



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

Alexandre Vaz da Silva

**Parâmetros hematoimunológicos em carpa Koi *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)
alimentada com dieta suplementada com frutos liofilizados de açaí *Euterpe oleracea***

Florianópolis
2024

Alexandre Vaz da Silva

**Parâmetros hematoimunológicos em carpa koi *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)
alimentada com dieta suplementada com frutos liofilizados de açaí *Euterpe oleracea***

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

Orientador: Prof. Dr. Maurício Laterça Martins

Florianópolis

2024

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

Silva, Alexandre Vaz da
Parâmetros hematoimunológicos em carpa Koi *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) alimentada com dieta suplementada com frutos liofilizados de açaí *Euterpe oleracea* / Alexandre Vaz da Silva ; orientador, Maurício Laterça Martins, 2024.
63 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Aquicultura. 3. Crescimento . 4. Imunidade. 5. Fruto Amazônico. I. Martins, Maurício Laterça. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Aquicultura. III. Título.

Alexandre Vaz da Silva

**Parâmetros hematoimunológicos em carpa koi *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)
alimentada com dieta suplementada com frutos liofilizados de açaí *Euterpe oleracea***

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado em 25 de julho de 2024, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros

Prof. Maurício Laterça Martins, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Eliane Tie Oba Yoshioka, Dra
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA AMAPÁ

Prof. (a) Aline Brum Figueredo, Dra
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

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

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Claudio Manoel Rodrigues de Melo, Dr.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Maurício Laterça Martins, Dr.
Orientador

Florianópolis

2024

Dedico

Ao meu pai Amarildo,

À minha mãe Maria

As minhas irmãs

Alessandra,

Pamela,

Gisely e Thais,

À Emilly

Por todo apoio durante essa jornada.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e ser meu refúgio nos momentos difíceis.

Aos meus pais, Amarildo e Maria do Carmo, as minhas irmãs Alessandra, Pamela, Gisely e Thais, pelo amor, carinho e compreensão.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Maurício Laterça Martins, por me acolher tão bem em seu laboratório e pelos conhecimentos repassados.

Às Dras. Arlene Sobrinho Ventura e Claudia Andrea Lima Cardoso, por todo o suporte na UEMS em Dourados-MS durante as análises químicas.

À Emilly, minha companheira de vida, por todo apoio e suporte durante esses dois anos de muito aprendizado e superação.

Ao Juliano, à Simone, ao Cesar, à Silvia e à Marília por todo suporte prestado.

Ao Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos (AQUOS) e aos amigos, Domickson, Gracienhe, Ana Paula, Roberta, Caio, Paola, Maria Clara, Gabriele, Matheus, Vanessa, Graziella e Jucimauro.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – (CNPq 409822/2021-7; 303822/2022-8).

Ao CNPq 164544/2022 – 4 pela bolsa de Mestrado durante o período.

RESUMO

A carpa koi (*Cyprinus carpio*) é uma espécie de grande interesse para a piscicultura, e pesquisas têm concentrado esforços na investigação de produtos naturais como alternativas aos métodos convencionais para melhorar a nutrição e a saúde dos animais cultivados. O açaí (*Euterpe oleracea*) é um fruto amazônico que apresenta propriedades antiproliferativas, anti-inflamatórias e antioxidantes, configurando-se como um aditivo promissor para uso na nutrição de peixes. Este estudo avaliou os efeitos da inclusão de polpa liofilizada de açaí em dietas para juvenis de carpa koi (*C. carpio*), com foco no crescimento e nos parâmetros hematoimunológicos. Os peixes foram alimentados durante 60 dias com cinco dietas experimentais, contendo níveis crescentes de açaí (0%, 5 g, 10 g, 15 g e 20 g kg⁻¹ de ração). Foram realizadas biometrias quinzenais para avaliar o desempenho produtivo e ajustar a quantidade de ração. Ao final do experimento, foram coletadas amostras de sangue para mensurar o hemograma, as proteínas plasmáticas totais, o título antimicrobiano e o título aglutinante. As dietas com 10 g a 20 g kg⁻¹ de açaí na ração apresentaram resultados significativos ($p < 0,05$) para ganho de peso em comparação ao grupo controle e à dieta com 5 g kg⁻¹ de açaí na ração, sendo os menores valores observados nos peixes alimentados com grupo controle e 5 g kg⁻¹ de açaí na ração. As dietas com 10 g e 15 g kg⁻¹ de açaí foram mais eficientes ($p < 0,05$) em termos de conversão alimentar em comparação ao grupo controle e à dieta com 5 g kg⁻¹ de açaí. Os parâmetros hematológicos indicaram que dietas com 20 g kg⁻¹ de açaí podem aumentar significativamente ($p < 0,05$) o número de trombócitos em comparação com grupo controle, embora não tenha havido diferença na concentração de proteínas plasmáticas totais. A atividade antimicrobiana foi maior ($p < 0,05$) nos peixes que receberam as dietas com 15 e 20 g kg⁻¹ de açaí, em comparação ao grupo controle, e o título de aglutinação foi superior ($p < 0,05$) nos animais alimentados com 5 g, 10 g, 15 g e 20 g kg⁻¹ de açaí, em comparação ao grupo controle. Em conclusão, os resultados indicam que o açaí pode ser utilizado como promotor de crescimento, proporcionando maior desempenho zootécnico e melhor resposta imunológica com aumento da atividade antimicrobiana, título de aglutinação e resposta trombocitária após 60 dias de suplementação.

Palavras-chave: Aquicultura. Imunidade. Crescimento. Fruto Amazônico.

ABSTRACT

The koi carp (*Cyprinus carpio*) is a species of great interest to fish farmers, and research has focused on investigating natural products as alternatives to conventional methods to improve the nutrition and health of farmed animals. Açai (*Euterpe oleracea*) is an Amazonian fruit that has antiproliferative, anti-inflammatory and antioxidant properties, making it a promising additive for use in fish nutrition. This study evaluated the effects of including freeze-dried açai pulp in diets for juvenile koi carp (*C. carpio*), focusing on growth and hematoimmunological parameters. The fish were fed for 60 days on five experimental diets containing increasing levels of açai (0%, 5 g, 10 g, 15 g and 20 g kg⁻¹ of feed). Biometrics were carried out every two weeks to assess production performance and adjust the amount of feed. At the end of the experiment, blood samples were taken to measure blood count, total plasma proteins, antimicrobial titer and agglutinin titer. The diets with 10 g to 20 g kg⁻¹ of açai in the feed showed significant results ($p < 0.05$) for weight gain compared to the control group and the diet with 5 g kg⁻¹ of açai in the feed, with the lowest values being observed in the fish fed the control group and 5 g kg⁻¹ of açai in the feed. Diets containing 10 g and 15 g kg⁻¹ of açai were more efficient ($p < 0.05$) in terms of feed conversion compared to the control group and the diet containing 5 g kg⁻¹ of açai. The hematological parameters indicated that diets with 20 g kg⁻¹ of açai could significantly ($p < 0.05$) increase the number of thrombocytes compared to the control group, although there was no difference in the concentration of total plasma proteins. Antimicrobial activity was higher ($p < 0.05$) in fish fed diets containing 15 and 20 g kg⁻¹ of açai compared to the control group, and agglutination titer was higher ($p < 0.05$) in animals fed 5 g, 10 g, 15 g and 20 g kg⁻¹ of açai compared to the control group. In conclusion, the results indicate that açai can be used as a growth promoter, providing greater zootechnical performance and improved immune response with increased antimicrobial activity, agglutination titer and thrombocyte response after 60 days of supplementation.

Keywords: Aquaculture. Immunity. Growth. Amazon Fruit.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Título antimicrobiano e título de aglutinação de *C. carpio* após 60 dias de suplementação com: ração controle 0,0 % de açaí (EO 0,0%); Dieta EO 5 g kg⁻¹; Dieta EO 10 g kg⁻¹; Dieta EO 15 g kg⁻¹ e Dieta EO 20 g kg⁻¹. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05) 38

LISTA DE QUADROS

Introdução Geral	13
Quadro 1 - Principais artigos utilizando açaí <i>Euterpe oleracea</i> na dieta de organismos aquáticos e seus principais efeitos terapêuticos.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ração comercial	29
Tabela 2 - Resultado da análise centesimal da ração após processo de inclusão de <i>E. oleracea</i> (EO) e após a peletização	30
Tabela 3 - Níveis de compostos fenólicos (CF), flavonoides (F), teor de taninos (T), carotenoides e potencial antioxidante (%) após inclusão de Euterpe oleracea (EO) e peletização da ração.....	34
Tabela 4 - Desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão) de <i>C. carpio</i> após 60 dias de alimentação em diferentes concentrações com <i>E. oleracea</i> (EO)	36
Tabela 5 - Parâmetros hematológicos (média \pm desvio padrão) de <i>C. carpio</i> após 60 dias de suplementação com <i>E. oleracea</i> (EO) em diferentes concentrações	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PRODUÇÃO E PISCICULTURA ORNAMENTAL	13
1.2	DOENÇAS EM PEIXES ORNAMENTAIS	14
1.3	ESTRATÉGIAS NA PISCICULTURA ORNAMENTAL	16
1.4	CARPA KOI (Cyprinus carpio)	17
1.5	AÇAÍ (Euterpe oleracea)	19
2	OBJETIVOS	23
2.1	Objetivo geral	23
2.2	Objetivos específicos	23
3	ESTRUTURA DO TRABALHO	23
4	ARTIGO CIENTÍFICO	24
4.1	INTRODUÇÃO	26
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	28
4.2.1	Material biológico	28
4.2.2	Dietas experimentais	28
4.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
4.4	DESEMPENHO	30
4.5	ANÁLISE FITOQUÍMICA	31
4.5.1	Compostos fenólicos	31
4.5.2	Proantocianidinas	31
4.5.3	Carotenoides	33
4.5.4	Análises hematoimunológicas	34
4.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
4.7	RESULTADOS	36
1.7.1	Desempenho de crescimento	36
1.7.2	Análise fitoquímica de pele e músculo	37
1.7.3	Análises hematológicas	37
1.7.4	Análises imunológicas	37
4.8	DISCUSSÃO	38
4.9	CONCLUSÕES	43
4.10	AGRADECIMENTOS	44
4.11	CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES	44

4.12	FINANCIAMENTO	45
4.13	DISPONIBILIDADE DE DADOS	45
4.14	DECLARAÇÕES	45
4.15	CONCORRENTES	45
4.16	REFERÊNCIAS	45
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 PRODUÇÃO E PISCICULTURA ORNAMENTAL

A indústria de peixes ornamentais é uma atividade altamente lucrativa, movimentando uma receita de aproximadamente US\$ 15 bilhões ao ano. Esse valor provém da comercialização de equipamentos, acessórios, rações, medicamentos, entre outros produtos, com destaque para os próprios peixes ornamentais. Anualmente, são comercializadas mais de 2500 espécies de peixes ornamentais, gerando uma receita de cerca de US\$ 370 milhões (Duman *et al.*, 2024; Rezende e Fujimoto, 2021).

A comercialização de peixes ornamentais ocorre em mais de 125 países sendo os principais exportadores de peixes ornamentais em 2021 Japão (US\$ 44,9 milhões), Cingapura (US\$ 41,7 milhões), Indonésia (US\$ 40,7 milhões), Holanda (US\$ 31,5 milhões) e Sri Lanka (US\$ 23,1 milhões). Por outro lado, os principais importadores o Estados Unidos (US\$ 74,8 milhões), a Alemanha (US\$ 31,1 milhões), a França (US\$ 25,5 milhões), o Reino Unido (US\$ 24,4 milhões) e a China (US\$ 19,1 milhões). (Alam *et al.*, 2024; Dey, 2016; Tribuzy-neto *et al.*, 2020). Os Estados Unidos são reconhecidos como um dos principais países consumidores, já que os peixes ornamentais ocupam o primeiro lugar no ranking de animais domésticos, estando presentes em mais de 7,2 milhões de residências (Tribuzy-Neto *et al.*, 2020; Mohammad *et al.*, 2021).

