UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA – UAST
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MARIA RAÍSSA ALENCAR BEZERRA

CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DA HEMOLINFA DE CAMARÃO *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) CULTIVADO NO SEMIÁRIDO

Serra Talhada, PE
2026

MARIA RAÍSSA ALENCAR BEZERRA

CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DA HEMOLINFA DE CAMARÃO *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) CULTIVADO NO SEMIÁRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado em Ciências Biológicas da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Ugo Lima Silva

Serra Talhada, PE
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Danilo Trindade Barbosa – CRB-4 002285/O

B574c Bezerra, Maria Raíssa Alencar.
Caracterização bioquímica da hemolinfa de camarão (Boone, 1931) cultivado no semiárido / Maria Raíssa Alencar Bezerra. – Serra Talhada, 2026.
51 f.; il.

Orientador(a): Ugo Lima Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Serra Talhada - UAST, Bacharelado em Ciências Biológicas, Serra Talhada, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Salinidade. 3. Carcinicultura. 4. Camarões – Fisiologia 5. Água - Qualidade. I. Silva, Ugo Lima, orient. II. Título

CDD 574

MARIA RAÍSSA ALENCAR BEZERRA

CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DA HEMOLINFA DE CAMARÃO *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) CULTIVADO NO SEMIÁRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas.

Aprovado em: **26/06/2026**

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Ugo Lima Silva (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada

_____

Prof. Dr. Nivaldo Ferreira do Nascimento (Membro interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada

_____

Dra. Sheyla Priscila Oliveira do Nascimento (Membro externo)
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinária no Semiárido

DEDICATÓRIA

À minha família, que é meu alicerce, minha motivação e meu refúgio. Cada gesto de apoio, cada palavra de incentivo e cada olhar de confiança foram fundamentais nesta caminhada. Esta conquista é nossa!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por me conceder força, saúde, amparo e coragem para realizar o meu sonho.

À minha família, em especial à minha mãe Valcir Alencar (*in memoriam*), cuja presença, amor e ensinamentos permanecem vivos dentro de mim todos os dias, ao meu pai Cláudio Bezerra, por todo amor, apoio, por sempre me lembrar da força que habita em mim e por viver esse sonho ao meu lado, ao meu irmão Ulisses Alencar, por todo apoio, amor e companheirismo ao longo dessa árdua caminhada. À minha sobrinha Heloísa, que chegou na reta final da graduação e me deu o gás para finalizar. Sem vocês, nada seria possível!

Aos meus companheiros de quatro patas, Lili e Darwin, que com amor incondicional, suportaram minha ausência, meu cansaço e minhas renúncias. Vocês foram alívio e alegria nos dias mais difíceis.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), à Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) e ao curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, a todos os professores, colegas, funcionários, técnicos e terceirizados que contribuíram de forma direta ou indireta para a minha formação acadêmica.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de cooperação técnica BCT-0530-5.06/25 referente ao projeto de popularização a Ciência AquaSaber+.

À Pró-Reitoria de Gestão Estudantil (PROGESTI) pelo apoio com a bolsa transporte durante todo o decorrer do meu curso.

Ao meu orientador, o professor Dr. Ugo Lima Silva, expresso minha profunda gratidão por me apresentar ao universo da aquicultura e por todo o conhecimento compartilhado ao longo dessa trajetória. Agradeço a orientação, confiança, amizade e pelos ensinamentos que ultrapassam o âmbito acadêmico, sendo também um grande exemplo pessoal. Sua contribuição foi fundamental para a minha formação e para a construção deste trabalho. Minha eterna gratidão! Se eu me tornar metade do profissional que o senhor é, já me sentirei realizada.

Ao Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos (LEOA) e a todos os seus integrantes, pela pareceria, acolhimento, trocas de conhecimento, choros e risadas, que tornaram o caminho mais leve, em especial a Engenheira de Pesca, Luma Gabrielli, que me

apoiou, me motivou e compartilhou conquistas pessoais e acadêmicas. Você é uma amizade que levarei para a vida.

À professora Dra. Clarissa Vilela Figueiredo da Silva Campos, exemplo de mulher, mãe, profissional e amiga, expresso minha sincera gratidão por me tirar da zona de conforto e me motivar a ir além. Agradeço pela confiança depositada em mim, por toda a ajuda ao longo dessa trajetória e pela amizade construída. Sua contribuição foi essencial para o meu crescimento pessoal e acadêmico. Gratidão.

Aos grandes amigos de décadas, Marisa Eulália e Luiz Vaz, que suportaram minhas ausências anuais e ainda assim, me apoiaram em todos os momentos. E a amizade construída dentro dos muros da Universidade da discente em Ciências Biológicas, Micaely Souza, que deixou a reta final mais leve.

Aos anjos aqui da terra, Daniel Cruz, Sabrina Castro, Kamila Luana, vocês têm uma grande contribuição para a finalização dessa graduação, não tenho palavras para agradecer.

À banca examinadora, pensada e composta com carinho, pelo professor Dr. Nivaldo Ferreira do Nascimento e pela Dra. Sheyla Priscila Oliveira Nascimento, dois profissionais por quem possuo enorme admiração e respeito. Agradeço imensamente por aceitarem o convite, pelas contribuições e por serem fonte de inspiração, como pesquisadores e pessoas. Uma honra poder contar e mais ainda, aprender com vocês!

Ao Campus Avançado de Piscicultura Ornamental e Pesquisa Marinha (POPMar), expresso minha profunda gratidão, em especial ao ex-professor e engenheiro de Pesca Ricardo Gama Soares (*in memoriam*), pela amizade, parceria e confiança ao me conceder a coordenação do Projeto Poecília, bem como por todo o apoio oferecido ao longo de grande parte da minha graduação. Tenho certeza de que estaria muito feliz por este momento.

Por fim, mas não menos importante, aos camarões *Penaeus vannamei*, por serem a base e a razão deste trabalho. Sem eles, esta pesquisa não seria possível.

EPÍGRAFE

"O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é **coragem**"
(Grande Sertão Veredas, Guimarães Rosa, 1956)

RESUMO

A carcinicultura é uma atividade de grande relevância econômica mundial, porém enfrenta desafios sanitários e ambientais, especialmente em regiões com condições climáticas adversas, como o Semiárido brasileiro. Nesse contexto, o cultivo do camarão-branco-do-Pacífico (*Penaeus vannamei*) tem se destacado no Nordeste do Brasil devido à capacidade da espécie de tolerar ampla variação de salinidade, possibilitando sua produção em águas oligohalinas. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os parâmetros bioquímicos da hemolinfa de *P. vannamei* cultivado em condições Semiáridas. O estudo foi conduzido no Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos (LEOA), da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST/UFRPE), no Sertão pernambucano. Foi adotado delineamento inteiramente casualizado, com camarões distribuídos em três classes de peso: T1 (2,0 g), T2 (6,0 g) e T3 (11,0 g). Foram coletadas amostras de hemolinfa (150 µL) de 20 indivíduos por tratamento para determinação de proteínas totais, glicose, colesterol total e triglicerídeos. Simultaneamente, foram monitorados os parâmetros físico-químicos da água, incluindo temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, fosfato, alcalinidade, salinidade, amônia e nitrito. Os resultados demonstraram aumento significativo das proteínas totais ao longo do cultivo, variando de 2,23 g/dL (T1) a 6,60 g/dL (T3). A glicose apresentou redução significativa, passando de 101,37 mg/dL (T1) para 94,74 mg/dL (T3), sugerindo adaptação fisiológica dos animais às condições de cultivo. O colesterol total não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com valores entre 10,40 e 10,95 mg/dL. Os triglicerídeos também não diferiram significativamente entre os tratamentos, variando de 48,03 a 89,65 mg/dL. Em conjunto, esses resultados bioquímicos reforçam a viabilidade da carcinicultura de *P. vannamei* em águas oligohalinas de regiões nos interiores do Semiárido. Recomenda-se que estudos futuros incluam a avaliação de parâmetros hemato-imunológicos complementares para aprofundar a compreensão dos mecanismos de adaptação da espécie às condições ambientais do Semiárido.

Palavras-chave: Aquicultura; Baixa salinidade; Carcinicultura; Parâmetros bioquímicos; Qualidade da água.

ABSTRACT

Shrimp farming is an activity of great economic importance worldwide, but it faces health and environmental challenges, especially in regions with adverse climatic conditions, such as the Brazilian Semi-Arid region. In this context, the cultivation of the Pacific white shrimp (Penaeus vannamei) has gained prominence in northeastern Brazil due to the species' ability to tolerate a wide range of salinity levels, enabling its production in oligohaline waters. The objective of this study was to characterize the biochemical parameters of the hemolymph of P. vannamei farmed under semi-arid conditions. The study was conducted at the Laboratory for Experimentation with Aquatic Organisms (LEOA) of the Serra Talhada Academic Unit (UAST/UFRPE) in the Pernambuco Sertão. A completely randomized design was used, with shrimp divided into three weight classes: T1 (2.0 g), T2 (6.0 g), and T3 (11.0 g). Hemolymph samples (150 μL) were collected from 20 individuals per treatment to determine total protein, glucose, total cholesterol, and triglycerides. At the same time, the physicochemical parameters of the water were monitored, including temperature, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, phosphate, alkalinity, salinity, ammonia, and nitrite. The results showed a significant increase in total protein levels throughout the culture period, ranging from 2.23 g/dL (T1) to 6.60 g/dL (T3). Glucose levels showed a significant decrease, falling from 101.37 mg/dL (T1) to 94.74 mg/dL (T3), suggesting physiological adaptation of the animals to the rearing conditions. Total cholesterol did not show a significant difference among the treatments, with values ranging from 10.40 to 10.95 mg/dL. Triglycerides also did not differ significantly among the treatments, ranging from 48.03 to 89.65 mg/dL. Taken together, these biochemical results reinforce the viability of P. vannamei shrimp farming in oligohaline waters of inland regions of the Semi-Arid region. It is recommended that future studies include the evaluation of complementary hematological and immunological parameters to deepen our understanding of the species' adaptation mechanisms to the environmental conditions of the Semi-Arid region.

Keywords: Aquaculture; Low salinity; Shrimp farming; Biochemical parameters; Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Anatomia interna de um camarão decápode. Fonte: Adaptado de Brusca, Moore e Shuster (2018) 20
Figura 2 - Imagem aérea da estufa (A) e imagem do interior da estufa (B) onde foi realizado o experimento com os camarões *Penaeus vannamei* cultivados em águas oligohalinas em diferentes classes de peso (T1 – 2 g; T2 – 6 g; T3 – 11 g.) no Semiárido pernambucano 25
Figura 3 - Detalhamento das tubulações e tanques circulares que compõem um Sistema de Recirculação Aquícola (RAS). Fonte: Wikipédia (2026) 26
Figura 4 - Imagem do camarão *P. vannamei* cultivado em águas oligohalinas em diferentes classes de peso (T1 – 2 g; T2 – 6 g; T3 – 11 g.) no semiárido pernambucano 27
Figura 5 - Procedimento de extração de hemolinfa na base dos pleópodes do primeiro segmento abdominal do camarão *Penaeus vannamei* utilizando seringa com solução anticoagulante 28
Figura 6 - Analisador bioquímico utilizado nas análises da hemolinfa de *Penaeus vannamei* cultivado em água oligohalina, sob diferentes classes de peso (T1 = 2 g; T2 = 6 g; T3 = 11 g), no Semiárido pernambucano 29
Figura 7 - Multiparâmetro (A), kit colorimétrico (B) e fotômetro (C) utilizados na mensuração dos parâmetros físicos e químicos de qualidade da água no cultivo de *Penaeus vannamei* em água oligohalina, sob diferentes classes de peso (T1 = 2 g; T2 = 6 g; T3 = 11 g), no Semiárido pernambucano 30
Figura 8 - Representação gráfica do peso de *Penaeus vannamei* cultivado em água oligohalina, em diferentes classes de peso (T1 = 2 g; T2 = 6 g; T3 = 11 g), no Sertão pernambucano..... 31
Figura 9 - Gráficos das variáveis de proteínas totais (g/dL), glicose (mg/dL), colesterol total (mg/dL) e triglicerídeos (mg/dL) da análise de hemolinfa do camarão *Penaeus vannamei* cultivado em águas oligohalinas com diferentes classes de peso (T1 – 2 g; T2 – 6 g; T3 – 11 g.) no Sertão pernambucano 32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios ± padrão das variáveis físicas e químicas de qualidade de água de *P. vannamei* cultivado em águas oligohalinas com diferentes classes de peso (T1 – 2g; T2 – 6g; T3 – 11g.) (Valores mínimos e máximos entre parênteses) 34

