

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL-  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA  
E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL**

**ANA PAULA PELINSON DA FONSECA**

**ESTUDOS ZOOTÉCNICOS E METABÓLICOS PARA AVALIAÇÃO DO  
POTENCIAL DO EXTRATO DE *Curcuma longa* COMO ADITIVO PARA PÓS-  
LARVAS DE CAMARÃO *Macrobrachium rosenbergii***

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2022**

**ANA PAULA PELINSON DA FONSECA**

**ESTUDOS ZOOTÉCNICOS E METABÓLICOS PARA AVALIAÇÃO DO  
POTENCIAL DO EXTRATO DE *Curcuma longa* COMO ADITIVO PARA PÓS-  
LARVAS DE CAMARÃO *Macrobrachium rosenbergii***

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação *Stricto Sensu* em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luisa Helena Cazarolli

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2022**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade Federal Da Fronteira Sul

Campus Laranjeiras Do Sul-Pr

Rodovia Br 158 - Km 405

CEP 85301-970

Telefone: (42) 3635-0000

Laranjeiras Do Sul - Pr

Brasil

### Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Fonseca, Ana Paula Pelinson da  
ESTUDOS ZOOTÉCNICOS E METABÓLICOS PARA AVALIAÇÃO DO  
POTENCIAL DO EXTRATO DE Curcuma longa COMO ADITIVO PARA  
PÓS-LARVAS DE CAMARÃO Macrobrachium rosenbergii / Ana  
Paula Pelinson da Fonseca. -- 2023.  
47 f.:il.

Orientadora: Doutora Luisa Helena Cazarolli

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da  
FronteiraSul, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia  
e Desenvolvimento Rural Sustentável, Laranjeiras do  
Sul, PR, 2023.

1. Cúrcuma. 2. Macrobrachium rosenbergii. I.  
Cazarolli, Luisa Helena, orient. II. Universidade  
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

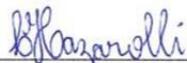
**ANA PAULA PELINSON DA FONSECA**

**ESTUDOS ZOOTÉCNICOS E METABÓLICOS PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO EXTRATO DE  
CURCUMA LONGA COMO ADITIVO PARA PÓS-LARVAS DE CAMARÃO *MACROBRACHIUM  
ROSENBERGII***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.

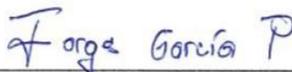
Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 23/02/2023.

**BANCA EXAMINADORA**



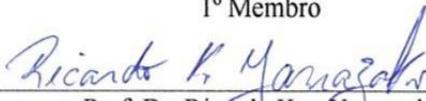
---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Luisa Helena Cazarolli  
Presidente/Orientadora



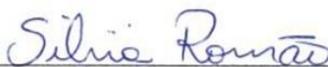
---

Prof. Dr. Jorge Erick Garcia Parra  
1º Membro



---

Prof. Dr. Ricardo Key Yamazaki  
2º Membro



---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Silvia Romão  
Suplente

**Dedico este trabalho ao meu esposo Juliano e ao meu filho Davi, por todo apoio, amor e paciência nesta etapa em nossas vidas.**

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelo dom da vida e pela maravilhosa família a qual Ele me ofereceu.

Da mesma forma, agradeço ao meu marido, Juliano Cruz da Fonseca e ao meu filho Davi Pelinson da Fonseca pela paciência, apoio e carinho a mim dedicados.

À minha mãe Odete Ana Pelinson, por ter me ensinado que nunca devemos desistir.

Em especial minha orientadora Dra. Luisa Helena Cazarolli pela oportunidade que me foi dada em fazer parte do seu grupo, sem mesmo me conhecer.

À querida Milena, que tirou sempre minhas dúvidas e me auxiliou nas análises.

À minha amiga Jaqueline Buratti que foi peça fundamental para que eu entrasse no curso.

Aos meus colegas e professores do mestrado que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Aos animais que foram sacrificados em prol da ciência.

Por fim, agradeço a todos que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para que este trabalho fosse executado com êxito.

É necessário olhar para a frente da colheita, não importa o quão distante isso seja, quando uma fruta for colhida, algo bom aconteceu."

*Charles Darwin*

## RESUMO

Dentre as diversas atividades desenvolvidas na aquicultura, a carcinicultura (criação de camarão) ganha destaque dado o volume de produção mundial, o valor comercial agregado ao produto e o crescimento efetivo no consumo. Uma das espécies utilizadas para o cultivo comercial é o *Macrobrachium rosenbergii*, conhecido como camarão de água doce ou gigante da Malásia. Considerando a necessidade de desenvolvimento da aquicultura bem como o grande potencial da carcinicultura de água doce como atividade econômica e ambientalmente sustentável, a busca por alternativas que visem melhorar as condições fisiológicas e metabólicas dos animais durante o cultivo vem crescendo nos últimos anos e merece destaque. Neste sentido, o uso de suplementações nas rações representa uma opção importante para a melhoria da produção do *M. rosenbergii*. Deste modo este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial do uso do extrato de *Curcuma longa* como suplemento dietético para pós-larvas de camarão *M. rosenbergii* e a influência no crescimento e metabolismo animais durante o cultivo. As pós-larvas de camarões foram alimentadas com ração com adição de extrato de cúrcuma (0,05%, 0,2%, 1%) em duas alimentações diariamente durante 60 dias e o grupo controle recebeu ração sem adição de extrato. Após esse período, os animais foram pesados e medidos e posteriormente sacrificados e o hepatopâncreas e o músculo removidos, homogeneizados e os sobrenadantes dos homogenatos usados para a realização dos ensaios enzimáticos. Foram avaliados os parâmetros zootécnicos (peso, comprimento total e comprimento padrão) e as atividades das enzimas digestivas (tripsina, quimotripsina, amilase, celulase, maltase e lipase), das enzimas do metabolismo de aminoácidos (aspartato-aminotransferase (AST), alalina-aminotransferase (ALT), glutamato desidrogenase) e da citrato sintase, enzima regulatória do Ciclo de Krebs. Os dados obtidos mostram que o extrato de cúrcuma promoveu aumento do ganho em peso no grupo 0,05% comparado ao controle, sendo que os outros parâmetros zootécnicos não foram alterados significativamente pelo tratamento com as diferentes concentrações de cúrcuma. As atividades da lipase, tripsina, quimotripsina e celulase tiveram um aumento significativo da atividade na concentração de 0,05% quando comparado ao grupo controle e aos grupos experimentais. Já as atividades da AST e ALT não apresentaram alterações em nenhum dos tratamentos. Por outro lado, a concentração de 0,05% de extrato de cúrcuma promoveu um aumento significativo da atividade da glutamato desidrogenase quando comparado ao grupo controle e 0,2%. Além disso, ocorreu aumento significativo da atividade de citrato sintase no hepatopâncreas e no músculo dos camarões. Desta forma, o uso da cúrcuma na ração de camarões pode auxiliar no aumento do desempenho produtivo dos animais, com consequente melhoria na composição corporal destes e aumento da disponibilidade de alimentos com composição química de qualidade nutricional superior, satisfazendo o mercado consumidor.

**Palavras-Chave:** Cúrcuma, açafraão da terra, metabolismo, *Macrobrachium rosenbergii*

## ABSTRACT

Among the various activities developed in aquaculture, shrimp farming (shrimp farming) is highlighted given the volume of world production, the commercial value added to the product and the effective growth in consumption. One of the species used for commercial cultivation is *Macrobrachium rosenbergii*, known as the Malaysian freshwater or giant shrimp. Considering the need for aquaculture development as well as the great potential of freshwater shrimp farming as an economically and environmentally sustainable activity, the search for alternatives aimed at improving the physiological and metabolic conditions of animals during cultivation has been growing in recent years and deserves to be highlighted. In this sense, the use of supplementation in diets represents an important option for improving the production of *M. rosenbergii*. Thus, this work aimed to evaluate the potential use of Curcuma longa extract as a dietary supplement for post-larvae shrimp *M. rosenbergii* and the influence on animal growth and metabolism during cultivation. Shrimp post-larvae were fed with feed with added turmeric extract (0.05%, 0.2%, 1%) in two feedings daily for 60 days. After this period, the animals were weighed and measured and subsequently sacrificed and the hepatopancreas and muscle removed, homogenized and the supernatants of the homogenates used to carry out the enzymatic assays. The zootechnical parameters (weight, total length and standard length) and the activities of digestive enzymes (trypsin, chymotrypsin, amylase, cellulase, maltase and lipase), of amino acid metabolism enzymes (aspartate-aminotransferase (AST), alaline-aminotransferase (ALT), glutamate dehydrogenase) and citrate synthase, regulatory enzyme of the Krebs Cycle. The data obtained show that the turmeric extract promoted an increase in weight gain in the 0.05% group compared to the control and that the other zootechnical parameters were not significantly altered by the treatment with the different concentrations of turmeric. Lipase, trypsin, chymotrypsin and cellulase activities had a significant increase in activity at the 0.05% concentration when compared to the control and experimental groups. As for the activities of AST and ALT, they did not change in any of the treatments. On the other hand, the 0.05% concentration of turmeric extract promoted a significant increase in glutamate dehydrogenase activity when compared to the control and 0.2% groups. In addition, there was a significant increase in citrate synthase activity in the hepatopancreas and in the shrimp muscle. availability of foods with chemical composition of superior nutritional quality, satisfying the consumer market.

**Keywords:** Turmeric, turmeric, metabolism, *Macrobrachium rosenbergii*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> <i>Macrobrachium rosenbergii</i> adulto .....	12
<b>Figura 2.</b> Hepatopâncreas de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> . .....	13
<b>Figura 3.</b> Esquema geral do metabolismo energético.....	16
<b>Figura 4.</b> Rizomas de Cúrcuma. ....	17
<b>Figura 5.</b> Sistema de cultivo montado na estufa agrícola no campus de Laranjeiras do Sul na Universidade Federal da Fronteira Sul .....	19
<b>Figura 6.</b> Atividade da enzima lipase no hepatopâncreas de camarão suplementado com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma. ....	26
<b>Figura 7.</b> Atividade das enzimas quimotripsina (A) e tripsina (B) no hepatopâncreas de camarão suplementado com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma.....	27
<b>Figura 8.</b> Atividade das enzimas celulase (A), amilase (B) e maltase (C) no hepatopâncreas de camarão suplementados com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma ...	28
<b>Figura 9.</b> Atividade da enzima citrato sintase no hepatopâncreas (A) e músculo (B) de camarão suplementados com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma.....	31

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Parâmetros zootécnicos em camarões suplementados com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma .....25

**Tabela 2** – Atividade das enzimas AST e ALT de hepatopâncreas de camarão suplementados com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma na ração. ....30

## LISTA DE ABREVIATURAS

aa: Aminoácidos

ADP: Adenosina difosfato

ALT: Alanina aminotransferase

AST: Aspartato aminotransferase

ATP: Adenosina Trifosfato

CAT: Catalase

CF: Comprimento Final

CI: Comprimento Inicial

CS: Citrato sintase

DHA: Ácido docosahexaenóico

DIC: Delineamento Inteiramente Casualizado

FADH<sub>2</sub>: Dinucleótido de flavina e adenina

FAO: Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. Do inglês *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

FC: Fator de Condição

GC: Ganho de Comprimento

GP: Ganho em peso

NADH: Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Fosfato reduzido

PF: Peso Final

PI: Peso Inicial

PL: Pós-larvas

TS: Taxa de Sobrevivência

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	9
1.2 Objetivos.....	10
1.2.1 Geral .....	10
1.2.2 Específicos.....	10
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
2.1 <i>Macrobrachium rosenbergii</i> : FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO E METABOLISMO.....	11
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
3.1 LOCAL E INSTALAÇÕES.....	19
3.2 OBTENÇÃO DO EXTRATO DE <i>Curcuma longa</i> E PREPARO DAS RAÇÕES .....	20
3.3 ESTUDO <i>IN VIVO</i> .....	21
3.4 ANÁLISE DE CRESCIMENTO.....	21
3.5 PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES ENZIMÁTICAS .....	22
3.6 ATIVIDADE DAS ENZIMAS DIGESTIVAS .....	22
3.7 ATIVIDADE DAS ENZIMAS DO METABOLISMO DE AMINOÁCIDOS.....	23
3.7 ATIVIDADE DA ENZIMA DO METABOLISMO ENERGÉTICO .....	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
4.1 PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS .....	25
4.2 ATIVIDADES ENZIMÁTICAS – SISTEMA DIGESTIVO E METABOLISMO ENERGÉTICO .....	26
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a aquicultura vem se destacando como uma atividade competitiva e sustentável na produção de alimentos saudáveis, apresentando contribuição relevante para geração de emprego e renda, bem como na segurança alimentar e nutricional (SIQUEIRA, 2107). Desta forma, deve-se ressaltar a importância crescente da aquicultura, tendo em vista que desenvolvimento sustentável se dá pela promoção do crescimento econômico, com responsabilidade socioambiental (GREGOLIN et al., 2019).