No cenário brasileiro, há escassez de informações detalhadas sobre as exportações de peixes ornamentais. Contudo, o Brasil é reconhecido como um dos principais exportadores, principalmente devido ao extrativismo na região amazônica, que apresenta uma grande biodiversidade de espécies com diversas formas, cores e tamanhos (Araújo *et al.*, 2018; Fujimoto *et al.*, 2020; Rezende e Fujimoto, 2021). Em 2016, a receita com exportações foi de aproximadamente US\$ 6,5 milhões, com a comercialização de 150 milhões de espécimes pertencentes a 375 espécies das famílias Potamotrygonidae, Characidae, Doradidae, Loricariidae, Chilodontidae, Lebiasinidae, Serrasalminidae, Pimelodidae e Pseudopimelodidae (Tribuzy-Neto *et al.*, 2020).

No mercado interno, a piscicultura ornamental é abastecida principalmente pela criação de espécies não nativas como o kinguio (*Carassius auratus*), plati (*Xiphophorus maculatus*), espadas (*Xiphophorus hellerii*), molinésias (*Poecilia sphenops*), carpas koi (*Cyprinus carpio*), guppy (*Poecilia reticulata*) e betta (*Betta splendens*) (EPAMIG, 2022; Rezende e Fujimoto, 2021; Santos *et al.*, 2023; Souza e Lima, 2023). Entre as espécies nativas, oriundas do

extrativismo, destacam-se o acará-disco (*Symphysodon discus* e *Symphysodon aequifasciatus*), acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*), apaiari (*Astronotus ocellatus*), mato-grosso (*Hyphessobrycon eques*), rosáceo (*Hyphessobrycon erythrostigma*), neon verde (*Paracheirodon simulans*), rodóstomo (*Hemigrammus bleheri*), borboleta (*Carnegiella strigata*) e peixe-lápis (*Nannostomus* spp.) (Chao *et al.*, 2001; Anjos e Zuanon, 2007; Tavares-Dias *et al.*, 2009; Borges *et al.*, 2021). Portanto, pesquisas focadas na elaboração de protocolos de criação para as espécies com ampla aceitação no mercado são fundamentais para o desenvolvimento sustentável da piscicultura de peixes ornamentais, garantindo a produção constante dessas espécies no mercado (Abe *et al.*, 2019; Rezende e Fujimoto, 2021; Reis *et al.*, 2021).

1.2 DOENÇAS EM PEIXES ORNAMENTAIS

Os sistemas de criação de peixes ornamentais têm passado por constantes aprimoramentos, abrangendo desde a estrutura das instalações até os acoplamentos de equipamentos auxiliares, como filtros mecânicos e biológicos, com o objetivo de aumentar a produtividade e a densidade de estocagem (Goswami *et al.*, 2023; Lal *et al.*, 2024; Manan *et al.*, 2023). No entanto, a intensificação da piscicultura tem levado ao aumento nos surtos de enfermidades, resultando em altas taxas de mortalidade e significativas perdas econômicas (Bălbărău *et al.*, 2023; Debnath *et al.*, 2024). Dessa forma, as doenças tornaram-se um dos principais obstáculos para a criação de peixes ornamentais (Sicuro *et al.*, 2020; Mcdermott e Palmeiro, 2020).

Os peixes ornamentais em criação são constantemente desafiados por diversos fatores estressantes, como manejo inadequado, nutrição insuficiente, má qualidade da água e alta densidade populacional, o que pode desestabilizar a homeostase e deixar os animais suscetíveis a infecções por agentes patogênicos (Santos *et al.*, 2017). As infecções em peixes podem ser causadas por diversos agentes patogênicos, incluindo vírus, fungos, parasitos e bactérias. Um exemplo de infecção viral é o vírus do edema das carpas, uma doença infecciosa emergente que apresenta alta morbidade e mortalidade (Ouyang *et al.*, 2020), as infecções fúngicas já foram associadas ao agente *Saprolegnia parasitica* e à infectividade de seus zoósporos em ovos de *Pterophyllum scalare*, como descrito por Meneses *et al.* (2021). Além disso, parasitos como os acantocéfalos, que se fixam à mucosa gastrointestinal, foram relatados por Buchmann e Karami (2024). Também é importante mencionar as bactérias do gênero *Aeromonas* spp., que podem

causar doenças em peixes e outros animais aquáticos, conforme documentado por Hossain e Heo (2021) e Metin *et al.* (2024).

Entre os grupos de enfermidades, as infecções bacterianas são particularmente preocupantes devido à rápida proliferação e disseminação dos patógenos, sendo responsáveis por surtos de mortalidade significativa (Walczak *et al.*, 2017; Cardoso *et al.*, 2021, 2022). Diversos patógenos têm causado taxas alarmantes de mortalidade em espécies de peixes de grande valor comercial e ornamental. Em *C. carpio koi*, foi documentada uma mortalidade superior a 50% devido à infecção pelo patógeno bacteriano *Proteus hauseri*. Este patógeno é conhecido por sua capacidade de causar infecções sistêmicas graves, resultando em lesões necróticas extensas que comprometem a sobrevivência dos peixes (Kumar *et al.*, 2015).

Em *Carassius auratus* (peixe-dourado), uma taxa de mortalidade de 63,3% foi observada devido à infecção por *Bacillus licheniformis*, uma bactéria que se caracteriza por sua resistência a condições ambientais adversas e por sua capacidade de formar esporos, o que dificulta o controle da infecção. Esta bactéria pode causar septicemia hemorrágica, levando a uma rápida deterioração da saúde dos peixes e, conseqüentemente, à sua morte (Saha e Bandyopadhyay, 2020). Um registro mais alarmante foi observado com mortalidade de 100% em *C. carpio koi* devido à infecção por *Pseudomonas alcaligenes* (Bai *et al.*, 2021). Este patógeno é particularmente virulento, provocando uma infecção fulminante que não apenas compromete a saúde dos peixes, mas também se espalha rapidamente em ambientes de cultivo, resultando na morte total dos indivíduos infectados. A capacidade dessa bactéria de evadir o sistema imunológico dos peixes e sua resistência a tratamentos antimicrobianos tornam essa infecção especialmente difícil de controlar (Bai *et al.*, 2021; Pękala-Safińska *et al.*, 2024).

Outra bactéria patogênica de relevância na criação de peixes ornamentais pertence ao gênero *Aeromonas* (Duman *et al.*, 2024; Oliveira *et al.*, 2024). Foram relatadas infecções por *Aeromonas* em *Poecilia reticulata* (Duman *et al.*, 2024; Hossain *et al.*, 2020), *Xiphophorus hellerii* (Das *et al.*, 2021), *Carassius auratus* (Shameena *et al.*, 2020), *Danio rerio* (Srinivasan *et al.*, 2020) e *C. carpio koi* (Alavinezhad *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2023). Dentro deste gênero, a espécie *Aeromonas hydrophila* destaca-se por ser uma bactéria Gram-negativa em forma de bacilo, não produtora de esporos, responsável por surtos de mortalidade devido aos danos severos que causa nos hospedeiros, tais como septicemia hemorrágica, hemorragias, exoftalmia e hidropsia abdominal (Dhanapala *et al.*, 2021; Thanh *et al.*, 2021; Metin *et al.*, 2024).

A alta capacidade de causar mortalidade desta espécie está associada aos seus fatores de virulência e à presença de genes de resistência, que são modificados pela administração inadequada de antibióticos durante os tratamentos (Imtiaz *et al.*, 2024; Jiang *et al.*, 2024; Preena

et al., 2020). As diversas formas de virulência, como toxinas e enzimas extracelulares, sistemas de secreção, biofilmes, componentes estruturais e mecanismos de aquisição de ferro, aumentam a capacidade da bactéria de resistir às barreiras físicas e ao sistema imunológico dos peixes, provocando quadros graves de enfermidade que podem evoluir para a morte (Shameena *et al.*, 2020; Fauzi *et al.*, 2021).

Portanto, a nutrição emerge como uma estratégia fundamental no uso de nutracêuticos e imunostimulantes, que têm o potencial de modular e fortalecer o sistema imunológico dos peixes de maneira mais eficiente e direcionada (Pohlenz e Gatlin, 2014; Pradhan *et al.*, 2024). Embora a suplementação nutricional adequada possa aumentar o número total de leucócitos, é importante destacar que esse aumento, por si só, não garante uma resposta imunológica eficaz (Zhang *et al.*, 2024). O foco deve estar na melhoria da qualidade e funcionalidade das células imunológicas, como a atividade fagocítica e a resposta humoral (Falco *et al.*, 2024; Pohlenz e Gatlin, 2014). Estes fatores são cruciais para conferir aos peixes uma resistência mais robusta contra enfermidades, especialmente as de origem bacteriana (Pradhan *et al.*, 2024; Vijayaram, S. *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2024). Assim, o uso de nutracêuticos visa não apenas aumentar quantitativamente os componentes do sistema imunológico, mas também aprimorar qualitativamente a resposta imune, garantindo uma defesa mais eficaz e duradoura contra patógenos.

1.3 ESTRATÉGIAS NA PISCICULTURA ORNAMENTAL

A intensificação dos sistemas de criação levou ao aumento na produção durante os ciclos produtivos e, para evitar possíveis infecções ou até mesmo a mortalidade dos peixes, comumente são utilizados quimioterápicos e antibióticos diretamente na água, como forma de prevenção e tratamento (Saengsitthisak *et al.*, 2020; Dhanapala *et al.*, 2021). Diante disso, Os efeitos negativos decorrentes do descarte destes produtos devido as inadequadas concentrações utilizadas, muitas vezes de forma equivocada e sem parecer técnico de profissionais, promovem a seleção de genes de resistência aos produtos utilizados, risco ao ambiente, a saúde do manipulador, danos a nível tecidual no hospedeiro e baixa eficácia em tratamentos (Liu *et al.*, 2021; Hemamalini *et al.*, 2022).

Dessa forma, para garantir a sustentabilidade na piscicultura ornamental, estratégias vem sendo foco de pesquisa com intuito de substituir o uso dos quimioterápicos e antibióticos, favorecendo o crescimento dos animais, modulação do sistema imunológico e a resistência a enfermidades patogênicas (Sotoudeh & Yeganeh, 2017; Mehdinejad *et al.*, 2018).

Assim, há relatos promissores com estratégias nutricionais ocasionando efeitos benéficos aos peixes ornamentais, como aumento de enzimas digestivas, da vilosidade intestinal, de leucócitos, de atividade de lisozima, atividade fagocítica e imunoglobulina, que reflete diretamente na saúde do hospedeiro, no desempenho crescimento e na reprodução animal (Mehdinejad *et al.*, 2018; Rezaei Aminloo *et al.*, 2021). Dentre essas estratégias, destaca-se o uso de probióticos, como *Enterococcus faecium* em dietas para *Pterophyllum scalare* (Dias *et al.*, 2019), óleo essencial, como o alho em dietas para *Heros severo* (Campelo *et al.*, 2020), fitoterápico, como de *Mentha piperita* para *Cyrtocara moorii* (Can e Sumer, 2019) e imunoestimulantes, como vitamina C para *Symphysodon haraldi* (Liu *et al.*, 2019).

Neste contexto, Paital (2018) relatou que existe uma demanda por busca de estratégias que garantam maior saúde e sobrevivência de peixes cultivados, com as chamadas dietas nutracêuticas, que são alimentos ou parte do alimento, que beneficia a saúde do hospedeiro, potencializando as funções fisiológicas ou metabólicas sem efeito negativo ao ambiente, ao manipulador e ao hospedeiro. No entanto, esses produtos ainda são pouco explorados na alimentação de peixes, podendo ser uma alternativa eficaz nas dietas, além de ser uma fonte de energia e ao mesmo imunomoduladora e imunoestimulante.

1.4 CARPA KOI (*Cyprinus carpio*)

A carpa koi, é uma variedade ornamental da carpa comum (Shi *et al.*, 2024). Este peixe é amplamente reconhecido por suas cores vibrantes e padrões distintos, que variam entre vermelho, laranja, amarelo, preto, azul e branco (David *et al.*, 2004; Sirisidthi *et al.*, 2015; Shi *et al.*, 2024). As koi são popularmente criadas em tanques e lagos de jardins, sendo valorizadas por sua beleza estética, especialmente em países asiáticos (Fauzan *et al.*, 2024; Sirisidthi *et al.*, 2015). Caracteristicamente, *C. carpio* apresenta um corpo robusto e alongado, com nadadeiras arredondadas e uma boca terminal que possui pequenos barbilhões (Kock e Gomelsky, 2015).

