



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MARCELLY SOUSA NUNES DO NASCIMENTO

**CARACTERIZAÇÃO HISTOLÓGICA DE BRÂNQUIAS DO *Macrobrachium carcinus*
(LINNAEUS, 1758)**

Serra Talhada - PE

2025

MARCELLY SOUSA NUNES DO NASCIMENTO

CARACTERIZAÇÃO HISTOLÓGICA DE BRÂNQUIAS DO *Macrobrachium carcinus*
(LINNAEUS, 1758)

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Liebel

Serra Talhada - PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

N244c Nascimento, Marcelly Sousa Nunes do.
Caracterização histológica de brânquias
do *Macrobrachium carcinus* (LINNAEUS, 1758) /
Marcelly Sousa Nunes do Nascimento. – Serra
Talhada, 2025.
43 f.; il.

Orientador(a): Samuel Liebel.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Unidade Acadêmica Serra Talhada - UAST,
Bacharelado em Ciências Biológicas, Serra Talhada,
BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Camarões . 2. Aparelho respiratório. 3.
Brânquias. 4. Animais de água doce 5. Camarões -
Histologia . I. Liebel, Samuel, orient. II. Título

CDD 574

MARCELLY SOUSA NUNES DO NASCIMENTO

**CARACTERIZAÇÃO HISTOLÓGICA DE BRÂNQUIAS DO *Macrobrachium carcinus*
(LINNAEUS, 1758).**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 16/12/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Samuel Liebel (Orientador)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Ugo Lima Silva (Examinador Interno)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Nadja Graciele Freire Sá (Examinador Interno)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Aos meus pais e minhas irmãs, com enorme gratidão, respeito e orgulho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST) por me proporcionar a vivência da graduação. Estendo minha gratidão aos professores por todos os ensinamentos essenciais à minha formação profissional.

Em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Samuel Liebel, minha profunda gratidão. Obrigada não apenas pelo conhecimento técnico repassado, mas pelo acolhimento e por acreditar no meu potencial. Sua condução foi essencial para que eu concluísse esta etapa com segurança e orgulho.

Ao Prof. Dr. Ugo Lima Silva e ao Laboratório de Experimentação de Organismos Aquáticos (LEOA) pela generosidade em viabilizar o material necessário para minha pesquisa. Estendo minha gratidão ao professor por aceitar compor a banca examinadora.

À Nadja Graciele Freire Sá, pelo auxílio técnico no laboratório e pela parceria que, ao longo desta jornada, transformou-se em uma ótima amizade. Agradeço também por aceitar o convite para compor a banca examinadora.

Aos meus amigos de turma, Hanny Larissa, Ellen Barros, Ana Clara, Magda Pereira, João Pedro, Larissa Fontes, Andriely Lima e Gracyelle Alves, obrigada por todo o companheirismo e pelas alegrias ao longo desses quatro anos. Vocês foram essenciais na minha graduação, obrigada por torná-la mais leve.

Minha gratidão ao Programa de Educação Tutorial (SESu/MEC) pela bolsa que me auxiliou nesta jornada. Agradeço especialmente ao PET Biologia/UAST por tantos desafios, vivências, experiências e ensinamentos. Ao tutor e amigo, Prof. Dr. André Lima, por todas as palavras e apoio, e aos meus grandes amigos Jorge Luiz e Maria Marceliane, além de todos os PETianos com quem pude conviver e construir laços de amizade, meu muito obrigada. Um destaque especial a Jeferson Matheus, pelo incentivo fundamental para que eu ingressasse no programa. Sou uma nova Marcelly depois do PET.

Ao meu amor, Lucas de Lisboa, agradeço imensamente por todo apoio, aprendizado e parceria. Você foi essencial para minha formação e sei que continuará nessa nova etapa de nossas vidas. Eu amo você.

Por fim, agradeço à minha base: minha mãe, Roseli Rodrigues, e meu pai, Marcelo Nunes, por todo amor e apoio. À minha irmã mais velha, Victoria Sousa, pelo carinho e aprendizado, e à minha irmã mais nova, Izadora Sousa, minha amiga de todas as horas, que me ouviu e apoiou incansavelmente. Amo vocês.

A todos que de algum modo me incentivaram durante essa jornada, meu muito obrigada.

What about nature's worth?

Earth Song - Michael Jackson, 1995.

RESUMO

O camarão de água doce *Macrobrachium carcinus* possui notável relevância ecológica e econômica, contudo, enfrenta desafios de redução populacional em diversas regiões do Brasil, demandando estudos que subsidiem sua conservação. Nesse contexto, um órgão excelente biomarcador dessa sensibilidade nos crustáceos são as brânquias, vitais para a respiração e a osmorregulação, além de sensíveis quanto a qualidade ambiental. Entretanto, para identificar as patologias, é imprescindível reconhecer o tecido normal. Dessa forma, o presente trabalho objetivou realizar a caracterização histológica branquial desta espécie, estabelecendo protocolos otimizados de fixação e processamento. Foram realizados testes comparativos avaliando diferentes métodos de dissecação, tempos e fixadores, bem como descrição da composição estrutural branquial normal do animal. Os resultados demonstraram que a fixação prévia do cefalotórax em solução de Davidson por 24 horas, seguida da dissecação, promoveu uma melhor preservação tecidual, minimizando a autólise e danos na estrutura do tecido quando comparados à Formalina Tamponada Neutra a 10%. Adicionalmente, a incorporação de cera de abelha e estearina à parafina histológica conferiu maior plasticidade aos blocos, prevenindo rupturas durante a microtomia. A análise microscópica, utilizando colorações de Hematoxilina e Eosina e Azul de Toluidina, revelou que as brânquias são constituídas por um eixo principal e lamelas secundárias, compostas por cutícula do filamento, epitélio pavimentoso simples e células pilares que delimitam o espaço hemocélico. Destacou-se a presença de glândulas tegumentares (células mucosas) associadas ao canal marginal, essenciais para a proteção e manutenção da integridade osmótica, além de ionócitos (Células de Cloreto) na base das lamelas. Conclui-se que o protocolo padronizado é eficaz para a espécie, preenchendo uma lacuna no conhecimento biológico e fornecendo um padrão de referência morfológica fundamental para futuros estudos de monitoramento ambiental e estratégias de preservação.

Palavras-chave: Padronização, Protocolos histológicos, Brânquias, Camarão pitu.

ABSTRACT

The freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* holds significant ecological and economic relevance; however, it faces challenges regarding population decline in several regions of Brazil, demanding studies that support its conservation. In this context, the gills act as excellent biomarkers of this sensitivity in crustaceans, being vital for respiration and osmoregulation, as well as sensitive to environmental quality. However, identifying pathologies requires recognizing normal tissue. Thus, this study aimed to perform the branchial histological characterization of this species, establishing optimized protocols for fixation and processing. Comparative tests were conducted to evaluate different dissection methods, times, and fixatives, alongside a description of the animal's normal branchial structural composition. The results showed that prior fixation of the cephalothorax in Davidson's solution for 24 hours, followed by dissection, promoted better tissue preservation, minimizing autolysis and tissue damage compared to 10% Neutral Buffered Formalin. Additionally, the incorporation of beeswax and stearin into the histological paraffin provided greater plasticity to the blocks, preventing ruptures during microtomy. Microscopic analysis, using Hematoxylin and Eosin and Toluidine Blue staining, revealed that the gills consist of a main axis and secondary lamellae, composed of filament cuticle, simple squamous epithelium, and pillar cells delimiting the hemocoelic space. The presence of tegumental glands (mucous cells) associated with the marginal canal was highlighted, which are essential for protection and maintenance of osmotic integrity, as well as ionocytes (Chloride Cells) at the base of the lamellae. In conclusion, the standardized protocol is effective for the species, filling a gap in biological knowledge and providing a fundamental morphological reference standard for future environmental monitoring studies and preservation strategies.

Keywords: Standardization, Histological protocols, Gills, Pitu prawn.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação ilustrativa do camarão <i>Macrobrachium carcinus</i>	17
Figura 2 – Espécime de <i>Macrobrachium carcinus</i> (Linnaeus, 1758)	19
Figura 3 – <i>Macrobrachium carcinus</i> provenientes do Laboratório de Experimentação em Organismos Aquáticos	23
Figura 4 – Formas de dissecação. A. Antes da fixação; B. Após fixação.....	24
Figura 5 – Fixação. A. 16 horas, arco branquial; B. 24 horas, cefalotórax.....	24
Figura 6 – A. Banho-maria; B. Camada fina de mucilagem de <i>Aloe vera</i> ; C. Lâminas com as secções teciduais	25
Figura 7 – A. Bálsamo; B. Fixação da lamínula	26
Figura 8 - Registros das micrografias no microscópio óptico do Laboratorio de Biologia Pesqueira da UFRPE/UAST	27
Figura 9 – A. Localização do cefalotórax em representação esquemática do camarão <i>M. carcinus</i> . B. Disposição das brânquias no interior do cefalotórax.	28
Figura 10 – Comparação macroscópica das brânquias de <i>Macrobrachium carcinus</i> após diferentes métodos de dissecação. A. Brânquia dissecada após fixação do cefalotórax por 24 horas; B. Brânquia dissecada a fresco e fixada por 16 horas.....	29
Figura 11 – Micrografias histológicas das brânquias de <i>Macrobrachium carcinus</i> fixadas em diferentes soluções. (A-C) Amostras fixadas em solução de Davidson: A. Visão geral das lamelas branquiais; B. Lamelas secundárias (LS); C. Cutícula do filamento (CF) e Canal marginal (CNM). (D-F) Amostras fixadas em Formalina Tamponada Neutra a 10%: D. Visão geral das lamelas branquiais; E. Lamelas secundárias (LS); F. Cutícula do filamento branquial (CF) e Canal marginal (CNM).....	30
Figura 12 – Comparação do processo de microtomia. A. Cortes realizados na parafina convencional. B. Cortes realizados após mistura e adição de estearina e cera de abelha	31
Figura 13 – Estrutura branquial do camarão <i>Macrobrachium carcinus</i> . A. Visão geral das Lamelas secundárias (LS) (400x); B. Células pilares (CP), Canal da Hemolinfa (CNH), Hemócito (H) (1000x).....	33
Figura 14 – Estrutura branquial do camarão <i>Macrobrachium carcinus</i> . A. Lamelas secundárias (LS); B. Espaço interlamelar (ES), Cutícula do filamento (CF), Células do epitélio (EPT), Células pilares (CP), Hemócito (H); C. Disposição das lamelas secundárias (400x); D. Canal marginal (CNM), Hemolinfa (HM), Célula da mucosa (CM).....	33

Figura 15 – Estrutura branquial do camarão <i>Macrobrachium carcinus</i> corada em Azul de Toluidina. A. Cutícula do filamento (CF); B. Ionócitos/Células de Cloreto (CCI); C. Eixo principal (EP).....	34
Figura 16 – Desenho esquemático de uma lamela secundária demonstrando a citoarquitetura das brânquias de <i>M. carcinus</i>	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Etapas de coloração em Hematoxilina e Eosina	26
Tabela 2 – Protocolo de coloração em Azul de Toluidina adaptado.	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1. Geral.....	16
2.2. Específicos.....	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1. Família Palaemonidae	17
3.2. Importância ecológica dos camarões	18
3.3. <i>Macrobrachium carcinus</i>	18
3.4. Técnicas histológicas aplicadas a crustáceos	20
3.5. Histologia de brânquias nos crustáceos.....	21
4 METODOLOGIA	23
4.1. Obtenção dos espécimes.....	23
4.2. Delineamento experimental e Padronização da Fixação.....	23
4.3. Processamento Histológico	24
4.4. Coloração e Caracterização.....	25
4.5. Análise de Imagens	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. Formas de dissecação.....	28
5.2. Fixação	29
5.3. Seccionamento.....	31
5.4. Descrição e caracterização histológica das brânquias	31
6 CONCLUSÃO	36
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

Os camarões são organismos de extrema importância para a cadeia trófica, possuindo hábitos detritívoros, necrófagos e onívoros, desempenhando um papel importante como trituradores em águas tropicais, alimentando-se de restos de plantas e animais, sendo componentes relevantes para dieta de peixes, répteis, aves e mamíferos (Rosemond *et al.*, 1998; Collins *et al.*, 2006; Walker, 2009; Carnevali *et al.*, 2012). Além da importância ecológica, os camarões representam uma parcela significativa da produção global de pesca e aquicultura, contabilizando certa de US\$ 70 a 75 bilhões conforme descrito pela Food and Agriculture Organization (FAO) em 2024.