Dentre as diversas atividades desenvolvidas na aquicultura, a carcinicultura (criação de camarão) ganha destaque dado o volume de produção mundial, o valor comercial agregado ao produto e o crescimento efetivo no consumo (FAO, 202). No ano de 2020 a produção mundial de crustáceos atingiu 11,2 milhões de toneladas, sendo que deste total, 294 mil toneladas foram da espécie *Macrobrachium rosenbergii*, conhecido como camarão de água doce ou gigante da Malásia (FAO, 2022).

Esta espécie adapta-se muito bem aos sistemas familiares de produção, por apresentar grande rusticidade, precocidade e fecundidade, tolerância a diferentes taxas de salinidade e temperatura e resistência a doenças, além do fato de não ser agressivo (MOHAN, 2016). Aliado a isso, a carne do camarão de água doce tem uma boa qualidade nutricional, sendo boa fonte de proteínas, aminoácidos essenciais e ácidos graxos polinsaturados (ASAIKKUTTI, 2016; MURALISANKAR, 2015).

No Brasil, o cultivo do *M. rosenbergii* foi introduzido na década de 1970, no entanto o cultivo com fins comerciais só se iniciou na década seguinte e a partir desta data, foi disseminado para quase todos os estados brasileiros (CAVALCANTI, 1998).

Visando atender as demandas do mercado consumidor, durante o cultivo esses animais são mantidos em alta densidade de estocagem, somado ao manejo inerente aos sistemas intensivos de produção (manipulação, reprodução artificial, transporte, biometrias), que podem causar alterações na fisiologia/metabolismo dos animais levando à redução de crescimento, supressão do sistema imunológico e potenciais perdas produtivas (VALENTI, 2002; VALENTI, MALASSEN, BARROS, 2009).

Entre as maiores dificuldades encontradas para o desenvolvimento da carcinicultura de água doce em nosso país, estão a falta de disponibilidade de pós-larvas (PLs) e juvenis, bem como, a falta de mão de obra qualificada para a produção (BARROSO et al., 2007). Ainda dentre outros desafios da carcinicultura, destaca-se a obtenção de animais de qualidade, tanto

em termos de composição corporal quanto de produtividade durante todas as fases de cultivo (FAO, 2022). Alguns estudos têm demonstrado que a qualidade do camarão está diretamente relacionada aos aspectos nutricionais e a disponibilidade de uma dieta ideal é identificada como fator crucial para o desenvolvimento dos animais, bem como o suprimento de suas necessidades energéticas (ZIMMERMAN, 1998; D'ABRAMO, NEW, 2010).

Todos os estágios de desenvolvimento do animal são influenciados pelo tipo de regime alimentar e dieta fornecida, podendo influenciar significativamente nos resultados esperados no manejo (CAVALLI, LAVENS, SORGELOOS, 2001). Considerando a fisiologia do animal, o melhor aproveitamento dos nutrientes está relacionado ao equilíbrio homeostático do organismo em termos metabólicos o que refletirá no maior desempenho produtivo e conseqüentemente, maior ganho econômico para o produtor.

Assim, informações bioquímicas sobre o funcionamento das enzimas e rotas metabólicas de um organismo podem ser úteis na seleção de ingredientes a serem usados em rações, uma vez que o perfil enzimático de um indivíduo está diretamente relacionado com hábitos alimentares e com a dieta a que estão submetidos (FERNÁNDEZ et al., 2002).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Considerando a necessidade do desenvolvimento da aquicultura bem como o grande potencial da carcinicultura de água doce como atividade econômica e ambientalmente sustentável, a busca por alternativas que visem melhorar as condições fisiológicas e metabólicas dos animais durante o cultivo vem crescendo nos últimos anos e merece destaque. Neste sentido, o uso de suplementações nas rações representa uma opção importante para a melhoria da produção do *M. rosenbergii*.

Sendo assim, o uso de *Curcuma longa* como recurso para otimizar a qualidade nutricional de ração animal é um campo de pesquisa que vem atraindo muita atenção, uma vez que já existem relatos sobre as atividades biológicas dos seus compostos ativos melhorando o equilíbrio fisiológico, o desempenho zootécnico, inibindo a ação de patógenos, e com isso aumentando a taxa de sobrevivência (REBECA, BHAVAN, 2014).

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Geral

Avaliar o potencial de uso do extrato de *Curcuma longa* como suplemento dietético para pós-larvas de camarão *M. rosenbergii* e a influência no crescimento e metabolismo dos animais durante o cultivo.

### 1.2.2 Específicos

- Verificar se a suplementação dietética com extrato de *Curcuma longa* apresenta influência sobre os parâmetros zootécnicos durante o cultivo de camarão.
- Avaliar o efeito da suplementação dietética com extrato de *Curcuma longa* sobre a atividade das enzimas digestivas das pós-larvas de camarão.
- Estudar a influência da suplementação dietética com extrato de *Curcuma longa* sobre o metabolismo de aminoácidos e energético das pós-larvas de camarão.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Macrobrachium rosenbergii*: FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO E METABOLISMO

Os camarões do gênero *Macrobrachium* são os maiores da família *Palaemonidae*, podendo atingir 32 cm e pesar 500 g. Esse gênero possui mais de 120 espécies e ocorre nas regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo. Além disso algumas das espécies do gênero são exploradas pela pesca e usadas na aquicultura. Grande parte da carcinicultura desse gênero está focada na espécie *Macrobrachium rosenbergii* (Figura 1) (GAETA, 2013; FAO, 2022).

Com base na fisiologia e no ciclo de vida do *M. rosenbergii* a criação do camarão de água doce pode ser dividida em fases, quais sejam: reprodução – desde a manutenção dos reprodutores até a eclosão das larvas; larvicultura – período compreendido entre a eclosão das larvas e a metamorfose a pós-larvas; recria ou engorda – fase de crescimento dos animais a partir das pós-larvas até atingirem a idade adulta (LOBÃO, 1997; VALENTI, 2002). O *M. rosenbergii* habita tanto ambientes de água doce como água salobra durante o seu ciclo de vida. Durante sua fase larval, esta espécie é totalmente dependente de água de salobra a salgada (salinidade de 12 a 16%), enquanto na sua fase juvenil e adulta é melhor adaptada em água doce (VALENTI, DANIELS, 2000) e pode atingir cerca de 32 cm e pesar 500 g, embora em condições de cultivo comercial seja despescado com peso variando entre 20 e 50 g. Os sistemas de cultivo variam desde extensivo, semi-intensivo e intensivo, sendo realizados como monocultivos ou em policultivos com peixes. Em cada sistema de cultivo, as densidades de estocagem de animais, a mão de obra e os insumos necessários para o desenvolvimento dos mesmos são variáveis e influenciam de maneira determinante os custos de produção (VALENTI, 2002; VALENTI, MALASSEN, BARROS, 2009).

**Figura 1.** *Macrobrachium rosenbergii* adulto



Fonte: [www.aquaonline.com.br](http://www.aquaonline.com.br)

Considerando que as condições ambientais como temperatura, fotoperíodo, salinidade e taxa de alimentação influenciam diretamente o ciclo de vida do camarão de água doce em especial a reprodução e a qualidade dos ovos, larvas e pós-larvas, o controle destes fatores é considerado de suma importância para o sucesso do cultivo comercial (RODRIGUES, ZIMMERMANN, 2004).

Ainda, dentre os diversos fatores, a nutrição constitui o suporte mais importante da produção animal e um dos principais responsáveis pelo sucesso dessa exploração. Atualmente, as pesquisas são dirigidas para determinar requerimentos nutricionais em níveis mais econômicos e procurar alimentos alternativos, de modo a alimentar os animais e produzir a custos economicamente viáveis, com baixo impacto ambiental (VALENTI, 2009).

Os camarões podem ser classificados quanto ao hábito alimentar como onívoros, além disso, é considerado um predador oportunista (ALBERTONI et al., 2003). Sendo assim, possuem uma alimentação variada já que são organismos normalmente bentônicos se alimentando de detritos, poliquetas, anfípodes, algas, dentre outros (ANDREATTA, BELTRAME, 2004).

A digestão destes crustáceos envolve diversas etapas desde a captura do alimento, a ingestão e a liberação de fezes e produtos nitrogenados. Essas etapas compreendem fatores: físicos que incluem a apreensão, a mastigação e maceração do alimento; e químicos que incluem secreção de ácidos e atividades de enzimas promovendo a “quebra” dos nutrientes (proteínas, carboidratos e lipídeos) em biomoléculas menores passíveis de absorção (CYRINO, FRACALOSSO, 2013).

Diversos trabalhos mostram que as demandas energéticas destes animais têm nas proteínas e nos lipídios duas fontes primárias de elementos nutricionais importantes para seu crescimento e desenvolvimento, no qual o hepatopâncreas desempenha uma função importante não somente na distribuição dos nutrientes, mas também no processo digestório (MURIANA, 1993; D'ABRAMO, 1998; TIDWELL et al., 1998; MUKHOPADHYAY et al., 2003). O hepatopâncreas é um conjunto de tubos que possui uma rede de fibras que permitem movimentos peristálticos e é responsável por fazer absorção, transporte e armazenamento de minerais, lipídios e glicogênio (BARRACCO et al., 2014). De acordo com NUNES et al. (2013) o hepatopâncreas é um órgão proeminente do intestino, devido ao seu volume e complexidade (ICELY, NOTT, 1992), e está localizado na região cefalotorácica e representando 2-6% do peso do corpo, em crustáceos (CECCALDI, 1989).

**Figura 2** - Hepatopâncreas de *Macrobrachium rosenbergii*.



Fonte: Registrado pela autora, 2021.

Em camarões as enzimas mais importantes no processo de digestão de proteínas são a quimotripsina e tripsina, sendo que sua atividade pode variar em função de alguns fatores genéticos ou alimentares (HERNÁNDEZ, MURUETA, 2009). As proteínas são constituintes estruturais, funcionais e energéticos dos tecidos e tem um importante papel na postura, fertilização e desenvolvimento normal dos embriões de crustáceos (GARCIA-GUERRERO et al., 2003; RODRIGUEZ-GONZÁLEZ et al., 2006). Estas enzimas são responsáveis pelas quebras de ligações peptídicas que se encontram dentro das proteínas, mais especificamente atuam como serina-proteases tendo suas atividades descritas para diversas espécies de

camarão (CARRILLO-FARNÉS et al., 2007). Diversos estudos têm relacionado os níveis de atividade da quimotripsina e tripsina com maior disponibilidade de aminoácidos e crescimento dos animais durante o cultivo (TSAI et al., 1986; GARCIA-CARREÑO et al., 1994; FERNANDEZ GIMENEZ et al., 2002).