Tabela 2 - Valores das das variáveis bioquímicas glicose (mg/dL), proteínas totais (g/dL), colesterol (mg/dL) e triglicerídeos (mg/dL) na hemolinfa de camarão *P. vannamei* cultivado no semiárido e em diferentes estudos 36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHPND – Necrose Hepatopancreática Aguda

CHH - Hormônio hiperglicemiante do pedúnculo ocular

CHO-T – Colesterol total

Cu – Cobre

°C – Graus Celsius

g/dL – Grama por decilitro

GLU – Glicose

LEOA – Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos

mg/dL – Miligrama por decilitro

O_2 – Gás oxigênio

pH – Potencial hidrogeniônico

RAS – Sistema de Recirculação Aquícola

TG – Triglicerídeos

UAST – Unidade Acadêmica de Serra Talhada

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

WSSV – White Spot Syndrome Virus

SUMÁRIO

1 **INTRODUÇÃO** 16

2 **REVISÃO DE LITERATURA** 18

2.1 BIOLOGIA DE *Penaeus vannamei* 18

2.1.1 **Taxonomia e morfologia** 18

2.1.2 **Ciclo de vida e crescimento** 18

2.1.3 **Importância econômica e produtiva** 18

2.2 SISTEMA CIRCULATÓRIO DOS CRUSTÁCEOS 19

2.2.1 **Classificação do sistema circulatório** 19

2.2.2 **Constituição da hemolinfa do camarão *Penaeus vannamei*** 20

2.3 BIOQUÍMICA DA HEMOLINFA DE *Penaeus vannamei* 21

2.4 SANIDADE EM CAMARÕES CULTIVADOS 22

2.5 CULTIVO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO 23

3 **OBJETIVOS** 25

3.1 OBJETIVO GERAL 25

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 25

4 **MATERIAL E MÉTODOS** 26

4.1 LOCAL DE ESTUDO 26

4.2 MATERIAL BIOLÓGICO 27

4.3 PROCEDIMENTOS COM OS CAMARÕES 28

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL 28

4.5 COLETA E ANÁLISE DA HEMOLINFA 30

4.6 QUALIDADE DA ÁGUA 31

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA 31

5 **RESULTADOS** 32

5.1 PESO MÉDIO DOS CAMARÕES 32

5.2 BIOQUÍMICA DA HEMOLINFA DO *Penaeus vannamei* 32

5.3 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA 34

6 **DISCUSSÃO** 35

6.1 BIOQUÍMICA DA HEMOLINFA DE *Penaeus vannamei* 36

6.1.1 **Proteínas totais** 37

6.1.2 **Colesterol total** 38

6.1.3 **Glicose** 39

6.1.4 **Triglicerídeos** 40

6.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA 41

7 **CONSIDERAÇÕES FINAIS** 44

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura consiste no cultivo de organismos aquáticos em ambientes controlados, sendo uma alternativa para aliviar a sobrecarga dos recursos pesqueiros. Essa atividade pode ser dividida em algicultura (algas), piscicultura (peixes), ranicultura (rãs), carcinicultura (crustáceos), malacocultura (moluscos) (Embrapa, 2023; FAO, 2024). Dentro desse setor aquícola, a carcinicultura nos últimos anos tem sido de grande destaque global, como uma das atividades produtivas que mais crescem mundialmente, dentre as espécies aquáticas mais cultivadas, os camarões foram o terceiro grupo mais cultivado no mundo durante o ano de 2018 com 9,4 milhões de toneladas, a espécie *Penaeus vannamei* é a principal representante do ambiente marinho e a mais produzida no ano de 2022 (FAO, 2024), enquanto o *Macrobrachium rosenbergii* é o principal representante dulciaquícola (FAO, 2020).

No ano de 2022, a aquicultura superou pela primeira vez a pesca de captura, com 94 milhões de toneladas contra 91 milhões de toneladas (FAO, 2024). No ano de 2025, a produção de *P. vannamei* no Brasil, atingiu o marco histórico de 225.800 toneladas, gerando um valor estimado de cerca de R$ 4,2 bilhões (ABCC, 2026). Um dos grandes problemas enfrentados na carcinicultura mundial e brasileira é o surgimento de doenças virais e bacterianas, sendo de extrema importância avaliar os parâmetros imunológicos desses animais (Barracco, 2004).

Os camarões apresentam sistema circulatório aberto, no qual o fluido circulante não permanece restrito ao interior de vasos sanguíneos, sendo liberado na hemocele (cavidade corporal) e entrando em contato direto com os tecidos e órgãos (Brusca; Moore; Shuster, 2018). Esse fluido, denominado hemolinfa, desempenha funções análogas às do sangue nos vertebrados, atuando no transporte de nutrientes, metabólitos, hormônios e gases respiratórios. A hemolinfa contém hemocianina, um pigmento respiratório à base de cobre responsável pelo transporte de oxigênio no organismo.

O crescimento da carcinicultura no Brasil tem sido acompanhado pelo desafio constante das doenças infecciosas, que representam uma das principais ameaças à produtividade nacional e à sustentabilidade dos sistemas de cultivo. Nesse contexto, a análise da hemolinfa constitui uma ferramenta de grande relevância para a avaliação da saúde dos camarões cultivados, uma vez que fornece dados precisos do estado fisiológico e imunológico dos animais.

Compreender de que forma camarões pertencentes a diferentes classes de peso respondem às condições do ambiente de cultivo revela-se fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo seguras e produtivamente viáveis. A consideração das particularidades climáticas do Semiárido pernambucano confere a este estudo uma dimensão aplicada à realidade regional, tornando os resultados obtidos potencialmente úteis para produtores e técnicos que atuam nesse contexto específico.

Ressalta-se que a literatura científica ainda carece de valores de referência consolidados que descrevam o padrão basal dos parâmetros hemato-imunológicos e bioquímicos para a espécie *Penaeus vannamei* (Nascimento, 2025). Diante dessa lacuna, o presente estudo justifica-se pela necessidade de estabelecer padrões de referência para as variáveis bioquímicas da hemolinfa de camarões cultivados nas condições edafoclimáticas do semiárido, com vistas a contribuir para o monitoramento da saúde animal, a otimização dos cultivos locais e o fortalecimento da sustentabilidade da atividade aquícola na região.

2 **REVISÃO DE LITERATURA**

2.1 BIOLOGIA DE *Penaeus vannamei*

2.1.1 **Taxonomia e morfologia**

O camarão-branco-do-Pacífico, *Penaeus vannamei* (Boone, 1931), pertence ao reino animal, filo Arthropoda, subfilo Crustacea, classe Malacostraca, ordem Decapoda e família Penaeidae. Essa classificação taxonômica insere a espécie dentro de um grupo de grande relevância econômica e ecológica, composto por crustáceos marinhos de ampla distribuição geográfica em todo o mundo (Ruppert; Fox; Barnes, 2005; Brusca; Moore; Shuster, 2018).

Do ponto de vista anatômico, os camarões apresentam corpo alongado e lateralmente comprimido, dividido em: cefalotórax, que é a região anterior do corpo do animal, que integra (cabeça e tórax) e abdômen (parte posterior, que é responsável pela locomoção). O exoesqueleto composto de quitina que cobre todo o corpo, conferindo proteção e sustentação, é periodicamente substituído por meio da ecdise para possibilitar o crescimento (Narchi, 1973). Possuem apêndices especializados, como antenas, maxilípedes e pereiópodes, que participam de funções relacionadas à alimentação, sensorialidade, defesa e movimentação (Ruppert; Fox; Barnes, 2005; Ostrensky et al., 2017).

2.1.2 Ciclo de vida e crescimento

O ciclo de vida de *P. vannamei* envolve estágios larvais para o seu crescimento (náuplio, protozoea, mísis e pós-larva) até atingir a fase juvenil e adulta (Ostrensky et al., 2017). Essa espécie apresenta rápido crescimento, podendo atingir a maturidade comercial em poucos meses, o que contribui para sua ampla utilização na aquicultura (FAO, 2020). Além disso, apresenta tolerância a diferentes faixas de salinidade, característica que permite seu cultivo tanto em águas marinhas quanto em ambientes estuarinos, e até em águas de baixa salinidade, como do Semiárido nordestino (Embrapa, 2023).

2.1.3 Importância econômica e produtiva

O cultivo de *Penaeus vannamei* consolidou-se como uma das atividades aquícolas de maior relevância socioeconômica no Brasil, contribuindo significativamente para a geração de emprego e renda. Em 2025, a produção nacional atingiu o volume recorde de 225.800

toneladas, com valor estimado em R$ 4,2 bilhões, evidenciando o crescimento e a importância do setor para a aquicultura brasileira (ABCC, 2026; Embrapa, 2023).

A cadeia produtiva da carcinicultura brasileira encontra-se fortemente concentrada na Região Nordeste, que atualmente responde por praticamente a totalidade da produção nacional de camarão cultivado (ABCC, 2026). Além disso, os dados disponíveis indicam que 99,7% de todo o volume produzido é absorvido pelo mercado interno, o que reflete tanto a elevada demanda doméstica quanto o papel estratégico da atividade para a segurança alimentar e o desenvolvimento regional (Embrapa, 2023; ABCC, 2026). Essa predominância está associada ao seu desempenho zootécnico, rusticidade, facilidade de adaptação a diferentes sistemas de cultivo e elevada aceitação no mercado internacional (FAO, 2024).

2.2 SISTEMA CIRCULATÓRIO DOS CRUSTÁCEOS

2.2.1 **Classificação do sistema circulatório**

O sistema circulatório dos crustáceos é classificado como aberto, no qual o fluido circulante, denominado hemolinfa, não permanece restrito ao interior dos vasos sanguíneos. Após ser bombeada pelo coração, a hemolinfa é liberada na hemocele, onde banha diretamente os tecidos e órgãos antes de retornar ao sistema circulatório (Brusca; Moore; Shuster, 2018).

A hemolinfa desempenha papel fundamental na manutenção da homeostase dos camarões, atuando no transporte de nutrientes, gases respiratórios, metabólitos, hormônios e células envolvidas na resposta imune (Vieira, 2008). Entre seus principais componentes destaca-se a hemocianina, uma proteína respiratória rica em cobre (Cu), responsável pelo transporte de oxigênio. Quando oxidada, a hemocianina adquire coloração azulada, característica típica da hemolinfa dos crustáceos (Brusca; Moore; Shuster, 2018).

Além de sua função respiratória, estudos demonstram que a hemocianina participa de processos relacionados à defesa imunológica, contribuindo para mecanismos celulares como fagocitose, encapsulamento e resposta a infecções bacterianas e virais (Li et al., 2025). Dessa forma, essa proteína exerce papel relevante tanto na oxigenação dos tecidos quanto na proteção do organismo contra agentes patogênicos.

No camarão marinho *Penaeus vannamei*, a hemocianina representa mais de 80% das proteínas presentes no plasma da hemolinfa. Além dela, diversos parâmetros bioquímicos podem ser avaliados para monitorar o estado fisiológico e sanitário dos animais, incluindo proteínas totais, glicose, cálcio, colesterol, triglicerídeos, ureia, ácido úrico, creatinina e

enzimas antioxidantes (Erfanifar et al., 2024). Esses indicadores têm sido amplamente utilizados para avaliar condições nutricionais, metabólicas, imunológicas e de estresse em crustáceos cultivados.

2.2.2 **Constituição da hemolinfa do camarão *Penaeus vannamei***

Estudos recentes demonstram que a hemocianina não se restringe à função de transporte de gases respiratórios, exercendo também papel relevante nos mecanismos de defesa inata dos crustáceos. Evidências científicas apontam que essa proteína participa ativamente de processos antimicrobianos, além de estar envolvida na fagocitose e na endocitose de patógenos (Li et al., 2025). Tal multifuncionalidade confere à hemolinfa especial importância como indicadora do estado imunológico desses organismos, tornando sua análise uma ferramenta promissora no monitoramento sanitário de espécies cultivadas (Nascimento, 2025).

