth, enzymatic activity, and intestinal histology of blue discus. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 47, 24 jun. 2021.
- SANTOS, R. F. B.** et al. Effect of increasing lipid levels on liver metabolism, intestinal morphology and production performance of discus fish (*Symphysodon aequifasciatus*). *Brazilian Journal of Biology*, v. 84, 2024.
- SCHORK, G.** et al. Analysis of fishing activity in the Itá reservoir, Upper Uruguay River, in the period 2004–2009. *Brazilian Journal of Biology*, v. 73, n. 3, p. 559–571, ago. 2013.
- SHAHSAVARANI, A.** et al. A novel technique for the separation of yolk from the developing embryonic tissue in a teleost fish, *Oncorhynchus mykiss*. In: *Fish Physiology and Biochemistry*. [S.l.: s.n.]. v. 24, p. 321–326.
- SHAN, X.-J.** et al. Ontogenetic development of digestive enzymes and effect of starvation in miiuy croaker *Miichthys miiuy* larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, v. 35, n. 3, p. 385–398, 27 ago. 2009.

STROBAND, H. W. J.; KROON, A. N. The development of the stomach in *Clarias lazera* and the intestinal absorption of protein macromolecules. *Cell and Tissue Research*, v. 215, n. 2, mar. 1981.

STROBAND, H. W. J.; MEER, H. V. D.; TIMMERMANS, L. P. M. Regional functional differentiation in the gut of the grasscarp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.). *Histochemistry*, v. 64, n. 3, p. 235–249, 1979.

SULAIMAN, M. A. et al. Effects of increasing dietary carbohydrate level on feed utilisation, body composition, liver glycogen, and intestinal short chain fatty acids of hybrid lemon fin barb (*Barbonymus gonionotus* ♀ × *Hypsibarbus wetmorei* ♂). *Aquaculture Reports*, v. 16, p. 100250, mar. 2020.

TENGJAROENKUL, B. et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture*, v. 182, n. 3–4, p. 317–327, fev. 2000.

VALLADÃO, G. M. R. et al. Challenges in the control of acanthocephalosis in aquaculture: special emphasis on *Neoechinorhynchus buttnerae*. *Reviews in Aquaculture*, v. 12, n. 3, p. 1360–1372, 23 ago. 2020.

VILLENEUVE, J. The hepatic microcirculation in the isolated perfused human liver. *Hepatology*, v. 23, n. 1, p. 24–31, jan. 1996.

WALTER, H. E. Proteinases: methods with hemoglobin, casein and azocoll as substrates. In: BERGMAYER, H. U. (ed.). v. 5.

WILSON, J. M.; CASTRO, L. F. C. Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. p. 1–55.

YANG, R. et al. Ontogeny of the digestive tract in yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* larvae. *Aquaculture*, v. 302, n. 1–2, p. 112–123, abr. 2010.

ZHONG, L. et al. High starch in diet leads to disruption of hepatic glycogen metabolism and liver fibrosis in largemouth bass (*Micropterus salmoides*), which is mediated by the PI3K/Akt signaling pathway. *Frontiers in Physiology*, v. 13, 23 maio 2022.

ZIEMNICZAK, H. M. et al. Probiotic-based adsorbent mitigates aflatoxin B1 toxicity in *Piaractus mesopotamicus*: assessing well-being via changes in tissue architecture and digestive enzyme activity. *Veterinary Research Communications*, v. 49, n. 2, p. 94, 29 abr. 2025

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO

O presente estudo caracterizou o crescimento, a sobrevivência, o desenvolvimento ontogenético morfológico, a morfologia externa e a funcionalidade do sistema digestório de *Steindachneridion scriptum* durante a fase de larvicultura intensiva em sistema de recirculação de água. Os resultados obtidos demonstraram que a espécie apresenta um padrão de desenvolvimento semelhante ao de outros siluriformes, com importantes modificações estruturais e funcionais ao longo da ontogenia.

A formação progressiva do sistema digestório, evidenciada pela diferenciação dos tecidos e pela atividade enzimática digestiva e hepática, reforça a necessidade de protocolos alimentares ajustados a cada fase do desenvolvimento larval. A presença de enzimas digestivas e hepáticas desde a eclosão sugere que as larvas possuem uma capacidade metabólica inicial, enquanto o desenvolvimento do estômago aos 13° DPE marca uma transição fisiológica crucial para a digestão de dietas exógenas.

Além disso, a identificação de mucosubstâncias no esôfago e no intestino destaca a importância dessas secreções na proteção epitelial e no transporte de alimentos, contribuindo para a adaptação das larvas ao ambiente de cultivo. O crescimento e a sobrevivência observados neste estudo fornecem subsídios para o aprimoramento do manejo da espécie em condições de cultivo intensivo.

Dessa forma, este trabalho amplia o conhecimento sobre a ontogenia digestória de *S. scriptum*, fornecendo informações fundamentais para o desenvolvimento de estratégias nutricionais mais eficientes e sustentáveis. Estudos futuros poderão aprofundar a relação entre diferentes dietas e a resposta digestiva da espécie, visando otimizar seu desempenho zootécnico e sua viabilidade na aquicultura.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

BEUX, E.; ZANIBONI-FILHO, E. Produção pesqueira do reservatório de Itá Alto Uruguai. In: NUÑER, A. P. O.; ZANIBONI-FILHO, E. (orgs.). *Reservatório de Itá: estudos ambientais, desenvolvimento de tecnologias de cultivo e conservação da ictiofauna*. Florianópolis: Edufsc, 2008. p. 87–108.