Originária da Ásia, especificamente China e Japão, o *C. carpio* foi gradualmente selecionada por suas mutações coloridas, resultando nas koi ornamentais que conhecemos hoje (David *et al.*, 2004; Kock e Gomelsky, 2015; Shi *et al.*, 2024). Este processo de seleção foi particularmente intensificado no Japão, onde a criação de koi se tornou uma arte refinada durante o período Edo (Endo *et al.*, 2024; Greene, 2004). A distribuição geográfica de *C. carpio* é atualmente global, com populações estabelecidas em lagos artificiais, tanques e jardins aquáticos em todo o mundo (EPAMIG, 2022; Rezende e Fujimoto, 2021). Além de Japão e China, países como Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha e Brasil também possuem

comunidades dedicadas à criação e manutenção de peixes com finalidades ornamentais (Alam *et al.*, 2024; Dey, 2016; Tribuzy-neto *et al.*, 2020).

Além disso, *C. carpio* é uma das espécies de peixes mais cultivadas em todo o mundo, desempenhando um papel significativo tanto na aquicultura ornamental quanto na produção de alimentos, com uma produção estimada 4 milhões de toneladas no ano de 2022 (FAO, 2024; Putri e Dewi, 2019). No setor recreativo, as carpas são altamente valorizadas por sua beleza e variedade de cores, o que impulsiona o mercado de peixes ornamentais (Putri e Dewi, 2019; Shi *et al.*, 2024). Essa flexibilidade de finalidades faz da carpa uma espécie essencial tanto do ponto de vista econômico quanto ornamental e nutricional (FAO, 2024; Putri e Dewi, 2019).

A espécie *C. carpio* exerce significativa importância na comercialização de espécimes do mercado ornamental de aquarismo e paisagismo aquático (EPAMIG, 2022; Whittington e Chong, 2007). Elas são frequentemente comercializadas por valores elevados, dependendo de sua genética, padrão de cores, tamanho e idade (David *et al.*, 2004; Shi *et al.*, 2024). Além disso, a aquariofilia impulsiona um mercado secundário de acessórios, alimentação especializada e infraestrutura de tanques e lagos (Ladisa *et al.*, 2017; Munguti *et al.*, 2024). Este mercado global tem crescido consistentemente, refletindo o contínuo interesse de investimentos na indústria aquariofilia, bem como no setor de prevenção e tratamento de doenças de organismos aquáticos (Rezende e Fujimoto, 2021).

Recentemente, diversos estudos científicos têm explorado o uso de imunostimulantes naturais na alimentação de *C. carpio*, visando melhorar sua saúde e resistência a doenças (Chen *et al.*, 2024; Kuebutornye *et al.*, 2024). Ensaio experimentais demonstraram que suplementos na dieta, como extratos de plantas e probióticos, podem potencializar o sistema imunológico das koi, resultando em melhor crescimento e menor incidência de doenças (Kuebutornye *et al.*, 2024; Razavi Amria *et al.*, 2024). Por exemplo, um estudo de Yousefi *et al.* (2020) mostrou que a suplementação com extrato de alho aumentou significativamente a resposta imunológica e a resistência ao estresse de *C. carpio*. Estes achados são promissores para a aquicultura, indicando que a inclusão de imunostimulantes naturais na ração pode ser uma estratégia eficaz para promover a saúde e o bem-estar de *C. carpio* em ambientes de criação (Kuebutornye *et al.*, 2024).

Na literatura, o protocolo de criação para o *C. carpio*, aponta fatores como a densidade de estocagem e manejo alimentar para as larvas (Janakiraman e Altaff, 2014), sistema imunológico com suplementação com óleo essencial de *Lippia sidoides* na dieta de *C. carpio* (Medeiros *et al.*, 2023), bem como efeitos do ácido clorogênico (CGA) melhorando a cor corporal, a atividade antioxidante, os parâmetros bioquímicos e a resposta imune das carpas koi

(Xu *et al.*, 2022), proteína na dieta (Kwasek *et al.*, 2010) e o uso de probiótico na dieta (Xia *et al.*, 2024). Contudo, ainda faltam informações quanto a resistência a doenças e melhoria do sistema imunológico com a inclusão de nutracêuticos na dieta, podendo ser uma estratégia eficaz na criação desta espécie.

1.5 AÇAÍ (*Euterpe oleracea*)

O açaí é um fruto originário da Amazônia brasileira, conhecido pelo seu valor nutricional e seus benefícios para a saúde. É produzido principalmente pelas palmeiras *Euterpe oleracea* e *Euterpe precatoria*, sendo as espécies mais cultivadas comercialmente (Silveira *et al.*, 2023). A palmeira de açaí, vive em torno de 20 a 25 anos e é encontrada principalmente em áreas de várzea (Oliveira e Schwartz, 2018). O fruto é pequeno, redondo e de coloração roxa escura, quase preta, quando maduro (Oliveira e Schwartz, 2018; Silva, I., *et al.*, 2023). A *Euterpe oleracea* é a mais cultivada devido à sua alta produtividade e à qualidade da polpa do fruto (Silva, A., *et al.*, 2020; Silva, I., *et al.*, 2023).

Os constituintes primários químicos do açaí incluem uma vasta gama de compostos bioativos (Almeida *et al.*, 2020; Heinrich *et al.*, 2011). Entre os mais importantes estão os antioxidantes, especialmente antocianinas, que são responsáveis pela coloração roxa do fruto (Inácio *et al.*, 2013; Pacheco-Palencia *et al.*, 2009; Vannuchi *et al.*, 2022). Além disso, o açaí contém ácidos graxos essenciais, como o ácido oleico (ômega-9) e o ácido linoleico (ômega-6), que são benéficos para a saúde cardiovascular em roedores (Almeida *et al.*, 2020; Oliveira e Schwartz, 2018). O fruto também é rico em fibras, que auxiliam na digestão e promovem a saciedade, e em vitaminas, como a vitamina A, vitamina C e diversas vitaminas do complexo B. Minerais como ferro, cálcio e potássio também estão presentes em significativas quantidades (Bichara e Rogez, 2011; Oliveira e Schwartz, 2018). Estes estudos revelaram um teor total de ácidos graxos insaturados de 73,9%, a presença de esteróis como β -sitosterol, campesterol e stigmasterol, além de uma concentração de aminoácidos de 7,59%, com um total de dezenove aminoácidos identificados, conforme descrito por Schauss *et al.* (2006).

Os benefícios do consumo de açaí são amplamente estudados e reconhecidos humanos e roedores (Almeida *et al.*, 2020). Devido ao seu alto teor de antioxidantes, o açaí pode ajudar a combater o estresse oxidativo, reduzindo o risco de doenças crônicas como câncer e doenças cardíacas (Fragoso *et al.*, 2013; Silva, M., *et al.*, 2021). Os ácidos graxos presentes no açaí contribuem para a saúde cardíaca, enquanto as fibras ajudam a regular o sistema digestivo (Bichara e Rogez, 2011). Além disso, a presença de vitaminas e minerais essenciais reforça o

sistema imunológico e promove a saúde geral do organismo (Heinrich *et al.*, 2011). Com todos esses benefícios, o açaí é considerado um superalimento (Tacer-Caba, 2019).

As propriedades do açaí estão associadas a atividades antiproliferativas, anti-inflamatórias, antioxidantes e cardioprotetoras, características que são promissoras para o desenvolvimento de tecnologias e produtos voltados para a aquariofilia. Estudos de Hogan *et al.* (2010), Reverter *et al.* (2014) e Yanong (1999) reforçaram a importância das atividades biológicas do açaí. Além disso, estudos *in vitro* conduzidos por Sprenger *et al.* (2016) demonstraram que tanto a polpa quanto as sementes de *E. oleracea* exibem atividade antimicrobiana contra *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*. Estes achados sugerem que o uso fitoterápico do açaí pode ser uma alternativa sustentável, viável e acessível para o tratamento e prevenção de doenças, ampliando as possibilidades de aplicação do fruto em diferentes áreas da saúde e bem-estar.

Além disso, algumas das respostas terapêuticas do açaí *E. oleracea* em organismos aquáticos podem ser observadas no quadro 1, podendo ser uma alternativa eficaz para melhorar o desempenho e a sanidade de animais em cativeiro.

Quadro 1 - Principais artigos utilizando açai *Euterpe oleracea* na dieta de organismos aquáticos e seus principais efeitos terapêuticos.

Espécies	Doses de inclusão	Período	Desafio de estresse/tóxico/patógeno	Efeitos	Referências
<i>Collossoma macropomum</i>	EO (0,00; 0,63; 1,25; 2,50; 5,00 e 10,0%)	30 dias	Submetidos a transporte simulado por 3, 6, 12 e 24 h	Peixes alimentados com EO 1,25% e 10,0%, ↑CAHT em 42% e 53%. Assim como em EO 5,0% – 10,0% ↓PL no cérebro, brânquias e fígado em até 12 h	Silva <i>et al.</i> (2024)
	EO (6,3; 13; 25; 50 e 100 g kg ⁻¹)	30 dias	-	Peixes alimentados com EO 50 - 100 g kg ⁻¹ , ↑peso corporal final, ↑CA; ↓ triglicérideo muscular nos tratamentos com EO; os tratamentos 13 a 100 g kg ⁻¹ ↑CAT	T. Silva, <i>et al.</i> (2023)
	Controle (0,0% EO) e (5,0% e 10,0% EO)	30 dias	Controle (SF 0,9%; ip); PTZ (PTZ 150 mg kg ⁻¹ ip); PTZ EO 5,0%; PTZ EO 10,0% e BDZ-PTZ (BDZ Diazepam 10 mg kg ⁻¹ ip)	Nos grupos PTZ EO 5,0 - 10,0%, ↓comportamento convulsivo; 10,0% EO na dieta evitou o aumento da amplitude média das ondas do EEG em 80%; ↓60% de PL com a dieta 10,0% de EO	Silva, <i>et al.</i> (2021)
<i>Penaeus vannamei</i>	1º experimento EO (0,0%; 2,5; 5,0; 10,0; 20,0; 40,0 e 80,0 mg L ⁻¹); 2º experimento EO (0,0%; 5,0; 20,0 e 80,0 mg L ⁻¹)	1º experimento 7 dias; 2º experimento 27 dias	-	No 1º experimento, ↑capacidade antioxidante frente aos radicais peroxila dos bioflocos e ↓PL no grupo tratado com 20,0 mg L ⁻¹ de EO. No 2º experimento, ↑ S, GP e CA no grupo tratado com 20,0 mg L ⁻¹ de EO	Colombo, <i>et al.</i> (2023a)
	EO (0,0%; 5,0; 20,0 e 80,0 mg L ⁻¹)	30 dias	-	O dano lipídico foi atenuado após o tratamento com 20 mg L ⁻¹ de EO; A aplicação de 20 mg de L-1 de EO aumentou a altura média e a área das microvilosidades do intestino médio	Colombo, <i>et al.</i> (2023b)
	CTR (dieta controle); T (pó liofilizado de <i>Trichodesmium</i> sp. 0,8 µg g ⁻¹); A (10% de EO) e a combinação T+A	30 dias	Saxitoxina (STX) cianotoxina neurotóxica	↓Níveis de GSH dos tecidos musculares nos tratamentos T, A e T+A; ↑Atividade de GST no hepatopâncreas do tratamento T e nas brânquias dos tratamentos A e T+A; Diminuição dos (P-SH) nas brânquias do tratamento T+A e ↓níveis de (MDA) no hepatopâncreas do tratamento T+A	Ramos <i>et al.</i> (2022)
	0,0% (dieta controle) e 10,0% EO (p/p)	30 dias	Cianotoxina (NOD) (0,00; 0,25; e 1,00 µg L ⁻¹) com 96 h de exposição	EO dietética ↑níveis de GSH no hepatopâncreas e brânquias dos camarões expostos à NOD; A exposição à toxina não modificou a atividade da GST em todos os órgãos; Animais da dieta EO apresentaram ↓níveis de PL muscular quando expostos à NOD	Schmitz, <i>et al.</i> (2020)