Os triacilgliceróis advindos da dieta são hidrolisados pelas enzimas lipases durante a digestão gerando glicerol e ácidos graxos que são absorvidos pelas células intestinais e disponibilizados aos tecidos onde são usados como fonte de energia e atuam na manutenção da integridade funcional das biomembranas (RIVERA-PÉREZ, et al., 2010; D'ABRAMO; NEW, 2010). Existem relatos na literatura que a atividade de lipases varia em função da dieta e do estágio de desenvolvimento dos animais nas diferentes espécies de camarão como o *M. rosenbergii* e o *L. vannamei* (GAMBOA-DELGADO et al., 2003; RIVERA-PÉREZ et al., 2010; ASAIKKUTTI et al., 2016). Diversos estudos têm demonstrado que durante períodos de grande demanda energética, como a muda e a gametogênese, ocorre uma marcante mobilização de lipídios, principalmente aqueles presentes no hepatopâncreas (KUCHARSKI, SILVA, 1991; ROSA, NUNES, 2003; OLIVEIRA et al., 2006).

Os carboidratos são relevantes biomoléculas, pois estão diretamente relacionados com o fornecimento de energia imediata para a célula e conseqüentemente tem grande importância na dieta por funcionarem como fonte primária de energia e pouparem o uso de recursos metabolicamente custosos como proteínas e aminoácidos, e em uma proporção correta podem vir a diminuir os custos das rações (GAETA, 2013). Esses carboidratos podem ser armazenados pelos camarões na forma de glicogênio, no hepatopâncreas, onde apresenta uma maior atividade celular para amilases e celulasas do que quando comparados com camarões marinhos (CHUANG et al., 1985). Dados da literatura sobre o metabolismo de carboidratos em crustáceos confirmam a presença das vias de glicogênese, de glicogenólise e de glicólise em diferentes tecidos (MEENASKI e SCHEER, 1968; CHANG e O'CONNOR, 1983). As brânquias, os hemócitos, o músculo e o hepatopâncreas têm sido propostos como sítios para ocorrência da via gliconeogênica (JOHNSTON e DAVIES, 1973; THABREW et al., 1971; OLIVEIRA e DA SILVA, 1997).

Segundo CHANG e O'CONNOR (1983) a glicose é o principal monossacarídeo presente na hemolinfa de crustáceos, tendo seis destinos principais: a síntese de mucopolissacarídeos, a síntese de quitina, a síntese de ribose e nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato reduzido (NADPH), a formação de piruvato e a síntese de glicogênio (HOCHACHKA et al., 1970; HERREID, FULL, 1988).

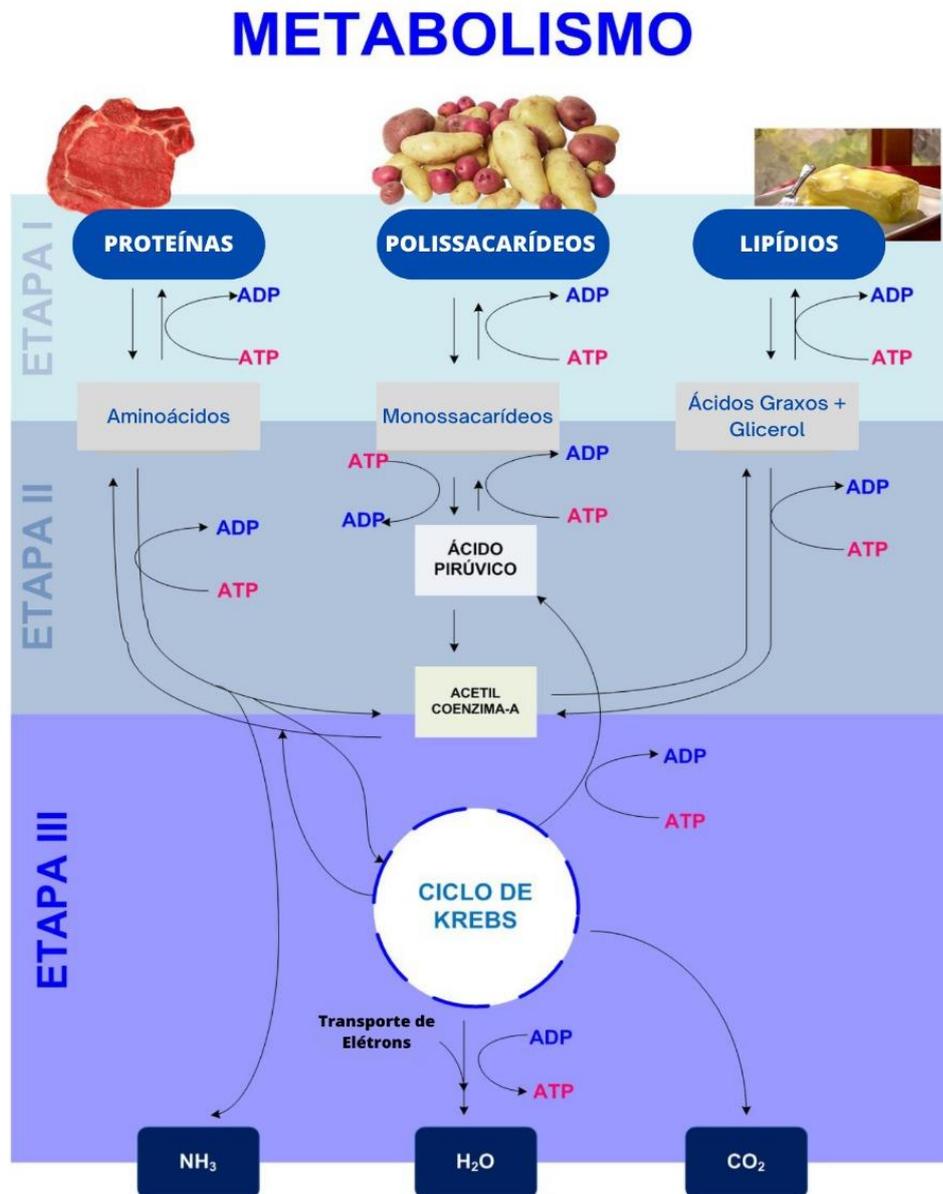
O metabolismo energético dos animais é composto de diversas vias bioquímicas, tanto catabólicas quanto anabólicas. A primeira via catabólica a ser descrita foi a glicólise, que é um processo anaeróbico onde ocorre a conversão de uma molécula de glicose em duas moléculas de piruvato, com a produção de duas moléculas de ATP e de NADH. Isso ocorre através de 10 reações sequenciais catalisadas por enzimas (BERG et al., 2002).

O ciclo de Krebs ou ciclo do ácido tricarboxílico é uma via catabólica central em que o citrato formado a partir de oxaloacetato e acetil CoA é oxidado produzindo CO<sub>2</sub>, sendo que a energia desta oxidação é armazenada na forma das coenzimas reduzidas NADH e FADH<sub>2</sub> e ATP. Isto ocorre por meio de oito etapas catalisadas por enzimas, onde os intermediários podem provir de outros pontos do metabolismo ou serem desviados para a síntese de outras moléculas (NELSON; COX, 2014). A regulação do ciclo de Krebs ocorre nas etapas catalisadas pelas suas enzimas marcapasso: citrato sintase, isocitrato desidrogenase e  $\alpha$ -cetogluturato desidrogenase. Após uma volta completa do ciclo de Krebs, uma molécula de piruvato terá produzido três moléculas de NADH, uma molécula de FADH<sub>2</sub> e um ATP (BERG et al., 2002). A citrato sintase (CS) é uma enzima catalisadora da primeira etapa do ciclo de Krebs e serve como indicadora do metabolismo aeróbico (COOPER et al., 2002).

Outros substratos que podem ser utilizados no metabolismo energético incluem os aminoácidos adquiridos da dieta. Quando em excesso, são continuamente metabolizados através de reações de transaminações e desaminações oxidativas e convertidos em glicose ou ácidos graxos. Ainda considerando o metabolismo energético, a via da gliconeogênese cumpre o papel de sintetizar glicose durante períodos de jejum e assim manter a glicemia dos animais. Quando se fala especificamente do metabolismo de aminoácidos, as reações de transaminação e desaminação oxidativa são catalisadas pelas enzimas alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST) e glutamato desidrogenase, estas enzimas desempenham papel essencial atuando tanto na síntese e quanto na degradação de aminoácidos (NELSON, COX, 2014).

A sequência de transformações ao longo das rotas metabólicas depende da eficiência enzimática que pode ser avaliada pela medição da atividade enzimática (LEMOS et al., 2003). A caracterização e a elucidação dessas vias ativadas ou inibidas durante os estágios de desenvolvimento de um organismo podem ser ferramentas importantes para auxiliar na seleção de ingredientes a serem incluídos na dieta e otimizar a utilização dos nutrientes através de maior absorção e disponibilidade dos mesmos para o metabolismo celular (LEE et al., 1980; CARRILLO-FARNÉS et al., 2007).

Figura 3- Esquema geral do metabolismo energético.



Fonte: <https://www.investigencias.com/componentes/quimica>

## 2.2 CÚRCUMA (*curcuma longa*)

Dentre as diversas espécies vegetais que podem apresentar potencial para uso como suplementos dietéticos destaca-se a cúrcuma (*Curcuma longa*), a qual pertence à família Zingiberaceae, e se caracteriza por ser um arbusto perene de origem Asiática, em especial da Índia. Esta planta é conhecida popularmente como "turmeric" em países de língua inglesa e no Brasil, suas denominações populares são cúrcuma, açafrão ou açafrão da terra (GUPTA et al., 2013; PERRONE e al., 2015).

**Figura 4.** Rizomas de Cúrcuma.



Fonte: <https://www.asimplevista.com/cuentalo/curcuma-cancer-investigacion/>

A composição química da cúrcuma/turmérico é bastante variada, tendo como principais classes de compostos os terpenos voláteis, presentes no óleo essencial de diferentes partes do vegetal, além dos curcuminoides, componentes majoritários da fração não-volátil. Estes ocorrem em maior proporção nos rizomas da planta, com destaque para curcumina (CUR), desmetoxicurcumina (DMC) e bisdesmetoxicurcumina (BDMC), além de curcuminoides minoritários. Há diversos registros sobre as atividades biológicas da cúrcuma e/ou dos curcuminoides como antiinflamatório, imunoestimulante, antioxidante, antimicrobiano. Além disso, apresenta efeitos estimulatórios sobre a secreção e atividade de enzimas digestivas, na secreção de insulina, no metabolismo de lipídeos bem como efeito potencial em diferentes enfermidades, como doenças neurodegenerativas, doenças parasitárias e em alguns tipos de câncer (GUPTA et al., 2013; PERRONE e al., 2015).

Os estudos de suplementação com a cúrcuma ou os curcuminoides em organismos aquáticos indicam que esta planta apresenta elevado potencial de aplicação como suplemento dietético. A incorporação do extrato de cúrcuma na alimentação de tilápias (*Oreochromis niloticus*) e carpas (*Cyprinus carpio*) promoveu aumentos significativos nos parâmetros de ganho de peso, crescimento e eficiência alimentar. Além disso, promoveu aumento na atividade de enzimas digestivas e antioxidantes no intestino, fígado e plasma, reduziu marcadores de estresse oxidativo tecidual e plasmático, promoveu melhorias em termos de composição cor-

poral (conteúdo de lipídeos e proteínas), aumentou a capacidade de resposta imune e a resistência dos peixes frente ao desafio com patógenos diversos (MAHMOUD et al., 2014; MAHMOUD et al., 2017; CAO et al., 2015; JIANG et al., 2016; ABDEL-TAWWAB, ABBASS, 2017).