A espécie *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758), amplamente conhecida no Nordeste do Brasil como camarão pitu e em outras regiões como lagosta de São Fidélis, compõe esse grupo tão relevante ecologicamente (Holanda, 2007). Valenti (1996), ao estudar os seus hábitos, observou que a espécie habita ambientes de água doce e salobra, ocorrendo em rios, lagos, represas, pântanos e estuários, abrigando-se em pedras, troncos e na vegetação, além de deslocar-se apoiados no substrato, podendo em certos períodos emergenciais transitar por curtas distâncias em ambiente terrestre.

Quanto a sua morfologia, o *M. carcinus* apresenta um corpo robusto, com manchas longitudinais pretas, amarelas e alaranjadas, podendo alcançar um comprimento máximo de 30 cm (Murienne *et al.*, 2022). No entanto, Machado *et al.* (2008) alertam para a existência de registros de sobre-exploração e redução populacional, indicando que em algumas regiões o *M. carcinus* já desapareceu localmente. Tal fato deve-se também à alta sensibilidade da espécie, dessa forma, alterações na qualidade da água, no fluxo hídrico e no seu habitat podem afetá-los significativamente (Ribeiro *et al.*, 2022).

Nesse contexto, um órgão excelente biomarcador dessa sensibilidade nos crustáceos são as brânquias, por estarem em contato direto e contínuo com o meio, sendo o principal local de transferência de oxigênio e regulação osmótica na hemolinfa, fornecendo indícios da presença de agentes patogênicos, bem como de alterações físicas e químicas na água (Carneiro *et al.*, 2018; Jesus *et al.*, 2020). De acordo com Henry *et al.* (2012), quaisquer alterações no meio podem ocasionar alterações na estrutura branquial, comprometendo estes animais. Complementarmente, Barros *et al.* (2021) explicam que a histologia das brânquias é uma

ferramenta importante para a avaliação de impactos na saúde, fisiologia e no desenvolvimento que os animais podem sofrer em seus ambientes naturais.

Em contrapartida, Ross *et al.* (2019) destacam que para identificar as patologias, é imprescindível reconhecer o tecido normal, do qual os atlas histológicos de tecidos normais e trabalhos de caracterização surgem com o propósito de auxiliar os pesquisadores nesse papel, apresentando a estruturação normal do material, facilitando a identificação de anormalidades. Bell e Lightner (1988) estabeleceram protocolos que servem de referência para histologia de camarões, contudo, adaptações fazem-se necessárias, uma vez que cada espécie possui suas peculiaridades, necessitando alterações metodológicas para obtenção de melhores resultados, como demonstrado por Cervellione *et al.* (2017).

Portanto, compreender a organização histológica das brânquias do camarão *Macrobrachium carcinus*, espécie ameaçada de extinção e pouco estudada, é fundamental. Essa caracterização pode estabelecer um padrão comparativo para futuras análises de alterações histológicas, além de subsidiar estratégias voltadas à conservação e preservação da espécie.

2 OBJETIVOS

2.1. Geral

Caracterizar a histologia das brânquias do camarão *Macrobrachium carcinus*.

2.2. Específicos

- Realizar a padronização da metodologia para análise histológica das brânquias do *M. carcinus*;
- Descrever a morfologia geral das brânquias do *M. carcinus*, destacando sua composição histológica e organização estrutural.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

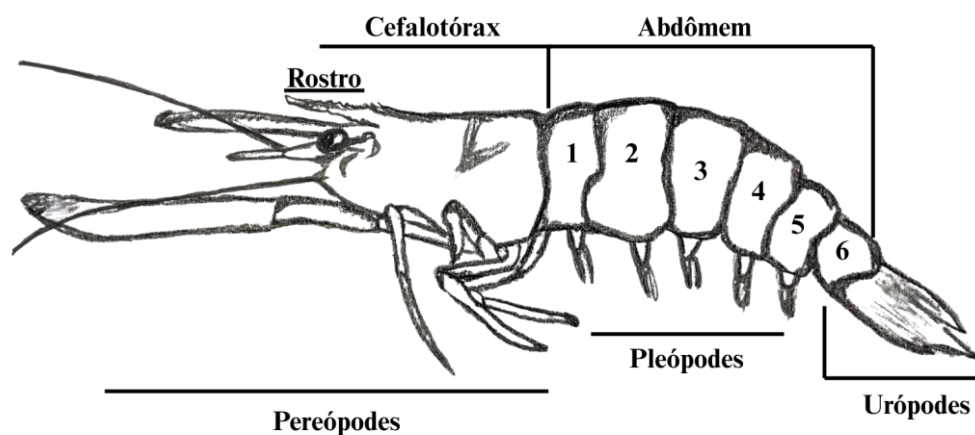
3.1. Família Palaemonidae

A família Palaemonidae pertence à infraordem Caridea e possui uma distribuição global, contemplando regiões temperadas e tropicais, com representantes em águas dulcícolas, salobras, marinhas e subterrâneas (Ashelby *et al.*, 2018). Ferreira *et al.* (2010) apontam que os camarões possuem uma morfologia com corpo alongado, lateralmente comprimido, e exoesqueleto quitinoso, incluindo um cefalotórax com carapaça e um rostro serrilhado, além de um abdômen articulado com seis segmentos, conforme figura 1. Espécies como *Pontonia* e *Conchodytes*, revelam adaptações morfológicas, possuindo apêndices reduzidos, para viver nas câmaras branquiais de ascídias e bivalves, indicando a presença de uma alta diversidade morfológica da família (De Gier; Fransen, 2023).

A anatomia interna dos camarões Palaemonidae revela sistemas especializados, como seu sistema nervoso ganglionar, com gânglios cerebrais bem desenvolvidos, e o coração, localizado no cefalotórax, suportando a circulação em ambientes aquáticos (Prangnell *et al.*, 2019). Além disso, espécies da família exibem adaptações fisiológicas, como sistemas antioxidantes que protegem contra estresse oxidativo em baixas temperaturas, influenciando a sobrevivência em habitats variados (Ren *et al.*, 2021).

No Brasil, Ramos *et al.* (2024) apontam que os gêneros *Macrobrachium* e *Palaemon* são os mais populares da família Palaemonidae, sendo 9 representantes de *Palaemon* conforme descrito por (Carvalho *et al.*, 2020) e 17 espécies de *Macrobrachium*, sendo 2 introduzidas (*M. rosenbergii* e *Macrobrachium equidens*) (Ramos *et al.*, 2024).

Figura 1 – Representação ilustrativa do camarão *Macrobrachium carcinus*.



Fonte: Autoral, 2025.

3.2. Importância ecológica dos camarões

Os camarões são organismos de grande relevância na ecologia dos ecossistemas aquáticos, influenciando na cadeia alimentar tanto em ambientes marinhos quanto dulcícolas (Bauer, 2023). Quando abundantes, estes animais podem impactar as taxas de decomposição da serrapilheira, bem como a quantidade e a qualidade de matéria orgânica bentônica fina e das comunidades epilíticas — organismos que vivem em superfícies rochosas ou substratos sólidos (Crowl *et al.*, 2001; Crowl *et al.*, 2006; Greathouse *et al.*, 2006). Adicionalmente, auxiliam na exportação fluvial de nutrientes dissolvidos e particulados (Pringle, 1996).

Dessa forma, através da alimentação e da bioturbação, os camarões regulam a densidade de outros consumidores de riachos, como os insetos bentônicos (Ramirez; Hernandez-Cruz, 2004). Esse processo de bioturbação consiste na mistura e perturbação das camadas superficiais do sedimento, influenciando a estrutura do substrato, facilitando a incorporação de matéria orgânica e o desenvolvimento da comunidade microbiana (Callaham; Stanturf, 2021). Além disso, os palaemonídeos (*Macrobrachium* spp.) tendem a apresentar um comportamento mais predadores do que outros grupos de camarões, embora também consomam algas e recursos basais detriticos (March, Pringle, 2003; Mantel, Dudgeon, 2004).

Por fim, Schlenker *et al.*, (2023) explicam que espécies, como alguns grupos de camarões que possuem um ciclo de vida curto (anual), apresentam uma relação estreita entre abundância populacional e variação ambiental, tornando-se potenciais indicadores de variação climática. Um dos principais fatores que influenciam essa variabilidade é a temperatura da água, cuja as oscilações podem desencadear estresse abiótico, impactando os processos bioquímicos e fisiológicos, podendo ocasionar um desequilíbrio na homeostase de iônica e osmótica, assim como uma perda da função neuromuscular, desidratação celular e alterações nas vias metabólicas (Ren *et al.*, 2021).

3.3. *Macrobrachium carcinus*

O *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) (Figura 2), popularmente conhecido como camarão-pitu, é nativo da América do Sul e habita ambientes de água doce e salobra, ocorrendo em rios, lagos, represas, pântanos e estuários (Cruz *et al.*, 2021), vivendo estocado em pedras, troncos e na vegetação, além de caminharem apoiados no substrato, e, em certas situações, podem deslocar-se em ambiente terrestre (Valenti, 1996).

A espécie apresenta um corpo robusto, com manchas longitudinais pretas, amarelas e alaranjadas, com indivíduos alcançando comprimento máximo de 30 cm (Murienne *et al.*,

2022). O seu segundo par de pereiópodes é evidente, com quelas adaptadas para captura de alimento, enquanto as pleuras do segundo segmento abdominal nas fêmeas formam uma câmara incubadora para ovos, característica típica de espécies dulcícolas (Prangnell *et al.*, 2019).

Figura 2 – Espécime de *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758)



Fonte: Autoral, 2025.