	EO (0,0%, 2,5%, 5,0% e 10,0% P/P)	43 dias	-	Desempenhos decrescimento e sobrevivência não foram afetados pela inclusão de açaí na dieta; A inclusão de açaí modula o conteúdo de flavonóides nas brânquias de <i>L. vannamei</i> e nos bioflocos do sistema de criação	Silva, <i>et al.</i> (2020)
	0,0% (dieta controle) e 10,0% EO (p/p)	35 dias	Exposição a quatro concentrações de amônia (0,01-controle; 0,26; 0,48 e 0,91 mg L ⁻¹ de NH ₃ - N) por 96 h	↓ACAP das brânquias em ambas as dietas quando expostas à amônia, enquanto no músculo, o açaí promoveu ↑ACAP; Os níveis ↑PL nas brânquias e ↓músculo; Atividade da ↑GST no hepatopâncreas em camarões alimentados com açaí facilitando a desintoxicação de subprodutos da PL	Colombo <i>et al.</i> (2020)
<i>Heros severus</i> e <i>Pterophyllum scalare</i>	<i>H. severus</i> (0,0%; 0,50%; 1,00% e 2,00% de EOO dietético) e <i>P. scalare</i> (0,0%; 0,5%; 1,0%; 2,0% e 4,0% de EOO dietético)	30 dias	-	Um efeito quadrático foi observado no desempenho zootecnico para ambas as espécies de peixes; A taxa de sobrevivência e a uniformidade do lote para <i>P. scalare</i> e <i>H. severus</i> , a inclusão de EOO dietético foi benéfica em até 2,48% e 0,88%, respectivamente	Moura, <i>et al.</i> (2022)
<i>Oreochromis niloticus</i>	T0 (6%-óleo de soja), T1 (1%-AÇAÍ; 5%-SOY), T3 (3% AÇAÍ; 3%-SOY) e T6 (6%-açaí)	31 dias	-	No fígado, os níveis de espécies reativas de oxigênio foi ↓ em T1, T3 e T6; ↓PL em T3 e T6; Níveis de óxido nítrico foram menores em T6; A atividade da glutathiona peroxidase foi ↑ em T3 e T6	Leite, <i>et al.</i> (2021)
<i>Danio rerio</i>	-	28 dias	-	<i>In vitro</i> , os extratos demonstraram potente capacidade redutora de íons férricos, atividade de eliminação de radicais e inibição da oxidação de lipoproteína de baixa densidade (LDL); Peixes alimentados com açaí demonstraram ↑ atividade sérica de CT e CETP	Kim, <i>et al.</i> (2021)

Siglas quadro 1: EO - *E. oleracea* liofilizada; CPHT - Capacidade Antioxidante Hepática Total; PL - Peroxidação Lipídica; CAT - Capacidade Antioxidante Total; SF - Solução Fisiológica; BDZ - Diazepam; PTZ - Pentilenotetrazol; EEG - Eletroencefalografia; S - Sobrevivência; GP - Ganho de peso; CA - Conversão Alimentar; GSH - Glutathiona reduzida; GST - Glutathiona-S-transferase; P-SH - Grupos sulfidríla proteicos; MDA - Malondialdeído; ACAP - Capacidade antioxidante total; EOO - Óleo essencial de *Euterpe oleracea*; CETP - Proteína de transferência de éster de colesterol; CT - Colesterol total.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Avaliar a inclusão de polpa liofilizada de frutos de açaí *Euterpe oleracea* em dietas para juvenis de carpa koi *C. carpio* no desempenho produtivo e parâmetros hematoimunológicos.

2.2 Objetivos específicos

1. Avaliar a influência da inclusão de polpa liofilizada de frutos de açaí *E. oleracea* na dieta sobre o desempenho zootécnico de juvenis de *C. carpio*;
2. Avaliar os níveis de compostos fenólicos, flavonoides, teor de taninos, carotenoides e potencial antioxidante (%), após processo de inclusão de polpa liofilizada de frutos de açaí *E. oleracea* e repeletização da ração;
3. Avaliar os parâmetros imunológicos e hematológicos em juvenis de *C. carpio* alimentados com polpa liofilizada de frutos de açaí *E. oleracea* na ração;
4. Avaliar os níveis de compostos fenólicos, flavonoides, teor de taninos, carotenoides e potencial antioxidante (%), da musculatura e pele de juvenis de *C. carpio* após 60 dias de alimentação com polpa liofilizada de frutos de açaí *E. oleracea* na ração.

3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação é composta por um artigo científico, que será submetido à revista *Aquaculture*.

4 ARTIGO CIENTÍFICO

CAPÍTULO I: IMPACTO DA SUPLEMENTAÇÃO DIETÁRIA DE POLPA LIOFILIZADA DE FRUTOS DE *Euterpe oleracea* NOS PARÂMETROS HEMATOIMUNOLÓGICOS E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE *Cyprinus carpio* (LINNAEUS, 1758)

Alexandre Vaz da Silva^a; Emily Monteiro Lopes^a; Domickson Silva Costa^a; Gracienhe Gomes dos Santos^a; Caio Francisco Santana Farias^a, Paola Capistrano dos Santos^a; Ana Paula de Souza^a; Gabriele Bueno dos Anjos^a; Manoela Clemente Fernandes^a; Arlene Sobrinho Ventura^b,^c, Claudia Andrea Lima Cardoso^c; José Luiz Pedreira Mouriño^a; Maurício Laterça Martins^a

^a Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos – AQUOS, Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Florianópolis, SC, 88034-000, Brazil.

^b Faculdade de Ciências Agrárias – FCA, Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Unidade II, Caixa Postal 364, Dourados, MS 79804-970, Brazil.

^c Centro de Estudos em Recursos Naturais– CERNA, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Cidade Universitária de Dourados, Rodovia Itahum, Km 12, s/n, Dourados - MS, 79804-970, Brazil.

RESUMO

Ingredientes naturais amazônicos têm demonstrado resultados promissores na aquicultura. O açaí *Euterpe oleracea* apresenta-se como um ingrediente viável e promissor, possuindo benefícios como ganho de peso, atividades antiproliferativas, anti-inflamatórias e antioxidantes. Este estudo avaliou os efeitos da inclusão de açaí em dietas para juvenis de carpa koi *Cyprinus carpio* como promotor de crescimento e nos parâmetros hematoimunológicos. Os peixes foram alimentados durante 60 dias com cinco dietas experimentais contendo níveis crescentes de açaí (0%, 5, 10, 15 e 20 g kg⁻¹). Foram realizadas biometrias quinzenais para avaliar o desempenho produtivo e ajustar a quantidade de ração. Ao final do experimento, foram coletadas amostras de sangue para mensurar o hemograma, as proteínas plasmáticas totais, o título antimicrobiano e o título aglutinante. As dietas com 10 g a 20 g kg⁻¹ de açaí na ração apresentaram resultados significativos (p<0,05) para ganho de peso em comparação ao grupo controle e à dieta com 5 g kg⁻¹ de açaí na ração, sendo os menores valores observados nos peixes alimentados com grupo controle e 5 g kg⁻¹ de açaí na ração. As dietas com 10 g e 15 g kg⁻¹ de açaí foram mais eficientes (p<0,05) em termos de conversão alimentar em comparação ao grupo controle e à dieta com 5 g kg⁻¹ de açaí. Os parâmetros hematológicos indicaram que dietas com 20 g kg⁻¹ de açaí podem aumentar significativamente (p<0,05) o número de trombócitos em comparação com grupo controle, embora não tenha havido diferença na concentração de proteínas plasmáticas totais. A atividade antimicrobiana foi maior (p<0,05) nos peixes que receberam as dietas com 15 e 20 g kg⁻¹ de açaí, em comparação ao grupo controle, e o título de aglutinação foi superior (p<0,05) nos animais alimentados com 5 g, 10 g, 15 g e 20 g kg⁻¹ de açaí, em comparação ao grupo controle. Em conclusão, os resultados indicam que o açaí pode ser utilizado como promotor de crescimento, proporcionando maior desempenho zootécnico e melhor a resposta imunológica com aumento da atividade antimicrobiana, título de aglutinação e resposta trombocitária após 60 dias de suplementação.

Palavras chave: Aquicultura. carpa koi. Nutrição. Imunidade. Açaí liofilizado.

ABSTRACT

Amazonian natural ingredients have shown promising results in aquaculture, with açai (*Euterpe oleracea*) emerging as a viable and promising ingredient due to its benefits, including weight gain, antiproliferative, anti-inflammatory, and antioxidant activities. This study evaluated the effects of including açai in diets for koi carp (*Cyprinus carpio*) juveniles as a growth promoter and on hemato-immunological parameters. The fish were fed for 60 days with five experimental diets containing increasing levels of açai (0%, 5, 10, 15, and 20 g kg⁻¹). Biometric assessments were conducted every two weeks to evaluate productive performance and adjust the amount of feed. At the end of the experiment, blood samples were collected to measure the hemogram, total plasma proteins, antimicrobial titer, and agglutination titer. Diets with 10 g to 20 g kg⁻¹ of açai in the feed showed significant results ($p < 0.05$) for weight gain compared to the control group and the diet with 5 g kg⁻¹ of açai, with the lowest values observed in fish fed with the control group and 5 g kg⁻¹ of açai. Diets with 10 g and 15 g kg⁻¹ of açai were more efficient ($p < 0.05$) in terms of feed conversion compared to the control group and the diet with 5 g kg⁻¹ of açai. Hematological parameters indicated that diets with 20 g kg⁻¹ of açai could significantly increase ($p < 0.05$) the number of thrombocytes compared to the control group, although there was no difference in the concentration of total plasma proteins. Antimicrobial activity was higher ($p < 0.05$) in fish that received diets with 15 and 20 g kg⁻¹ of açai, compared to the control group, and the agglutination titer was higher ($p < 0.05$) in animals fed with 5 g, 10 g, 15 g, and 20 g kg⁻¹ of açai, compared to the control group. In conclusion, the results indicate that açai can be used as a growth promoter, providing greater zootechnical performance and better immune response with increased antimicrobial activity, agglutination titer, and thrombocyte response after 60 days of supplementation.

Keywords: Aquaculture. koi carp. Nutrition. Immunity. Açai.

4.1 INTRODUÇÃO

A aquariofilia uma das principais atividades recreativas de criação de animais domésticos no mundo, com destaque para os países asiáticos (Dey, 2016; Tribuzy-Neto *et al.*, 2020). No Brasil, a aquariofilia representou o equivalente a 20,8 milhões de animais no segmento pet, alcançando a quarta colocação mundial na aquisição de peixes ornamentais, com os EUA na liderança do ranking, seguidos pela China e pelo Reino Unido (Abinpet, 2022).

A carpa (*Cyprinus carpio*) é uma das espécies de peixes mais cultivadas em todo o mundo, desempenhando um papel significativo tanto na aquicultura ornamental quanto na produção de alimentos, com sua produção estimada 4 milhões de toneladas no ano de 2022 (FAO, 2024; Putri e Dewi, 2019). No setor recreativo, as carpas são altamente valorizadas pela sua beleza e variedade de cores, o que impulsiona o mercado de peixes ornamentais (Putri e Dewi, 2019; SHI *et al.*, 2024). Além disso, a carpa é uma importante fonte de proteína para consumo humano, sendo criada em sistemas de aquicultura intensiva que visam atender à crescente demanda por alimentos saudáveis e sustentáveis (FAO, 2024). Essa dualidade de finalidades faz da carpa uma espécie essencial tanto do ponto de vista econômico quanto nutricional (FAO, 2024).

No Brasil, no mercado de peixes ornamentais, a carpa (*Cyprinus carpio*) é a segunda espécie exótica mais comercializada, ficando atrás apenas do kinguio (*Carassius auratus*). Sua popularidade deve-se à sua diversidade de cores, padrões e formas, o que a torna altamente desejada por criadores e colecionadores (Brasil *et al.*, 2019; Putri e Dewi, 2019; SHI *et al.*, 2024). Além disso, a carpa desempenha um papel importante em ambientes ornamentais, como lagos e aquários, sendo uma escolha frequente em projetos paisagísticos (Brasil *et al.*, 2019). Destaca-se por sua variedade de cores e padrões, sendo amplamente criada por sua popularidade e alto valor no mercado internacional (Whittington e Chong, 2007). Contudo, a saúde dos peixes é uma questão preocupante para os piscicultores ornamentais, pois os sistemas de criação podem predispor os peixes a fatores estressantes, tornando-os suscetíveis a agentes patogênicos e, conseqüentemente, causando grandes perdas econômicas nas criações (Wanja *et al.*, 2020).