Além dos efeitos da cúrcuma em peixes, também existem alguns relatos na literatura sobre a ação da cúrcuma em camarões como o *M. rosenbergii*, indicando que a suplementação nestes animais pode promover melhorias na ingestão e assimilação de nutrientes, aumento de ganho em peso e crescimento, melhora no sistema de defesa antioxidante e redução de estresse oxidativo, bem como maior resistência dos animais frente a patógenos (VANICHKUL et al., 2010; REBECCA, BHAVAN, 2014; SALINI, THOMAS, 2017; SALINI, THOMAS, 2018). No entanto, estudos da influência da suplementação com cúrcuma sobre a atividade de enzimas digestivas bem como aquelas do metabolismo energético em *M. rosenbergii* ainda são escassos. Desta forma, o uso do extrato de cúrcuma como suplemento para pós-larvas de camarão pode contribuir sobremaneira para melhorar a condição fisiológica e metabólica dos animais durante o cultivo.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 LOCAL E INSTALAÇÕES

Este trabalho foi desenvolvido nos laboratórios de Experimentação e Bioquímica e Genética e em estufas pertencentes à Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, campus Laranjeiras do Sul, PR. Os camarões de água doce *M. rosenbergii* utilizados durante a execução do presente trabalho foram provenientes da unidade amostral de carcinicultura de água doce em estufa agrícola da UFFS campus Laranjeiras do Sul.

A água utilizada foi oriunda do abastecimento da própria universidade. A fim de garantir a qualidade e visando a economicidade da água do meio ambiente, foi utilizado sistema de recirculação com biofiltros em fluxo contínuo, utilizando bomba com capacidade de vazão média de 200 L/h. Os biofiltros foram montados em caixas d'água com capacidade para 100 L.

No interior dos biofiltros foram inseridas pedras britadas e partículas/pedaços de tubulações de eletrodutos, cortados de maneira homogênea, com dimensões de 2 cm. Os biofiltros ainda contaram com aeração contínua e aquecedor com termostato, visando a manutenção de boas taxas de oxigênio dissolvido (OD) e temperatura da água constante. Na estufa, fizeram parte da estrutura do experimento 16 caixas d'água com capacidade para 100 L, com 90 L de água cada. Diariamente foi coletada e registrada a temperatura da água bem como semanalmente foram mensuradas as variáveis: amônia, nitrito, alcalinidade, dureza, pH e oxigênio dissolvido (OD) no sistema de cultivo.

**Figura 5** - Sistema de cultivo montado na estufa agrícola no campus de Laranjeiras do Sul na Universidade Federal da Fronteira Sul.



Fonte: Registrado pela autora, 2021.

### 3.2 OBTENÇÃO DO EXTRATO DE *Curcuma longa* E PREPARO DAS RAÇÕES

Os rizomas da cúrcuma foram coletados em propriedade rural no município de Laranjeiras do Sul, PR, levados ao laboratório e limpos com água corrente, sendo eliminados as raízes dos rizomas pequenas. Em seguida, foram higienizadas e sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio (10 mL/L) por 15 min. Para o enxágue, os rizomas foram imersos em água destilada para retirada do resíduo de hipoclorito de sódio, sendo posteriormente a água em excesso removida por drenagem. Os rizomas da cúrcuma foram secos em estufa com circulação de ar forçada (Odontobras modelo AL- 102/480) à 50 °C até massa constante e após foram moídos em um liquidificador industrial (LQI-06, Vitax, Brasil) até obter um pó uniforme. A granulometria do pó foi padronizada em peneira doméstica de metal.

O extrato de açafrão foi obtido através de extrator Soxhlet (Marconi, modelo MA-487/8, Brasil) utilizando etanol absoluto como solvente mantendo a amostra moída em cartucho de celulose. A temperatura do sistema foi ajustada de acordo com a ebulição do solvente mantendo um gotejamento constante sobre a amostra. O tempo de extração foi de aproximadamente 8 horas. Após a extração, o solvente foi removido em evaporador rotativo (Quimis, modelo Q344M1, Brasil) sob vácuo a 60 °C até massa constante. A massa de extrato seco foi obtida por diferença em relação ao balão vazio.

Foi realizada a adição do extrato de cúrcuma (0,05, 0,2 e 1%) através da incorporação na ração. As concentrações escolhidas para o experimento foram baseadas em estudos na literatura com o uso do extrato de cúrcuma na estabilidade oxidativa da manteiga (GOMES, 2018), em ração de peixes (MAHMOUD et al., 2014) e em ração de camarões (REBECA, BHAVAN, 2014). Para isso, o extrato seco foi dissolvido em etanol 90% e incorporado à ração comercial (contendo 36% de proteína) específica para a fase de pós-larvas/juvenis. Para este processo a ração comercial foi moída, umedecida com as soluções dos extratos em diferentes concentrações e novamente peletizada. A seguir as rações foram levadas a uma estufa com circulação de ar forçada, por um período de 12 horas a 35 °C. Após o processo de secagem e trituração da ração, as dietas foram mantidas e conservadas sob refrigeração de 4 °C durante o período de suplementação.

### 3.3 ESTUDO *IN VIVO*

Por se tratar de animais não pertencentes ao Filo Chordata (vertebrados) não houve a necessidade de submissão do projeto ao CEUA. O procedimento experimental foi realizado utilizando-se quatro tratamentos com quatro repetições cada, dispostos de forma completamente aleatória (DIC). Os animais foram divididos em diferentes grupos, controle e tratados: o grupo controle (TC) recebeu ração balanceada baseada em ração comercial sem adição de extrato; o grupo de tratamento 1 (T1) recebeu ração balanceada suplementada com 0,05% do extrato de cúrcuma; o grupo de tratamento 2 (T2) recebeu ração balanceada suplementada com 0,2% do extrato de cúrcuma; o grupo de tratamento 3 (T3) recebeu ração balanceada suplementada com 1% do extrato de cúrcuma.

A ração foi fornecida em quantidade de 10% em relação a biomassa total, dividida em duas alimentações diárias, uma pela manhã (8:00h) e outra na parte da tarde (17:00h). Os animais foram dispostos em tanques com capacidade para 100 L sendo a densidade inicial de estocagem de 0,4 animais por litro (40 animais/tanque). Para realização do experimento foram utilizados animais em torno de 0,06 g de peso e 0,5 cm de comprimento.

O período de suplementação teve duração de 60 dias sendo que neste período foi realizado o acompanhamento diário dos animais e da qualidade da água do sistema.

Ao final do período de suplementação os animais foram alimentados e após 1 hora da alimentação os mesmos foram coletados, pesados e medidos, anestesiados em banho de gelo e sacrificados por aprofundamento do estado anestésico em banho de gelo para posterior remoção do hepatopâncreas e músculo para avaliações bioquímicas.

### 3.4 ANÁLISE DE CRESCIMENTO

Foram realizadas biometrias totais, no início e ao final do ensaio, mensurando peso, comprimento total (CT) e comprimento padrão (CP). Estes parâmetros foram determinados utilizando uma balança digital de elevada precisão e uma régua. Diariamente, durante o período de suplementação, possíveis mortes foram contadas e os animais retirados dos tanques. Posteriormente foram calculados os parâmetros zootécnicos conforme descrito abaixo:

$$\text{Fator de condição: } K = (((\text{peso}/\text{comprimento total})^3) * 100)$$

Ganho em peso (%):  $GP = [(P_{\text{final}} - P_{\text{inicial}})/100]$ ;

Taxa de sobrevivência (TS):  $TS = [(\text{animais vivos no final do experimento})/(\text{total de animais estocados}) \times 100]$

Taxa de crescimento específico (TCE):  $TCE = [(\ln(P_{\text{final}}) - \ln(P_{\text{inicial}})) / \text{tempo} \times 100]$

### 3.5 PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES ENZIMÁTICAS

Para análise dos parâmetros bioquímicos e atividade enzimática o hepatopâncreas e o músculo foram homogeneizados em tampão Tris-HCl 50 mM pH 7,4 com auxílio de homogeneizador elétrico IKA® T10 basic, e após centrifugados em centrífuga refrigerada (Sigma, 3-16 KL) a 4 °C por 10 minutos em 12500 xg. O sobrenadante, obtido após a centrifugação, foi retirado e utilizado para as determinações. Para determinação de proteína foi utilizado o método de Bradford (1976) utilizando sobrenadante dos homogenatos e albumina bovina como padrão.

### 3.6 ATIVIDADE DAS ENZIMAS DIGESTIVAS

A dosagem das dissacaridases/glicosidases (maltase) foi realizada em microplaca de fundo chato de 96 poços com leitura em 505 nm. As amostras foram incubadas em banho-maria com controle de temperatura a 25 °C. Para o início da dosagem 50 µL da amostra foi incubado com 20 µL de tampão maleato 86 mM (pH 6,0) por 5 minutos, posteriormente foi adicionado 30 µL de substrato (maltose 0,112 µM) e o meio de reação foi incubado por 5 minutos a 25 °C. Para identificação da atividade das enzimas, foi realizada a dosagem de glicose ao final do período de incubação, utilizando kit comercial da Gold Analisa®, seguindo as recomendações do fabricante. Os resultados foram expressos como U/mg de proteína, onde  $U = \mu\text{mol de glicose/ min/ mg de proteína}$  (DAHLQVIST, 1984, PEREIRA et al., 2011).

A dosagem da amilase e lipase foi realizada por meio de kit comercial, seguindo as recomendações do fabricante (GoldAnalisa®), adaptado para microplaca de 96 poços de fundo chato (SEIXAS-FILHO, 2003). A leitura foi realizada em leitora de microplaca (Multiskan FC- Thermo Scientific) e o resultado foi expresso em U/L/mg de proteína.

A atividade da quimotripsina foi determinada segundo o método de Hummel (1959) adaptado para microplaca. Para a determinação da atividade dessa enzima utilizou-se o

substrato *benzoyl tyrosine ethyl ester* (BTEE). A incubação dos extratos foi realizada por dois minutos em microplaca ultravioleta de fundo chato com leituras de 10 segundos, utilizando tampão Tris/CaCl<sub>2</sub> 0,8 mM em pH 7,8. As análises foram realizadas em triplicata e as leituras foram realizadas em leitora de microplaca (Multiskan FC- Thermo Scientific) com comprimento de onda ajustado para 256 nm e 30 °C. Foi utilizada uma unidade de quimotripsina para definir a quantidade de enzima necessária para formar 1 µmol de etanol/minuto. O coeficiente de extinção molar utilizado para o cálculo da enzima foi de 964 M e o resultado foi expresso em nmol/min/mg de proteína.

A atividade da tripsina foi determinada segundo o método de Hummel (1959) adaptado para microplaca. Para a determinação da atividade dessa enzima utilizou-se o substrato *α-p-toluenesulphonyl- L-arginine methyl ester hydrochloride* (TAME), a incubação dos extratos foi realizada por dois minutos em microplaca ultravioleta de fundo chato com leituras de 10 segundos, utilizando tampão Tris/CaCl<sub>2</sub> 0,2 M em pH 8,1. As análises foram realizadas em triplicata e as leituras foram realizadas em leitora de microplaca (Multiskan FC- Thermo Scientific) com comprimento de onda ajustado para 247 nm e 30 °C. Foi utilizada uma unidade de tripsina para definir a quantidade de enzima necessária para formar 1 µmol de Na-p-Tosyl-L-Arginine/minuto. O coeficiente de extinção molar utilizado para o cálculo da enzima foi de 540 M e o resultado expresso em nmol/min/mg de proteína.