O seu estômago é dividido em câmaras cardíaca e pilórica, com ossículos articulados que processam uma dieta onívora (Lima; Garcia; Tavares, 2016). Cruz *et al.*, (2021) explicam que *M. carcinus* atua como uma espécie-chave nos ecossistemas aquáticos, influenciando a estruturação de comunidades bentônicas e processos ecológicos como a degradação de detritos foliares. Contudo, atualmente há poucas contribuições existentes a respeito da biologia e ecologia da espécie (Santos, 2019).

Na aquicultura, *M. carcinus* tem apresentado uma relevância, sendo apontado por Valenti e Flickinger (2020) como alternativa ao cultivo da espécie introduzida *M. rosenbergii*. Ademais, é recomendada a utilização de dietas com um maior teor proteico para um bom desempenho da espécie em sistemas aquapônicos (Lisboa *et al.*, 2025). Em contrapartida, Yamane (2017) aborda que há uma escassez de publicações na literatura quanto ao cultivo, que *M. carcinus* vem sofrendo uma alta carência de publicações na literatura quanto ao seu cultivo, desenvolvimento e morfologia do *M. carcinus*. Além disso, o animal enfrenta desafios de conservação devido à degradação dos seus habitats naturais (Viader-Salvadó *et al.*, 2020).

Atualmente, segundo Mantelatto *et al.* (2024), a espécie encontra-se na lista de extinção categorizada com “Pouco preocupante”, no entanto, em algumas localidades do país como os estados de Espírito Santo, Pará e Rio de Janeiro, o *M. carcinus* apresenta alta vulnerabilidade. O autor ressalta que essa ameaça se deve à pesca predatória e exploração insustentável desses ambientes, além da utilização ilegal de venenos em rios para captura dos animais, modificando e poluindo o ambiente, ocasionando um desequilíbrio ecológico severo. Apesar desses impactos locais, mundialmente ainda não se tem registrado ameaças que indiquem um risco iminente de extinção da espécie no futuro.

3.4. Técnicas histológicas aplicadas a crustáceos

As técnicas e padronizações histológicas se destacam como uma ferramenta de avaliação da saúde, fisiologia e desenvolvimento dos animais, especificamente na validação de diagnósticos patológicos, ciclos reprodutivos e estudos de ecotoxicologia (Howard *et al.*, 2004; Ross *et al.*, 2019). No entanto, Wild *et al.*, (2025) afirmam que é fundamental uma preparação adequada na histologia de crustáceos para uma obtenção de materiais de alta qualidade e que permita diferentes análises teciduais.

Os autores ainda pontuam que uma das etapas principais para o processamento histológico é a fixação, do qual os mais utilizados são soluções de Davidson, Bouin e Formalina Tamponada Neutra a 10% (FTN 10%), entretanto, é necessário padronizar qual o melhor fixador ao grupo selecionado. Tomando como base o protocolo de referência para histologia de camarões de Bell & Lightner (1988), diversas pesquisas têm incorporado adaptações metodológicas para otimizar a preservação tecidual. Dentre essas modificações, destaca-se a técnica de injeção do fixador em mais de um local descrita por Cervellione *et al.* (2017), utilizada com o objetivo de reduzir o tempo de penetração do fixador e prevenir a autólise (autodigestão das células por suas próprias enzimas). Tal prática evidencia que a reprodução estrita de protocolos antigos nem sempre é eficaz, exigindo ajustes conforme a peculiaridade de cada espécime.

A histopatologia se diferencia das técnicas moleculares pois permite a visualização do dano tecidual, podendo diferenciar infecção de doença ativa, todavia, para identificar as patologias, é imperativo reconhecer o tecido normal. Ross *et al.*, (2019) destacaram que os atlas histológicos de tecidos normais auxiliam os pesquisadores a identificar as anormalidades de maneira mais prática, pois reconheceram melhor as patologias, respostas ao estresse e possíveis doenças derivadas de fatores externos não infecciosos, como ambientais. Entretanto, atualmente os guias amplamente citados e disponíveis sobre a histologia de crustáceos carecem de imagens de alta qualidade.

Um estudo de análises histológicas do hepatopâncreas e intestino anterior de *Macrobrachium carcinus* feito por Ruiz *et al.* (2020), destacou como as técnicas histológicas aplicadas de forma adequada permite descrever de forma precisa a disposição estrutural do tecido interno normal do animal, identificando de forma clara cada tipo celular e estruturas. Com isso, a literatura demonstra que para produzir bons materiais na histologia de crustáceos é fundamental adaptar os protocolos de acordo com a espécie, tamanho e órgão estudado.

3.5. Histologia de brânquias nos crustáceos

As brânquias dos camarões (Crustacea, Decapoda) são apêndices modificados dos epipoditos, localizados na região torácica, formam projeções delicadas e plumosas na câmara branquial, sendo protegidas pela carapaça, o que torna essas estruturas multifuncionais essenciais para a respiração, osmorregulação e excreção (Magatão *et al.*; 2020). Histologicamente, o epitélio branquial é composto por células pavimentosas que aumentam a área de contato com o meio aquático, enquanto células pilares sustentam os filamentos e canais hemocélicos, garantindo a circulação da hemolinfa (Jesus *et al.*, 2020). No gênero *Macrobrachium*, as brânquias apresentam características semelhantes, com um epitélio simples e células especializadas, como células epiteliais, hemócitos e células pilares, envolvidas na osmorregulação e excreção de compostos nitrogenados, como amônia (Dutra *et al.*, 2017).

Barros *et al.*, (2021) realizaram uma padronização histológica na espécie de camarão *Atya scabra* (Leach, 1815), na qual utilizaram para fixação uma solução de formol a 10% e os cortes foram corados com hematoxilina e eosina (HE), permitindo a visualização precisa de estruturas branquiais. Foi observada a presença de células com um formato elíptico denominadas de hemócitos, assim como uma cutícula espessa envolvendo toda a lamela, sendo facilmente visível no canal marginal. Em contraste, Magatão *et al.* (2020) realizaram uma caracterização morfo-histológica do crustáceo *Aegla castro* (Schmitt, 1942), no qual as brânquias foram fixadas em ALFAC (Álcool 80%, Formol 40% e Ácido Acético Glacial), seguidas de diafanização em séries e inclusão em parafina histológica a 60°C. A espécie apresentou células pavimentosas, células pilares, células estriadas, nefrócitos e gliócitos.

Ademais, é importante ressaltar que as brânquias são órgãos altamente sensíveis a estressores ambientais, servindo como biomarcadores de poluição e mudanças ecológicas (Dutra *et al.*, 2017; El-SiKaily & Shabaka, 2024). Na espécie *Ucides cordatus*, a exposição a contaminantes em áreas portuárias provocou hiperplasia epitelial, fusão de lamelas e necrose, indicando impacto ambiental severo (Jesus *et al.*, 2020). Por sua vez, Sponchiado (2016), expôs a espécie *Macrobrachium amazonicum* a altas concentrações de amônia, observando danos graves, como tumefação celular, infiltração de hemócitos, descamação da cutícula lamelar, necrose, fusão lamelar, hiperplasia e edema, reduzindo a capacidade respiratória e osmorregulatória dos animais.

Essas alterações reforçam a sensibilidade das brânquias às mudanças no ambiente, tornando-as importantes indicadoras de impactos ambientais (Alsafy *et al.*, 2025). Com isso, a

integridade das brânquias é crucial para a sobrevivência dos animais aquáticos, como dos camarões pertencentes ao gênero *Macrobrachium*, especialmente em ecossistemas aquáticos sujeitos à poluição, destacando a importância de estudos histológicos para monitoramento ambiental (Sponchiado, 2016; Jesus *et al.*, 2020).

No entanto, há uma notável escassez de trabalhos dedicados à caracterização histológica de *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758), sobretudo das brânquias, pois a maioria dos estudos com animais do mesmo gênero foca em espécies como o *M. amazonicum* ou *M. nipponense* (Sun *et al.*, 2015; Sponchiado, 2016; Dutra *et al.*, 2022). Dessa forma, destaca-se a necessidade de pesquisas específicas para preencher essa lacuna no conhecimento sobre essa espécie.

4 METODOLOGIA

4.1 Obtenção dos espécimes

Dez exemplares do camarão *Macrobrachium carcinus* (Figura 3) foram obtidos junto ao Laboratório de Experimentação em Organismos Aquáticos (LEOA), da Unidade Acadêmica de Serra Talhada UFRPE/UAST provenientes da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODESVAF). Após a coleta, os animais foram transportados para o laboratório de Morfologia Celular da UFRPE/UAST, onde foram submetidos à eutanásia por hipotermia (choque térmico em gelo), seguindo os protocolos éticos de bem-estar animal.

Figura 3 – *Macrobrachium carcinus* provenientes do Laboratório de Experimentação em Organismos Aquáticos.



Fonte: Autoral, 2025.

4.2 Delineamento experimental e Padronização da Fixação

Com o objetivo de determinar e padronizar a metodologia mais eficaz para preparação e preservação histológica das brânquias, foi realizado os seguintes testes: *formas de dissecação* (remoção do arco branquial antes e após fixação) (Figura 4 A e B), *tipos de fixador* (solução de Davidson e Formalina Tamponada Neutra a 10%), e *tempo de fixação* (16h para arco branquial e 24h para cefalotórax) (Figura 5 A e B). A escolha desses parâmetros baseia-se em metodologias descritas na literatura para diferentes espécies de crustáceos (Frías-Espéricueta *et al.*, 2008; Sponchiado, 2016; Santana, 2019; Magatão *et al.*, 2020; Barros, 2021).

O experimento de padronização foi conduzido conforme as etapas descritas a seguir:

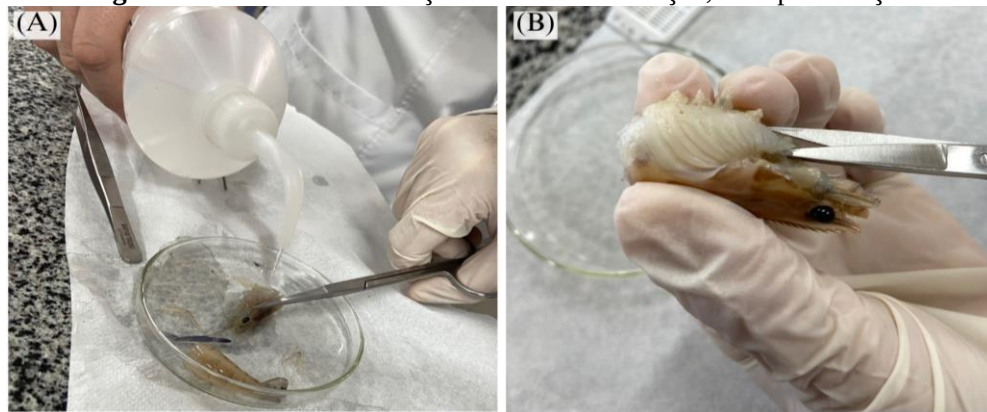
1ª Etapa

1 — Os arcos branquiais foram retirados individualmente do animal, e fixados com a solução fixadora de Davidson (33% álcool, 33% água destilada, 22% formol, 12% ácido acético) por um período de 16h.

2 — O cefalotórax completo do animal foi removido, sendo este fixado com a solução fixadora de Davidson por um período de 24h.