Na aquicultura, os sistemas de criação intensiva estão constantemente sujeitos a fatores estressantes, como manejo, nutrição, qualidade da água e densidade, entre outros, o que pode ocasionar o desequilíbrio da homeostase, deixando os animais suscetíveis a infecções (Santos *et al.*, 2017). Dentre os grupos de enfermidades, há relatos de infecções causadas por vírus (Ouyang *et al.*, 2020), fungos (Meneses *et al.*, 2021), parasitos (Mathews *et al.*, 2020) e bactérias (Hossain e Heo, 2021). Dessa forma, a nutrição torna-se um meio estratégico mais

viável para o uso de nutracêuticos e imunostimulantes, com capacidade de melhorar o sistema imunológico através do aumento de leucócitos, atividade fagocítica e humoral, bem como reduzir o estresse oxidativo, refletindo em maior resistência do hospedeiro contra enfermidades (Gupta *et al.*, 2021).

Diante disso, a busca por estratégias alternativas na nutrição torna-se necessária para o desenvolvimento de uma piscicultura sustentável. Alternativas como a suplementação com produtos vegetais dietários com extrato de *Pandanus tectorius* na concentração de 20 g kg⁻¹ mostraram resultados significativos no ganho de peso, parâmetros antioxidantes séricos, fortalecimento da imunidade e aumento da resistência a doenças em *C. carpio* (Cheng *et al.*, 2022; Lockyer e Stanner, 2016; Prajwal *et al.*, 2017).

Neste âmbito, o uso de aditivos alimentares torna-se uma opção viável na aquicultura, demonstrando resultados positivos em acará-do-congo (*Cichlasoma nigrofasciatum*), onde observaram-se maiores taxas de fecundidade e eclosão quando alimentados com ração contendo 150 mg kg⁻¹ de óleo essencial de erva-doce (*Foeniculum vulgare*) (Sotoudeh e Yeganeh, 2017), e aumento da capacidade antioxidante e imunomoduladora em juvenis de carpa comum (*C. carpio*) com a inclusão de 15 g kg⁻¹ de óleo essencial de orégano na dieta (*Origanum vulgare*) (Abdel-Latif *et al.*, 2020).

O açaí, *Euterpe oleracea* possui potencial para a cadeia produtiva da aquariofilia (Moura *et al.*, 2022) e apresenta-se como uma fonte alternativa e promissora de ingrediente (Silva *et al.*, 2023a), uma vez que seus frutos apresentam características fitoquímicas e farmacológicas com potencial terapêutico (Heinrich *et al.*, 2011; Leite *et al.*, 2021). Estudos utilizando açaí como ingrediente foram foco de pesquisa, confirmando resultados satisfatórios sobre o crescimento, biomarcadores metabólicos, atividade antioxidante e cor da pele de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Heinrich *et al.*, 2011; Laurindo *et al.*, 2023). Os estudos de Moura *et al.* (2022) mostraram efeitos positivos da adição de açaí em concentrações de até 4% na dieta de peixes ornamentais como o acará *Heros severus* e acará bandeira *Pterophyllum scalare*. Além disso, houve melhora no desempenho produtivo e ganho de peso de camarões marinhos *Penaeus vannamei* criados em sistema de bioflocos contendo 80,0 mg L⁻¹ de água (Colombo *et al.*, 2023a), demonstrando o potencial terapêutico de seus componentes fitoquímicos (Ahmadifar *et al.*, 2021, Silva *et al.* 2023a).

Os principais constituintes químicos do açaí são polifenóis, antocianinas e flavonoides (Inácio *et al.*, 2013; Pacheco-Palencia *et al.*, 2009; Vannuchi *et al.*, 2022). Aminoácidos, ácidos graxos e outros nutrientes foram investigados em estudos utilizando açaí liofilizado, evidenciando um teor total de ácidos graxos insaturados de 73,9%, presença de β -sitosterol,

campesterol e stigmasterol, e uma concentração de aminoácidos de 7,59%, com um total de dezenove aminoácidos relatados no estudo de Schauss *et al.* (2006). Como são poucos os estudos, mais informações sobre seu uso para animais e humanos são necessárias (Del Pozo-Insfran *et al.*, 2004).

As propriedades do açaí apresentam relações com atividades antiproliferativas, anti-inflamatórias, antioxidantes e cardioprotetoras, que são fatores favoráveis para o desenvolvimento de tecnologia e produtos para aquariofilia (Hogan *et al.*, 2010; Reverter *et al.*, 2014; Yanong, 1999). Além disso, estudos *in vitro* realizados por Sprenger *et al.* (2016) demonstraram que a polpa e sementes de *E. oleracea* apresentaram atividade antimicrobiana contra *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa* (Sprenger *et al.*, 2016). Isso demonstra que o uso fitoterápico do açaí pode ser uma alternativa sustentável, viável e acessível para o tratamento e prevenção de doenças (Sprenger *et al.*, 2016). Dessa forma, este estudo objetivou avaliar os efeitos da inclusão de açaí na dieta de juvenil de carpa koi como promotor de crescimento e nos parâmetros hematoimunológicos.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio experimental de alimentação foi realizado no Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos (AQUOS), que pertence ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética ao uso Animal (CEUA/UFSC nº 5552130324).

4.2.1 Material biológico

Um total de 317 juvenis de carpa koi com peso médio de 3 a 10 g foram obtidos em uma piscicultura comercial e transportados para o Laboratório - AQUOS, onde foram aclimatados e mantidos em quarentena durante 10 dias em dois tanques circulares de 1 m³ acoplados a um sistema de recirculação de água corrente. Durante esse período, os peixes foram alimentados com ração comercial até serem utilizados nos ensaios experimentais. Diariamente, foi feita a sifonagem do sistema para a remoção da matéria orgânica.

4.2.2 Dietas experimentais

O procedimento de preparo da ração foi adaptado de Heluy *et al.* (2023), onde foi utilizado produto comercial de polpa liofilizada de frutos de açaí *E. oleracea* (EO) e incorporado à ração comercial (Tabela 1) para peixes onívoros de 36% de proteína bruta com

pelete de 2 mm. Vinte quilogramas da ração foram moídos em um moinho de facas tipo Willey. Posteriormente, a ração foi dividida em quatro tratamentos (EO 5, 10, 15 e 20 g kg⁻¹) e um grupo controle EO 0,0% (Controle). Para cada tratamento e grupo controle, foram preparados quatro quilogramas de ração. Todos os grupos passaram pelos mesmos procedimentos para o preparo da ração.

O EO foi adicionado à ração (apenas nos grupos de tratamento). Em seguida, foi adicionada água destilada a 55°C para promover a gelatinização do amido e contribuir para a aglutinação. A mistura foi homogeneizada em misturadora horizontal até a formação de uma consistência semissólida. Esta mistura foi submetida ao processo de peletização através de uma matriz com abertura de 2,5 mm. Os pellets da ração foram secados em estufa a 50°C por 6 horas, quebrados e peneirados para a separação dos grânulos com tamanhos entre 2 e 2,5 mm. Posteriormente, a ração foi embalada e armazenada a -20°C até o uso.

A composição centesimal das dietas foi realizada seguindo os métodos estabelecidos pela AOAC (2016). A proteína bruta (N × 6,25) foi determinada pelo método Kjeldahl. O conteúdo lipídico bruto foi avaliado utilizando um extrator Soxhlet com extração por solvente (éter de petróleo). A fibra bruta foi determinada aplicando-se a digestão ácida e básica nas amostras, conforme Van Soest (1991) e Silva e Queiroz (2006). A rotulagem nutricional dos alimentos foi feita seguindo as recomendações de Carvalho (2003) (Tabela 2).

Tabela 1 - Ração comercial.

Ingredientes	Composição
	Porcentagem Aproximada (%)
Farinha de Peixe	20 – 30
Farinha de Soja	15 – 25
Farinha de Trigo	10 – 15
Farelo de Soja	10 – 15
Óleo de Peixe	3 – 5
Farelo de Milho	10 – 15
Vitaminas e Minerais	1 – 3
Premix ¹	2 – 4
Fibra Bruta	1,5 - 4,5
Umidade	10 – 12

¹Níveis de garantia por quilograma do produto Premix: Vit. A, 10.000-15.000 UI/kg; Vit. D, 2.000-3.000 UI/kg; Vit. E, 100-200 mg/kg; Vit. K, 5-10 mg/kg; Vit. C, 500-1.000 mg/kg; Vit. B1 (Tiamina), 20-30 mg/kg; Vit. B2 (Riboflavina), 30-50 mg/kg; Vit. B3 (Niacina), 100-200 mg/kg; Vit. B5 (Ácido Pantotênico), 50-100 mg/kg; Vit. B6 (Piridoxina), 20-30 mg/kg; Vit. B7 (Biotina), 1-3 mg/kg; Vit. B9 (Ácido Fólico), 10-20 mg/kg; Vit B12 (Cobalamina), 0,02-0,05 mg/kg; Colina, 1.000-2.000 mg/kg.

Tabela 2 - Resultado da análise centesimal da ração após processo de inclusão de *Euterpe oleracea* (EO) e após a peletização.

Composição química	Ração				
	Controle	EO 5 g kg ⁻¹	EO 10 g kg ⁻¹	EO 15 g kg ⁻¹	EO 20 g kg ⁻¹
Carboidratos totais g kg ⁻¹	392,0	385,0	370,0	391,0	372,0
Proteína bruta g kg ⁻¹	359,6	360,3	358,6	348,2	356,8
Extrato Etéreo g kg ⁻¹	80,7	84,5	82,6	86,5	88,8
Matéria mineral g kg ⁻¹	97,3	97,0	97,3	95,4	98,2
Fibra bruta g kg ⁻¹	15,7	16,7	26,5	14,5	24,5
Sódio mg 100g ⁻¹	289,80	295,37	289,57	289,90	289,90
Umidade e voláteis g kg ⁻¹	55,2	58,0	62,2	68,9	59,6

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram utilizados 240 juvenis de *C. carpio* com peso médio de $6,2 \pm 1,2$ g. Os juvenis foram distribuídos em 24 tanques circulares de polietileno de 0,1 m³ com volume útil de 0,08 m³, na densidade de 12 peixes por tanque. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e um grupo controle, com quatro repetições, adaptado de Moura *et al.* (2022), consistindo em:

- Dieta controle com 0,0% de açaí (Controle);
- Dieta com 0,5% de açaí liofilizado (EO 5 g kg⁻¹);
- Dieta com 1,0% de açaí liofilizado (EO 10 g kg⁻¹);
- Dieta com 1,5% de açaí liofilizado (EO 15 g kg⁻¹);
- Dieta com 2,0% de açaí liofilizado (EO 20 g kg⁻¹).

O experimento teve duração de 60 dias, com biometria a cada 15 dias para ajuste da ração. Os ensaios foram realizados em um sistema de recirculação de água, composto por tanques de criação, decantadores e filtros, biofiltros, sistema de aeração/oxigenação, sistema de bombas, tubulação de drenagem, retorno e unidade de quarentena. Os peixes foram alimentados com rações equivalentes a 7% da biomassa, três vezes ao dia (8:00, 13:00 e 17:00 horas). Diariamente foi realizado o sifonamento das unidades experimentais, com troca parcial de 10% da água do sistema para retirada de fezes e restos de ração, além do monitoramento das variáveis de qualidade da água que se mantiveram em condições semelhantes em todos os tratamentos dentro da faixa ótima estabelecida para espécie: temperatura $25,4 \pm 0,9$ °C, pH $7,2 \pm 0,1$, oxigênio dissolvido $6,6 \pm 1,4$ mg L⁻¹, amônia total $0,13 \pm 0,14$ mg L⁻¹ e nitrito $0,12 \pm 0,14$ mg L⁻¹ medidos diariamente com um kit colorimétrico (Alfakit[®]).

4.4 DESEMPENHO

Ao final do período experimental, foi realizada a biometria final dos juvenis para determinar os parâmetros de crescimento: peso final (Pf), peso inicial (Pi), biomassa (B); ganho

de peso (GP); taxa de crescimento específico em peso (TCE_p); Ganho de Peso em Biomassa (GP Biomassa); Ganho de Peso em Biomassa Diário (GPBd); Taxa de Crescimento Específico em Biomassa (TCE_p Biomassa); conversão alimentar parente (CA), sobrevivência (S), número (N) (Le Cren, 1951; Furuya *et al.*, 1998; Gonçalves *et al.*, 2013).