A fração plasmática da hemolinfa de *P. vannamei* é composta majoritariamente por hemocianina, que pode representar mais de 80% das proteínas totais (Erfanifar et al., 2024). Além disso, diferentes parâmetros bioquímicos são utilizados para avaliação da condição fisiológica dos camarões, tais como proteínas totais, glicose, colesterol, triglicerídeos, ureia, ácido úrico, creatinina e a atividade de enzimas antioxidantes (Lorenzon; Martinis; Ferrero, 2011; Erfanifar et al., 2024).

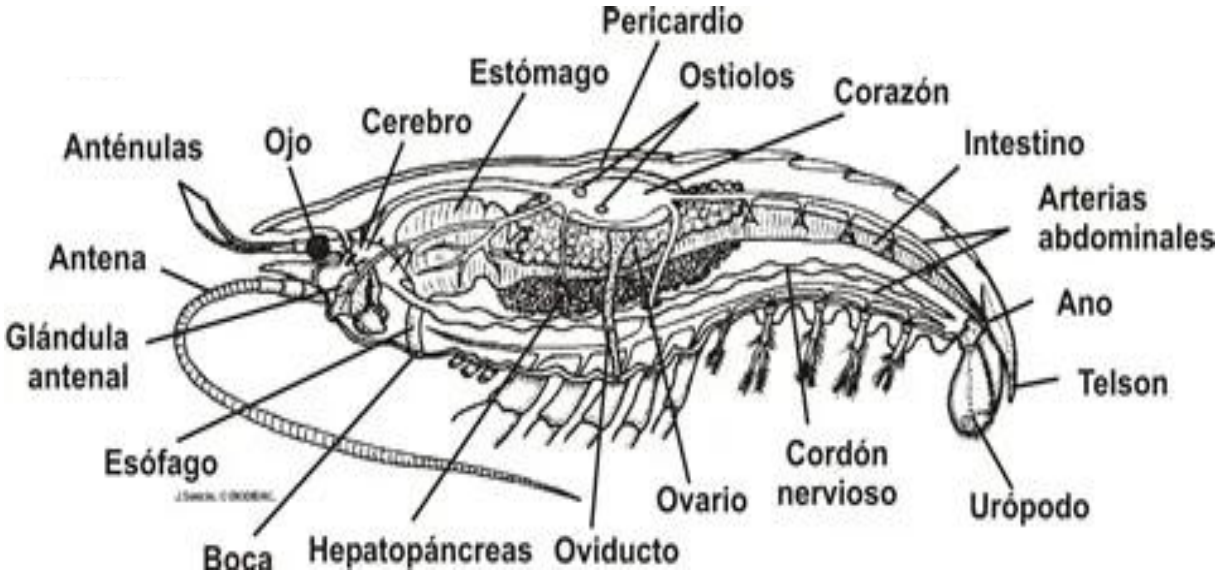

Figura 1 - Anatomia interna de um camarão decápode. Fonte: Adaptado de Brusca, Moore e Shuster (2018).

Sendo assim, a análise da hemolinfa é considerada uma ferramenta eficaz para o monitoramento da saúde de camarões cultivados, fornecendo dados fisiológicos e imunológicos capazes de auxiliar na detecção precoce de desequilíbrios, na avaliação da qualidade do ambiente de cultivo e na adoção de estratégias de manejo adequadas (Bachère; Mialhe; Rodriguez, 1995; Lorenzon; Martinis; Ferrero, 2011).

2.3 BIOQUÍMICA DA HEMOLINFA DE *Penaeus vannamei*

O estudo da bioquímica do camarão *P. vannamei* é essencial para entender seus mecanismos fisiológicos em condições normais e sob estresse. Parâmetros bioquímicos da hemolinfa como glicose, proteínas totais, hemocianina, lipídios, colesterol, triglicerídeos fornecem indicações confiáveis do estado nutricional e imunológico do camarão (Li et al., 2008; Valencia-Castañeda et al., 2020).

A glicose hemolinfática serve como fonte energética, sendo mobilizada sob estresse, como salinidade ou variação térmica. Em experimentos de estresse frio, observou-se alteração de metabólitos, incluindo glicose, aminoácidos e lipídios, como parte da resposta adaptativa dos camarões (Sun et al., 2025).

Os triglicerídeos e colesterol também têm sido usados como marcadores bioquímicos, em estudos recentes de *P. vannamei* tolerantes a baixa salinidade, observou diferenças nos níveis desses lipídios, associadas ao desempenho de crescimento e adaptabilidade das variedades híbridas comparadas às normais (Ye et al., 2023).

Outro parâmetro relevante é a contagem total de hemócitos, uma vez que essas células estão presentes na hemolinfa e são responsáveis por respostas imunes, incluindo coagulação, fagocitose, melanização, citotoxicidade e produção de compostos antimicrobianos (Johansson et al., 2000; Cerenius et al., 2010). A quantidade de hemócitos na circulação é um indicador importante da capacidade imunológica do indivíduo, os animais com maior número dessas células apresentam maior resistência à presença de patógenos (Cerenius et al., 2010). A quantidade e a morfologia dos hemócitos podem indicar quadros de infecção no cultivo ou de estresse ambiental. Diversos estudos têm demonstrado que *P. vannamei* apresenta reduções significativas na contagem total de hemócitos quando submetido ao estresse térmico, hipóxia

ou infecção bacteriana, o que indica comprometimento do sistema imunológico (Smith; Dall, 1982; Bachère; Mialhe; Rodriguez, 1995).

2.4 SANIDADE EM CAMARÕES CULTIVADOS

A carcinicultura é uma atividade que enfrenta grandes desafios relacionados à sanidade dos animais; os mais importantes pelas doenças infecciosas de origem viral e bacteriana que causam prejuízos na produtividade e sustentabilidade dos cultivos (Barracco, 2004). Entre as enfermidades de maior impacto econômico na carcinicultura destacam-se a Síndrome da Mancha Branca (WSSV – *White Spot Syndrome Virus*), a Doença da Necrose Hepatopancreática Aguda (AHPND – *Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease*) e as infecções causadas por iridovírus e reovírus. Essas doenças podem provocar elevadas taxas de mortalidade em curtos períodos, resultando em significativas perdas produtivas e econômicas (Barracco et al., 2008; FAO, 2020).

Além dos agentes virais, diversas bactérias do gênero *Vibrio* são frequentemente associadas a surtos em fazendas de cultivo, atuando tanto como patógenos primários quanto oportunistas em camarões debilitados. Esses microrganismos podem provocar septicemias e quadros de mortalidade significativos, especialmente quando associados a fatores de estresse ambiental (Vieira, 2008).

Nesse contexto, o monitoramento da saúde dos animais torna-se indispensável. A hemolinfa tem sido amplamente utilizada como ferramenta diagnóstica, uma vez que alterações nos parâmetros bioquímicos e hematológicos refletem diretamente a condição fisiológica dos camarões frente a infecções e condições adversas de cultivo (Bachère; Mialhe; Rodriguez, 1995; Lorenzon; Martinis; Ferrero, 2011). Por exemplo, níveis reduzidos de proteínas totais e hemócitos podem indicar imunossupressão, enquanto variações em glicose, triglicerídeos e colesterol estão frequentemente relacionadas a respostas de estresse (Smith; Dall, 1982; Erfanifar et al., 2024).

O surgimento de enfermidades em sistemas de cultivo está intimamente relacionado a fatores ambientais, como qualidade da água, densidade de estocagem e disponibilidade nutricional. Alterações em variáveis como temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e amônia podem gerar condições favoráveis à proliferação de patógenos e, ao mesmo tempo, reduzir a resistência dos camarões (Barracco, 2004; Embrapa, 2023).

Portanto, a associação entre monitoramento da qualidade da água, controle ambiental e parâmetros bioquímicos da hemolinfa representa uma estratégia essencial para a detecção

precoce de problemas sanitários e para a adoção de medidas de manejo que assegurem maior produtividade e sustentabilidade da carcinicultura.

2.5 CULTIVO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

O semiárido brasileiro é caracterizado por condições climáticas extremas, como altas temperaturas médias anuais, elevada evaporação, baixa pluviosidade e grande variabilidade hídrica, fatores que influenciam diretamente os sistemas de aquicultura implantados na região. Nessas condições, a escassez de água doce e a salinização natural dos mananciais superficiais e subterrâneos tornam-se aspectos críticos para a sustentabilidade da produção aquícola (Embrapa, 2023).

Diante do déficit hídrico que marca a região, o Sistema de Recirculação Aquícola (RAS) surge como alternativa tecnológica essencial para viabilizar a produção. Trata-se de um modelo de cultivo intensivo em que a água é continuamente reaproveitada, ou seja, os efluentes passam por etapas de tratamento físico e biológico antes de retornar aos tanques. A filtração remove os sólidos em suspensão, enquanto a nitrificação converte compostos nitrogenados tóxicos, como amônia e nitrito, em formas menos prejudiciais aos organismos cultivados (Ebeling; Timmons; Bisogni, 2006). Com isso, a demanda por captação de água nova cai drasticamente, restringindo-se, em grande parte, à reposição das perdas por evaporação. Essa característica não apenas sustenta a viabilidade ambiental e econômica da carcinicultura em áreas de escassez hídrica, como as do Semiárido, mas também confere maior precisão no controle dos parâmetros de qualidade da água e reforça a biossegurança do sistema produtivo (Van wyk et al., 1999).

O cultivo de *Penaeus vannamei* no semiárido nordestino ganhou relevância devido à capacidade da espécie de tolerar uma ampla faixa de salinidade, possibilitando sua criação em viveiros abastecidos da água de poços artesianos ou de mananciais salobros. Essa adaptabilidade é considerada uma das principais vantagens da espécie em relação a outros camarões marinhos (Embrapa, 2023).

Entretanto, as particularidades ambientais da região podem atuar como fatores estressores para os animais. A elevada amplitude térmica, a variabilidade na salinidade e a qualidade da água influenciam diretamente a fisiologia dos camarões, alterando processos metabólicos e, consequentemente, os parâmetros bioquímicos e imunológicos da hemolinfa (Barracco, 2004; Erfanifar et al., 2024).

Pesquisas têm demonstrado que condições subótimas de cultivo, típicas do semiárido, podem aumentar a susceptibilidade dos camarões a doenças, uma vez que o estresse ambiental compromete a eficiência do sistema imunológico (Bachère; Mialhe; Rodriguez, 1995). Dessa forma, o monitoramento da hemolinfa se apresenta como uma estratégia fundamental para avaliar a resposta fisiológica dos camarões frente às condições adversas do semiárido, permitindo ajustes de manejo que minimizem impactos negativos na produção (Xu, et al., 2019).

A carcinicultura em regiões semiáridas representa, ainda, uma alternativa estratégica de desenvolvimento socioeconômico, pois permite aproveitar recursos hídricos de menor aptidão para a agricultura convencional, como águas salobras ou de poços, convertendo-os em fonte de proteína animal de alto valor comercial. Esse cenário reforça a relevância de estudos voltados à caracterização fisiológica de *P. vannamei* nessas condições, contribuindo para a consolidação de práticas de cultivo mais sustentáveis e adequadas à realidade do Semiárido (Embrapa, 2023; FAO, 2024).

Além disso, o cultivo de camarões em regiões semiáridas representa uma alternativa estratégica para o desenvolvimento socioeconômico, uma vez que possibilita o aproveitamento de recursos hídricos de menor aptidão para a agricultura convencional, convertendo-os em uma fonte de proteína de elevado valor comercial (Embrapa, 2023; FAO, 2024). Nesse contexto, torna-se fundamental ampliar o conhecimento sobre a fisiologia de *Penaeus vannamei* em condições de cultivo características dessas regiões.

A caracterização dos parâmetros bioquímicos da hemolinfa constitui uma importante ferramenta para a avaliação do estado fisiológico, nutricional, metabólico e imunológico dos camarões, permitindo identificar alterações associadas a condições ambientais, manejo e sanidade dos animais. Dessa forma, estudos voltados à bioquímica da hemolinfa contribuem para o estabelecimento de valores de referência e para o desenvolvimento de estratégias de monitoramento que favoreçam a saúde, o bem-estar e o desempenho produtivo dos camarões cultivados. Assim, a compreensão desses parâmetros em animais cultivados no semiárido pode fornecer subsídios científicos para a adoção de práticas de manejo mais eficientes, sustentáveis e adaptadas às condições locais de produção.

3 **OBJETIVOS**

3.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar os parâmetros bioquímicos da hemolinfa de *Penaeus vannamei* em diferentes classes de peso durante o ciclo de cultivo, avaliando sua relação com as condições ambientais do Semiárido pernambucano.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar as concentrações de proteína total, triglicerídeos, colesterol total e glicose da hemolinfa de camarões *P. vannamei* cultivados em RAS em diferentes classes de peso ao longo de seu crescimento.