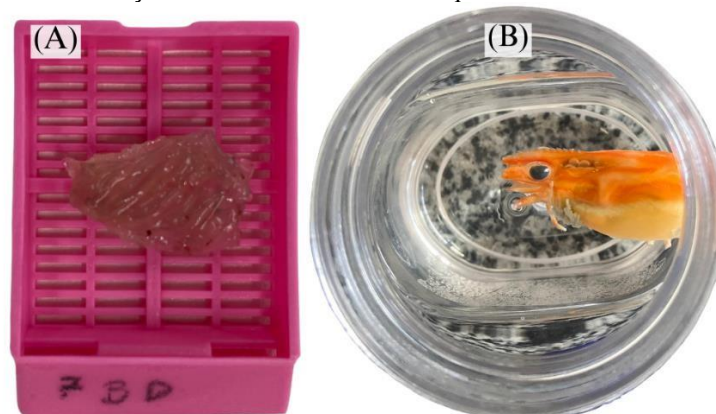
3 — Os mesmos procedimentos (1 e 2) acima detalhados foram realizados, com a substituição da solução fixadora de Davidson por Formalina Tamponada Neutra a 10% (FTN 10%).

Figura 4 – Formas de dissecação. **A.** Antes da fixação; **B.** Após fixação.



Fonte: Autoral, 2025.

Figura 5 – Fixação. **A.** 16 horas, arco branquial; **B.** 24 horas, cefalotórax.



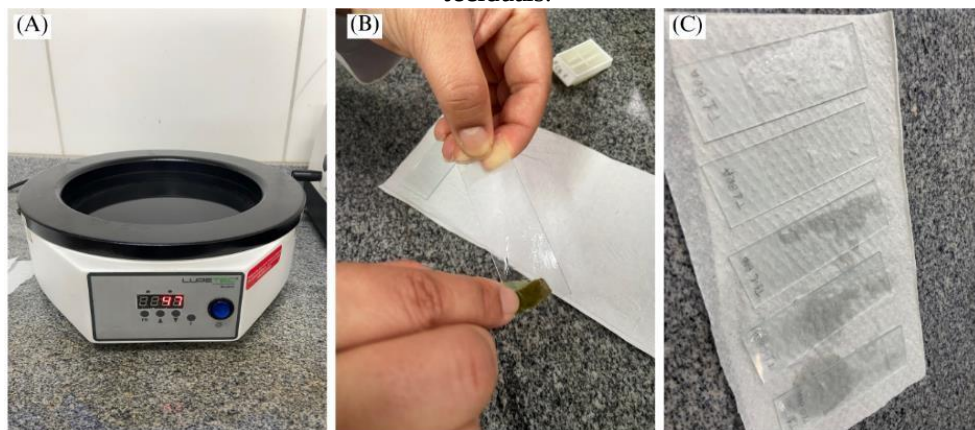
Fonte: Autoral, 2025.

4.3 Processamento Histológico

Após o período de fixação em cada solução, as foram transferidas para álcool 70% até o início do processamento histológico. O material foi desidratado em série crescente de álcoois

(80%, 90%, 100% I, 100% II por 20 minutos cada), seguida pela diafanizado em xilol (Xilol I, Xilol II por 20 minutos cada) e incluído em parafina histológica (Parafina I, Parafina II por 40 minutos cada). Após emblocagem do material, foram realizados cortes histológicos de 5 μ m com uso do micrótomo, distendidos em banho-maria a 47°C (Figura 6 A) e aderidas às lâminas histológicas previamente revestidas com uma fina camada de mucilagem de *Aloe vera* (Figura 6 B e C). Este procedimento foi adotado como agente adesivo natural, com a finalidade de prevenir o descolamento das secções teciduais durante as etapas de coloração.

Figura 6 – A. Banho-maria; B. Camada fina de mucilagem de *Aloe vera*; C. Lâminas com as secções teciduais.



Fonte: Autoral, 2025.

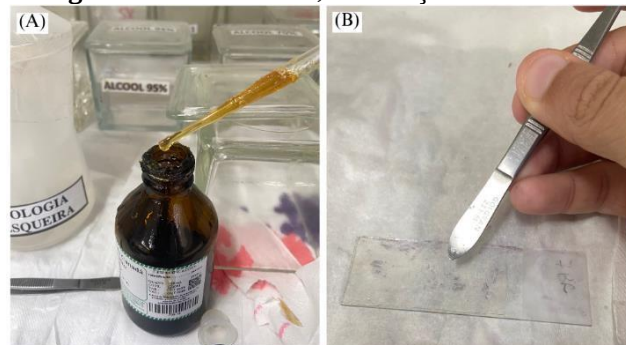
4.4 Coloração e Caracterização

Para a descrição morfológica do material, as lâminas foram submetidas à coloração padrão com Hematoxilina e Eosina (HE), conforme as etapas descritas na tabela 1, sendo finalizadas com montagem em bálsamo e lamínula (Figura 7).

Tabela 1 – Etapas de coloração em Hematoxilina e Eosina.

Etapa	Tempo
Xilol I	10 min.
Xilol II	10 min.
Álcool-Xilol	5 min.
Álcool 100%	2 min.
Álcool 95%	2 min.
Álcool 70%	2 min.
Água destilada	2 min.
Hematoxilina	6 min.
Lavagem em água corrente	-
Eosina	1 min. e meio
Água destilada	30 s.
Álcool 70%	30 s.
Álcool 95%	30 s.
Álcool 100%	30 s.
Xilol I	30 s.
Xilol II	30 s.

Fonte: Autoral, 2025.

Figura 7 – **A.** Bálsamo; **B.** Fixação da lamínula.

Fonte: Autoral, 2025.

Adicionalmente, após a definição do melhor protocolo de fixação, cortes seriados também foram submetidos à coloração em Azul de Toluidina, visando evidenciar componentes celulares específicos e metacromasia. Utilizou-se uma adaptação do protocolo da Universidade Estadual de Campinas (2011), descrito na Tabela 2.

Tabela 2 – Protocolo de coloração em Azul de Toluidina adaptado.

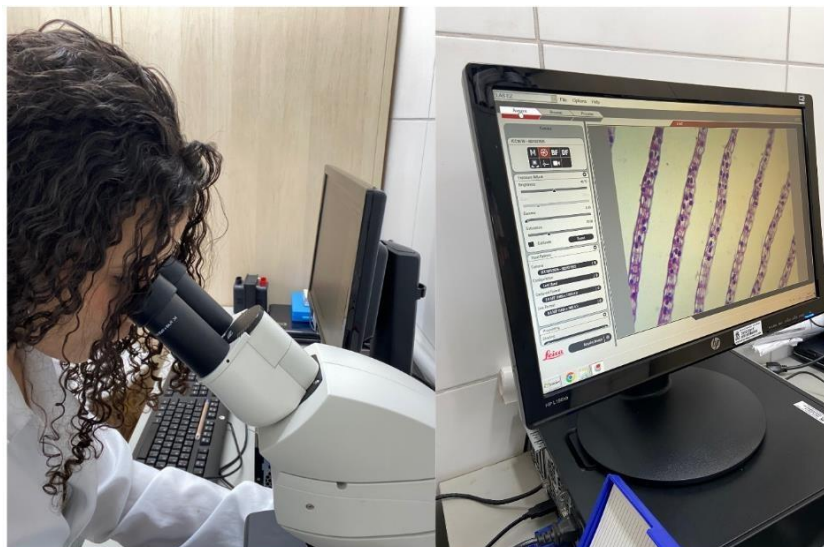
Etapa	Tempo
Xilol I	10 min
Xilol II	10 min
Álcool-Xilol	5 min
Álcool 100%	2 min
Álcool 95%	2 min
Álcool 70%	2 min
Água destilada	2 min
Azul de Toluidina	30 min
Lavagem em água destilada	-

Fonte: Autoral, 2025.

4.5 Análise de Imagens

As lâminas foram analisadas e fotografadas utilizando um microscópio óptico acoplado a um sistema de captura de imagens, localizado no Laboratório de Biologia Pesqueira (LAPEq) da UFRPE/UAST (Figura 8). As imagens obtidas foram utilizadas para a caracterização histológica das brânquias, identificando cada estrutura e células presentes.

Figura 8 - Registros das micrografias no microscópio óptico do Laboratorio de Biologia Pesqueira da UFRPE/UAST.



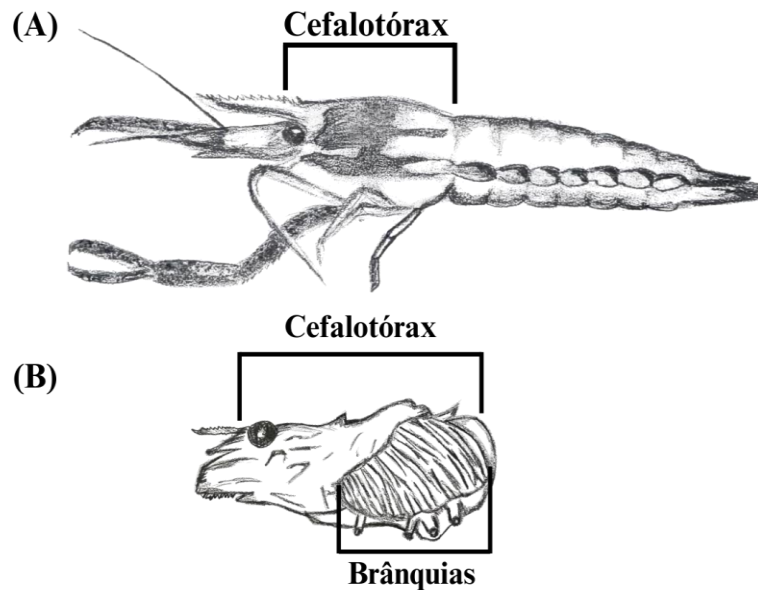
Fonte: Autoral, 2025.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Formas de dissecação

As brânquias de *Macrobrachium carcinus* estão localizadas na região do cefalotórax (Figura 9 A e B), do qual estão inseridas em uma carapaça. Essa estrutura é responsável por proteger as brânquias contra ferimentos ou agentes infecciosos externos, que podem ocasionar rupturas na estrutura do órgão (Barros *et al.*, 2021).

Figura 9 – A. Localização do cefalotórax em representação esquemática do camarão *M. carcinus*. B. Disposição das brânquias no interior do cefalotórax.



Fonte: Autoral, 2025.

As análises demonstraram que a dissecação das brânquias após a fixação do cefalotórax por 24 horas foi o método mais eficaz. Este procedimento conferiu maior consistência e firmeza ao tecido, facilitando o manuseio e preservando a integridade estrutural durante o preparo histológico, conforme observado na Figura 10 A. Em contrapartida, na Figura 10 B, é possível visualizar danos decorrentes da manipulação a fresco; tal comprometimento deve-se à fragilidade natural do material não fixado, que exige extrema delicadeza e dificulta a sua remoção íntegra.