1. GP: $GP = Pf - Pi$;
2. GPd: $GPd = \Delta t / GP$;
3. TCE_p: $TCE_p (\%) = (\ln (Pf) - \ln (Pi) / \Delta t) \times 100$;
4. GP Biomassa: $GP \text{ Biomassa} = Bf - Bi$;
5. GPBd: $GPBd = GP \text{ Biomassa} / \Delta t$;
6. TCE_p Biomassa: $TCE_p \text{ Biomassa} (\%) = (\ln (Bf) - \ln (Bi) / \Delta t) \times 100$;
7. CA: $CA = A / GP$;
8. S (%) = $(N \text{ inicial de indivíduos} / N \text{ final de indivíduos sobreviventes}) \times 100$.

4.5 ANÁLISE FITOQUÍMICA

Foi realizada a análise química da ração para determinar os níveis de compostos fenólicos, flavonoides, teor de taninos, carotenoides e potencial antioxidante (%) após a inclusão de EO e o processo de repeletização. Além disso, foi feita análise química para avaliar a influência da suplementação de EO no tecido muscular e pele dos peixes após 60 dias de suplementação.

Para cada nível de inclusão de EO na ração, foi utilizada uma amostra de 1 g de ração. Após o período de 60 dias de alimentação, foram coletadas amostras de 1 g de tecido muscular e de pele dos peixes, tanto dos grupos experimentais quanto do grupo controle, para determinar os teores de compostos fenólicos, flavonoides, taninos, antocianinas, carotenoides e potencial antioxidante (%). Para a extração de cada amostra, foram utilizados 10 ml de etanol, que foram adicionados às amostras e submetidos a ultrassom por 28 minutos. Em seguida, as amostras foram filtradas para as análises.

4.5.1 Compostos fenólicos

Para quantificar o teor de compostos fenólicos, foi adicionado 0,1 mL de extrato em 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu e 1 mL de água. Após aguardar 1 minuto de incubação, adicionou-se 1,5 mL de carbonato de sódio a 20% e realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Global Trade Technology, Brasil) no comprimento de onda de 430 nm (Djeridane *et al.*, 2006). A quantificação foi realizada por meio de uma curva analítica de ácido gálico, expressando o resultado em mg de ácido gálico equivalente (AGE) por grama de amostra.

Para quantificar os flavonoides, adicionou-se 1 mL de cloreto de alumínio a 2% em metanol a 1 mL de amostra. Após 15 minutos de reação, realizou-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 430 nm (Djeridane *et al.*, 2006). A quantificação foi realizada por meio de uma curva analítica de rutina, expressando o resultado em mg de rutina equivalente (RE) por grama de amostra.

A concentração de taninos foi determinada pelo método espectrofotométrico de Folin-Denis (Pansera *et al.*, 2003), com adaptações nos volumes dos reagentes, sem alterar as proporções. Adicionou-se 0,5 mL de reagente de Folin-Denis a 0,5 mL de amostra, agitando e aguardando 3 minutos. Sequencialmente, adicionou-se 0,5 mL de carbonato de sódio a 0,75 M, homogeneizando e aguardando a reação por 2 horas em local escuro. A absorbância foi medida no comprimento de onda de 725 nm. Para o cálculo da concentração dos taninos, foi feita uma curva padrão com o ácido tânico. O resultado foi expresso em mg de ácido tânico equivalente (ATE) por grama de amostra.

As análises de antocianinas foram realizadas de acordo com o método de Fuleki e Francis (1968), posteriormente revisado por Lees e Francis (1972). Utilizando-se pH único, alíquotas de 1 mL de extrato, expostas às diferentes luminosidades, foram diluídas em 9 mL de etanol a 95% com HCl a 1,5 N (85:15), homogeneizadas e levadas ao espectrofotômetro em 535 nm. A concentração de antocianinas foi expressa em mg de antocianinas por grama de amostra.

4.5.2 Proantocianidinas

No método empregado na dosagem de proantocianidinas, 100 mg da amostra foram adicionados a 10 ml de álcool a 70% (v/v), 5 ml de ácido clorídrico a 25% (m/v) e 10 ml de água destilada. A solução foi aquecida sob refluxo por 80 minutos. Após o resfriamento, a solução foi filtrada, e o resíduo foi lavado com etanol a 70% (v/v) até se obter um filtrado incolor. A amostra foi concentrada até um volume de aproximadamente 3 ml em um evaporador rotatório sob pressão reduzida e temperatura de 60 °C. A solução concentrada foi extraída por partição com n-butanol (3 × 15 ml). As fases orgânicas foram reunidas em um balão volumétrico de 100 ml e a absorbância da solução resultante foi medida em $\lambda = 545$ nm. O resultado foi expresso em porcentagem de proantocianidinas, calculadas como cloreto de cianidina. O cálculo do teor de proantocianidinas foi realizado pela expressão: O cálculo do teor de proantocianidinas foi realizado por meio da expressão: $P (\%) = (A \times 500) / 75 \times m$,

onde: P (%) = porcentagem de proantocianidinas A = absorvância m = massa do extrato/ fração em gramas (European Pharmacopoeia, 2005).

Foi realizada a varredura com espectrofotômetro na região do ultravioleta e visível (UV-Vis), no comprimento de onda de 200 a 800 nm, com intervalo de leitura de 5 nm, utilizando o software MetaSpec Pro, em cubeta de quartzo.

A atividade antioxidante das amostras foi avaliada pelo método do radical livre DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), descrito por Capanoglu *et al.* (2008). Para cada 100 µL de amostra, adicionaram-se 2000 µL de DPPH a 0,004%, aguardando a reação por 30 minutos sob abrigo de luz e realizando a leitura em um espectrofotômetro no comprimento de onda de 517 nm. O percentual de inibição foi calculado de acordo com a Equação 2:

$$Q = \frac{A_0 - A_C}{A_0} \times 100 \text{ (Equação 2)}$$

Onde Q corresponde ao percentual de inibição, A₀ é a absorção do controle e A_c é a absorção da amostra após a reação.

4.5.3 Carotenoides

As amostras foram filtradas em um papel filtro quantitativo com poros 28 µm (J Prolab, Brasil). Posteriormente foram analisados no espectrofotômetro nos comprimentos de 470, 649 e 665 nm.

A C_α foi calculada com a equação 1, a C_β foi calculada com a equação 2 e os carotenoides (C_{x+c}) foram calculados com a equação 3 (Lichtenthaler e Wellburn, 1983).

1. $C_{\alpha} = 13.95A_{665} - 6.88A_{649}$
2. $C_{\beta} = 24.96A_{649} - 7.32A_{665}$
3. $C_{x+c} = \frac{10000A_{470} - 2.05C_{\alpha} - 114.8C_{\beta}}{245}$

As rações apresentaram níveis crescentes de compostos fenólicos, flavonoides, teor de taninos, carotenoides e potencial antioxidante (%) em relação as diferentes concentrações de inclusão (Tabela 3).

Tabela 3 - Níveis de compostos fenólicos (CF), flavonoides (F), teor de taninos (T), carotenoides e potencial antioxidante (%) após inclusão de *Euterpe oleracea* (EO) e peletização da ração.

	Tratamento					
	Controle	EO 5 g kg ⁻¹	EO 10 g kg ⁻¹	EO 15 g kg ⁻¹	EO 20 g kg ⁻¹	Açaí
CF (mg g ⁻¹)	23,40	24,23	26,40	30,50	33,07	201,43
F (mg g ⁻¹)	12,00	12,47	13,03	14,90	16,60	114,03
T (mg g ⁻¹)	1,07	1,17	1,37	1,57	1,73	24,20
carotenoides (mg g ⁻¹)	N.A.R.	0,23	0,53	0,83	1,20	10,40
Antocianinas (mg g ⁻¹)	N.A.R.	N.A.R.	N.A.R.	N.A.R.	N.A.R.	7,73
Proantocianidinas (mg g ⁻¹)	N.A.R.	N.A.R.	N.A.R.	N.A.R.	N.A.R.	19,37
Potencial antioxidante (%)	1,17	2,43	2,87	3,37	3,77	84,57

4.5.4 Análises hematoimunológicas

Ao final do período experimental de 60 dias, foi realizada a coleta de sangue para avaliação hematológica de 24 peixes de cada tratamento. Após anestesia por imersão em eugenol (75 mg L⁻¹) (Yousefi *et al.*, 2018), o sangue foi coletado por punção do vaso caudal usando seringas contendo 10% de EDTA. Posteriormente, os peixes foram eutanasiados por secção medular.

Uma alíquota de 10 µL de sangue total foi utilizada para determinar os valores de glicemia, utilizando o aparelho Accu Check[®] Active. Foram confeccionadas extensões sanguíneas em duplicata e coradas com May-Grunwald-Giemsa Wright para as contagens totais de trombócitos, leucócitos e contagem diferencial de leucócitos (Ranzani-Paiva *et al.*, 2013). Outra alíquota foi utilizada para contagem de eritrócitos (10⁶ µL⁻¹) em câmara de Neubauer (Tavares-Dias *et al.*, 2002), a porcentagem de hematócrito (Ht) realizada pelo método de microhematócrito (Goldenfarb *et al.*, 1971), e a hemoglobina (Hb) medida pelo kit LABTEST[®], baseado na metodologia de cianometahemoglobina, com leitura em analisador bioquímico (Thermo Plate), seguindo as recomendações de Collier (1944). A partir desses dados, foram calculados os índices hematimétricos (Vallada, 2002): Volume Corpuscular Médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM) e Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM). Para proteína plasmática total (PPT), foi determinada utilizando o refratômetro (Lumen RHC-200ATC).

Parte do sangue coletado foi mantido em repouso por um período de 1 hora e, em seguida, centrifugado a 4.000 g por 5 minutos para obtenção do plasma. Posteriormente, o plasma foi agrupado em um pool de seis peixes e armazenado a -20 °C para análise imunológica subsequente.

A análise de aglutinação foi realizada em microplacas de 96 poços com fundo em forma de U. Primeiramente, o plasma foi diluído em uma proporção de 1:1 em solução tampão fosfato-salino (PBS), sendo 50 µL de solução de PBS misturados com 50 µL de plasma no primeiro poço. Em seguida, foram feitas diluições em série de 1:2 até o 12º poço. Posteriormente, em todos os poços, foram adicionados 50 µL de *A. hydrophila* inativada com formalina (10%).

As microplacas foram então incubadas em uma câmara umidificada a 25 °C por um período de 18 horas. A confirmação da aglutinação foi feita pela observação de um precipitado no fundo de cada poço. A aglutinação foi considerada positiva quando um precipitado foi observado, e a diluição correspondente foi registrada como o recíproco da última diluição positiva. Essa metodologia foi adaptada de Silva *et al.* (2009).

O potencial antimicrobiano do plasma foi avaliado em relação a *A. hydrophila* utilizando microplacas de 96 poços de fundo plano, adaptado de Silva *et al.* (2009). O inóculo de *A. hydrophila* foi incubado em caldo Brain Heart Infusion (BHI) por 24 horas a 30 °C e diluído em meio de caldo pobre (PB) para atingir uma concentração final de $2,2 \times 10^7$ UFC mL⁻¹. O plasma foi diluído inicialmente em uma proporção de 1:3 em meio de caldo pobre (PB) no primeiro poço (50 µL de plasma: 150 µL de PB), seguido por diluições seriadas de 1:2 até o 12º poço. Solução salina foi diluída em PB para servir como controle positivo e negativo, seguindo o mesmo protocolo utilizado para o plasma. Em seguida, 20 µL de *A. hydrophila* foram adicionados aos poços contendo o plasma diluído e ao controle positivo. As microplacas foram incubadas por 24 horas a 28 °C. O crescimento bacteriano foi monitorado pela leitura da absorbância no leitor de microplacas, utilizando um comprimento de onda de 550 nm. O título antimicrobiano foi determinado como sendo o inverso da última diluição que demonstrou atividade antibacteriana, resultando na inibição total do crescimento microbiano, conforme o método descrito por Silva *et al.* (2009).