Caracterizar as variáveis físicas e químicas da qualidade da água de cultivo dos camarões em RAS no semiárido pernambucano.

4 **MATERIAL E MÉTODOS**

4.1 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado no Laboratório de Experimentação de Organismos Aquáticos (LEOA), vinculado à Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), que está situada na Av. Gregório Ferraz Nogueira, S/N, bairro José Tomé de Souza Ramos, CEP 56909-535, Serra Talhada, PE, inserida no Semiárido nordestino na região do Sertão pernambucano.

A UAST está situada na região do Sertão pernambucano, inserida no Semiárido nordestino, sob as coordenadas geográficas 7,9822° S e 38,2894° W. A região caracteriza-se por apresentar clima semiárido, com elevadas temperaturas, baixa pluviosidade, irregularidade na distribuição das chuvas e vegetação predominante de Caatinga. Essas condições conferem forte sazonalidade hídrica ao ambiente, constituindo fatores relevantes para a compreensão do contexto ambiental em que o experimento foi conduzido.

O cultivo experimental foi conduzido em um Sistema de Recirculação Aquícola (RAS) instalado em estufa aquícola, composto por 20 tanques circulares de polietileno com capacidade total de 1.000 L e volume útil de 900 L cada (Figura 2).

Figura 2 - Vista aérea (A) e interna (B) da estufa experimental utilizada no cultivo de *Penaeus vannamei* em água oligohalina, sob diferentes classes de peso (T1 = 2 g; T2 = 6 g; T3 = 11 g), no Semiárido pernambucano. Fonte: Autor (2026).

Os tanques foram povoados com 55 animais por unidade experimental, totalizando 60 animais amostrados ao longo dos 61 dias de duração do estudo. A drenagem da água ocorria de forma contínua por meio de um sistema de overflow central, pelo qual o efluente era direcionado por gravidade a reservatórios de 500 L, os quais desempenhavam funções como: atuar como decantadores, promovendo a sedimentação dos resíduos sólidos, e como filtros biológicos, responsáveis pela conversão dos compostos nitrogenados. Após o tratamento, a água era recirculada de volta aos tanques de cultivo.

O sistema operou com elevada eficiência hídrica, dispensando trocas de água contínuas e realizando apenas a reposição das perdas decorrentes da evaporação (Nascimento, 2025), conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Detalhamento das tubulações e tanques circulares que compõem um Sistema de Recirculação Aquícola (RAS). **Fonte:** Wikipédia (2026).

4.2 MATERIAL BIOLÓGICO

Os camarões da espécie *Penaeus vannamei* foram cultivados em sistema de recirculação aquícola (RAS) no Semiárido pernambucano (Figura 4), no município de

Serra Talhada. As pós-larvas foram obtidas de um laboratório comercial localizado em Barra do Cunhaú, município de Canguaretama, Rio Grande do Norte.

Figura 4 - Imagem do camarão *P. vannamei* cultivado em águas oligohalinas em diferentes classes de peso (T1 – 2 g; T2 – 6 g; T3 – 11 g.) no semiárido pernambucano. Fonte: Autor (2026).

4.3 PROCEDIMENTOS COM OS CAMARÕES

A alimentação foi ofertada por meio de ração comercial com 2,0 a 2,4 mm de diâmetro, contendo os seguintes níveis de garantia 10,0% umidade, 35,0% de proteína bruta, 7,5% extrato etéreo, 4,0% de fibras. A dieta foi fornecida, três vezes ao dia nos horários de 8:00, 12:00 e 16:00h, e a biometria foi realizada três vezes durante o período experimental com o auxílio de um paquímetro e balança digital.

O acompanhamento do peso dos camarões (g) foi realizado por meio de biometrias mensais ao longo do ciclo de cultivo, nos dias 0 (inicial), 30 e 61 dias. Em cada biometria, os indivíduos foram capturados com auxílio de puçá, e pesados em balança de precisão para a avaliação do peso médio e a divisão do delineamento experimental nas três classes de peso estipuladas.

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, composto por três tratamentos, definidos de acordo com diferentes classes de peso dos camarões: T1 (2,0 g), T2 (6,0 g) e T3 (11,0 g), totalizando vinte unidades experimentais (tanques). Para a avaliação bioquímica, foram coletados 20 indivíduos de cada tratamento (totalizando 60 camarões), selecionados de acordo com a classe de peso correspondente: 20 animais com

peso médio de 2,0 g (T1), 20 animais com peso médio de 6,0 g (T2) e 20 animais com peso médio de 11,0 g (T3).

Embora o experimento tenha tido duração total de 61 dias, os intervalos de 60, 90 e 120 dias referem-se à idade dos camarões no momento da coleta, correspondendo às três classes de peso avaliadas: aos 60 dias de idade, os animais apresentavam peso estimado de 2 g; aos 90 dias, peso estimado de 6 g; e aos 120 dias, peso estimado de 11 g.

4.5 COLETA E ANÁLISE DA HEMOLINFA

Durante o experimento foram realizadas três capturas dos animais para coleta da hemolinfa e posterior análise. Foram coletadas a hemolinfa de 20 indivíduos por tratamento, totalizando 60 camarões (Figura 5). As amostras foram analisadas em analisador bioquímico automático (Figura 6), utilizado para a determinação dos parâmetros bioquímicos da hemolinfa de *Penaeus vannamei* cultivado em diferentes classes de peso (T1 = 2 g; T2 = 6 g; T3 = 11 g), em água oligohalina no Semiárido pernambucano.

Figura 5 - Procedimento de extração de hemolinfa na base dos pleópodes do primeiro segmento abdominal do camarão *Penaeus vannamei* utilizando seringa com solução anticoagulante. Fonte: Autor (2026).

Figura 6 - Analisador bioquímico utilizado nas análises da hemolinfa de *Penaeus vannamei* cultivado em água oligohalina, sob diferentes classes de peso (T1 = 2 g; T2 = 6 g; T3 = 11 g), no Semiárido pernambucano. Fonte: Autor (2026).

Os camarões foram insensibilizados em gelo, após , foram coletadas as amostras de hemolinfa, foram extraídos um volume de 150 µL de hemolinfa da base dos pleópodes no primeiro segmento abdominal usando uma seringa estéril de 1 mL (calibre 25) carregada com 300 µL de solução anticoagulante (Alsever modificada (MAS): 336 mmol/L NaCl, 115 mmol/L glicose, 27 mmol/L citrato de sódio, 9 mmol/L EDTA, pH 7,2), para a avaliação de proteínas totais (PT), glicose (GLU), colesterol total (CHO-T) e triglicerídeos (TG). As análises bioquímicas foram realizadas utilizando o Analisador Semiautomático BTS 350 (Byosystems®), com o emprego de kits de reagentes Bioclin®, conforme as recomendações do fabricante.

4.6 QUALIDADE DA ÁGUA

Durante o período experimental, foi realizado o monitoramento dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água. Foram monitorados diariamente, duas vezes ao dia (às 08:00h e às 16:00h), a temperatura (°C), o oxigênio dissolvido (mg/L), a salinidade (g/L), a condutividade elétrica (mS/cm) e o pH, através de medidor multiparâmetro AKSO modelo AK88 (Figura 7A). As amostras de água de cada tanque foram coletadas semanalmente para análises de nitrogênio amoniacal total (mg N-(NH_3 + NH_4^+)/L), nitrito (mg N-NO_2^-/L) e nitrato (mg N-NO_3^-/L), com uso de kits colorimétricos (Figura 7B). O fosfato inorgânico (mg P-PO_4^{3-}/L) e a alcalinidade total (mg $CaCO_3$/L) também foram

mensurados semanalmente com uso de fotômetro YSI 9500 (Figura 7C) e análises titulométricas, respectivamente.

Figura 7 - Multiparâmetro (A), kit colorimétrico (B) e fotômetro (C) utilizados na mensuração dos parâmetros físicos e químicos de qualidade da água no cultivo de *Penaeus vannamei* em água oligohalina, sob diferentes classes de peso (T1 = 2 g; T2 = 6 g; T3 = 11 g), no Semiárido pernambucano. Fonte: Autor (2026).

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas com base no teste de normalidade de Shapiro-Wilk e no teste de homocedasticidade de Bartlett, ao nível de confiança de 5%. Constatando-se a normalidade da amostra e a homogeneidade das variâncias, foi aplicado o teste da Análise de Variância (ANOVA), para os dados de qualidade da água e bioquímica da hemolinfa. No caso de diferença estatística a Análise de Variância foi complementada pelo teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de confiança de 5%.

5 RESULTADOS

5.1 PESO MÉDIO DOS CAMARÕES

Durante o experimento foram realizadas 3 biometrias para análise do peso dos animais. O peso médio dos camarões capturados durante as coletas de hemolinfa pode ser observado na Figura 8.

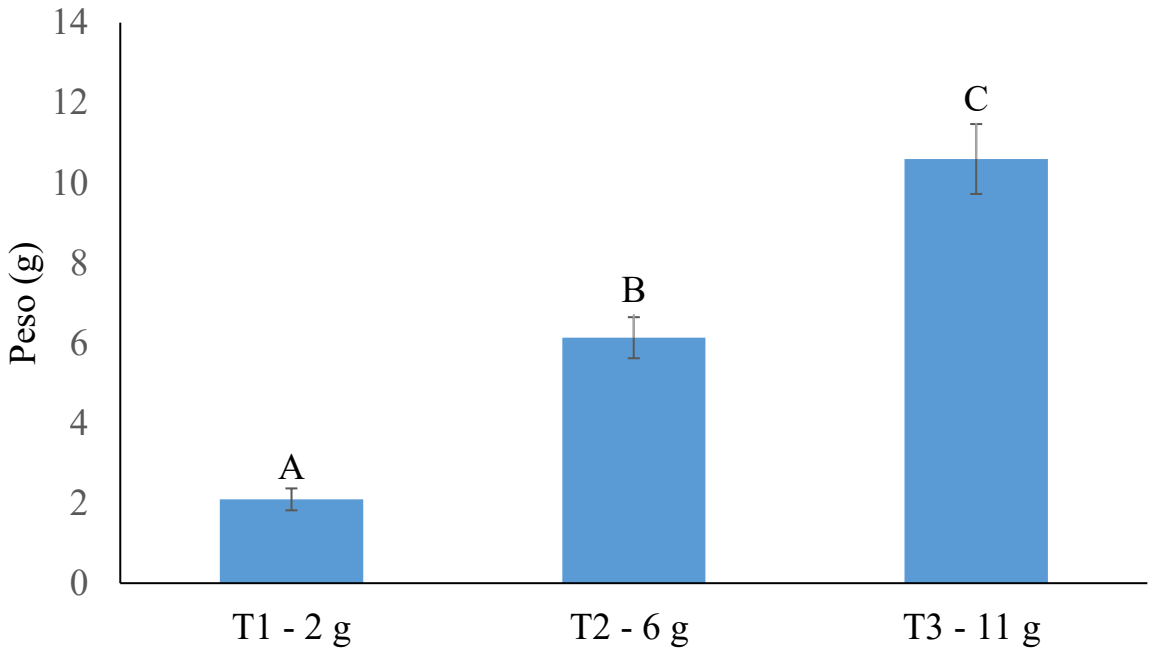

Figura 8 - Representação gráfica do peso de *Penaeus vannamei* cultivado em água oligohalina, em diferentes classes de peso (T1 = 2 g; T2 = 6 g; T3 = 11 g), no Sertão pernambucano. Fonte: Autor (2026).

5.2 BIOQUÍMICA DA HEMOLINFA DO *Penaeus vannamei*

Os valores médios das concentrações bioquímicas de proteína total (g/dL), colesterol total (mg/dL), glicose (mg/dL) e triglicerídeos (mg/dL) estão apresentados na Figura 9.

A concentração de proteína total (g/dL) da hemolinfa das diferentes classes de peso do camarão *P. vannamei* apresentou diferenças significativas (P=0,0036) entre os tratamentos. Os valores de proteína total (g/dL) foram 2,23 ± 0,37 g/dL, 5,60 ± 0,90 g/dL, 6,60 ± 0,69 g/dL, para os tratamentos T1 – 2,0 g, T2 – 6,0 g e T3 – 11,0 g, respectivamente (Figura 9).