Este resultado é reforçado por Wild *et al.* (2025), que explicam que, em pequenos crustáceos como os camarões, há desafios para fixação e processamento devido ao corpo pequeno, tornando suas estruturas mais delicadas e difíceis de manusear, evidenciando que a

retirada da estrutura após fixação pode ser mais eficaz. Tais achados corroboram com a metodologia aplicada por Dutra *et al.* (2017), que avaliaram a exposição do camarão *Macrobrachium amazonicum* a diferentes concentrações de amônia e nitrito, fixando o cefalotórax do animal por 48 horas em ALFAC. Do mesmo modo, assemelham-se ao protocolo de Barros *et al.* (2020), que fixam o animal inteiro em solução de formol a 10% por 24 horas, realizando a remoção do arco branquial posteriormente.

Figura 10 – Comparação macroscópica das brânquias de *Macrobrachium carcinus* após diferentes métodos de dissecação. **A.** Brânquia dissecada após fixação do cefalotórax por 24 horas; **B.** Brânquia dissecada a fresco e fixada por 16 horas.



Fonte: Autoral, 2025.

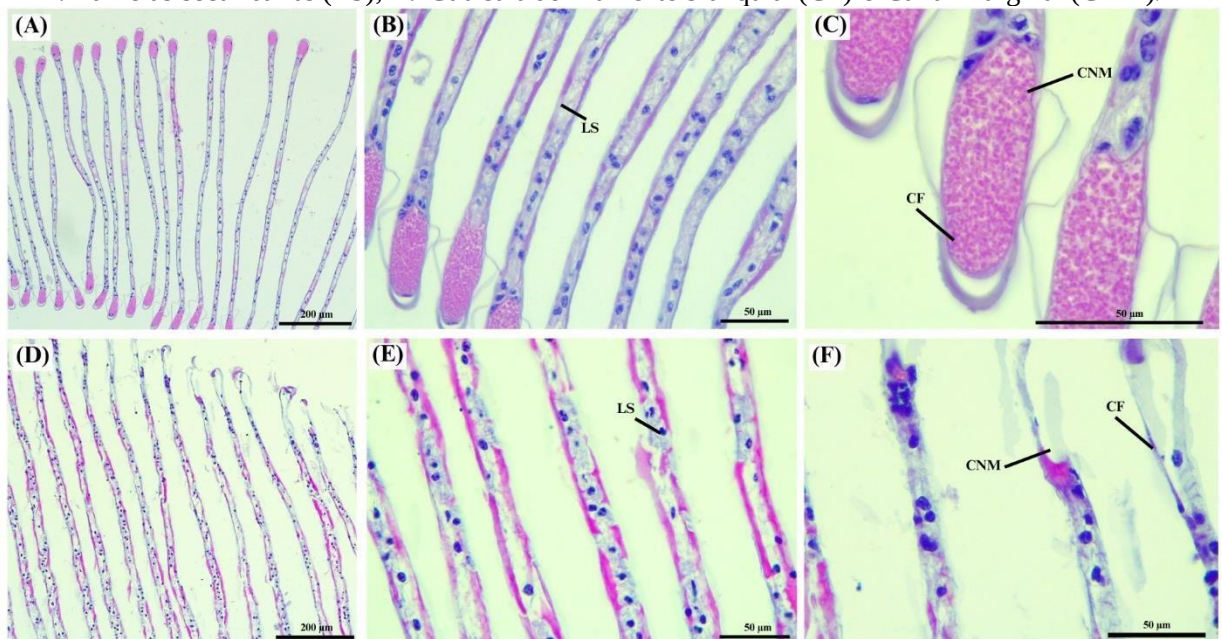
5.2. Fixação

Nos testes de fixação, a solução de Davidson promoveu uma preservação tecidual superior, mantendo uma boa disposição estrutural do órgão, conforme observado na Figura 11 A. Observa-se uma boa integridade e disposição das lamelas secundárias (LS) (Figura 11 B), assim como preservação da cutícula do filamento branquial (CF) e do canal marginal da hemolinfa (CNM) (Figura 11 C). A qualidade superior destas lâminas pode ser atribuída devido ao fixador de Davidson apresentar uma composição, que, por conter ácido acético e álcool, destaca-se na preservação de tecidos moles em invertebrados (Howard *et al.*, 2004). Tais achados é reforçado na literatura, que aponta o fluido de Davidson como uma melhor alternativa para crustáceos, possuindo resultados de fixação mais favoráveis, com uma autólise mínima, boa preservação do tecido, intensidade de coloração e contraste ideais, além do baixo custo (Wild *et al.*, 2025; Borges *et al.*, 2009).

Em contrapartida, a fixação do tecido branquial de *M. carcinus* apenas em Formalina Tamponada Neutra a 10% revelou uma preservação insatisfatória, com comprometimento da estrutura tecidual, conforme é evidenciado na Figura 11 D. Nota-se uma má disposição das

lamelas secundárias (Figura 11 E) e má preservação da cutícula do filamento branquial, especialmente do canal marginal da hemolinfa (Figura 11 F). Resultados semelhantes foram encontrados por Wild *et al.* (2025), do qual explica que um fixador composto somente de formalina é inadequado na preservação dos órgãos internos do camarão devido à lenta taxa de reação do formaldeído com os grupos amino, facilitando o processo autolítico.

Figura 11 – Micrografias histológicas das brânquias de *Macrobrachium carcinus* fixadas em diferentes soluções. (A-C) Amostras fixadas em solução de Davidson: **A.** Visão geral das lamelas branquiais; **B.** Lamelas secundárias (LS); **C.** Cutícula do filamento (CF) e Canal marginal (CNM). (D-F) Amostras fixadas em Formalina Tamponada Neutra a 10%: **D.** Visão geral das lamelas branquiais; **E.** Lamelas secundárias (LS); **F.** Cutícula do filamento branquial (CF) e Canal marginal (CNM).



Fonte: Autoral, 2025.

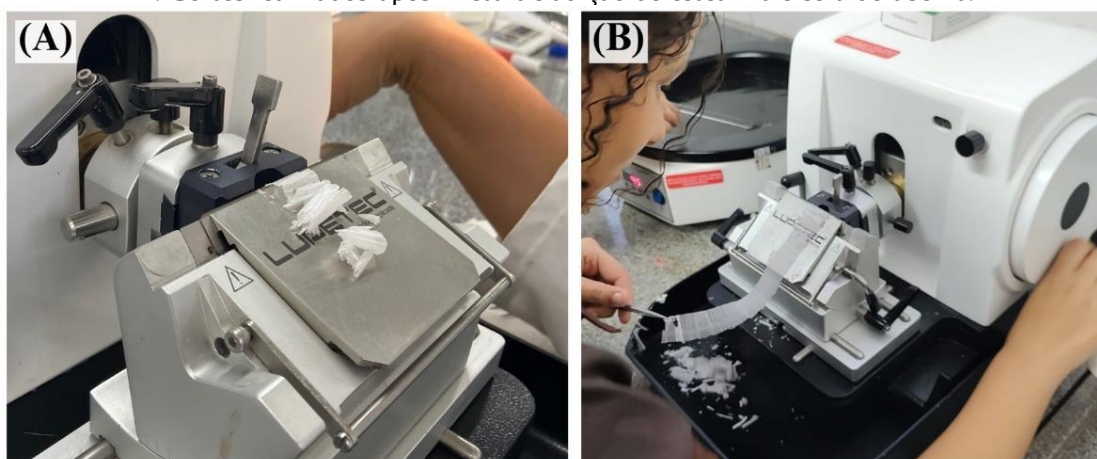
Mathias *et al.* (2024) reforçam que, para ser eficaz, o fixador deve interromper o processo autolítico, sem ocorrer interferência na estrutura celular, preservando a morfologia tecidual. Tais características são evidentes no uso da solução de Davidson, que é rotineiramente utilizado como uma alternativa a Formalina Tamponada Neutra para este grupo (Wild *et al.*, 2025). Os autores ainda pontuam que o fluido de Davidson apresenta uma melhor taxa de penetração e reação no tecido ao comparado com FTN 10%, e que esse fixador é inadequado para histologia de invertebrados que possuem carapaça. A ineficiência da formalina deve-se ao fato de o formaldeído possuir baixa taxa de penetração nos tecidos de animais pequenos, como os camarões, diferentemente do álcool etílico (Cabrera *et al.*, 2017).

5.3 Seccionamento

O material após fixação em solução de Davidson ou Formalina Tamponada Neutra a 10% (FTN 10%) e inclusão em parafina convencional, apresentou tendência de formação de dobras e rupturas na fita durante o processo de microtomia (Figura 12 A). Resultados semelhantes foram apresentados por Wild *et al.* (2025), do qual o material durante a microtomia apresentaram alta tendência ao rompimento e dobras da fita de parafina. Os autores relacionaram esta problemática aos fixadores, do qual os materiais fixados em FTN 10% embebidos em parafina se desintegraram, diferentemente dos materiais fixados na solução de Davidson, que apresentaram tendência mínima de ruptura e não se desintegraram.

No entanto, visando mitigar a problemática das rupturas das brânquias de *M. carcinus*, adotou-se uma modificação no meio de inclusão, consistindo em uma mistura de parafina histológica com cera de abelha (11,6%) e estearina (2,16%), conforme protocolo descrito por Junqueira (1983). Tal alteração resultou em blocos com maior plasticidade e transparência, possibilitando cortes mais íntegros e uniformes, na espessura de 5 μm (Figura 12 B). Essa adequação técnica melhorou significativamente a qualidade das secções, permitindo uma visualização mais clara das estruturas celulares sem distorções excessivas.

Figura 12 – Comparação do processo de microtomia. A. Cortes realizados na parafina convencional. B. Cortes realizados após mistura e adição de estearina e cera de abelha.



Fonte: Autoral, 2025.

5.4. Descrição e caracterização histológica das brânquias

Com base nos resultados da etapa de padronização, procedeu-se à caracterização histológica das brânquias de *Macrobrachium carcinus* submetidas ao protocolo de fixação em solução de Davidson por 24 horas. Nas amostras analisadas neste estudo, observou-se que a

estrutura branquial é composta por um eixo principal de onde partem diversas lamelas secundárias (LS), separadas pelo espaço interlamelar (ES) (Figuras 13 A e B). Essa organização assemelha-se à descrita para outras espécies de crustáceos, como *Atya scabra* (Leach, 1815), *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e *Aegla castro* (Schimitt, 1942), estudadas, respectivamente, por Barros *et al.* (2021), Dutra *et al.* (2017), Jesus *et al.* (2020) e Magatão *et al.* (2020).