CASTRO-RUIZ, D. et al. Ontogeny of the digestive enzyme activity of the Amazonian pimelodid catfish *Pseudoplatystoma punctifer* (Castelnau, 1855). *Aquaculture*, v. 504, p. 210–218, abr. 2019.

DE MELLO, P. H. et al. Ontogeny of the digestive system and the profile of proteases in larvae of cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum* Siluriformes: Pimelodidae) and its hybrid (*Pseudoplatystoma corruscans* × *Pseudoplatystoma reticulatum*). *Journal of Fish Biology*, v. 99, n. 3, p. 1135–1139, 25 set. 2021.

FACCIOLI, C. K. et al. Organogenesis of the digestive system in Neotropical carnivorous freshwater catfish *Hemisorubim platyrhynchos* (Siluriformes: Pimelodidae). *Aquaculture*, v. 451, p. 205–212, jan. 2016.

GARAVELLO, J. C. Revision of genus *Steindachneridion* (Siluriformes: Pimelodidae). *Neotropical Ichthyology*, v. 3, n. 4, p. 607–623, dez. 2005.

GISBERT, E. et al. Development, nutrition, and rearing practices of relevant catfish species (Siluriformes) at early stages. *Reviews in Aquaculture*, v. 14, n. 1, p. 73–105, 17 jan. 2022.

GISBERT, E. et al. Histological development of the digestive system of the Amazonian pimelodid catfish *Pseudoplatystoma punctifer*. *Animal*, v. 8, n. 11, p. 1765–1776, 2014.

HAMRE, K. et al. Fish larval nutrition and feed formulation: knowledge gaps and bottlenecks for advances in larval rearing. *Reviews in Aquaculture*, v. 5, n. s1, 27 maio 2013.

HONORATO, C. A. et al. Effects of processing on physical characteristics of diets with distinct levels of carbohydrates and lipids: the outcomes on the growth of pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Aquaculture Nutrition*, v. 16, n. 1, p. 91–99, fev. 2010.

ICMBIO. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI*. [S.l.: s.n.].

LAZO, J. P.; DARIAS, M. J.; GISBERT, E. Ontogeny of the Digestive Tract. In: *Larval Fish Nutrition*. [S.l.]: Wiley, 2011. p. 3–46.

MAGOUZ, F. I. et al. The effects of fish feed supplemented with Azolla meal on the growth performance, digestive enzyme activity, and health condition of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Annals of Animal Science*, v. 20, n. 3, p. 1029–1045, 1 jul. 2020.

MARQUES, C. et al. Structural and ultrastructural description of larval development in *Zungaro jahu*. *Zygote*, v. 25, n. 2, p. 149–159, 31 abr. 2017.

RODRIGUES, S. S.; NAVARRO, R. D.; MENIN, E. Anatomia do sistema digestório de *Leporinus macrocephalus* Garavello & Britski, 1988 (Characiformes, Anostomidae) em relação ao seu hábito alimentar. *Bioscience Journal*, v. 24, p. 86–95, 2008.

ROSSATO, S. et al. Atividade de enzimas digestivas em pós-larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentadas com dietas contendo farinha de resíduo de peixe. In: *Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos*. [S.l.]: Editora Científica Digital, 2021. p. 62–80.

SCHORK, G. et al. Analysis of fishing activity in the Itá reservoir, Upper Uruguay River, in the period 2004–2009. *Brazilian Journal of Biology*, v. 73, n. 3, p. 559–571, ago. 2013.

WEINGARTNER, M. F. D. M.; NUÑER, A. P. O. et al. Desenvolvimento de tecnologia de criação. In: NUÑER, A. P. O.; ZANIBONI-FILHO, E. (orgs.). *Reservatório de Machadinho: peixes, pesca e tecnologias de criação*. Florianópolis: Editora UFSC, 2012. p. 147–177.

ZAMBONINO-INFANTE, J. L. et al. *Ontogenia e fisiologia do sistema digestivo de larvas de peixes marinhos*. Enfield: Science Publishers, 2008.

ZANIBONI-FILHO, E.; REYNALTE-TATAJE, D.; HERMES-SILVA, S. Biologia e cultivo de bagres do gênero *Steindachneridion*. In: *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. 3. ed. [S.l.: s.n.]. p. 313–330.

ANEXO A – Certificado de aprovação CEUA.



Universidade Federal de Santa Catarina

*Comissão de Ética no
Uso de Animais*

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Desenvolvimento ontogenético do sistema digestório de *Steindachneridion s.c.r.i.p.tum* durante a fase de larvicultura", protocolada sob o CEUA nº 3990201023 (ID 002627), sob a responsabilidade de **Robson Andrade Rodrigues e equipe; Anderson Ferreira Santana** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADA** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Catarina (CEUA/UFSC) na reunião de 27/02/2024.

We certify that the proposal "Ontogenetic development of the digestive system of *Steindachneridion s.c.r.i.p.tum* during the larviculture phase", utilizing 3783 Fishes (males and females), protocol number CEUA 3990201023 (ID 002627), under the responsibility of **Robson Andrade Rodrigues and team; Anderson Ferreira Santana** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethic Committee on Animal Use of the Federal University of Santa Catarina (CEUA/UFSC) in the meeting of 02/27/2024.

Finalidade da Proposta: Pesquisa

Vigência da Proposta: de 03/2024 a 02/2025 Área: Aquicultura

Origem: Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce - LAPAD

Espécie: Peixes sexo: Machos e Fêmeas idade: 1 a 30 dias Quantidade: 3783

Linhagem: *Steindachneridion Scriptum* Peso: 0 a 2 g

Florianópolis, 10 de fevereiro de 2025

Juliano Ferreira
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade Federal de Santa Catarina

Vanessa Rafaella Foletto da Silva
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade Federal de Santa Catarina