Os valores de colesterol total (mg/dL) não apresentaram diferenças significativas (P= 0,9588) entre os tratamentos. As concentrações de colesterol total (mg/dL) da hemolinfa de

diferentes classes de peso do camarão *P. vannamei* foram 10,40 ± 1,09 mg/dL, 10,95 ± 0,94 mg/dL, 10,73 ± 1,83 mg/dL nos tratamentos T1 – 2,0 g, T2 – 6,0 g e T3 – 11,0 g, respectivamente (Figura 9).

Os valores de glicose (mg/dL) da hemolinfa de diferentes classes de peso do camarão *P. vannamei* apresentaram diferenças significativas (P=0,0075) entre os tratamentos, variando em 101,37 ± 0,83 mg/dL, 98,99 ± 1,28 mg/dL, 94,74 ± 1,23 mg/dL para os tratamentos T1 – 2 g, T2 – 6,0 g, T3 – 11,0 g, respectivamente (Figura 9).

Os valores de triglicerídeos (mg/dL) da hemolinfa de diferentes classes de peso do camarão *P. vannamei* não apresentaram diferenças significativas (P=0,2068) entre os tratamentos. Os valores de triglicerídeos (mg/dL) da hemolinfa do camarão *P. vannamei* em diferentes classes de peso foram 89,65 ± 9,98 mg/dL, 48,03 ± 26,84 mg/dL, 49,60 ± 8,07mg/dL para os tratamentos T1 – 2,0 g, T2 – 6,0 g e T3 – 11,0 g, respectivamente (Figura 9).

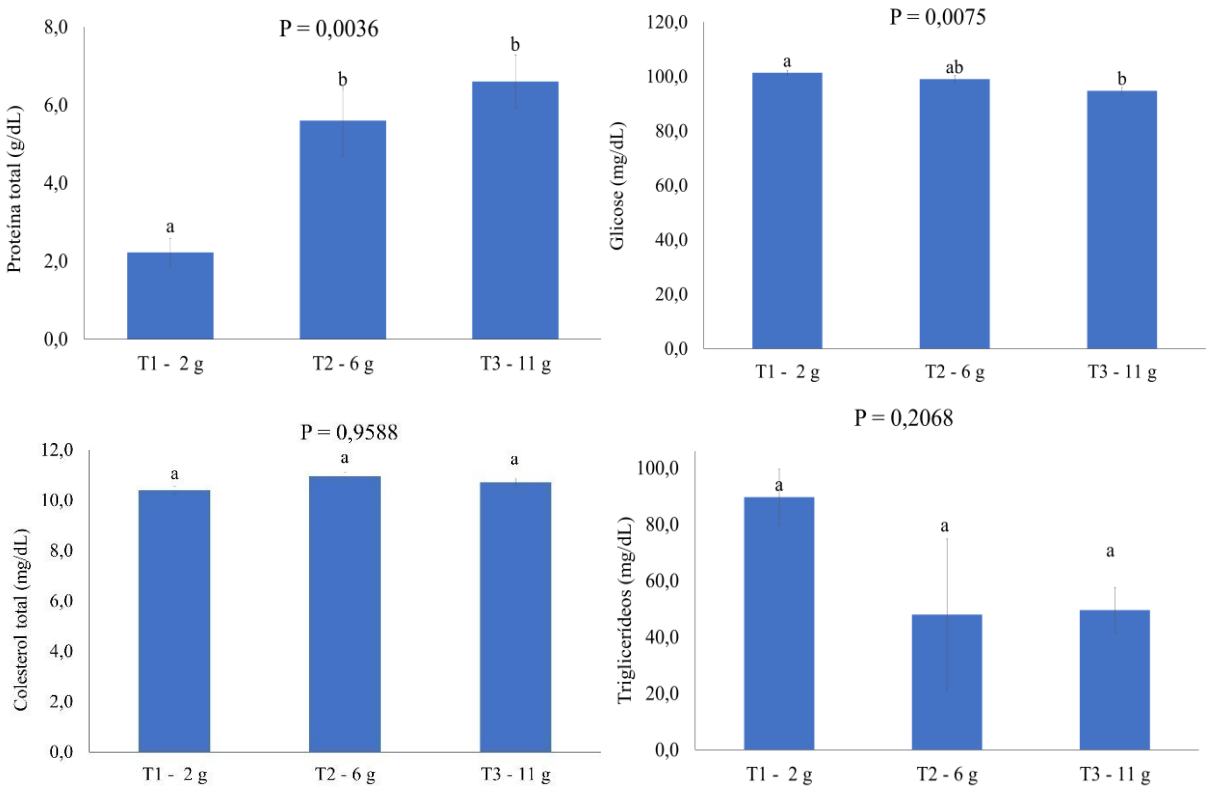

Figura 9 - Gráficos dos parâmetros bioquímicos de proteínas totais (g/dL), glicose (mg/dL), colesterol total mg/dL) e triglicerídeos (mg/dL) da hemolinfa de *Penaeus vannamei* cultivado em água oligohalina, em diferentes classes de peso (T1 = 2 g; T2 = 6 g; T3 = 11 g), no Sertão pernambucano. Fonte: Autor (2026).

5.3 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os valores médios das variáveis físicas e químicas de qualidade da água no cultivo de *P. vannamei* cultivado em sistema de RAS com águas oligohalinas no semiárido pernambucano estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios ± desvio-padrão dos parâmetros físicos e químicos da qualidade da água no cultivo de *Penaeus vannamei* em água oligohalina, sob diferentes classes de peso (T1 = 2 g; T2 = 6 g; T3 = 11 g), no Semiárido pernambucano. Os valores mínimos e máximos observados encontram-se apresentados entre parênteses.

Variáveis	Tratamentos			P
	T1 - 2 g	T2 - 6 g	T3 - 11 g	
Temperatura (°C)	$26,33^{a} \pm 0,33$ (26,80 – 26,90)	$26,40^{a} \pm 0,37$ (25,80 – 26,90)	$26,30^{a} \pm 0,35$ (25,90 – 27,00)	0,6273
pH	$8,35^{c} \pm 0,09$ (8,21 – 8,52)	$8,14^{a} \pm 0,11$ (7,94 – 8,30)	$8,26^{b} \pm 0,11$ (8,10 – 8,40)	< 0,0001
Oxigênio dissolvido (mg/L)	$5,22^{b} \pm 0,23$ (4,90 – 5,60)	$4,73^{a} \pm 0,50$ (5,10 – 7,40)	$4,62^{a} \pm 0,35$ (4,00 – 5,00)	< 0,0001
Condutividade (mS/cm)	$3,49^{b} \pm 0,37$ (3,42 – 3,53)	$3,46^{b} \pm 0,05$ (3,35 – 3,54)	$3,39^{a} \pm 0,05$ (3,30 – 3,46)	< 0,0001
Salinidade (g/L)	$1,88^{b} \pm 0,02$ (1,85 – 1,91)	$1,86^{b} \pm 0,33$ (1,81 – 1,91)	$1,80^{a} \pm 0,02$ (2,00 – 2,00)	< 0,0001
Amônia total (mg NH_3 + NH_4/ L)	$0,14^{b} \pm 0,07$ (0,10 – 0,25)	$0,11^{b} \pm 0,05$ (0,05 – 0,25)	$0,02^{a} \pm 0,04$ (0,00 – 0,10)	< 0,0001
Nitrito (mg NO_2/ L)	$0,53^{b} \pm 0,31$ (0,10 – 1,00)	$0,47^{b} \pm 0,31$ (0,00 – 1,00)	$0,25^{a} \pm 0,00$ (0,25 – 0,25)	0,0072
Fosfato inorgânico (mg PO_4/ L)	$25,24^{a} \pm 3,86$ (13,80 – 29,10)	$25,06^{a} \pm 3,40$ (17,70 – 28,60)	$27,91^{b} \pm 2,31$ (25,80 – 36,80)	0,0120
Alcalinidade total (mg $CaCO_3$/ L)	$178,00^{a} \pm 19,62$ (100,00 – 200,00)	$182,00^{a} \pm 17,76$ (140,00 – 200,00)	$200,00^{b} \pm 9,17$ (180,00 – 200,00)	< 0,0001

Diferentes letras subscritas entre os tratamentos experimentais indicam diferenças significativas entre as variáveis pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Fonte: Autor (2026).

A temperatura da água não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos (P=0,6273), com valores médios entre 26,33 e 26,40°C. O pH apresentou diferença estatística significativa (p<0,0001), com valores médios entre 8,14 e 8,35. O oxigênio dissolvido apresentou diferença estatística significativa (<0,0001), com valores médios entre 4,62 e 5,22 (mg/L). A condutividade elétrica apresentou diferença estatística significativa (<0,0001), com valores médios entre 3,39 e 3,49 (mS/cm). A salinidade apresentou diferença estatística significativa (<0,0001), com valores médios entre 1,80 e 1,88 (g/L). A amônia apresentou diferença estatística significativa (<0,0001), com valores médios entre 0,02 e 0,14 (mg NH_3 + NH_4/ L). O nitrito apresentou diferença estatística significativa (P= 0,0072), com valores médios entre 0,25 e 0,53 (mg NO_2/ L). O fosfato inorgânico apresentou diferença estatística significativa (P= 0,0120), com valores médios entre 25,06 e 27,91 (mg PO_4/ L). A alcalinidade total apresentou diferença estatística significativa (<0,0001), com valores médios entre 178,0 e 200,0 (mg $CaCO_3$/ L).

6 **DISCUSSÃO**

6.1 BIOQUÍMICA DA HEMOLINFA DE *Penaeus vannamei*

Ao confrontar os achados do presente estudo com a literatura (Tabela 2), observa-se que os parâmetros bioquímicos da hemolinfa refletem as particularidades de cada sistema de cultivo, nutrição e condições ambientais.

Tabela 2 - Comparação dos valores de glicose (mg/dL), proteínas totais (g/dL), colesterol (mg/dL) e triglicerídeos (mg/dL) na hemolinfa de *Penaeus vannamei* cultivado no Semiárido pernambucano com valores reportados na literatura para a espécie.

Referências	Colesterol (mg/dL)	Glicose (mg/dL)	Triglicerídeos (mg/dL)	Proteína total (g/dL)
Nossos achados	10,4 – 10,9	94, 7 - 101,4	48,0 - 89,6	2,2 - 6,6
Racotta; Palacios (1998)	-	3,0 - 6,0	20,0 - 40,0	10,0 - 20,0
Pascual et al. (2003)	-	4,0 - 8,0	30,0 - 60,0	10,0 - 30,0
Pourmozaffar et al. (2019)	13,0 - 16,0	28,0 - 37,0	60,0 - 92,0	9,5 - 12,0
Liou et al. (2023)	38,0	44,9	86,9	-
Sanjeewani; Lee (2023)	13,4	53,6	10,7 - 10,9	3,3 - 3,8
Shin et al. (2023)	12,5	19,9	15,2	3,6
Apún-Molina et al. (2024)	-	27,7 - 35,9	61,3	9,17 - 13,26
Erfanifar et al. (2024)	12,6	32	26,4	5,3
Sun et al. (2025)	58,0	68,4	57,6	6,5
Zhang et al. (2025)	251,7	50,4	292,0	2,9

Fonte: Autor (2026).

Os achados mais expressivos deste estudo foram os níveis de glicose na hemolinfa, que variaram entre 94,7 e 101,4 mg/dL, valores consideravelmente superiores aos reportados na literatura, onde foram registradas concentrações entre 3,0 e 68,4 mg/dL em camarões cultivados em diferentes sistemas de produção convencionais. Em crustáceos, a hiperglicemia

é considerada uma resposta fisiológica primária ao estresse ambiental. Nesse contexto, os elevados níveis de glicose observados sugerem que as condições características do Semiárido, como temperaturas elevadas, intensa evaporação e desafios osmorregulatórios associados ao cultivo em águas interiores oligohalinas, podem aumentar a demanda energética dos animais para a manutenção da homeostase, resultando na mobilização de reservas energéticas e no aumento da glicose circulante.