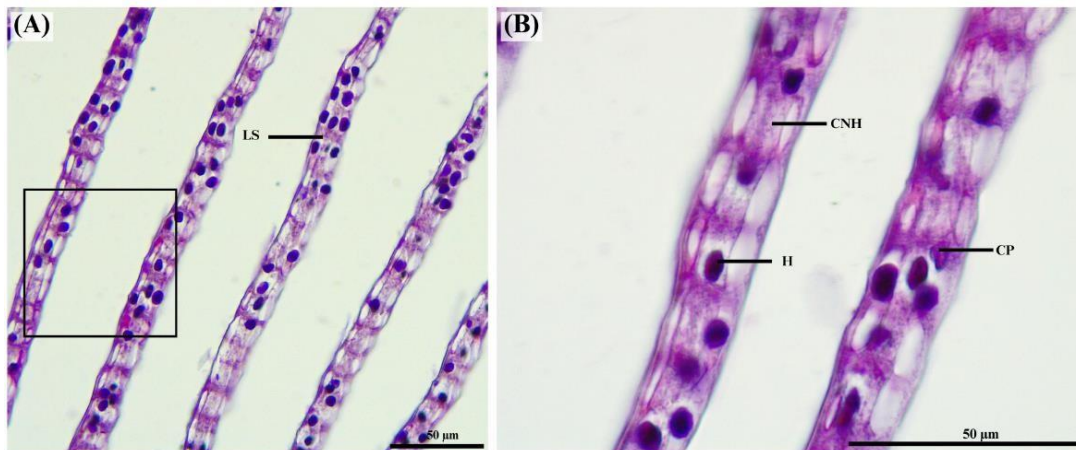
Nas lamelas secundárias (LS), são encontradas células epiteliais pavimentosas simples (EPT), dispostas ao longo de toda superfície branquial, juntamente com a cutícula do filamento (CF), sendo responsáveis pela proteção estrutural, prevenindo a perda de água para o ambiente. Seguida pelas células pilares (CP), posicionadas centralmente nas lamelas, atuando na sustentação e separação do espaço hemocélico, apresentando um formato largo e característico em forma de “T” (Figura 15 B). Lee *et al.* (2022) explicam que essas células são de extrema importância no processo osmótico do animal, auxiliando no transporte de íons. Estruturas similares encontradas em outros crustáceos como com *Atya scabra* (Barros *et al.*, 2021) e *Ucides cordatus* (Jesus *et al.*, 2020).

No interior da lamela, visualiza-se o canal da hemolinfa (CH), permitindo a circulação da hemolinfa (HM). Distribuídos ao longo de toda a estrutura encontram-se os hemócitos (H), caracterizados pelo seu formato pequeno e elíptico. Estas células são de extrema importância aos crustáceos, pois estão interligadas ao sistema imunológico do animal, realizando o processo de fagocitose de agentes patogênicos (Cabrera *et al.*, 2019).

Notou-se também a presença de células secretoras com características de glândulas tegumentares, conhecida popularmente como células da mucosa (CM), apresentando uma morfologia arredondada, com um citoplasma volumoso (Figura 15 D). Estas estruturas foram observadas predominantemente associadas ao canal marginal (CNM) e adjacentes à cutícula do filamento (CF). Howard *et al.* (2004) afirmam que essas células desempenham papel fundamental na secreção de substâncias mucosas, responsáveis por lubrificar toda a superfície branquial. Essa camada mucosa atua na proteção contra o desgaste mecânico e acúmulo de substâncias indesejadas, mantendo a integridade do epitélio para a eficiência da osmorregulação, conforme discutido por Bauer (1998) e Freire *et al.* (2008).

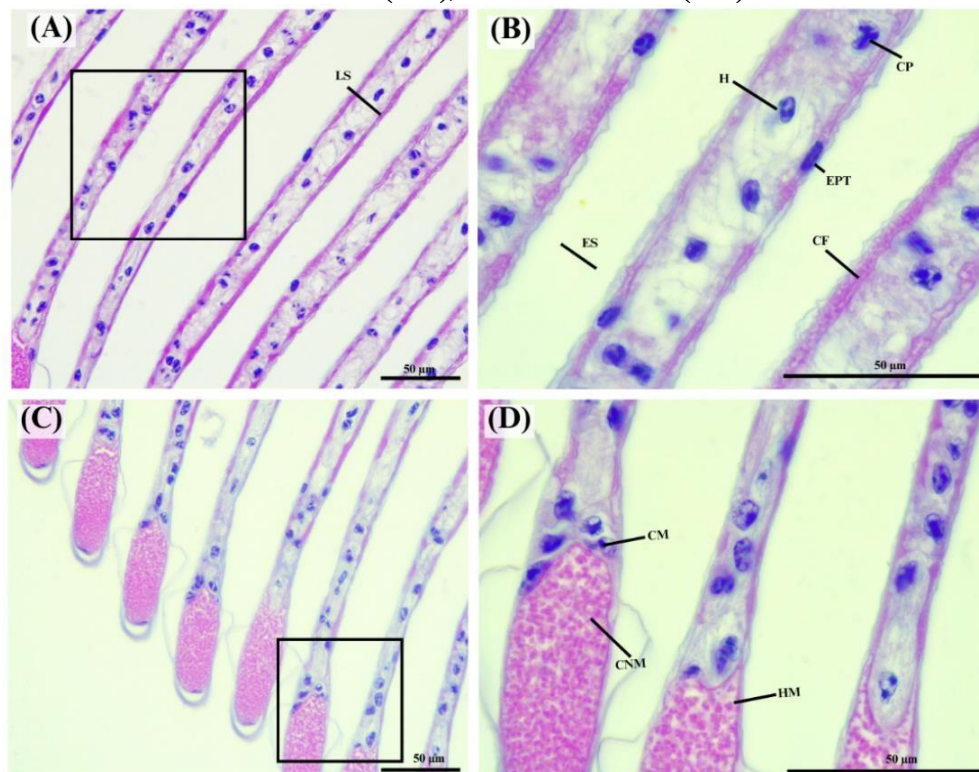
O conjunto dessas estruturas destacam a multifuncionalidade das brânquias saudáveis do camarão *Macrobrachium carcinus*, adaptadas para compensar perdas de íons ao corpo hídrico e atuando de forma ativa na regulação osmótica. Lee *et al.* (2022) destacam que o gênero *Macrobrachium* apresenta uma maior capacidade hiperosmorregulatória, ou seja, consegue manter a concentração interna de sais e água maior do que a do ambiente.

Figura 13 – Estrutura branquial do camarão *Macrobrachium carcinus*. **A.** Visão geral das Lamelas secundárias (LS) (400x); **B.** Células pilares (CP), Canal da Hemolinfa (CNH), Hemócito (H) (1000x).



Fonte: Autoral, 2025.

Figura 14 – Estrutura branquial do camarão *Macrobrachium carcinus*. **A.** Lamelas secundárias (LS); **B.** Espaço interlamelar (ES), Cutícula do filamento (CF), Células do epitélio (EPT), Células pilares (CP), Hemócito (H); **C.** Disposição das lamelas secundárias (400x); **D.** Canal marginal (CNM), Hemolinfa (HM), Célula da mucosa (CM).



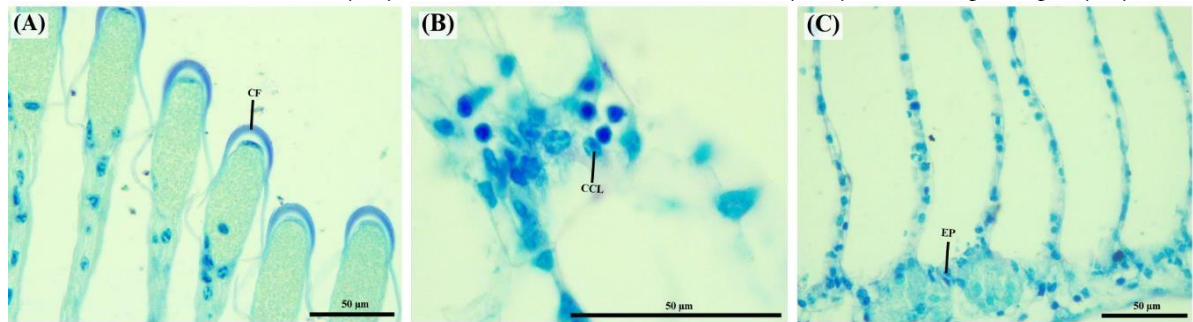
Fonte: Autoral, 2025.

A partir da coloração em Azul de Toluidina, foi observado de forma mais evidente a presença da cutícula do filamento (Figura 15 A) e dos ionócitos, conhecidas popularmente como células de cloreto (Figura 15 B). No *M. carcinus* essas células localizam-se no epitélio espesso das brânquias, na base das lamelas secundárias (Figura 15 C). Este tipo celular é de fundamental importância, pois atuam no transporte ativo de íons, como Na^+ (sódio) e Cl^- (cloro), mantendo

uma ótima hiperosmotividade da hemolinfa em relação ao meio, facilitando a regulação osmótica, sendo comumente encontradas nas brânquias, glândulas antenais e maxilares de crustáceos (Lee *et al.* 2022).

Figura 15 – Estrutura branquial do camarão *Macrobrachium carcinus* corada em Azul de Toluidina.

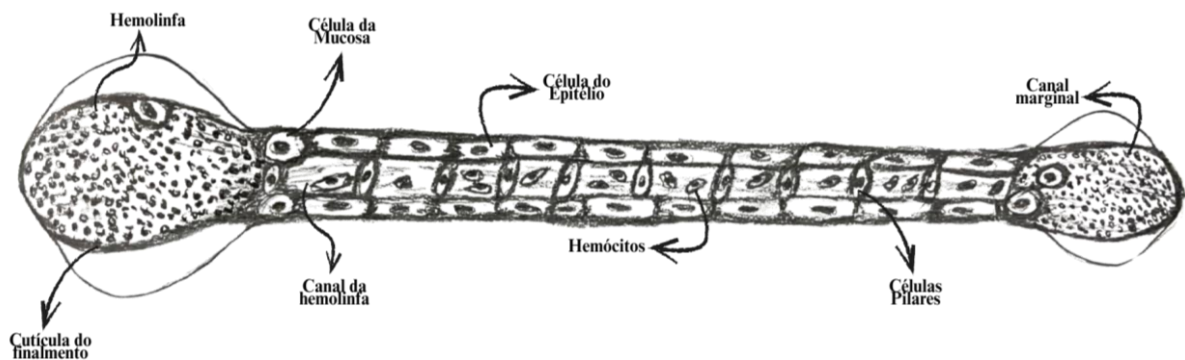
A. Cutícula do filamento (CF); **B.** Ionócitos/Células de Cloreto (CCL); **C.** Eixo principal (EP).



Fonte: Autoral, 2025.

Para fins didáticos e de reconhecimento estrutural, foi elaborada uma representação esquemática evidenciando a disposição espacial das células da mucosa, células pilares, células do epitélio, hemócitos, canal da hemolinfa, hemolinfa, cutícula do filamento e canal marginal (Figura 16).

Figura 16 – Desenho esquemático de uma lamela secundaria demonstrando a citoarquitetura das brânquias de *M. carcinus*.



Fonte: Autoral, 2025.

Dessa forma, a caracterização detalhada realizada estabelece o padrão morfológico normal das brânquias do camarão *Macrobrachium carcinus*, preenchendo uma lacuna significativa na literatura e biologia da espécie. A identificação dos tipos celulares e da estrutura tecidual fornece uma base comparativa indispensável para futuros estudos. Este referencial é crucial para validar diagnósticos em investigações ecotoxicológicas e patológicas, permitindo

que pesquisadores distingam com segurança entre a morfologia natural da espécie e possíveis alterações decorrentes de estressores ambientais ou doenças.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que o protocolo de fixação ideal para o camarão do *Macrobrachium carcinus* consiste na fixação prévia do cefalotórax em solução de Davidson por 24 horas antes da dissecação, permitindo assim uma melhor preservação tecidual, a facilidade de corte e qualidade da coloração. Além disso, utilizar a mistura de parafina histológica com cera de abelha (11,6%) e estearina (2,16%) demonstrou ser uma alternativa mais viável para a formação das fitas e visualização das estruturas, destacando pela transparência e plasticidade do material.