A atividade da celulase foi determinada segundo metodologia de Niiyama, Toyohara (2011). A quantidade de açúcar redutor formada foi medida pelo método do nitroblue tetrazólio (NBT) a 660 nm. D-glicose foi usada como padrão para a curva de calibração e os resultados foram expressos em µmol/min/mg proteína.

### 3.7 ATIVIDADE DAS ENZIMAS DO METABOLISMO DE AMINOÁCIDOS

A atividade das enzimas aspartato-aminotransferase (AST) e atividade de alanina-aminotransferase (ALT) nos sobrenadantes dos homogenatos de hepatopâncreas foram determinadas utilizando kits comerciais e seguindo as instruções dos fabricantes. A atividade da enzima glutamato desidrogenase foi determinada pela metodologia de Doherty (1970) com modificações (Botman *et al.*, 2014).

Para avaliar a atividade de desaminação oxidativa o sistema de reação foi formado por: tampão Tris-HCl pH 7,5 200 mM, NAD<sup>+</sup> 38 mM, ADP 80 mM, glutamato 400 mM. A reação foi iniciada pela adição dos sobrenadantes dos homogenatos sendo a velocidade de

redução do  $\text{NAD}^+$  acompanhada a 340 nm por 5 minutos. Os resultados foram expressos como mmol/min/mg proteína.

### 3.7 ATIVIDADE DA ENZIMA DO METABOLISMO ENERGÉTICO

A atividade da enzima citrato sintase (CS) nos homogenatos de músculo e hepatopâncreas foi determinada segundo o método descrito por Saborowski e Buchholz (2002), a partir da quantificação do complexo formado entre CoA liberada com o DTNB do meio.

A reação foi iniciada pela adição de oxaloacetato ao meio. O sistema de reação foi composto por tampão Tris-HCl 50 mM (pH 7,4), cloreto de potássio 100 mM, EDTA 1 mM, 5,5'- Ditio-bis-(ácido 2-nitrobeizóico) (DTNB) 0,2 mM, acetil Coenzima A 0,2 mM e oxaloacetato 0,5 mM. A leitura foi realizada a 25°C, em 412 nm, o resultado foi expresso em nmol/ min / mg de proteína.

### 3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram descritos como médias e desvio padrão. A normalidade e a homoscedasticidade dos dados foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Os grupos dos diferentes tratamentos foram avaliados por meio do teste ANOVA-fator único seguido de comparação de médias por teste de Tukey com nível de significância para  $p < 0,05$ .

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS

Buscando analisar o efeito da suplementação da ração com extrato de cúrcuma sobre o crescimento dos animais, foram mensurados alguns parâmetros zootécnicos. Como pode ser observado na tabela 1 a suplementação com o extrato de cúrcuma promoveu aumento do ganho em peso no grupo 0,05% comparado ao controle. Os outros parâmetros zootécnicos não foram alterados significativamente pelo tratamento com as diferentes concentrações de cúrcuma.

**Tabela 1** – Parâmetros zootécnicos em camarões suplementados com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma.

	Tratamentos			
	Controle	0,05%	0,2%	1%
GP (%)	76,66 ± 30,44	106,31 ± 38,05*	93,1 ± 40,51	71,03 ± 35,52#
TCE (%)	1,49 ± 0,71	1,55 ± 1,19	1,80 ± 0,75	0,82 ± 1,03
TS (%)	30,47 ± 11,12	34,37 ± 13,69	35,15 ± 16,26	34,37 ± 20,54
FCi (FCi)	1,71 ± 0,45	1,70 ± 0,51	1,60 ± 0,43	1,76 ± 0,48
FCf (FCf)	6,41 ± 1,90	6,84 ± 1,68	6,55 ± 1,85	5,69 ± 2,53

Dados apresentados como média ± desvio padrão com triplicata em cada tratamento. \* p<0,05 significativo em relação ao grupo controle; # p<0,05 significativo em relação ao grupo 0,05%. Ganho em peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de sobrevivência (TS), fator de condição inicial (FCi) e fator de condição final (FCf).

Estudos indicam que há uma grande variação em termos de crescimento quando adicionado extrato de cúrcuma às rações de animais aquáticos. Este tipo de variação pode ser determinado pela fonte da cúrcuma, forma de preparo do extrato, concentrações dos curcuminoides, pela espécie de animal utilizado, idade, sexo e condições experimentais como período de alimentação, temperatura, densidade de estocagem dentre outros fatores (HASSAN et al., 2018; YILMAZ et al., 2012; FAGNON, CALVEZ, 2020). A incorporação do extrato de cúrcuma ou de curcumina na alimentação de tilápias (*Oreochromis niloticus*), carpas (*Cyprinus carpio*) ou camarão (*M. rosenbergii*) em faixas de concentrações variando de 0,13 mg/kg (SALINI, THOMAS, 2017; SALINI, THOMAS, 2018), 50 a 200 mg/kg até 1 a 5 g/kg (MAHMOUD et al., 2017; JIANG et al., 2016; ABDEL-TAWWAB, ABBASS, 2017) promoveram aumentos significativos nos parâmetros zootécnicos, em especial o ganho em

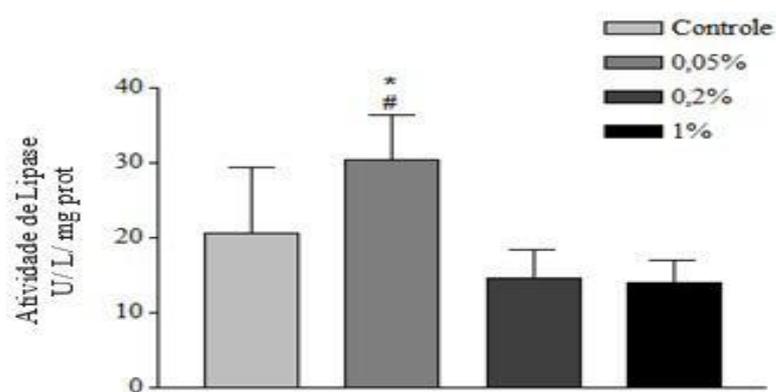
peso e aumento de dimensão. Os trabalhos de Salini e colaboradores (2017, 2018) com camarão *M. rosenbergii* demonstraram que a curcumina é o principal composto que influencia o crescimento dos animais quando comparada ao controle e à desmetoxicurcumina e bisdesmetoxicurcumina. Por outro lado, estudos utilizando concentrações de extrato de cúrcuma nas concentrações de 0,25, 0,50, 1, 3 e 5% não observaram alterações significativas nos parâmetros zootécnicos de tilápias (*Oreochromis niloticus*) ou camarão (*M. rosenbergii*) (MAHMOUD et al., 2014; REBECCA, BHAVAN, 2014).

Os dados da literatura e os resultados deste trabalho reforçam a hipótese de que a fonte da cúrcuma, o método de preparo do extrato e a sua composição em termos de constituintes majoritários é determinante para os efeitos promotores de crescimento relacionados a esta planta.

#### 4.2 ATIVIDADES ENZIMÁTICAS – SISTEMA DIGESTIVO E METABOLISMO ENERGÉTICO

A fim de verificar se a suplementação com *C. longa* pode influenciar no processo digestório e de aproveitamento dos nutrientes, foram avaliadas as atividades das principais enzimas digestivas relacionadas ao metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas. Como pode ser observado na figura 6 a inclusão do extrato de cúrcuma promoveu um aumento significativo da atividade da lipase na concentração de 0,05% quando comparado ao grupo controle e aos grupos experimentais.

**Figura 6.** Atividade da enzima lipase no hepatopâncreas de camarão suplementado com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma.

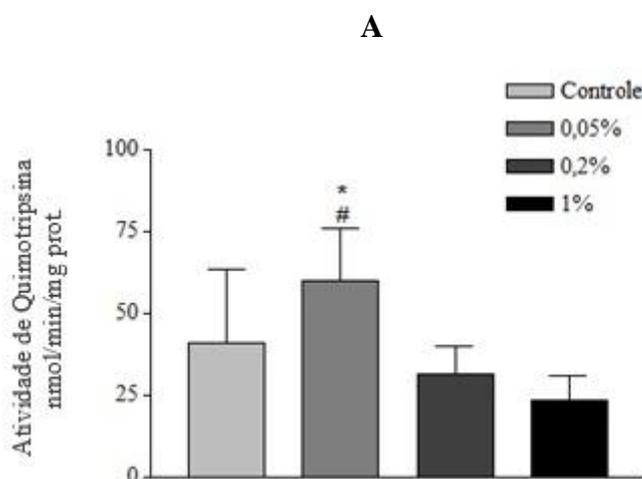


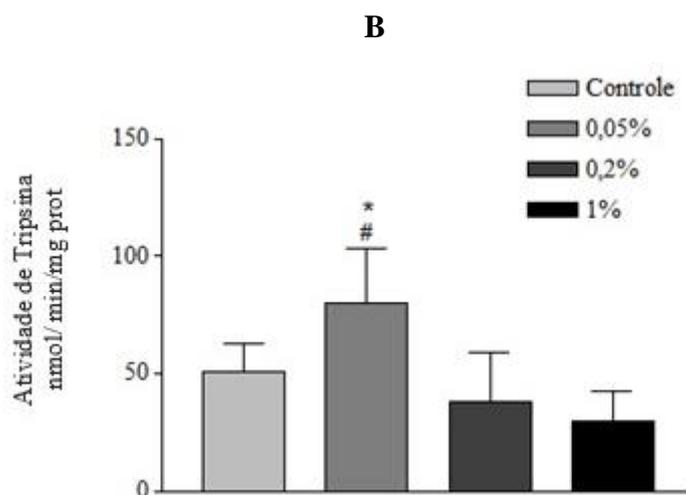
Os valores são expressos como média  $\pm$  DP com triplicata em cada tratamento. \*  $p <$

0,05 significativo em relação ao grupo controle; #  $p < 0,05$  significativo em relação aos grupos 0,2% e 1%.

Como pode ser observado na figura 7, a concentração de 0,05% promoveu um aumento significativo nas atividades da tripsina e quimotripsina quando comparadas aos respectivos grupos controle e grupos experimentais. Em termos de proteínas, as necessidades do *M. rosenbergii* variam entre 30 e 35% da dieta. Assim, a quantidade, a qualidade da proteína fornecida e a atividade das proteases são essenciais para que se garanta aminoácidos disponíveis para síntese de proteínas teciduais e crescimento e em um segundo momento, o uso desses aminoácidos como fonte de energia (D'ABRAMO, 1998; D'ABRAMO, NEW, 2010). O aumento da atividade destas enzimas está associado a uma melhora na capacidade de digestão de proteínas induzida pela cúrcuma levando a um aumento na disponibilidade de aminoácidos para absorção e conseqüentemente para o metabolismo celular.

**Figura 7.** Atividade das enzimas quimotripsina (A) e tripsina (B) no hepatopâncreas de camarão suplementado com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma.