Apesar da elevação dos níveis de glicose observada neste estudo, as concentrações de proteínas totais na hemolinfa (2,2 a 6,6 g/dL) permaneceram próximas às reportadas na literatura recente. Valores semelhantes foram descritos por Sanjeewani; Lee (2023), Shin et al. (2023), Sun et al. (2025) e Erfanifar et al. (2024), que registraram concentrações variando entre 3,3 e 6,5 g/dL. Considerando que as proteínas hemolinfáticas, especialmente a hemocianina, desempenham funções essenciais no transporte de oxigênio, na resposta imune e no metabolismo dos camarões, a manutenção desses níveis sugere que os animais apresentaram adequado estado fisiológico e nutricional. Além disso, esses resultados indicam que as condições de cultivo não promoveram depleção significativa das reservas proteicas, evidenciando uma boa capacidade de adaptação dos camarões às condições ambientais do sistema de produção.

Os valores de colesterol observados neste estudo variaram entre 10,4 e 10,95 mg/dL, situando-se abaixo daqueles reportados na literatura, que variam de 12,5 a 251,7 mg/dL. Embora inferiores aos descritos em outros estudos, esses resultados não indicam necessariamente comprometimento fisiológico dos animais. Como os crustáceos são incapazes de sintetizar colesterol de novo, dependendo exclusivamente do aporte dietético para a manutenção da integridade das membranas celulares, síntese hormonal e processos relacionados à muda (ecdise), os níveis observados sugerem que o metabolismo lipídico foi suficiente para atender às demandas fisiológicas dos camarões durante o período experimental. Além disso, a ausência de alterações concomitantes nos parâmetros proteicos e no desempenho dos animais indica que as condições de cultivo no Semiárido não comprometeram de forma significativa a utilização e o metabolismo dos lipídios.

6.1.1 **Proteínas totais**

Apesar da elevação dos níveis de glicose observada neste estudo, as concentrações de proteínas totais na hemolinfa (2,2 a 6,6 g/dL) permaneceram próximas às reportadas na literatura recente. Valores semelhantes foram descritos por Sanjeewani; Lee (2023), Shin et al. (2023), Sun et al. (2025) e Erfanifar et al. (2024), que registraram concentrações variando

entre 3,3 e 6,5 g/dL (Tabela 2). Considerando que as proteínas hemolinfáticas, especialmente a hemocianina, desempenham funções essenciais no transporte de oxigênio, na osmorregulação, na resposta imune e no metabolismo dos camarões, a manutenção desses níveis sugere que os animais apresentaram adequado estado fisiológico e nutricional.

A manutenção e o acúmulo das reservas proteicas corporais exercem papel central no desempenho fisiológico dos crustáceos. Além de sua função respiratória, a hemocianina representa a principal proteína circulante da hemolinfa e está diretamente relacionada à adaptação dos animais às variações ambientais. Durante as fases de crescimento, a elevada demanda metabólica impõe a necessidade de síntese contínua de proteínas estruturais, enzimáticas e de defesa, essenciais para o desenvolvimento e manutenção da homeostase (Perazzolo et al., 2002).

Nesse contexto, o monitoramento das proteínas totais constitui um importante biomarcador do estado de saúde de *Penaeus vannamei*. Em situações de estresse ambiental prolongado ou deficiência nutricional, os camarões podem mobilizar suas reservas proteicas como fonte alternativa de energia, comprometendo funções fisiológicas essenciais. A redução dos níveis proteicos está frequentemente associada à diminuição da capacidade imunológica e ao aumento da suscetibilidade a infecções bacterianas e virais (Sanjeewani; Lee, 2023).

Assim, os resultados observados indicam que as condições de cultivo no Semiárido não promoveram depleção significativa das reservas proteicas, evidenciando uma boa capacidade de adaptação dos camarões ao ambiente de produção.

6.1.2 **Colesterol total**

Os valores de colesterol observados neste estudo variaram entre 10,4 e 10,9 mg/dL, situando-se abaixo daqueles reportados na literatura (Tabela 2), que apresentam ampla variação, de 12,5 a 251,7 mg/dL. Embora inferiores aos descritos em outros estudos, esses resultados não indicam necessariamente comprometimento fisiológico dos animais. Como os crustáceos são incapazes de sintetizar colesterol de novo, dependendo exclusivamente do aporte dietético para a manutenção da integridade das membranas celulares, síntese hormonal e processos relacionados à ecdise, os níveis observados sugerem que o metabolismo lipídico foi suficiente para atender às demandas fisiológicas dos camarões durante o período experimental.

O colesterol desempenha funções essenciais no organismo dos crustáceos, atuando como componente estrutural das membranas celulares, participando da sinalização hormonal e

servindo como precursor da ecdisona (hormônio responsável por desencadear o processo de ecdise), responsável pela troca do exoesqueleto (Brusca; Moore; Shuster, 2018; Gong et al., 2000). Dessa forma, qualquer desequilíbrio em sua disponibilidade pode comprometer a regulação hormonal, interferindo na sincronização do ciclo de muda e, consequentemente, no crescimento dos animais.

O monitoramento do colesterol circulante constitui, portanto, um importante indicador do estado fisiológico dos camarões. Deficiências desse colesterol podem dificultar a ocorrência adequada da ecdise, comprometendo o ganho de peso e aumentando a susceptibilidade a distúrbios metabólicos. Além disso, a redução da integridade das membranas celulares pode aumentar a vulnerabilidade tecidual a danos e à ação de patógenos, especialmente em sistemas de cultivo intensivo (Liou et al., 2023). Dessa forma, a manutenção dos níveis observados neste estudo sugere equilíbrio no metabolismo lipídico e adequada disponibilidade dietética de colesterol nas condições de cultivo avaliadas.

6.1.3 **Glicose**

Os achados mais expressivos deste estudo foram os níveis de glicose na hemolinfa, que variaram entre 94,7 e 101,4 mg/dL, valores consideravelmente superiores aos reportados na literatura, na qual são descritas concentrações entre 3,0 e 68,4 mg/dL em camarões cultivados em diferentes sistemas de produção convencionais (Tabela 2). Em crustáceos, a hiperglicemia é reconhecida como uma resposta fisiológica primária ao estresse ambiental. Nesse contexto, os elevados níveis de glicose observados sugerem que as condições características do Semiárido, como temperaturas elevadas, intensa evaporação e desafios osmorregulatórios associados ao cultivo em águas interiores oligohalinas, podem aumentar a demanda energética dos animais para a manutenção da homeostase, resultando na mobilização de reservas energéticas e no aumento da glicose circulante.

A avaliação da glicemia ao longo do estudo foi relevante por se tratar de um dos principais indicadores de estresse secundário em crustáceos. Frente as variações ambientais, ocorre a ativação do hormônio hiperglicemiante do pedúnculo ocular (CHH), promovendo a mobilização rápida de carboidratos como fonte imediata de energia (Lorenzon et al., 2004). Embora esse mecanismo seja eficiente em respostas agudas, sua ativação prolongada pode implicar elevado custo metabólico. Nesse sentido, a tendência de estabilidade ou redução dos níveis glicêmicos ao longo do experimento pode ser interpretada como um indicativo positivo do equilíbrio fisiológico dos animais.

A relevância desse parâmetro também se relaciona aos efeitos da hiperglicemia prolongada. A manutenção de um estado metabólico de alerta contínuo pode levar ao esgotamento progressivo das reservas energéticas, com impacto negativo sobre funções imunológicas essenciais e maior susceptibilidade a infecções oportunistas. Em sistemas de cultivo, camarões submetidos a estresse crônico tendem a apresentar redução de desempenho e sobrevivência, sendo a elevação persistente da glicose um dos primeiros indicadores desse desequilíbrio fisiológico (Pascual et al., 2003).

6.1.4 **Triglicerídeos**

Os níveis de triglicerídeos variaram entre 48,0 e 89,6 mg/dL, permanecendo dentro da faixa reportada na literatura para a espécie, cujos valores oscilam entre 10,7 e 292,0 mg/dL (Tabela 2). Esses resultados sugerem que o metabolismo lipídico dos camarões foi mantido em condições adequadas durante o cultivo. Considerando a função dos triglicerídeos como importante reserva energética, é possível que esses compostos tenham atuado como fonte complementar de energia para suprir as demandas metabólicas e osmorregulatórias impostas pelas condições ambientais do Semiárido, sem evidências de comprometimento do estado fisiológico dos animais.

A manutenção dessas reservas ao longo do estudo é relevante, uma vez que os triglicerídeos representam uma das principais formas de armazenamento energético de curto prazo em crustáceos, sendo mobilizados a partir do hepatopâncreas conforme a demanda metabólica aumenta. Esse papel torna-se especialmente importante durante a ecdise, período no qual os animais reduzem ou interrompem a alimentação e dependem das reservas lipídicas acumuladas para sustentar a síntese do novo exoesqueleto e seu posterior endurecimento (Sánchez-Paz et al., 2007). A estabilidade observada sugere, portanto, equilíbrio entre mobilização e reposição dessas reservas ao longo dos ciclos de crescimento.

A avaliação dos triglicerídeos também constitui um importante indicador do estado nutricional e fisiológico em sistemas de cultivo. Reduções nesses níveis estão frequentemente associadas a desnutrição ou estresse crônico, podendo resultar em comprometimento do crescimento, falhas no processo de muda e maior susceptibilidade a variações ambientais e agentes patogênicos (Racotta; Palacios, 1998; Liou et al., 2023). Dessa forma, o monitoramento desse parâmetro permite identificar precocemente desequilíbrios metabólicos com potencial impacto produtivo.

Em síntese, os resultados obtidos para triglicerídeos, em conjunto com os demais parâmetros bioquímicos avaliados, indicam que os camarões mantiveram adequado estado metabólico e nutricional ao longo do experimento. Mesmo diante das condições ambientais características do Semiárido, não foram observados sinais consistentes de comprometimento das reservas energéticas, sugerindo boa capacidade de adaptação fisiológica de *Penaeus vannamei* ao sistema de cultivo estudado.

6.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA

A temperatura da água (Tabela 1), manteve-se dentro da faixa recomendada para *Penaeus vannamei* (25-30°C), conforme Nunes (2002), indicando estabilidade térmica e adequado controle das condições de cultivo.

Por se tratar de um organismo ectotérmico, a espécie depende diretamente da temperatura ambiental para regulação de seu metabolismo (Schmidt-Nielsen, 2013). A elevação da temperatura pode aumentar a atividade metabólica, o consumo de oxigênio dissolvido e a demanda alimentar, além de reduzir a solubilidade dos gases na água, com potencial risco de hipóxia (Vinatea, 2002).

Assim, a estabilidade térmica observada é um fator relevante para o desempenho produtivo e a manutenção da saúde dos camarões, uma vez que variações bruscas de temperatura podem comprometer a resposta fisiológica e imunológica da espécie, aumentando a susceptibilidade a doenças e mortalidade (Wang et al., 2006; Pan, 2007).

O pH da água apresentou variações entre os tratamentos, mantendo-se na faixa de 8,14 a 8,35 (Tabela 1), dentro do intervalo recomendado para o cultivo de *Penaeus vannamei* (7,5 a 8,5), conforme Van Wyk et al. (1999), indicando adequada estabilidade do sistema tampão.

A manutenção do pH em faixa adequada é essencial, uma vez que os camarões são sensíveis a variações de acidez e alcalinidade. Alterações no pH podem modificar o equilíbrio das formas nitrogenadas na água, favorecendo o aumento da amônia não ionizada (NH_3) em condições alcalinas, substância altamente tóxica para organismos aquáticos (Furtado; Poersch; Wasielesky, 2011).

Dessa forma, a estabilidade observada contribui para a manutenção da homeostase dos camarões, reduzindo a necessidade de regulação ácido-base. Flutuações acentuadas de pH estão associadas a prejuízos no crescimento, dificuldades na ecdise, comprometimento imunológico e aumento da mortalidade (Chen; Liu; Lei, 1993).

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) mantiveram-se acima de 4,0 mg/L (Tabela 1), dentro da faixa recomendada para *Penaeus vannamei* (Vinatea, 2004), indicando eficiência do sistema de aeração. Observou-se, entretanto, redução relativamente maior nos tratamentos com biomassa mais elevada (T2 e T3), o que é condizente com o aumento do consumo de oxigênio associado ao crescimento dos animais.

A manutenção do OD em níveis adequados é essencial, uma vez que o aumento da biomassa ao longo do cultivo implica maior demanda metabólica e, consequentemente, maior consumo de oxigênio dissolvido (Ebeling et al., 2006). Assim, a respiração constitui um dos primeiros processos fisiológicos a responder ao incremento de densidade e peso dos organismos no sistema.