Quanto à caracterização, a estrutura básica das brânquias de *M. carcinus* é constituída por um eixo principal, de onde surgem as lamelas secundárias, compostas por um canal marginal repleto de hemolinfa e células da mucosa, disposto ao longo de toda a estrutura branquial tem-se a cutícula do filamento e células epiteliais pavimentosas simples, além das células pilares entre o canal da hemolinfa, do qual estão dispostos os hemócitos.

Por fim, a padronização dessas técnicas e caracterização histológicas representa um avanço significativo, pois contribui significativamente para o conhecimento da biologia da espécie, sendo útil para potencializar seu uso em diferentes tipos de pesquisas que podem englobar aspectos ambientais e econômicos, contribuindo assim para o aprimoramento de estratégias de conservação de *M. carcinus*.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALSAFY, Mohamed A. M.; ABD-ELHAFEEZ, Hanan H.; RASHWAN, Ahmed M.; ERASHA, Atef; ALI, Safwat; EL-GENDY, Samir A. A. Anatomy, histology, and morphology of fish gills in relation to feeding habits: a comparative review of marine and freshwater species. **BMC Zoology**, London, v. 10, n. 1, p. 3, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40850-025-00223-5>.
- ASHELBY, Christopher W.; LIN, Wei-Cheng; DE GRAVE, Sammy; CHAN, Tin-Yam. Notes on the shrimp genus *Palaemon* Weber, 1795 (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) and related genera from Taiwan. **Zootaxa**, Auckland, v. 4446, n. 4, p. 575-595, 2018. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4446.4.10>.
- BARROS, Álefy G. de; MACIEL, Cláudia M. R. R.; MACIEL JÚNIOR, Alaor; NASCIMENTO, Lidiane da S. Caracterização histológica das brânquias de *Atya scabra* (Leach, 1815) (Crustacea, Decapoda, Atyidae). **International Journal of Development Research**, [S. l.], v. 11, n. 12, p. 52368–52370, 2021. DOI: <https://doi.org/10.37118/ijdr.23428.12.2021>.
- BAUER, Raymond T. Gill-Cleaning Mechanisms of the Crayfish *Procambarus clarkii* (Astacidea: Cambaridae): Experimental Testing of Setobranch Function. **Invertebrate Biology**, Lawrence, v. 117, n. 2, p. 129–143, 1998. DOI: <https://doi.org/10.2307/3226965>.
- BAUER, Raymond T. The shrimps: an overview. In: BAUER, Raymond T. **Shrimps: their diversity, intriguing adaptations and varied lifestyles**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 1–17. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20966-6_1.
- BELL, T.A.; LIGHTNER, D.V. A Handbook of Normal Penaeid Shrimp Histology. **World Aquaculture Society**, Baton Rouge, LA, USA, 114 pp, 1988.
- BORGES, Elizandra L.; GONZALEZ, Vinícius C.; JARDIM, Rodrigo D.; LOCH, Dionísio; SOARES, João C. M.; TRINDADE, Gilma S.; VARELA JUNIOR, Antonio S. Avaliação da eficácia de fixadores, descalcificadores e corantes para estudo de apêndices locomotores de *Neohelice granulata* (Dana, 1851). **Atlântica**, Rio Grande, v. 31, n. 2, p. 159–167, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5088/atl.2009.31.2.159>.
- CABRERA, Nelson C.; ESPINOZA, Jorge R.; VARGAS-JENTZSCH, Paul; SANDOVAL, Patricio; RAMOS, Luis A.; APONTE, Pedro M. Alcohol-based solutions for bovine testicular tissue fixation. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, Thousand Oaks, v. 29, n. 1, p. 91–99, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1177/1040638716672252>.
- CABRERA, Elizabeth P.; MARCELO, Zanny T.; REYES, Walter A.; AZAÑERO, Carlos D. Efecto de dietas con alta concentración de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la proliferación de hemocitos en camarones *Cryphiops caementarius* machos. **Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú**, Lima, v. 30, n. 3, p. 1057–1067, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16733>.
- CALLAHAM, Mac A.; STANTURF, John A. Soil ecology and restoration science. In: STANTURF, John A.; CALLAHAM, Mac A. (org.). **Soils and landscape restoration**. [S. l.]: Academic Press, 2021. p. 39–62. ISBN 9780128131930. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813193-0.00002-3>.

CARNEIRO, Luanna S.; SILVA, Danilo C.; REIS, Luan S.; OLIVEIRA, Daiane B.; MACIEL, Laís C.; GARCIA, Karina S.; SOARES, Sarah J.; QUEIROZ, Antônio F. S. Distribuição de elementos traço em tecidos de *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) capturados nos manguezais do sul da Bahia – Brasil e avaliação do potencial de risco no consumo. **Química Nova**, São Paulo, v. 41, n. 9, p. 991–997, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170272>.

CARNEVALI, Romina P.; COLLINS, Pablo A.; POI DE NEIFF, Alicia S. G. Trophic ecology of the freshwater prawn, *Pseudopalaemon bouvieri* (Decapoda: Palaemonidae) in Northeastern Argentina: with remarks on population structure. **Revista de Biología Tropical**, San José, v. 60, n. 1, p. 305–316, 2012. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i1.2763>.

CASTRO, James S. de; FRANÇA, Camilo L.; FERNANDES, Juliana F. F.; SILVA, Jonilson S.; CARVALHO-NETA, Raimunda N. F.; TEIXEIRA, Éder G. Biomarcadores histológicos em brânquias de *Sciades herzbergii* (Siluriformes, Ariidae) capturados no Complexo Estuarino de São Marcos, Maranhão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 70, n. 2, p. 410–418, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9906>.

CARVALHO, Fabrício L.; MAGALHÃES, Célio; MANTELATTO, Fernando L. A molecular and morphological approach on the taxonomic status of the Brazilian species of *Palaemon* (Decapoda, Palaemonidae). **Zoologica Scripta**, Oxford, v. 49, n. 1, p. 101–116, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/zsc.12394>.

CERVELLIONE, Fabio; MCGURK, Charles; SILVA, Pedro; OWEN, Matthew A. G.; VAN DEN BROECK, Wim. Optimization of fixation methods for image analysis of the hepatopancreas in whiteleg shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone). **Journal of Fish Diseases**, Oxford, v. 40, n. 4, p. 517–527, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfd.12531>.

COLLINS, Pablo; GIRI, Federico; WILLINER, Verónica. Population dynamics of *Trichodactylus borellianus* (Crustacea Decapoda Brachyura) and interactions with the aquatic vegetation of the Paraná River (South America, Argentina). **Annales de Limnologie - International Journal of Limnology**, Les Ulis, v. 42, n. 1, p. 19–25, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1051/limn/2006001>.

CROWL, Todd A.; MCDOWELL, William H.; COVICH, Alan P.; JOHNSON, Sherri L. Freshwater shrimp effects on detrital processing and nutrients in a tropical headwater stream. **Ecology**, Washington, v. 82, n. 3, p. 775–783, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[0775:FSEODP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[0775:FSEODP]2.0.CO;2).

CROWL, Todd A.; WELSH, Vanessa; HEARTSILL-SCALLEY, Tamara; COVICH, Alan P. Effects of different types of conditioning on rates of leaf-litter shredding by *Xiphocaris elongata*, a Neotropical freshwater shrimp. **Journal of the North American Benthological Society**, Lawrence, v. 25, n. 1, p. 198–208, 2006. DOI: [https://doi.org/10.1899/0887-3593\(2006\)25\[198:EODTOC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[198:EODTOC]2.0.CO;2).

CRUZ, Bárbara R. F. da; CUNHA, Marina C.; BUENO, Alessandra A. de P.; JACOBUCCI, Giuliano B. Natural diet of *Macrobrachium brasiliense* (Crustacea, Decapoda) in a Cerrado stream. **Iheringia. Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 111, p. e2021003, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2021003>.

DE GIER, Werner; FRANSEN, Charles H.J.M. Polka-dotted treasures: revising a clade of ascidian- and bivalve-associated shrimps (Caridea: Palaemonidae). **Contributions to Zoology**, Leiden, v. 92, n. 3, p. 179–282, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1163/18759866-bja10042>.

DUTRA, Fabrício M.; RÖNNAU, Milton; SPONCHIADO, Dircelei; FORNECK, Sandra C.; FREIRE, Carolina A.; BALLESTER, Eduardo L. C. Histological alterations in gills of *Macrobrachium amazonicum* juveniles exposed to ammonia and nitrite. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 187, p. 115–123, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.04.003>.

DUTRA, Fabrício M.; JUVENAL, Jonatan R.; FORNECK, Sandra C.; BRAZÃO, Claudia C.; BALLESTER, Eduardo L. C. Gill and haematological alterations in *Macrobrachium amazonicum* adults in acute exposure to ammonia and nitrite isolated and combined. **Aquaculture, Fish and Fisheries**, Hoboken, v. 2, n. 5, p. 414–424, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/aff2.69>.

EL-SIKAILY, Amany; SHABAKA, Soha. Biomarkers in aquatic systems: advancements, applications and future directions. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, Cairo, v. 50, n. 2, p. 169–182, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2024.05.002>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The state of world fisheries and aquaculture 2024**: Blue Transformation in action. Rome: FAO, 2024. 264 p. (The State of World Fisheries and Aquaculture). DOI: <https://doi.org/10.4060/cd0683en>.

FERREIRA, Rodrigo S.; VIEIRA, Rony R. R.; D'INCAO, Fernando. The marine and estuarine shrimps of the Palaemoninae (Crustacea: Decapoda: Caridea) from Brazil. **Zootaxa**, Auckland, v. 2606, n. 1, p. 1–24, 2010. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2606.1.1>.

FREIRE, Carolina A.; ONKEN, Horst; MCNAMARA, John C. A structure–function analysis of ion transport in crustacean gills and excretory organs. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, New York, v. 151, n. 3, p. 272–304, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2007.05.008>.

FRÍAS-ESPERICUETA, Martín G.; CASTRO-LONGORIA, Regino; BARRÓN-GALLARDO, Gerardo J.; OSUNA-LÓPEZ, José I.; ABAD-ROSALES, Sonia M.; PÁEZ-OSUNA, Federico; VOLTOLINA, Domenico. Histological changes and survival of *Litopenaeus vannamei* juveniles with different copper concentrations. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 278, n. 1/4, p. 97–100, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.008>.

GREATHOUSE, Effie A.; PRINGLE, Catherine M.; MCDOWELL, William H.; HOLMQUIST, Jeff G. Indirect upstream effects of dams: consequences of migratory consumer extirpation in Puerto Rico. **Ecological Applications**, Washington, v. 16, n. 1, p. 339–352, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1890/05-0243>.

HENRY, Raymond P.; LUCU, Čedomil; ONKEN, Horst; WEIHRAUCH, Dirk. Multiple functions of the crustacean gill: osmotic/ionic regulation, acid-base balance, ammonia excretion, and bioaccumulation of toxic metals. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 3, p. 431, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00431>.