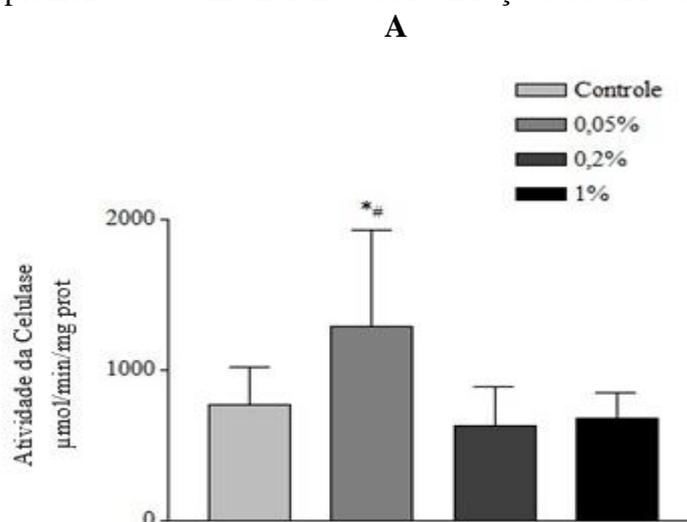


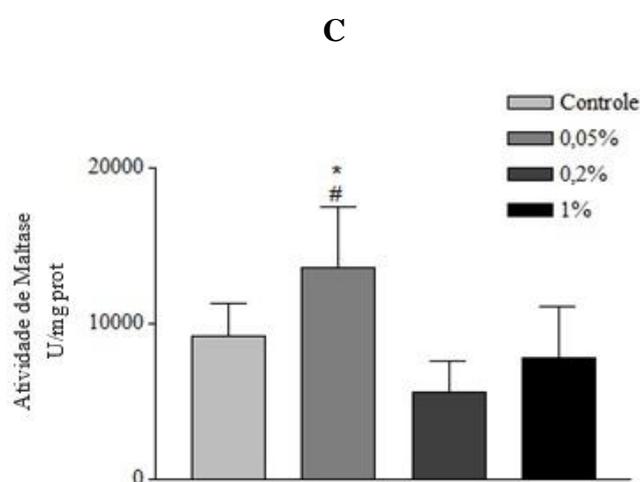
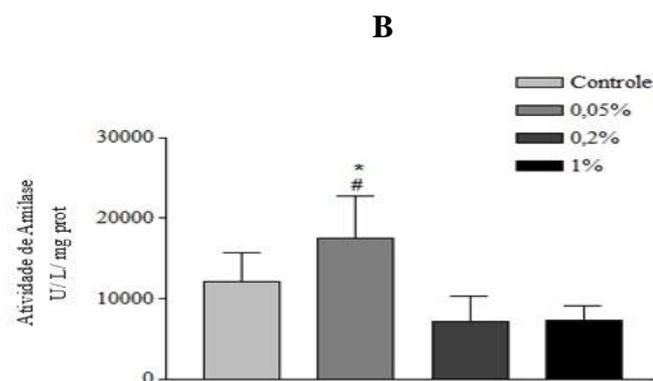
Os valores são expressos como média  $\pm$  DP com triplicata em cada tratamento. \*  $p < 0,05$  significativo em relação ao grupo controle; #  $p < 0,05$  significativo em relação aos grupos 0,2% e 1%.

A figura 8 demonstra que a adição do extrato de cúrcuma à dieta dos camarões promoveu aumentos da atividade das enzimas do metabolismo de carboidratos. A concentração de 0,05% de extrato estimulou significativamente as atividades da celulase, maltase e amilase comparado aos respectivos grupos controle e demais grupos experimentais.

Além disso, o uso de aditivos de origem vegetal ou microrganismos pode influenciar tanto a atividade quanto a síntese destas enzimas (WANG, 2017; AKBARY et al., 2017), aumentando a capacidade digestiva e de uso dos carboidratos principalmente como fonte de energia para suprir as demandas celulares, podendo gerar um efeito poupador de aminoácidos que poderiam então ser utilizados para a síntese de proteínas.

**Figura 8.** Atividade das enzimas celulase (A), amilase (B) e maltase (C) no hepatopâncreas de camarão suplementados com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma.





Os valores são expressos como média  $\pm$  DP com triplicata em cada tratamento. \*  $p < 0,05$  significativo em relação ao grupo controle; #  $p < 0,05$  significativo em relação aos grupos 0,2% e 1%.

Nesse contexto, POONGDI et al (2012), observaram um crescimento na taxa de alimentação, maior eficiência na conversão de proteínas e melhora no ganho de peso utilizando pó de cúrcuma como substituto parcial de proteínas na dieta de camarões gigantes de água doce.

Estudos feitos com carpas (*Cyprinus carpio*) por JIANG et al, (2016) mostraram que a adição de curcumina a dieta melhorou a atividade da tripsina e da lipase no hepatopâncreas e intestino, bem como a atividade da amilase no hepatopâncreas dos animais. Isso indica que a cúrcuma pode ter propriedades como intensificador digestivo e, assim, melhorar o desempenho do crescimento. Ainda sobre o potencial das enzimas digestivas em peixes, estudos realizados com *Oreochromis mossambicus* relataram aumento significativo nas atividades de amilase e lipase com suplementação de curcumina a 0,5 e 1% (MIDHUN et al., 2016) o que corrobora com o trabalho de ROJTINNAKORN et al (2012), onde estudos com

*Oxyeleotris marmoratus* sugerem que o extrato de cúrcuma é capaz de induzir enzimas digestivas e com isso pode ser indicado para reforçar a taxa de crescimento dos animais. Sendo assim, pode-se inferir que os estudos com a cúrcuma ou com seus compostos isolados indicam uma boa capacidade de estimular a atividade das enzimas digestórias de carboidratos, proteínas e lipídeos e assim, melhorar a capacidade de digestão e de absorção de nutrientes dos animais em diferentes espécies de organismos aquáticos (POONGODI et al., 2012; LING et al., 2010; BLIER et al., 1997).

A fim de avaliar se a suplementação com o extrato de cúrcuma influenciou nos parâmetros metabólicos e energéticos dos animais foram avaliadas as enzimas do metabolismo de aminoácidos e a enzima citrato sintase, regulatória do ciclo de Krebs. Como pode ser observado na tabela 2 a suplementação com cúrcuma não promoveu alterações significativas nas atividades das enzimas AST e ALT.

Por outro lado, a concentração de 0,05% de extrato de cúrcuma promoveu um aumento significativo da atividade da glutamato desidrogenase quando comparado aos grupos controle e 0,2%.

**Tabela 2** – Atividade das enzimas AST e ALT de hepatopâncreas de camarão suplementados com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma na ração.

	Controle	0,05%	0,2%	1%
AST (U/L)	51,64 ± 13,32	47,60 ± 16,07	49,55 ± 17,05	58,14 ± 13,93
ALT (U/L)	49,07 ± 7,93	42,54 ± 11,71	44,03 ± 15,21	60,07 ± 10,59 <sup>#</sup>
Glutamato desidrogenase (mmol/min/mg prot)	734.78 ± 268.13	1310.13 ± 453.11* <sup>Φ</sup>	725.91 ± 201.56	894.68 ± 502.09

Os valores são expressos como média ± DP com triplicata em cada tratamento. \* p<0,05 significativo em comparação ao grupo controle; <sup>Φ</sup> p<0,05 significativo em comparação ao grupo 0,2%; # p<0,05 estatisticamente significativo em comparação aos grupos 0,05 e 0,2%.

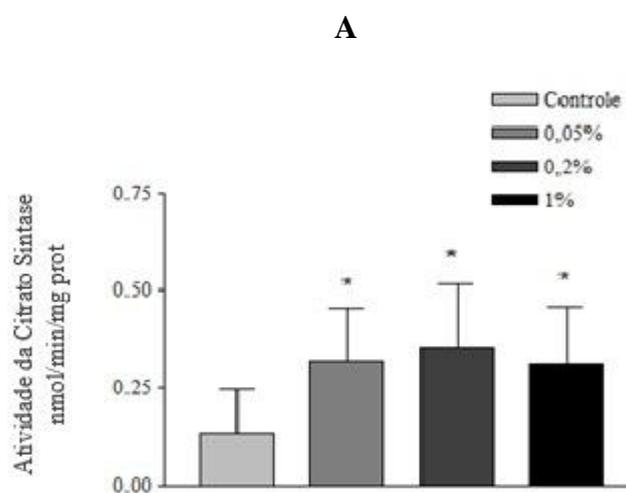
As proteínas são nutrientes muito importantes na dieta, pois desempenham funções essenciais relacionadas ao crescimento e desenvolvimento do camarão (D'ABRAMO, NEW, 2010). Conhecimentos nutricionais e fisiológicos relacionados às proteínas são cruciais para aumentar os efeitos poupadores de proteína da dieta, de modo que a maioria da proteína assimilada (aminoácidos) possa ser usada para melhorar a eficiência de retenção da síntese proteica e, portanto, o crescimento, em vez de oxidação para fornecer energia metabólica

(WANG, 2021). O metabolismo proteico envolve basicamente os processos de proteólise, oxidação de aminoácidos, síntese de aminoácidos e síntese de proteínas. As enzimas AST, ALT e glutamato desidrogenase têm ampla distribuição tecidual e desempenham papel essencial atuando tanto na síntese quanto na degradação de aminoácidos e conseqüentemente sua disponibilidade para a síntese de proteínas, em especial no fígado (NELSON; COX, 2014).

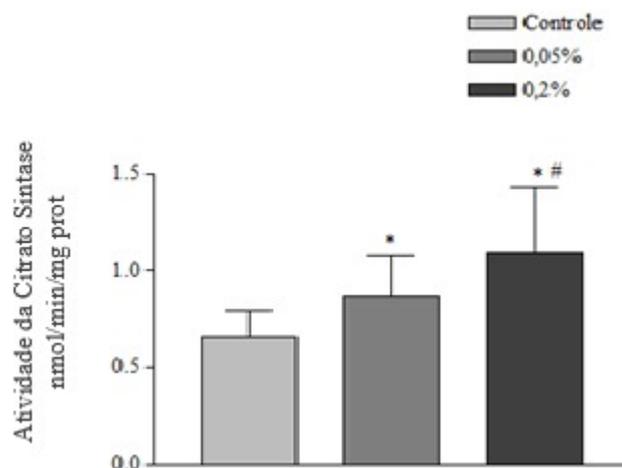
Diante dos resultados observados na atividade das enzimas digestivas, pode-se sugerir que houve um aumento na disponibilidade de aminoácidos aos tecidos devido à maior atividade da tripsina e quimotripsina nos animais suplementados com 0,05% de extrato de cúrcuma. Além disso, estes aminoácidos provavelmente foram incorporados ao pool de aminoácidos celulares e utilizados no hepatopâncreas ou então redirecionados aos tecidos periféricos, como o tecido muscular, uma vez que não foram observados aumentos nas atividades das enzimas AST, ALT, porém houve aumento na enzima glutamato desidrogenase o que indicaria maior metabolismo oxidativo destas biomoléculas no hepatopâncreas e seu uso como combustível energético.

A atividade da citrato sintase foi avaliada no hepatopâncreas e no músculo dos animais e como demonstrado na figura 9 a suplementação com cúrcuma promoveu um aumento significativo da atividade desta enzima em todos os grupos experimentais no hepatopâncreas. Por outro lado, no músculo foi observado aumento significativo de atividade nas concentrações de 0,05 e 0,2% em relação ao grupo controle.

**Figura 9.** Atividade da enzima citrato sintase no hepatopâncreas (A) e músculo (B) de camarão suplementados com diferentes concentrações de extrato de cúrcuma.



## B



Os valores são expressos como média  $\pm$  DP com triplicata em cada tratamento. \*  $p < 0,05$  estatisticamente significativo em comparação ao grupo controle; #  $p < 0,05$  estatisticamente significativo em comparação ao grupo 0,05%.

A citrato sintase é a primeira enzima regulatória do ciclo de Krebs e por este motivo desempenha papel importante na velocidade total da rota metabólica e na produção de energia pelas células (NELSON, COX, 2014). O aumento da atividade da citrato sintase pelo extrato de cúrcuma sugere uma modulação positiva no uso dos nutrientes e na produção de energia e intermediários metabólicos nas células do hepatopâncreas de camarão.