De acordo com Le Moullac et al. (1998), a disponibilidade adequada de oxigênio é determinante para o desempenho produtivo dos camarões, pois condições de hipóxia reduzem o consumo alimentar, prejudicam o processo de ecdise e comprometem a resposta imunológica. Em situações mais severas de deficiência de oxigênio, podem ocorrer perdas significativas por mortalidade.

A condutividade elétrica apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,0001$) (Tabela 1), com valores médios variando de 3,39 mS/cm a 3,49 mS/cm. Apesar da variação estatística, os valores permaneceram dentro da faixa típica de águas oligohalinas, indicando estabilidade relativa e adequado controle iônico do sistema de cultivo.

A condutividade elétrica reflete a concentração de íons dissolvidos na água, sendo diretamente relacionada à força iônica e à pressão osmótica do meio. Assim, variações nesse parâmetro podem impactar o equilíbrio eletrolítico dos organismos, exigindo ajustes fisiológicos, especialmente ao nível das brânquias, para regulação do fluxo de água e sais (Roy et al., 2010).

De acordo com Davis et al. (2002), flutuações acentuadas na composição iônica do meio podem comprometer a homeostase dos camarões, impondo elevado custo energético para manutenção do equilíbrio osmótico. Em condições extremas de desequilíbrio, pode ocorrer estresse osmótico severo, com risco de comprometimento fisiológico e mortalidade.

Segundo Romano e Zeng (2012), a salinidade é um parâmetro relevante no metabolismo energético de *Penaeus vannamei*, uma vez que variações nesse fator influenciam diretamente a fisiologia da hemolinfa dos crustáceos (Valencia-Castañeda et al., 2020).

Durante o presente estudo, a salinidade apresentou diferenças significativas ($P < 0,0001$), com valores médios variando entre 1,80 g/L e 1,88 g/L entre os tratamentos (Tabela 1). Esses resultados confirmam a viabilidade do cultivo da espécie em baixas salinidades,

evidenciando sua elevada capacidade de adaptação como organismo eurialino (Roy et al., 2010).

A manutenção da salinidade em níveis estáveis é fundamental, uma vez que *P. vannamei* atua como hiperosmorregulador em ambientes de baixa salinidade. Nessas condições, o desafio osmótico implica aumento do gasto energético para manutenção da homeostase, especialmente por meio da atividade das bombas iônicas branquiais responsáveis por manter a concentração interna de sais superior à do meio externo (Pequeux, 1995).

Assim, a estabilidade salina observada ao longo do experimento contribui para a redução do estresse fisiológico, já que oscilações abruptas podem comprometer o equilíbrio osmótico. Desequilíbrios nesse parâmetro estão associados a prejuízos na ecdise, alterações neuromusculares e redução do crescimento, podendo, em casos extremos, levar à mortalidade (Davis et al., 2002).

Os níveis de amônia total e nitrito durante o estudo apresentaram redução significativa (Tabela 1), mantendo-se em concentrações seguras ao longo do cultivo. As menores médias foram observadas no tratamento T3, com 0,02 mg NH_3 + NH_4^+/L e 0,25 mg NO_2^-/L, respectivamente, indicando adequada eficiência dos processos de nitrificação e maturação da microbiota nitrificante, característica de sistemas bem estabilizados (Kuhn et al., 2010).

A manutenção dos compostos nitrogenados em baixos níveis é essencial para o cultivo de crustáceos, uma vez que amônia e nitrito apresentam elevada toxicidade para esses organismos (Lin; Chen, 2001). O acúmulo desses compostos pode afetar rapidamente parâmetros fisiológicos, destacando-se o nitrito, que interfere na hemocianina ao competir com o oxigênio, comprometendo o transporte de O_2 na hemolinfa, mesmo em condições adequadas de aeração (Chen; Chen, 1999).

Dessa forma, o monitoramento contínuo da qualidade da água é fundamental para a manutenção da saúde dos camarões, pois picos de toxicidade podem causar danos branquiais, induzir estresse oxidativo e reduzir o desempenho zootécnico, podendo levar à mortalidade em situações mais críticas (Romano; Zeng, 2012).

A concentração de fosfato inorgânico na água apresentou aumento significativo ($P = 0,0120$) ao longo do cultivo, variando de 25,06 mg/L (T2) a 27,91 mg/L (T3) (Tabela 1). Esse acúmulo progressivo é esperado em sistemas de cultivo com baixa renovação de água, refletindo o incremento da biomassa e da carga orgânica no sistema (Boyd, 2001).

O monitoramento do fosfato é relevante, uma vez que o fósforo, presente nas rações comerciais, não é totalmente assimilado pelos camarões, sendo eliminado nas fezes e excretas. Seu acúmulo influencia diretamente a dinâmica da qualidade da água, favorecendo o aumento

da produtividade primária e da atividade de microrganismos heterotróficos, com alterações imediatas nos ciclos biogeoquímicos do sistema de cultivo (Avnimelech, 1999; Boyd, 2001).

Embora não apresente toxicidade direta relevante para os camarões, o excesso de fosfato pode desencadear processos de eutrofização, resultando em florações de fitoplâncton e cianobactérias, além de flutuações diurnas de oxigênio dissolvido e pH. Essas alterações podem comprometer o equilíbrio do sistema e aumentar a susceptibilidade dos animais a estresse ambiental e perdas produtivas (Lin; Chen, 2001).

A alcalinidade total durante o estudo variou entre 178,0 e 200,0 mg $CaCO_3$/L (Tabela 1), situando-se acima da faixa recomendada para *Penaeus vannamei* (100–120 mg $CaCO_3$/L), conforme Furtado, Poersch e Wasielesky (2011). O aumento gradual observado, com maiores valores no tratamento T3, indica estabilidade do sistema tampão e adequada capacidade de neutralização de ácidos ao longo do cultivo.

A manutenção da alcalinidade é essencial em sistemas aquícolas intensivos, uma vez que atua diretamente no equilíbrio ácido-base da água e no suporte aos processos metabólicos da biomassa e da atividade microbiana. Além disso, esse parâmetro desempenha papel relevante na disponibilidade de carbonatos e bicarbonatos, fundamentais para a calcificação do exoesqueleto durante o processo de ecdise (Vinatea, 2004).

A deficiência de alcalinidade pode comprometer a formação da cutícula, favorecendo quadros de carapaça mole, redução da proteção mecânica e maior susceptibilidade a estresse e patógenos (Boyd, 2003). Dessa forma, a estabilidade observada contribui para a manutenção das condições fisiológicas adequadas dos camarões ao longo do cultivo.

Em resumo, a análise dos parâmetros físicos e químicos da água evidenciou condições adequadas de cultivo no sistema estudado. Temperatura, pH, oxigênio dissolvido e salinidade permaneceram dentro das faixas recomendadas para a espécie, enquanto a condutividade elétrica e os compostos nitrogenados indicaram estabilidade do sistema iônico e eficiente controle da qualidade da água. Embora tenham sido observados incrementos em nutrientes como fosfato e variações na alcalinidade, tais alterações não comprometeram a estabilidade do ambiente de cultivo. Em conjunto, os resultados indicam um sistema bem controlado, com condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de *Penaeus vannamei* no Semiárido pernambucano.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo demonstraram que *Penaeus vannamei* apresenta elevada capacidade de adaptação às condições de cultivo em água oligohalina no Semiárido pernambucano. A análise dos parâmetros físicos e químicos da água evidenciou condições adequadas para o desenvolvimento da espécie, com manutenção da qualidade da água dentro dos limites recomendados para o cultivo e eficiente controle dos compostos potencialmente tóxicos.

A caracterização bioquímica da hemolinfa revelou concentrações elevadas de glicose em comparação aos valores reportados na literatura, sugerindo maior demanda energética associada aos desafios ambientais e osmorregulatórios característicos do cultivo em águas interiores oligohalinas. Entretanto, os níveis de proteínas totais, colesterol e triglicerídeos permaneceram compatíveis com aqueles considerados fisiologicamente adequados para a espécie, indicando manutenção da homeostase nutricional, metabólica e imunológica dos animais.

Os resultados obtidos sugerem que, apesar das condições ambientais particulares do Semiárido, os camarões foram capazes de manter o equilíbrio fisiológico ao longo do cultivo, evidenciando a plasticidade fisiológica de *P. vannamei* e sua aptidão para sistemas de produção em regiões interiores.

Nesse contexto, o presente estudo reforça a importância do monitoramento conjunto dos parâmetros de qualidade da água e dos indicadores bioquímicos da hemolinfa como ferramentas complementares para a avaliação da saúde, do estado nutricional e do desempenho produtivo dos camarões. Essas informações podem subsidiar estratégias de manejo mais eficientes, contribuindo para o fortalecimento da carcinicultura no Semiárido brasileiro e para o desenvolvimento sustentável da atividade na região.

Os dados gerados constituem uma importante base de referência para futuras pesquisas sobre a fisiologia e a adaptação de *P. vannamei* em condições de baixa salinidade, ampliando o conhecimento científico sobre a produção da espécie em ambientes semiáridos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCC - Associação Brasileira de Criadores de Camarão. Revista da ABCC: Camarão Marinho Cultivado. Natal, RN: ABCC, v. 28, n. 1, abr. 2026. Disponível em: https://abccam.com.br. Acesso em: 3 jun. 2026.

APÚN-MOLINA, J. P.; ROBLES-ROMO, A.; MATSUMOTO, T.; RACOTTA, I. S. Metabolic and immune status of Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* concerning farming conditions. **Latin American Journal of Aquatic Research**, Valparaíso, v. 52, n. 2, p. 254-269, maio 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3856/vol52-issue2-fulltext-3102. Acesso em: 18 maio 2026.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, p. 227-235, 1999. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X. Acesso em: 3 jun. 2026.

BACHÈRE, E.; MIALHE, E.; RODRIGUEZ, J. Identification of defense effectors in the haemolymph of crustaceans with particular reference to the shrimp *Penaeus japonicus* (Bate): prospects and applications. **Fish & Shellfish Immunology**, [s. l.], v. 5, p. 597–612, 1995.

BARRACCO, M. A. M. Mecanismos de resistência a doenças em crustáceos. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. A. P. (Org.). **Sanidade de organismos aquáticos**. São Paulo: Varela, 2004. p. 51–74.

BARRACCO, M. A.; PERAZZOLO, L. M.; ROSA, R. D. Vírus em crustáceos decápodes: o impacto de patógenos emergentes na aquicultura brasileira. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 116-126, 2008.

BOYD, C. E. Water quality standards: pH, temperature, salinity, dissolved oxygen and ammonia. **Global Aquaculture Advocate**, St. Louis, 2001.

BOYD, C. E.; THUNJAI, T. Concentrations of major ions of inland shrimp farms in China, Ecuador, Thailand, and United States. **Journal of the World Aquaculture Society**, [s. l.], v. 34, n. 4, p. 524–532, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00092.x. Acesso em: 13 jul. 2026.

BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018. p. 15–20, 772-774.

CERENIUS, L.; JIRAVANICHPAISAL, P.; LIU, H. P.; SÖDERHÄLL, I. Crustacean immunity. In: SÖDERHÄLL, K. (Ed.). Invertebrate Immunity. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 708. Boston: Springer, 2010.

CHEN, J. C.; LIU, P. C.; LEI, S. C. Toxicities of ammonia and nitrite at different pH levels to the shrimp *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, Amsterdã, v. 117, n. 3–4, p. 207–215, 1993. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90137-H. Acesso em: 13 jul. 2026.

CHEN, Y.; PAN, Z.; LI, X.; YAO, X.; HE, G.; XIE, S. Evaluation of phytosterols as an alternative to cholesterol in practical diets on growth and non-specific immunity of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 2023, art. 7825559, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2023/7825559. Acesso em: 4 jun. 2026.

CHENG, W.; CHEN, J. C. Hemolymph oxygen affinity and the fractionation of oxyhemocyanin and deoxyhemocyanin for *Penaeus monodon* exposed to elevated nitrite. **Aquatic Toxicology**, Amsterdã, v. 45, n. 1, p. 35–46, 1999. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0166-445X(98)00090-3. Acesso em: 13 jul. 2026.

DAVIS, D. A.; SAOUD, I. P.; MCGRAW, W. J.; ROUSE, D. B. Considerations for *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters. In: SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA, 6., 2002, Cancún. **Avances en Nutrición Acuícola VI**... Cancún: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2002.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, Amsterdã, v. 257, n. 1–4, p. 346–358, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019. Acesso em: 21 maio 2026.