HOLANDA, Welliana S. S. de. **Acompanhamento da larvicultura do Camarão pitu, *Macrobrachium carcinus*, no Centro de Pesquisas em Carcinicultura do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, em Fortaleza**. 2007. 27 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/39389>. Acesso em: 07 dez. 2025.

HOWARD, Dorothy W.; LEWIS, Earl J.; KELLER, B. Jane; SMITH, Cecelia S. **Histological techniques for marine bivalve mollusks and crustaceans**. 2. ed. Oxford: NOAA/National Centers for Coastal Ocean Science, 2004. 218 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1834/30812>.

JESUS, Wanda B. de; SOARES, S. H. C.; SOUSA, Débora B. P.; ANDRADE, Ticianne de S. de O. M.; OLIVEIRA, Suelen R. S. de; SANTOS, F. S.; SANTOS, Débora M. S.; CARVALHO-NETA, Raimunda N. F. Biomarcadores enzimáticos e histológicos em brânquias de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ucididae) indicativos de impactos ambientais em uma região portuária do Nordeste do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 72, n. 4, p. 1413–1423, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11666>.

JUNQUEIRA, Luiz C. U.; JUNQUEIRA, Luiza M. M. S. **Técnicas básicas de citologia e histologia**. São Paulo: Santos, 1983. 122 p.

LEE, Carol E.; CHARMANTIER, Guy; LORIN-NEBEL, Catherine. Mechanisms of Na⁺ uptake from freshwater habitats in animals. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 13, art. 1006113, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1006113>.

LIMA, Jô de F.; GARCIA, Jamile da S.; TAVARES, Marcos. Morfologia do estômago do camarão *Macrobrachium carcinus* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 46, n. 2, p. 209–218, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201501214>.

LISBOA, Lucas de; SILVA, Cícero F. de S.; NASCIMENTO, Marcelly S. N. do; MENDES, Daniel da S.; SILVA, Jamires T. de S.; OLIVEIRA, Demacio C. de; NASCIMENTO, Sheyla P. O. do; SILVA, Ugo L. Cultivo de camarão *Macrobrachium carcinus* em sistemas aquapônicos integrado com *Allium schoenoprasum* em região semiárida. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 23, n. 10, p. e11888, 2025. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv23n10-120>.

MACHADO, Angelo B. M.; DRUMMOND, Gláucia M.; PAGLIA, Adriano P. (ed.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. 1. ed. Brasília: MMA; Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2008. v. 1. 512 p. (Biodiversidade, 19).

MAGATÃO, Angela C.; VALENTIM, Andrielli L.; TOMOTAKE, Maria E. Caracterização morfológica das brânquias de *Aegla castro* Schmitt, 1942 (Crustacea, Decapoda, Anomura). **Ambiência**, Guarapuava, v. 16, n. 1, p. 1012–1021, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2020.01.02>.

MANTEL, Sukhmani K.; DUDGEON, David. Growth and production of a tropical predatory shrimp, *Macrobrachium hainanense* (Palaemonidae), in two Hong Kong streams. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 49, n. 10, p. 1320–1336, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01273.x>.

MANTELATTO, Fernando L. M.; MOSSOLIN, Emerson C.; MAGALHÃES, Célio; PINHEIRO, Allysson P.; RIBEIRO, Felipe B.; SANTANA, William R. A.; PINHEIRO, Marcelo A. A.; BOOS, Harry. *Macrobrachium carcinus*. In: **Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade (SALVE)**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2024. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br>. DOI: <https://doi.org/10.37002/salve.ficha.24127.2>.

MARCH, James G.; PRINGLE, Catherine M. Food web structure and basal resource utilization along a tropical island stream continuum, Puerto Rico. **Biotropica**, Lawrence, v. 35, n. 1, p. 84–93, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2003.tb00265.x>.

MATHIAS, Maria I. C.; MARQUES, Adriana de S.; EVANGELISTA, Bárbara F.; LANCIA, Beatriz C.; VICENTE, Brenda dos S.; SAPATINI, Davy; LEITÃO, Maria L. de J.; SILVA, Odaiza; RODRIGUES, Milena L. **Manual básico de preparação e observação de secções histológicas**. Rio Claro: UNESP, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28195.67369>.

MURIENNE, Jérôme; CHEVALIER, Johan; CLAVIER, Simon. On the presence of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, in French Guiana confirmed by citizen science and genetic analyses. **Water Biology and Security**, Amsterdam, v. 1, n. 2, p. 100039, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watbs.2022.100039>.

PRANGNELL, David I.; LUPATSCH, Ingrid; TREECE, Granvil D.; SAMOCHA, Tzachi M. Shrimp biology. In: SAMOCHA, Tzachi M. (ed.). **Sustainable biofloc systems for marine shrimp**. London: Academic Press, 2019. p. 19–27. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818040-2.00002-2>.

PRINGLE, Catherine M. Atyid shrimps (Decapoda: Atyidae) influence the spatial heterogeneity of algal communities over different scales in tropical montane streams, Puerto Rico. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 35, n. 1, p. 125–140, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1996.00487.x>.

RAMÍREZ, Alonso; HERNÁNDEZ-CRUZ, Luz R. Aquatic insect assemblages in shrimp-dominated tropical streams, Puerto Rico. **Biotropica**, Lawrence, v. 36, n. 2, p. 259–266, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2004.tb00317.x>.

RAMOS, Edeylane de N. F.; ABREU, Valdo S.; ALVES-JÚNIOR, Flavio de A.; CINTRA, Israel H. A.; CHAGAS, Rafael A. das; MARTINS, Déborah E. G.; SILVA, Kátia C. de A. Sobre a estrutura da população do exótico camarão-gigante-da-Malásia *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) capturado na ilha do Marajó, Pará, Brasil. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 22, n. 11, p. e7943, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n11-214>.

REN, Xianyun; WANG, Qiong; SHAO, Huixin; XU, Yao; LIU, Ping; LI, Jian. Effects of low temperature on shrimp and crab physiology, behavior, and growth: a review. **Frontiers in Marine Science**, Lausanne, v. 8, art. 746177, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.746177>.

RIBEIRO, Crislene C.; MASSARIOL, Fabiana C.; FERREIRA, Filipe F.; PINHO, Fernando M.; MOREIRA, Lucas; ALVES, Douglas F. R.; PAPROCKI, Henrique; SANTOS, Jorge A. D.

dos. **Plano de ação para recuperação e conservação da fauna aquática da Bacia Hidrográfica do Rio Doce: PABA**. Belo Horizonte: Bicho do Mato, 2022. Disponível em: <https://www.reparacaobaciariodoce.com/wp-content/uploads/2024/09/Livro-Plano-de-Acao-Aquatico-PABA.pdf>.

ROSEMOND, Amy D.; PRINGLE, Catherine M.; RAMÍREZ, Alonso. Macroconsumer effects on insect detritivores and detritus processing in a tropical stream. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 39, n. 3, p. 515–523, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00301.x>.

ROSS, Erica P.; BEHRINGER, Donald C.; BOJKO, Jamie. White spot syndrome virus and the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*: susceptibility and behavioral immunity. **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam, v. 162, p. 1–9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2019.02.001>.

RUIZ, Thalles F. R.; VIDAL, Mateus R.; RIBEIRO, Karina; VICENTINI, Carlos A.; VICENTINI, Irene B. F. Histology of the hepatopancreas and anterior intestine in the freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* (Crustacea, Decapoda). **Nauplius**, Botucatu, v. 28, p. e2020023, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2020023>.

SANTANA, Henrique J. K. **Cultivo do camarão-branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em baixa salinidade com tecnologia de bioflocos (BFT): efeito das diferentes concentrações de sulfato**. 2019. 59 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2019. Disponível em: <https://ppgaquicultura.furg.br/dissertacoes-e-teses/dissertacoes/101-dissertacoes-de-2019/445-dissertacao-henrique-santana>.

SANTOS, Andréia B. dos. **Aspectos da biologia reprodutiva do camarão-pitu *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) (Decapoda: Palaemonidae) no Baixo São Francisco (Nordeste do Brasil)**. 2019. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal de Alagoas, Penedo, 2019. Disponível em: <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/2919>.

SCHLENKER, Lela S.; STEWART, Chris; ROCK, Jason; HECK, Nadine; MORLEY, James W. Environmental and climate variability drive population size of annual penaeid shrimp in a large lagoonal estuary. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 18, n. 5, p. e0285498, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285498>.

SPONCHIADO, Dircelei. **Alterações histológicas nas brânquias do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* submetidos a diferentes concentrações de amônia total**. 2016. 43 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/45789>.

SUN, Shengming; XUAN, Fujun; FU, Hongtuo; ZHU, Jian; GE, Xianping; GU, Zhimin. Transcriptomic and histological analysis of hepatopancreas, muscle and gill tissues of oriental river prawn (*Macrobrachium nipponense*) in response to chronic hypoxia. **BMC Genomics**, London, v. 16, n. 1, art. 491, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1701-3>.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Faculdade de Ciências Médicas. Departamento de Anatomia Patológica. **Técnicas histológicas empregadas no Departamento**

de **Anatomia Patológica**. Campinas: Unicamp, 2011. Disponível em: <https://anatpat.unicamp.br/tecnicashistologicas.html>.

VALENTI, Wagner C. **Criação de camarões em águas interiores**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 81p.

VALENTI, Wagner C.; FLICKINGER, Dallas L. Freshwater caridean culture. In: LOVRICH, Gustavo; THIEL, Martin (ed.). **Fisheries and aquaculture**. New York: Oxford University Press, 2020. p. 227–256. (The Natural History of the Crustacea, v. 9). DOI: <https://doi.org/10.1093/oso/9780190865627.003.0009>.

VIADER-SALVADÓ, José M.; AGUILAR-BRISEÑO, José A.; GALLEGOS-LÓPEZ, Juan A.; FUENTES-GARIBAY, José A.; ALVAREZ-GONZÁLEZ, Carlos A.; GUERRERO-OLAZARÁN, Martha. Identification and *in silico* structural and functional analysis of a trypsin-like protease from shrimp *Macrobrachium carcinus*. **PeerJ**, San Diego, v. 8, p. e9030, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.9030>.

WALKER, Ilse. Omnivory and resource-sharing in nutrient-deficient Rio Negro waters: stabilization of biodiversity? **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 617–626, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000300017>.

WILD, Rafael K.; ADAMEK-URBAŃSKA, Dobrochna; BALICKI, Artur W.; CIEŚLA, Wiktoria; PRZYBYSZEWSKI, Jakub; KAMASZEWSKI, Maciej G. Improvement of histological techniques for small crustaceans: evaluation of fixation, decalcification and enzymatic digestion in *Neocaridina* shrimp. **Animals**, Basel, v. 15, n. 12, art. 1715, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15121715>.

YAMANE, Renata M. **Análise estrutural para determinação de morfotipos em *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758)**. 2017. 126 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2017. Disponível em: <https://www.caunesp.unesp.br/Home/pos-graduacao/dissertacao/renata-mayumi-yamane.pdf>.