Considerando que o extrato de cúrcuma melhorou significativamente as atividades das enzimas digestivas dos camarões e que isso tenha resultado em maior absorção e disponibilidade de nutrientes às células, é possível sugerir que houve uma maior oxidação de biomoléculas como carboidratos no hepatopâncreas e isso tenha aumentado a quantidade de acetil CoA para oxidação no ciclo de Krebs, gerando um efeito poupador para os demais substratos como aminoácidos e lipídeos sendo estes direcionados para a síntese de proteínas e de triacilgliceróis no hepatopâncreas, respectivamente, ou serem redirecionados aos tecidos periféricos como o músculo e usados para produção de energia e/ou biossíntese (GERING, 2007; GAETA, 2013). Estudos sobre o efeito da cúrcuma como modulador metabólico em peixes são bastante escassos, porém indicam que a cúrcuma pode modular a atividade e/ou a expressão de enzimas como fosfatase alcalina, creatina cinase,  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ , gama-glutamil transpeptidase e ainda promover redução de glicemia e da expressão de genes de leptina e de seu receptor (JIANG et al., 2016; SRUTHI et al., 2018).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição de extrato de cúrcuma à dieta das pós-larvas de camarão *M. rosenbergii* representa uma alternativa com grande potencial de aplicação para melhora do desempenho produtivo uma vez que melhorou o ganho em peso dos animais após o período de suplementação. Este efeito está diretamente relacionado com a melhora da digestão e absorção de nutrientes.

Soma-se a isso a influência positiva da cúrcuma no uso dos nutrientes e na produção de energia e intermediários metabólicos nas células do hepatopâncreas de camarão. Desta forma, o uso da cúrcuma na ração de camarões pode auxiliar na melhora do desempenho produtivo dos animais, com conseqüente melhora na composição corporal destes e aumento da disponibilidade de alimentos com composição química de qualidade nutricional superior, satisfazendo o mercado consumidor.

## REFERÊNCIAS

- ABDEL-TAWWAB, M.; ABBASS, F.E. Turmeric Powder, *Curcuma longa* L., in common carp, *Cyprinus carpio* L., diets: growth performance, innate immunity, and challenge against pathogenic *Aeromonas hydrophila* infection. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 48, p. 303-312, 2017.
- AKBARY P.; SHOGHI M.; FERREIDOUNI M.S. Growth performance and digestive enzymes activities of Pacific white leg shrimp (*Litopenaus vannamei*) juveniles fed dietary mixtures of four medicinal plants. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, v.16, p.1157-1163, 2017.
- ALBERTONI, E.F.; PALMA-SILVA, C.; ESTEVES, F.A. Natural diet of three species of shrimp in a Tropical Coastal Lagoon. **Journal Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.46, n. 3, p. 395-403, 2003
- ANDREATTA, E.R.; BELTRAME, E. Cultivo de camarões marinhos. **Aquicultura: experiências brasileiras**. Capítulo 8, p.199-219, 2004.
- ASAIKKUTTI, A.; BHAVAN, P.S.; VIMALA, K. Effects of different levels of dietary folie acid on the growth performance, muscle composition, immune response and antioxidant capacity of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**. Tamil Nadu, India, v.464, [s.n], p.136-144, 2016.
- BARRACCO, M. A.; PERAZZOLO, L.M.; ROSA, R.D. **Avances en la Inmunología del Camarón. Guia Tecnica-Patologia e Inmunologia de Camarones Penaeidos**. Capítulo 6, p. 237-288, 2014.
- BARROSO, G. F.; POERSCH, L. S.; CAVALLI, R. O. **Sistema de cultivos aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e socioeconômicos**. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 2007
- BERG, J.M., TYMOCZKO, J.L., STRYER, L. **Biochemistry**. 5th ed. W. H. Freeman and company. New York, NY, 1050pp, 2002.
- BLIER, P.U, PELLETIER, D., DUTIL, J.D. Does aerobic capacity set a limit on fish growth rate? **Reviews in Fisheries Science**. v. 5, p.323-340, 2008.
- BOELTER, J.R. **Obtenção, caracterização e utilização de silagem de resíduos de sardinha na formulação de rações para camarão**. João Pessoa, PB, 2010, 84 f. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2010.
- BOTMAN D, TIGCHELAAR W, VAN NOORDEN C.J.F. Determination of Glutamate Dehydrogenase Activity and Its Kinetics in Mouse Tissues using Metabolic Mapping (Quantitative Enzyme Histochemistry). **Journal of Histochemistry and Cytochemistry**, 62, 802–812, 2014.
- BRADFORD, M.M. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

CAO, L.; DING, W.; DU, J.; JIA, R.; LIU, Y.; ZHAO, C.; SHEN, Y.; YIN, G. Effects of curcumin on antioxidative activities and cytokine production in Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) with CCl<sub>4</sub>-induced liver damage. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 43, p. 150-157, 2015.

CASTILHO, P.C., MARTINS, I.A., BIANCHINI, A. Gill Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> -ATPase and osmoregulation in the estuarine crab, *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851 (Decapoda, Grapsidae). **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 256, 215-227, 2001.

CECCALDI, H. J. Anatomy and physiology of digestive tract of Crustaceans decapods reared in aquaculture. **Adv Trop Aquacult**, v.9, p. 243–259, fev/mar. 1989.

CHANG, E., O'CONNOR, J.D. Metabolism and transport of carbohydrates and lipids. p. 263- 289. In: D. E. Bliss (Ed). **The Biology of Crustacea**. New York. Academic Press, altwoodSandeman, vol. 5, 1983.

CARRILLO-FARNÉS, O.; FORRELLAT-BARRIOS, A.; GUERRERO-GALVÁN, S.; VEJAVILLASANTE, F. A review of digestive enzyme activity in penaeid shrimps. **Crustaceana**, V. 80, p.257-275, 2007.

CAVALCANTI, L. B. Histórico. In: VALENTI, W. C. (Ed.). **Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de camarões**. São Paulo: FAPESP, [s.n], p.17-20, 1998.

CAVALLI, R.O.; LAVENS, P.; SORGELOOS, P. Performance of Macrobrachium rosenbergii broodstock fed diets with different fatty acid composition. **Aquaculture**, v. 179, n. 1, p. 387-402, 2001.

COOPER, R.U., CLOUGH, L.M., FARWELL, M.A., WEST, T.L. Hypoxia-induced metabolic and antioxidant enzymatic activities in the estuarine fish *Leiostomus xanthurus*. **Jornal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.279, p. 1-20, 2002.

CHUANG, J. L.; LEE, M. F.; JENN, J. S. Comparison of digestive enzyme actives of five species os shrimp cultured in Taiwan. **Journal of the Fisheries Society of Taiwan**. v 12, n. 4, p. 43-53, 1985.

CYRINO, J. E. P.; FRACALOSSO, D. M. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, p. 375, 2013.

DAHLQVIST, A. Assay of intestinal disaccharidases. **Scandinavia Journal Clinical Laboratory Investigation**, v. 44, p. 169-172, 1984.

D'ABRAMO, L.R.; SHEEN, S.S. Polyunsaturated fatty acid nutrition in juvenile freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 115, p. 63–86, 1993.

D'ABRAMO, L.R.; SHEEN, S.S. Nutritional requirements, feed formulation, and feeding practices for intensive culture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*, **Reviews in Fisheries Science**, 2:1, 1-21. 1994

D 'ABRAMO, L.R. Nutritional Requirements of the Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii*: Comparisons with Species of Penaeid Shrimp. **Reviews in Fisheries Science**, v. 6, p. 153-163, 1998.

D'ABRAMO, L. R.; NEW, M. B. Nutrition, Feeds and Feeding. In: In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J.; D'ABRAMO, L.; KUTTY, N. (Editores). **Freshwater prawns: biology and farming**. Wiley-Blackwell, Oxford, England. 560 ., 2010.

DOHERTY, D. L-Glutamate dehydrogenase (yeast). **Methods in Enzymology**. v.17, 850-856, 1970.

FAGNON, M.S.; THORIN, C.; CALVEZ, S. Meta-analysis of dietary supplementation effect of turmeric and curcumin on growth performance in fish. **Reviews in Aquaculture**. v.12, p. 2268–2283, 2020.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture 2022**. Rome: FAO, 2022.

FERNÁNDEZ GIMENEZ, A. V., GARCÍA-CARREÑO, F. L., NAVARRETE DEL TORO, M. A., FENUCCI, J. L. Digestive proteinases of *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae) and relationship with molting. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, v. 132, p. 593-598, 2002.

GAETA, H.H. **Metabolismo energético do camarão da Amazônia**. 69f. Dissertação (Mestrado em Biologia geral e aplicada) - Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, São Paulo, 2013.

GAMBOA-DELGADO, J.; MOLINA-POVEDA. C.; CAHU, C. Digestive enzyme activity and food ingesta in juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) as a function of body weight. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 1403-1411, 2003.

GARCÍA-CARREÑO, F.L.; HERNÁNDEZ-CORTÉS, M.P.; HAARD, N.F. Enzymes with peptidase and proteinase activity from the digestive systems of a freshwater and a marine decapod. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p.14, 1994.

GARCIA-GUERRERO, M., VILLARREAL, H., RACOTTA, I.S. Effect of temperature on lipids, proteins, and carbohydrates levels during development from egg extrusion to juvenile stage of *Cherax quadricarinatus* Decapoda: (Parastacidae). **Comp. Biochem. Physiol.** v.153, 147-154, 2003.

GERING, Fernanda Severo. **Aspectos do Metabolismo Energético e da Reprodução de *Hyalella castroi* González, BondBuckup & Araujo (Crustacea, Amphipoda, Dogielinotidae) Mantidos em Cultivo Experimental sob Diferentes Dietas**. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) - Faculdade de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

GREGOLIN, C. G; GREGOLIN, P.R.M; TRICHES, M.R; ZONIN, J.W. Desenvolvimento: do unicamente econômico ao sustentável multidimensional. PRACS: **Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**.

<https://periodicos.unifap.br/index.php/pracs> ISSN 1984-4352 Macapá, v. 12, n. 3, p. 51-64, dez. 2019.

GUPTA, S.C.; SUNG, B.; KIM, J.H.; PRASAD, S., LI, S.; AGGARWAL, BB. Multitargeting by turmeric, the golden spice: From kitchen to clinic. **Molecular Nutrition Food Research**, v. 57, p. 1510-1528, 2013.

HASSAN, A.A.M.; YACOUT, M.H.; KHALEL, M.S.; HAFSA, S.A. Effects of Some Herbal Plant Supplements on Growth Performance and the Immune Response in Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*). **International Conference “Agriculture for life, life for agriculture”** v.1, p.134–141, 2018.

HERREID, C.F., FULL, R.J. Energetics and locomotion. NACMAHOH, B., ed. **Biology of land crabs**. Cambridge, Cambridge University Press, Chapter 10, 1988.

HERNÁNDEZ, J.C.S. & MURUETA, J.H.C. Activity of trypsin from *Litopenaeus vannamei*. Rev. **Aquaculture**, v. 290, p.190-195, 2009.

HOCHACHKA, P.W., SOMERO, G.N., SCHNEIDER, D.E., FREED, J.M. The organization and control of metabolism in the crustacean gill. **Comp. Biochem. Physiol.** v.33, 529-548, 1970.

HUMMEL, B.C.W. A modified spectrophotometric determination of chymotrypsin, trypsin and trombin. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 1393-1399, 1959.

ICELY, J.D; NOTT, J.A. Digestion and absorption: digestive system and associated organs. In: F.W. HARRISON, HUMES, A.G. **Microscopic anatomy of invertebrates**, New York, Wiley-Liss, p. 147-201, 1992.

JIANG, J.; WU, X.Y.; ZHOU, X.Q., FENG, L.; LIU, Y.; JIANG, W.D.; WU, P.; ZHAO, Y. Effects of dietary curcumin supplementation on growth performance, intestinal digestive enzyme activities and antioxidant capacity of crucian carp *Carassius auratus*. **Aquaculture**, v. 463, p. 174–180, 2016.