EMBRAPA PESCA E AQUICULTURA. O que é aquicultura. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: https://www.embrapa.br/contando-ciencia/pesca-e-aquicultura/-/asset_publisher/pzk4tXFfiHGh/content/o-que-e-aquicultura-/1355746?inheritRedirect=false. Acesso em: 15 maio 2025.

ERFANIFAR, E.; KHOEI, Z. A.; ABOLFATHI, M.; JAHROMI, S. T.; TAEE, H. M.; POURMOZAFFAR, S. Effect of paprika extracts on growth performance, haemolymph chemistry, intestinal microbiota and antioxidant enzyme activities of white-leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 108, n. 3, p. 854-867, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1111/jpn.13936. Acesso em: 5 jun. 2025.

FAO. Pesca e aquicultura globais em resumo 2024: rumo à transformação azul. Roma: FAO, 2024. Disponível em: https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc9290pt. Acesso em: 5 maio 2025.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action. Rome: FAO, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.4060/ca9229en. Acesso em: 10 abr. 2025.

FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bioflocs technology (BFT) systems. **Aquaculture**, Amsterdã, v. 321, n. 1–2, p. 130–135, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.013. Acesso em: 13 jul. 2026.

GONG, H.; LAWRENCE, A. L.; JIANG, D.-H.; CASTILLE, F. L.; GATLIN III, D. M. Lipid nutrition of juvenile *Litopenaeus vannamei* I. Dietary cholesterol and de-oiled soy lecithin requirements and their interaction. **Aquaculture**, v. 190, p. 305-324, 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00414-2. Acesso em: 3 jun. 2026.

JOHANSSON, M. W.; KEYSER, P.; SRITUNYALUCKSANA, K.; SÖDERHÄLL, K. Crustacean haemocytes and haematopoiesis. **Aquaculture**, v. 191, n. 1-3, p. 45–52, 2000.

KUHN, D. D.; SMITH, S. A.; BOARDMAN, G. D.; ANGIER, M. W.; MARSH, L.; FLICK JR., G. J. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. **Aquaculture**, v. 309, p. 109-114, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.014. Acesso em: 3 jun. 2026.

LE MOULLAC, G.; SOYEZ, C.; SAULNIER, D.; ANSQUER, D.; AVARRE, J. C.; LEVY, P. Effect of hypoxic stress on the immune response and the resistance to vibriosis of the shrimp *Penaeus stylirostris*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 8, p. 621-629, 1998. Disponível em: https://doi.org/10.1006/fsim.1998.0166. Acesso em: 3 jun. 2026.

LI, E.; CHEN, L.; ZENG, C.; CHEN, X.; YU, N.; LAI, Q.; QIN, J. G. Effect of nitrite on the physiological responses of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. **Aquatic Toxicology**, v. 89, n. 4, p. 278-284, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2008.07.009. Acesso em: 3 jun. 2026.

LI, J.; AWEYA, J. J.; ZHAO, M.; ZHAO, Y.; LIN, Z.; CHEN, X.; ZHENG, Z.; LI, P.; YAO, D.; ZHANG, Y. Mannose-modified hemocyanin enhances pathogen endocytosis by crustacean hemocytes. **Journal of Biological Chemistry**, art. 110304, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jbc.2025.110304. Acesso em: 2 jun. 2026.

LIN, Y. C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, [s. l.], v. 259, n. 1, p. 109–119, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00227-1. Acesso em: 13 jul. 2026.

LIOU, C.-H.; TO, V.-A.; ZHANG, Z.-F.; LIN, Y.-H. The effect of dietary lecithin and lipid levels on the growth performance, body composition, hemolymph parameters, immune responses, body texture, and gene expression of juvenile white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, Amsterdã, v. 567, art. 739260, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739260. Acesso em: 18 maio 2026.

LORENZON, S.; EDOMI, P.; GIULIANINI, P. G.; METTULIO, R.; FERRERO, E. A. Variation of crustacean hyperglycemic hormone (cHH) level in the eyestalk and haemolymph of the shrimp *Palaemon elegans* following stress. **Journal of Experimental Biology**, [s. l.], v. 207, n. 24, p. 4205-4213, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1242/jeb.01264. Acesso em: 16 maio 2026.

LORENZON, S.; MARTINIS, M.; FERRERO, E. A. Ecological relevance of hemolymph total protein concentration in seven unrelated crustacean species from different habitats measured predictively by a density-salinity refractometer. **Journal of Marine Biology**, [s. l.], v. 2011, p. 1–7, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2011/153654. Acesso em: 13 jul. 2026.

NARCHI, W. **Crustáceos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1973.

NASCIMENTO, Sheyla Priscila Oliveira do. **Inclusão de tanino na dieta do camarão branco-do-Pacífico *Penaeus vannamei* cultivado com salicórnia *Salicornia neei* em sistema de aquaponia**. 2025. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias no Semiárido) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2025.

NUNES, A. J. P. O impacto da temperatura no cultivo de camarões marinhos. **Revista da ABCC**, São Lourenço da Mata, ano 4, n. 1, p. 43-51, abr. 2002.

OSTRENSKY, A.; STEVANATO, D. J.; DAL PONT, G.; CASTILHO-WESTPHAL, G. G.; GIROTTO, M. V. F.; COZER, N.; GARCÍA-MADRIGAL, R. F. de A.; SILVA, U. de A. T. da. **A produção integrada na carcinicultura brasileira**: princípios e práticas para se cultivar camarões marinhos de forma mais racional e eficiente. v. 1. Curitiba: Instituto GIA, 2017.

PAN, L. Q.; FANG, B.; JIANG, L. X.; LIU, J. The effect of temperature on selected immune parameters of the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, [s. l.], v. 38, n. 2, p. 326-332, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00105.x. Acesso em: 2 jun. 2026.

PASCUAL, C.; GAXIOLA, G.; ROSAS, C. Blood metabolites and hemocyanin of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*: the effect of culture conditions and a comparison with other crustacean species. **Marine Biology**, [s. l.], v. 142, n. 4, p. 735-745, abr. 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00227-002-0995-2. Acesso em: 13 jul. 2026.

PEQUEUX, A. Osmotic regulation in crustaceans. **Journal of Crustacean Biology**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 1–60, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.2307/1549010. Acesso em: 13 jul. 2026.

PERAZZOLO, L. M.; GARGIONI, R.; OGLIARI, P.; BARRACCO, M. A. Evaluation of some hemato-immunological parameters in the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* submitted to environmental and physiological stress. **Aquaculture**, Amsterdã, v. 214, n. 1–4, p. 19–33, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00137-0. Acesso em: 13 jul. 2026.

POURMOZAFFAR, S.; HAJIMORADLOO, A.; PAKNEJAD, H.; RAMESHI, H. Effect of dietary supplementation with apple cider vinegar and propionic acid on hemolymph chemistry, intestinal microbiota and histological structure of hepatopancreas in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Fish & Shellfish Immunology**, [S. l.], v. 86, p. 900-905, mar. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.12.019. Acesso em: 13 jul. 2026.

RACOTTA, I. S.; PALACIOS, E. Hemolymph metabolic variables in response to experimental manipulation stress and serotonin injection in *Penaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, [s. l.], v. 29, n. 3, p. 351-356, 1998. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1998.tb00658.x. Acesso em: 13 jul. 2026.

ROMANO, N.; ZENG, C. Osmoregulation in decapod crustaceans: implications to aquaculture productivity, methods for potential improvement and interactions with elevated ammonia exposure. **Aquaculture**, Amsterdã, v. 334-337, p. 12-23, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.12.035. Acesso em: 13 jul. 2026.

ROY, L. A.; DAVIS, D. A.; SAOUD, I. P.; BOYD, C. A.; PINE, H. J.; BOYD, C. E. Shrimp culture in inland low salinity waters. **Reviews in Aquaculture**, v. 2, n. 4, p. 191-208, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x. Acesso em: 05 jun. 2026.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**: uma abordagem funcional e evolutiva. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005.

SÁNCHEZ-PAZ, A.; GARCÍA-CARREÑO, F.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; MUHLIA-ALMAZÁN, A.; YEPIZ-PLASCENCIA, G. Effect of short-term starvation on hepatopancreas and plasma energy reserves of the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 340, n. 2, p. 184-193, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jembe.2006.09.006. Acesso em: 5 jun. 2026.

SANJEEWANI, K.; LEE, K. J. Dietary riboflavin requirement of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**, v. 2023, art. 6685592, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2023/6685592. Acesso em: 2 jun. 2026.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal**: adaptação e meio ambiente. 5. ed. São Paulo: Santos, 2013. p. 284-293.

SHIN, J.; FEYAERTS, J.; HASANTHI, M.; LEE, C.; SHIN, D.; LEE, Y.; LIM, J.; KIM, H. S.; LEE, K. J. Evaluation of a mixture of short-chain and medium-chain fatty acid glycerides as a dietary supplement in diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture International**, v. 31, p. 1483-1498, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10499-022-01037-9. Acesso em: 2 jun. 2026.

SMITH, D. M.; DALL, W. Blood protein, blood volume and extracellular space relationships in two *Penaeus* spp. (Decapoda: Crustacea). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Amsterdã, v. 63, n. 1, p. 1-15, 1982. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0022-0981(82)90046-6. Acesso em: 08 jun. 2026.

SUN, Z.; LIN, P.; MAI, H.; CHEN, L.; WEI, Z.; TAN, B.; YE, C. Metabolomics profiles revealed potential biomarkers of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* under cold and

low salinity stress. **Aquaculture Reports**, v. 40, art. 102633, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.102633. Acesso em: 2 jun. 2026.

VALENCIA-CASTAÑEDA, G.; FRÍAS-ESPERICUETA, M. G.; VANEGAS-PÉREZ, R. C.; CHÁVEZ-SÁNCHEZ, M. C.; PÁEZ-OSUNA, F. Physiological changes in the hemolymph of juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* to sublethal nitrite and nitrate stress in low-salinity waters. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 80, art. 103472, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.etap.2020.103472. Acesso em: 6 jun. 2025.

VAN WYK, P.; DAVIS-HODGKINS, M.; LARAMORE, R.; MAIN, K. L.; MOUNTAIN, J.; SCARPA, J. **Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems**. Tallahassee: Florida Department of Agriculture and Consumer Services, 1999.

VIEIRA, C. B. **Relação do tempo de coagulação com a quantidade de *Vibrio* na hemolinfa de camarões *Litopenaeus vannamei* oriundos de três fazendas de cultivo do estado do Ceará**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

VINATEA, L. A. **Aquicultura**: novas perspectivas. Apostila do curso. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002.

VINATEA, L. A. **Fundamentos de aquicultura**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2004. 349 p.

WANG, W. N.; WANG, A. L.; LIU, Y.; XIU, J.; LIU, Z. B.; SUN, R. Y. Effects of temperature on growth, adenosine phosphates, ATPase and cellular defense response of juvenile shrimp *Macrobrachium nipponense*. **Aquaculture**, v. 256, p. 624-630, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.02.009. Acesso em: 2 jun. 2026.

WIKIPEDIA. **Sistema de Recirculação Aquícola**. Wikipédia, a enciclopédia livre, 2026. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_recirculação_aquícola. Acesso em: 13 jul. 2026.

XU, Z.; GUAN, W.; XIE, D.; LU, W.; REN, X.; YUAN, J.; MAO, L. Evaluation of immunological response in shrimp *Penaeus vannamei* submitted to low temperature and air exposure. **Developmental and Comparative Immunology**, v. 100, 103413, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.dci.2019.103413. Acesso em: 10 jun. 2026.

YE, Y.; ZHU, B.; ZHANG, J.; YANG, Y.; TIAN, J.; XU, W.; DU, X.; HUANG, Y.; LI, Y.; ZHAO, Y. Comparison of Growth Performance and Biochemical Components between Low-Salinity-Tolerant Hybrid and Normal Variety of Pacific White Shrimp (*Penaeus vannamei*). **Animals**, [S. l.], v. 13, n. 18, art. 2837, set. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ani13182837. Acesso em: 8 jun. 2026.

ZHANG, Y.; FENG, W.; XU, H.; WANG, J.; SUN, Y.; WANG, H.; LIU, X.; HAN, T. Effects of low-protein diets with different carbohydrate and lipid ratios on growth performance, antioxidant activity of *Litopenaeus vannamei*, and microbiome in biofloc systems. **Aquaculture**, art. 742122, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.742122. Acesso em: 5 jun. 2026.