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os dados foram avaliados quanto à homogeneidade e normalidade pelos testes de Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente. Os dados não paramétricos foram transformados em log⁻¹⁰. Posteriormente, todos os dados foram submetidos à análise de variância (*One-way-ANOVA*). Quando obtidas as médias significativas, foi aplicado o teste de Tukey 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando o *Software Statistica* versão 12.5.

4.7 RESULTADOS

1.7.1 Desempenho de crescimento

Ao final do período experimental de (60 dias), os juvenis de carpa koi alimentados com OE a 15 g kg⁻¹ apresentaram maior ganho de peso médio ($p < 0,05$) em relação ao grupo controle e ao grupo alimentado com OE 5 g kg⁻¹ respectivamente. O ganho diário de peso apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos OE 15 g kg⁻¹ e o grupo controle, bem como entre OE 5 g kg⁻¹ e o grupo controle, e entre OE 10 g kg⁻¹ e OE 5 g kg⁻¹. Os tratamentos com OE 15 g kg⁻¹ e OE 10 g kg⁻¹ apresentaram maiores valores de ganho de peso diário, respectivamente em comparação com peixes alimentados com a dieta controle e com OE 5 g kg⁻¹ respectivamente.

Em relação à taxa de crescimento específico em peso, não houve diferença estatística entre os tratamentos ($p > 0,05$), ao contrário do Ganho de Peso em Biomassa e do Ganho de Peso em Biomassa diário, que foram significativamente maiores ($p < 0,05$) nos peixes alimentados com OE 15 g kg⁻¹ do que nos tratamentos com OE 5 g kg⁻¹, controle e OE 20 g kg⁻¹, respectivamente, assim como OE 10 g kg⁻¹ ($p < 0,05$) em comparação com o tratamento OE 5 g kg⁻¹. A taxa de conversão alimentar (CA) foi significativamente melhor ($p < 0,05$) em peixes alimentados com OE 15 g kg⁻¹ em comparação com peixes alimentados com a dieta controle. De modo geral, a dieta contendo OE promoveu efeitos significativos ($p < 0,05$) na maioria dos índices de desempenho zootécnico, exceto em TCE P e TCE B (Tabela 4).

Tabela 4 - Desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão) de *Cyprinus carpio* após 60 dias de alimentação em diferentes concentrações com *Euterpe oleracea* (EO).

	Tratamento					P valor
	Controle	EO 5 g kg ⁻¹	EO 10 g kg ⁻¹	EO 15 g kg ⁻¹	EO 20 g kg ⁻¹	
GP (g)	10,99 \pm 0,37 ^{bc}	10,35 \pm 0,47 ^c	12,97 \pm 1,57 ^{abc}	13,41 \pm 0,83 ^a	11,89 \pm 1,52 ^{abc}	0,005
GPd (g)	0,18 \pm 0,01 ^{bc}	0,17 \pm 0,01 ^c	0,22 \pm 0,03 ^{ab}	0,22 \pm 0,01 ^a	0,20 \pm 0,03 ^{abc}	0,005
TCE b (g)	1,66 \pm 0,10	1,67 \pm 0,14	1,85 \pm 0,08	1,89 \pm 0,17	1,81 \pm 0,20	0,126
GP B (g)	131,93 \pm 4,46 ^{bc}	124,18 \pm 5,61 ^c	150,22 \pm 12,31 ^{ab}	160,97 \pm 9,91 ^a	137,55 \pm 9,89 ^{bc}	0,000
GPBd	2,20 \pm 0,07 ^{bc}	2,07 \pm 0,09 ^c	2,50 \pm 0,21 ^{ab}	2,68 \pm 0,17 ^a	2,29 \pm 0,17 ^{bc}	0,000
TCEb	1,66 \pm 0,10	1,67 \pm 0,14	1,81 \pm 0,05	1,89 \pm 0,17	1,77 \pm 0,19	0,147
CA	3,57 \pm 0,12 ^b	3,50 \pm 0,16 ^{bc}	3,18 \pm 0,28 ^{ab}	3,06 \pm 0,19 ^a	3,35 \pm 0,25 ^{ab}	0,017
S (%)	100%	100%	100%	100%	100%	

GP = ganho de peso, GPd = ganho de peso diário, TCE p = taxa de crescimento específico em peso, GP B = ganho de peso em biomassa, GPBd = ganho de peso em biomassa diário, TCE p = taxa de crescimento específico em biomassa, CA = conversão alimentar, S = sobrevivência (%). Letras distintas indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

1.7.2 Análise fitoquímica de pele e músculo

Após 60 dias de suplementação, não houve aumento nos níveis de polifenóis, flavonoides, concentração de taninos, antocianinas, carotenoides e potencial antioxidante (%) no músculo e na pele dos peixes.

1.7.3 Análises hematológicas

A contagem de eritrócitos, hemoglobina, VCM, HCM, CHCM, glicose e PPT não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre os grupos suplementados e o grupo controle (Tabela 5). Com relação aos leucócitos, linfócitos, monócitos, neutrófilos, eosinófilos, também não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os grupos com suplementação e o grupo não suplementado. Por outro lado, o número de trombócitos foi maior ($p<0,05$) no grupo EO 20 g kg^{-1} em comparação com o grupo controle.

Tabela 5 – Parâmetros hematológicos (média \pm desvio padrão) de *Cyprinus carpio* após 60 dias de suplementação com *Euterpe oleracea* (EO) em diferentes concentrações.

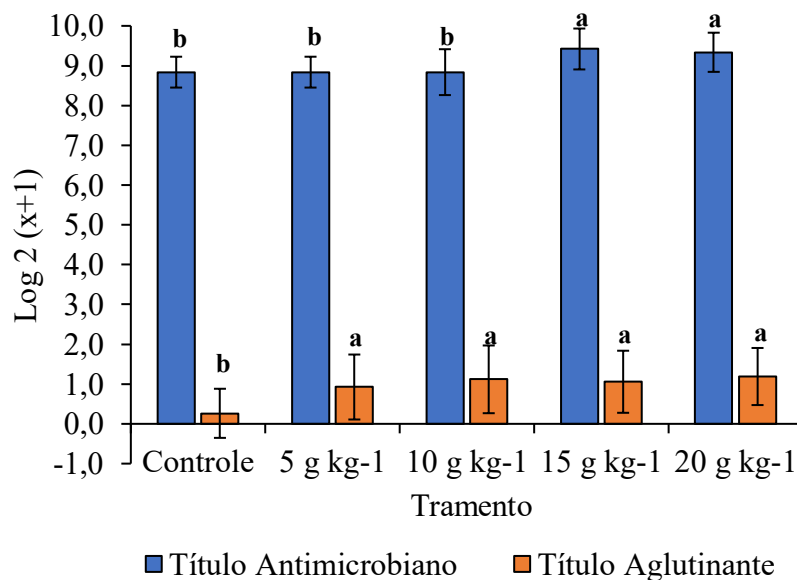
Parâmetros	Tratamento					p valor
	Controle	EO 5 g kg^{-1}	EO 10 g kg^{-1}	EO 15 g kg^{-1}	EO 20 g kg^{-1}	
Eritrócitos ($\times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$)	1,58 \pm 0,24	1,50 \pm 0,22	1,36 \pm 0,18	1,59 \pm 0,27	1,62 \pm 0,38	0,099
Hematócrito (%)	28,03 \pm 3,83	29,53 \pm 3,55	28,40 \pm 3,74	29,18 \pm 5,60	27,93 \pm 5,33	0,749
Hemoglobina (g dL^{-1})	8,82 \pm 0,79	8,45 \pm 1,16	8,44 \pm 0,50	8,85 \pm 0,54	9,07 \pm 0,99	0,785
VCM (fL)	179,97 \pm 28,2	186,73 \pm 33,4	190,83 \pm 12,4	175,80 \pm 37,5	178,05 \pm 27,8	0,731
HCM (pg)	57,89 \pm 7,10	58,16 \pm 5,32	60,34 \pm 5,86	56,45 \pm 7,88	55,59 \pm 8,11	0,460
CHCM (g dL^{-1})	31,34 \pm 4,49	30,17 \pm 6,59	30,19 \pm 4,19	31,48 \pm 6,43	33,37 \pm 4,49	0,361
Glicose (g dL^{-1})	55,95 \pm 20,04	57,84 \pm 15,93	59,5 \pm 13,01	49,11 \pm 16,22	55,85 \pm 16,22	0,344
PPT (g dL^{-1})	5,90 \pm 0,60	6,09 \pm 0,39	5,96 \pm 0,45	6,11 \pm 0,60	6,06 \pm 0,49	0,161
Leucócito ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	55,4 \pm 14,1	44,4 \pm 14,5	46,2 \pm 18,7	45,0 \pm 10,3	60,1 \pm 14,1	0,140
Tromb. ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	0,81 \pm 0,88 ^b	1,23 \pm 1,29 ^{ab}	1,22 \pm 1,05 ^{ab}	1,31 \pm 1,04 ^{ab}	2,32 \pm 1,67 ^a	0,031
Linfócito ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	46,5 \pm 12,7	35,1 \pm 14,2	39,8 \pm 16,7	37,6 \pm 15,3	47,1 \pm 24,3	0,234
Monócito ($\times 10^3 \mu\text{L}^{-1}$)	9,29 \pm 5,49	8,52 \pm 5,21	6,48 \pm 4,40	8,30 \pm 5,13	11,33 \pm 5,36	0,174
Neutrófilo ($\times 10^2 \mu\text{L}^{-1}$)	2,46 \pm 4,11	3,04 \pm 3,00	2,02 \pm 2,56	1,29 \pm 1,57	1,89 \pm 2,90	0,637
Eosinófilo ($\times 10^2 \mu\text{L}^{-1}$)	1,37 \pm 2,74	1,71 \pm 2,42	1,90 \pm 2,10	0,86 \pm 1,41	1,06 \pm 2,74	0,730

VCM = volume corpuscular médio; CHCM = concentração de hemoglobina corpuscular média; HCM = hemoglobina corpuscular média; PPT = Proteína plasmática total; Tromb. = Trombócito. Letras distintas indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

1.7.4 Análises imunológicas

Após o período experimental de suplementação, o título antimicrobiano apresentou maiores valores ($p < 0,05$) nos animais alimentados com EO 15 e 20 g kg⁻¹ do que o observado nos animais do grupo controle e nos alimentados com EO 5 g kg⁻¹ e EO 10 g kg⁻¹. Em relação ao título de aglutinação observou-se maior valor ($p < 0,05$) no grupo que recebeu EO 5, 10, 15 e 20 g kg⁻¹ e o menor valor ($p < 0,05$) ocorreu no grupo controle (Figura 1).

Figura 1 - Título antimicrobiano e título de aglutinação de *Cyprinus carpio* após 60 dias de suplementação com: ração controle 0,0 % de açaí (EO 0,0%); Dieta EO 5 g kg⁻¹; Dieta EO 10 g kg⁻¹; Dieta EO 15 g kg⁻¹ e Dieta EO 20 g kg⁻¹. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).



4.8 DISCUSSÃO

As dietas apresentaram níveis crescentes de compostos fenólicos, flavonoides, concentração de taninos, carotenoides e potencial antioxidante (%) da ração. Neste estudo, o tratamento com EO 20 g kg⁻¹ foi o que apresentou os maiores níveis desses compostos e o maior potencial antioxidante (Tabela 3). Os flavonoides destacam-se entre os compostos fenólicos presentes no açaí (*E. oleracea*) (Silveira *et al.*, 2023). Por outro lado, a dieta com EO 15 g kg⁻¹ mostrou-se expressiva em variáveis de crescimento (Tabela 4), corroborando os resultados significativos para a espécie *C. carpio*, com presença moderada de fitoquímicos na ração.

Alguns componentes fitoquímicos do açaí, como os polifenóis, podem ter efeitos positivos em crescimento, ajudando a estabilizar o trato gastrointestinal, reduzindo inflamações e melhorando a absorção de nutrientes. Isso pode resultar em uma digestão mais eficiente e

absorção mais completa dos nutrientes, contribuindo para o desenvolvimento dos animais (Ahmadifar *et al.*, 2021; Martins *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2023a). Os flavonoides presentes na polpa e nas sementes do açaí podem estar relacionados aos seus efeitos terapêuticos, sendo que os compostos bioativos quercetina e rutina se destacam em estudos fitoquímicos com EO (Kang *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2021).