JOHNSTON, M.A., DAVIES, P.S. 1972. Carbohydrates of the hepatopancreas and blood tissues of *Carcinus*. **Comp. Biochem. Physiol.** v.41, 433-443.

KUCHARSKI, L.C.R. ; Da SILVA, R.S.M. Seasonal variation on the energy metabolism in an estuarine crab, *Chasmagnathus granulata* (Dana, 1851). **Comp. Biochem. Physiol**, v.100, p. 599-602, 1991.

LEE, P.G., BLAKE, N.J. & RODRICK, G.E. A quantitative analysis of digestive enzymes for the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Proceedings World Mariculture Society**, v. 11, p. 392–402, 1980.

LEMOS, D.; EZQUERRA, J.M.; GARCIA-CARREÑO, F.L. Protein digestion in penaeid shrimp: digestive proteinases, proteinase inhibitors and feed digestibility. **Aquaculture**, v.186, p.89-105, 2000.

LING, J., FENG, L., LIU, Y., JIANG, J., JIANG, W.D., HU, K., LI, S.H., ZHOU, X.Q., 2010. Effect of dietary iron levels on growth, body composition and intestinal enzyme activities of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture nutrition**, v.16, p. 616-624, 2010.

LOBÃO, V. L. **Camarão-da-malásia**: larvicultura. - Brasília : Embrapa-SPI, 1997.

MAHMOUD, M.M.A.; EL-LAMIE, M.M.M.; DESSOUKI, A.A.; YUSUF, M.S. Effect of turmeric (*Curcuma longa*) supplementation on growth performance, feed utilization, and resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to *Pseudomonas fluorescens* challenge. **Global Research Journal of Fishery Science and Aquaculture**, v. 1, p. 026-033, 2014.

MAHMOUD, H.K.; AL-SAGHEER, A.A.; REDA, F.M.; MAHGOUB, S.A.; AYYAT, M.S. Dietary curcumin supplement influence on growth, immunity, antioxidant status, and resistance to *Aeromonas hydrophila* in *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 475, p. 16-23, 2017.

MEENAKSHI, V.R., SCHEER, B.T. Metabolism of glucose in the crabs *Cancer magister* and *Hemigrapsus nudus*. **Comp. Biochem. Physiol.** v.3, p. 30– 41. 1961.

MIDHUN, S.J.; ARUN, D.; EDATT, L.; SRUTHI, M.V.; THUSHARA, V.V.; OOMMEN, V.O.; KUMAR, V. B. S. ; DIVYA, L. Modulation of digestive enzymes, GH, IGF-1 and IGF-2 genes in the teleost, Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) by dietary curcumin. **Aquaculture International**. v. 24, p. 1277–1286, 2016.

MOHAN, K. Effect of dietary *Ganoderma lucidum* polysaccharides on biological and physiological responses of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v.16, [s.n.], 2016.

MUKHOPADHYAY, P. K.; RANGACHARYULU, P. V.; MITRA ; GOPA; JANA, B. B. Applied Nutrition in Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, Culture. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 13, [s.n.], p. 317-340, 2003.

MURALISANKAR, T.; BHAVAN, P. S.; RADHAKRISNAN, S.; SEENIVASAN, C.; SRINIVASAN, V.; SANTHANAM P. **Effects of dietary zinc on the growth, digestive enzyme activities, muscle biochemical compositions, and antioxidant status of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii***. **Aquaculture**, v. 448, [s.n], p. 98 -104, 2015.

MURIANA F.J., RUIZ-GUTIERRIZ, V., BOLUFER, J. Phospholipid fatty acid composition of hepatopancreas and muscle from the prawn, *Penaeus japonicus*. **J. Biochem.** (Tokyo) v.114, p.404–407, 1993.

NIYAMA, T.; TOYOHARA, H. Widespread distribution of cellulase and hemicellulase activities among aquatic invertebrates. **Fisheries Science**, v. 77, p. 649–655, 2011.

NUNES, E.T.; BRAGA, A.A.; CAMARGO-MATHIAS, M.I. Histochemical study of the hepatopancreas in adult females of the pinkshrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* Latreille, 1817. **Acta Histochem**, v. 29, In Press, out. 2013.

OLIVEIRA, G.T, FERNANDES, F.A, BUENO, A.A. Bond-Buckup, G. Seasonal variations in the intermediate metabolism of *Aegla platensis* (Crustacea, Aeglidae). **Comp. Biochem. Physiol.**, A, in press, 2006.

OLIVEIRA, G. T., Da Silva, R. S. M. Gluconeogenesis of hepatopancreas of *Chasmagnathus granulata* crabs maintained on high-protein or carbohydrate-rich diets. **Comp. Biochem. Physiol** A.v. 118, p. 1429-1435, 1997.

PEREIRA D.F., CAZAROLLI L.H., LAVADO C., MENGATTO V., FIGUEIREDO M.S.R.B., GUEDES A., PIZZOLATTI M.G., SILVA F.R.M.B. Effects of flavonoids on  $\alpha$ -glucosidase activity: Potential targets for glucose homeostasis. **Nutrition**, v. 27, p. 1161-1167, 2011.

[PERRONE, D.](#); [ARDITO, F.](#); [GIANNATEMPO, G.](#); [DIOGUARDI, M.](#); [TROIANO, G.](#); [LO RUSSO, L.](#); [DE LILLO, A.](#); [LAINO, L.](#); [LO MUZIO, L.](#) **Biological and therapeutic activities, and anticancer properties of curcumin.** [Experimental Therapeutic Medicine](#), v. 10, p. 1615-16-23, 2015.

POONGODI, R.; BHAVAN, P.S; MURALISANKAR, T.; RADHAKRISHNAN, S. Growth promoting potential of garlic, ginger, Turmeric and fenugreek on the freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **International Journal of Pharmacological and Biological Sciences**. v.3, p. 914– 926, 2012.

REBECCA, A.A.; BHAVAN, P.S. growth promotion and survival enhancement of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* post larvae fed with *Allium sativum*, *Zingiber officinale* and *Curcuma longa*. **International Journal of Pure and Applied Zoology**, v. 2, p. 138-149, 2014.

RIVERA-PÉREZ, C.; GARCÍA-CARRENO, F. L.; SABOROWSKI, R. Purification and biochemical characterization of digestive lipase in whiteleg shrimp. **Rev. Mar Biotechnol**, v. 13, p. 284-295, 2010.

RODRIGUES, J. B. R.; ZIMMERMANN, S. Cultivo de camarões de água doce. In: **Aquicultura: Experiências Brasileiras**. Editores: POLI, C. R; POLI, A. T. B.; ANDREATA, E. R; BELTRAME, E. Florianópolis-SC: Multitarefa Editora Ltda. 2004.

RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, H., GARCÍA-ULLOA, M., HERNÁNDEZ-LLAMAS, A. & VILLARREAL, H. Effect of dietary protein level on spawning and egg quality of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. **Aquaculture**. 257, 412-419, 2006.

ROJTINNAKORN, J.; RITTIPLANG, S.; TONGSIRI, S.; CHAIBU, P. Turmeric extract inducing growth biomarker in sand goby (*Oxyeleotris marmoratus*). 2nd **International Conference on Chemical, Biological and Environment Sciences (ICCEBS'2012)**, Bali. 2012.

ROSA, R.A., NUNES, M.L. **Changes in organ indices and lipid dynamics during the reproductive cycle of *Aristeus antennatus*, *Parapenaeus longirostris* and *Nephrops***

*norvegicus* (Crustacea: Decapoda) females from the south portuguese coast. *Crustaceana*, 75 (9), 1095-1105, 2003.

SABOROWSKI, R.; BUCHHOLZ, F. Metabolic properties of Northern krill, *Meganyctiphanes norvegica*, from different climatic zones. II. Enzyme characteristics and activities. *Marine Biology*, v.140, p. 557-565, 2002.

SALINI, M.P.; THOMAS, A.A. Functional Feed Efficacy of Curcumin Derivatives in *Macrobrachium Rosenbergii*. *International Journal of Science and Research*, v. 6, p. 2518-2523, 2017.

SALINI, M.P.; THOMAS, A.A. biopotential effects of active principles from *Curcuma longa* on freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Indian Journal of Science and Research*, v. 19, p. 08-12, 2018.

SEIXAS-FILHO, J.T. Revisão sobre as enzimas digestivas nos peixes teleostei e seus métodos de determinação. *Augustus*, v. 08, 2003.

SIMÕES, C.M.O., et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

SIQUEIRA, T.V. Aquicultura: A nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. *Boletim Regional, urbano e ambiental*. v.17, [s.n], p.53-60, 2017.

SRUTHI, M.V.; NAIR, A.B.; ARUN, D.; THUSHARA, V.V.; SHEEJA, C.C.; VIJAYASREE, A.S.; OOMMEN, V.; DIVYA, L. Dietary curcumin influences leptin, growth hormone and hepatic growth factors in Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture*, v. 496, p.105–111, 2018.

THABREW, M. I., POAT, P. C., MUNDAY, K. A. Carbohydrate metabolism in *Carcinus maenas* gill tissue. *Comp. Biochem. Physiol.*. 40B, 531-541, 1971.

TIDWELL, J.H., WEBSTER, C. D., COYLE, S. D., DANIELS, W. H., D'ABRAMO, L. R. Fatty acid and amino acid composition of eggs, muscle and midgut glands of freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man), raised in fertilized ponds, unfertilized ponds or fed prepared diets. *Aquaculture*, v.29, p.37-45, 1998.

TSAI, I., CHUANG, K. y CHUANG, J.L. Chymotrypsins in digestive tracts of crustacean decapods (shrimp). *Journal of Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 85B, p. 235-239, 1986.

VALENTI, W.C.; DANIELS, W.H. Recirculating hatchery systems and management. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C. (Eds.). **Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science Limited, p.69-90. 2000.

VALENTI, W.C. 2002. Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões de água doce. In: **Simpósio Brasileiro de Aqüicultura**. Goiânia, 2002. Anais. p. 99- 106.

VALENTI, W. C.; MALASSEN, M.; BARROS, H. P. Sistema de recirculação e rotina de manejo para larvicultura de camarões de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em pequena escala. **Boletim Instituto de Pesca**, v. 35, p. 141-151, 2009.

VANICHKUL, K.; AREECHON, N.; KONGKATHIP, N.; SRISAPOOME, P.; CHUCHIRD, N. Immunological and bactericidal effects of turmeric (*Curcuma longa* Linn.) extract in pacific white shrimps (*Litopenaeus vannamei* Boone). **Kasetsart Journal (Natural Sciences)**, v. 44, p. 850 – 858, 2010.

WANG, X.; LI, E.; XU, Z.; LI, T.; XU, C.; CHEN, L. Molecular Response of Carbohydrate Metabolism to Dietary Carbohydrate and Acute Low Salinity Stress in Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.17, p. 153–169, 2017.

WANG, S., CARTER, C.G., FITZGIBBON, Q.P. *et al.* Effect of dietary protein on energy metabolism including protein synthesis in the spiny lobster *Sagmariasus verreauxi*. **Sci Rep** **11**, 11814, 2021.

YILMAZ S.; ERGÜN S.; ÇELİK E.Ş. Effects of herbal supplements on growth performance of sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Change in body composition and some blood parameters. [Journal of Bioscience and Biotechnology](#), v.1, n.3, p.217-222, 2012.

ZIMMERMANN, S. Manejo de Alimentos e Alimentação dos Camarões. In: VALENTI, W. C. **Carcinicultura de Água Doce: Tecnologia para a Produção de Camarões**. IBAMA/FAPESP, Brasília, DF, Brasil. 239-267. 1998.