Os compostos fenólicos são amplamente encontrados em plantas e frutas, como rabanete e açaí (Silva *et al.*, 2023b; Silveira *et al.* 2023). Dentre eles, os flavonoides são associados a efeitos benéficos no desempenho produtivo, melhorando a eficiência alimentar (CA) e a atividade antioxidante em peixes, além de aprimorar a resposta imunológica (Ahmadifar *et al.*, 2021). O EO, quando suplementado em dietas, pode trazer benefícios aos animais (Moura *et al.*, 2023). Estudos realizados por Silva *et al.* (2023a) evidenciaram a eficiência da inclusão de açaí liofilizado na dieta para tambaqui nas concentrações de 50 e 100 g kg⁻¹ na ração, apresentando maior peso corporal final e demonstrando que as propriedades fitoquímicas do açaí podem contribuir para o aumento do desempenho produtivo em peixes.

Em termos de eficiência alimentar, o presente estudo mostrou que dietas à base de EO aumentaram significativamente o ganho de peso e o ganho de peso diário nas dietas EO 10 g kg⁻¹ e EO 15 g kg⁻¹, em comparação com o controle e a dieta EO 5 g kg⁻¹ de açaí. Sugere-se que o açaí, em concentrações moderadas, pode promover maior crescimento de *C. carpio*. Isso pode estar relacionado à presença de compostos bioativos na polpa e nas sementes do açaí, que podem estimular o crescimento e o desenvolvimento dos peixes. Estudos realizados por Colombo *et al.* (2023a) utilizando bioflocos enriquecidos com açaí liofilizado apresentaram resultados semelhantes para *P. vannamei* criados em sistema de bioflocos. Camarões expostos em bioflocos com açaí a 20 mg L⁻¹ de água apresentaram maior sobrevivência, ganho de peso e conversão alimentar. No entanto, o mesmo estudo alerta que a capacidade antioxidante dos bioflocos e camarões diminuiu gradativamente à medida que aumentava a concentração de EO.

O açaí também pode ter efeitos negativos em pós-larvas de *P. vannamei* quando utilizado em concentrações de 80 mg L⁻¹, diminuindo a sobrevivência e o desempenho zootécnico. Isso pode ser atribuído à baixa absorção de nutrientes no intestino médio e à falta de resposta das defesas antioxidantes, agravando a ocorrência de danos oxidativos, proteicos e lipídicos no músculo (Colombo *et al.*, 2023b). Na composição química do EO observou-se a presença de taninos hidrolisáveis e condensados (Rufino *et al.*, 2011), podendo estar relacionada tanto a efeitos adversos quanto benéficos, dependendo da sua concentração e natureza, além de fatores como a espécie, estágio de vida do animal e os níveis presentes na dieta (Ahmadifar *et al.*, 2021; Butolo, 2010). Estes compostos são comumente associados a

efeitos antinutricionais causados pelo complexo tanino-proteína, o que provoca diminuição na digestibilidade e na palatabilidade devido ao sabor adstringente (Nollet *et al.*, 2018).

Os taninos podem se ligar às enzimas digestivas, como amilase, protease e lipase, inibindo sua atividade (Chung *et al.*, 1998; Mandal e Ghosh, 2010). Isto ocorre porque os taninos têm a capacidade de formar complexos estáveis com proteínas (Shahidi e Dissanayaka, 2023). A inibição dessas enzimas pode diminuir a eficiência da digestão de carboidratos, proteínas e lipídios, levando a uma menor absorção de nutrientes, formando complexos insolúveis conhecidos como precipitação de proteínas (Francisco *et al.*, 2001; Gemedede e Ratta, 2014; Tadele, 2015). Estes complexos dificultam a digestão e absorção das proteínas, resultando em uma diminuição da disponibilidade de aminoácidos essenciais. Por outro lado, esse fator antinutricional é considerado termolábil, podendo ser inativado em processos que envolvem altas temperaturas, umidade e pressão, como o processo de extrusão (Butolo, 2010; Nollet *et al.*, 2018).

Carpas alimentadas com EO 10 g kg⁻¹ e EO 15 g kg⁻¹ apresentaram conversão alimentar mais eficiente, indicando melhor utilização dos nutrientes presentes na ração. Os resultados sugerem que o açai não apenas promoveu maior ganho de peso total, mas também contribuiu para um aumento na massa corporal. Dessa forma, concentrações moderadas de EO na ração podem melhorar o desempenho zootécnico das carpas koi, incluindo crescimento, conversão alimentar e ganho de biomassa. Estes efeitos podem ser atribuídos à composição nutricional do EO, incluindo seus antioxidantes, vitaminas e outros nutrientes benéficos (Ahmadifar *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2023a).

Dietas com o EO não apresentam incorporação de polifenóis ou flavonoides no tecido muscular. Estes achados estão alinhados com os estudos de Colombo *et al.* (2020), Silva *et al.* (2020) e Silva *et al.* (2023a), que também não encontraram incorporação desses fitoquímicos no músculo do camarão *L. vannamei* alimentado com EO, bem como em tambaqui *C. macropomum*. As implicações destes resultados sugerem que, apesar do potencial antioxidante dos compostos presentes no EO, a biodisponibilidade e a incorporação no músculo e pele dos organismos podem ser limitados por fatores metabólicos ou fisiológicos dos animais.

Por outro lado, é importante considerar outros sistemas fisiológicos que funcionam como barreiras, protegendo os animais das ameaças representadas por fatores estressantes de manejo, má qualidade da água, patógenos, entre outros. Este estudo também avaliou os parâmetros hematológicos, que desempenham um papel importante na saúde geral dos peixes. A variação destes parâmetros foi listada por Witeska *et al.* (2016), descrevendo os valores de referência dos parâmetros hematológicos de carpas saudáveis. Outro estudo realizado por

Tripathi *et al.* (2004) mostrou que o número de eritrócitos em carpas saudáveis foi de $1,81 \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$. Em nossos estudos, observou-se que os peixes do grupo controle apresentaram valor médio de $1,58 \pm 0,24 \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$, enquanto que o tratamento com a maior concentração de EO, 20 g kg^{-1} , foi de $1,62 \pm 0,38 \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$, dentro da faixa padrão para a espécie. Por sua vez, as carpas alimentadas por 60 dias com ração contendo açaí não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos e o grupo controle para todos os parâmetros hematológicos válidos, exceto para o volume de trombócitos.

Este estudo mostrou que a suplementação com 20 g kg^{-1} de EO aumentou significativamente o número de trombócitos no sangue circulante permanecendo dentro da faixa normal para a espécie, diferentemente do grupo controle. Os compostos bioativos do açaí, com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, podem proteger as células hematopoiéticas do estresse oxidativo, promovendo a produção saudável de células sanguíneas (Rodríguez *et al.*, 2022). Pesquisas indicam que os polifenóis regulam o estresse oxidativo e influenciam positivamente a sinalização celular via NF- κ B (Jia *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2020).

Os polifenóis presentes no açaí também podem inibir a via do ácido araquidônico, reduzindo a síntese de tromboxano A₂ (TXA₂), uma molécula que desempenha um papel crucial na coagulação do sangue ao promover a agregação das plaquetas. Níveis elevados de TXA₂ estão associados a condições trombóticas, como infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral (AVC). Nos peixes, os trombócitos funcionam de maneira semelhante às plaquetas em mamíferos, auxiliando na homeostase vascular e desempenhando funções imunológicas (Stosik *et al.*, 2019).

As células-tronco hematopoiéticas geram todas as linhagens sanguíneas, com diferenciação e ativação em órgãos hematopoiéticos secundários, reguladas por moléculas hematopoiéticas e quimiocinas que influenciam a expressão genética e a diferenciação celular (Cao *et al.*, 2023; Ortiz e Esteban, 2024). O trombopoietina (TPO) é importante na regulação do crescimento de megacariócitos e da produção de plaquetas em mamíferos. A diferenciação de megacariócitos e formação de plaquetas em mamíferos são reguladas pela contagem de c-MPL no sangue, com níveis elevados de plaquetas reduzindo o TPO e ajustando a hematopoiese (Kaushansky, 1998, 2005; Ortiz e Esteban, 2024; Stosik *et al.*, 2019).

Estes achados sugerem que dieta com EO pode aumentar a produção de trombócitos em carpas, com polifenóis do açaí protegendo células hematopoiéticas, melhorando a sinalização celular e aumentando a atividade da TPO (Oliveira *et al.*, 2019; Rodríguez *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2023a; Stosik *et al.*, 2019). Estudos adicionais são necessários, mas a literatura apoia a

hipótese de benefícios hematológicos da EO na saúde animal (Ożarowski *et al.* 2021; Shibuya *et al.*, 2020).

De acordo com Nazki *et al.* (2024), os mecanismos inespecíficos de defesa em peixes que operam como primeira linha de defesa são críticos em todos os estágios da infecção. Os sistemas de defesa não específicos podem ter sido potencializados, resultando em uma eliminação mais eficiente e robusta, combinando sistemas inato e específico. O sistema inato fornece a primeira linha de defesa, envolvendo células de defesa como monócitos, linfócitos, leucócitos e trombócitos, que podem atuar na fagocitose de patógenos (Esteban *et al.*, 2015), componentes da resposta humoral e células citotóxicas inespecíficas imunológicas. Enquanto isso, a imunidade humoral, mediada por células de memória imunológica, com o sistema de defesa específico, resulta em uma resposta rápida e eficaz, que está ligada à capacidade dos trombócitos e linfócitos T e B de reconhecerem antígenos (Nayak, 2012; Nazki *et al.*, 2024; Stosik *et al.*, 2019).

Por outro lado, outras barreiras de defesa são encontradas no plasma sanguíneo, cuja capacidade de defesa pode ser mensurada pelo título antimicrobiano e título aglutinante. As substâncias presentes no plasma sanguíneo, incluindo peptídeos antimicrobianos, enzimas e outros componentes, atuam diretamente na eliminação de patógenos (Kanwal *et al.*, 2023). Além de destruir patógenos, estas substâncias podem atuar como sinalizadores, ativando partes distintas do sistema imunológico dos peixes, promovendo uma resposta imune mais eficiente. Elas inibem proteases e a ação de toxinas bacterianas, impedindo a proliferação desses agentes patogênicos no hospedeiro (Aly *et al.*, 2021; Uribe *et al.*, 2011).

Neste estudo, a atividade do título antimicrobiano aumentou significativamente em peixes que receberam a dieta com 15 e 20 g kg⁻¹ de EO. Estes resultados são semelhantes aos estudos de Jung *et al.* (2017), onde a adição das microalgas *Scenedesmus obliquus* e *Chlorella* sp. na criação de tilápia do Nilo melhorou os parâmetros hematoimunológicos dos peixes. Silva *et al.* (2023c) também descreveram que o título antimicrobiano foi afetado pelo tratamento com inclusões de microalgas, elucidando que os compostos bioativos presentes nas microalgas também podem influenciar a atividade antimicrobiana do soro sanguíneo de peixes.

Considerando os resultados encontrados, as diferenças no título antimicrobiano podem ser atribuídas às propriedades bioativas da EO (Ahmadifar *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021). A EO possui compostos com atividades antioxidante, anticarcinogênica e antimicrobiana (Silva, M., 2021; Souza, 2022; Sprenger *et al.*, 2016). Em estudos com outro aditivo rico em polifenóis, como o guaraná *Paullinia cupana*, peixes desafiados com *A. jandaei* apresentaram melhores parâmetros de atividade respiratória leucocitária, proteínas totais, globulina,

albumina, alanina aminotransferase (ALT), leucócitos, linfócitos, neutrófilos, monócitos e trombócitos. Produtos naturais como *E. oleracea* e *P. cupana* são amplamente relatados na literatura por suas propriedades farmacológicas. Estudos mostram que tanto o açaí quanto o guaraná protegem a membrana celular devido às suas substâncias antioxidantes, que se ligam aos radicais livres, como espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, geradas durante processos oxidativos e inflamatórios (Costa *et al.*, 2023; Laurindo *et al.*, 2023). Quando não inibidos, esses radicais livres reagem com as células e causam danos oxidativos, refletindo nos valores dos parâmetros hematoimunológicos.

O título aglutinante é um parâmetro essencial para avaliar as respostas imunológicas séricas em peixes, mediado por agentes como lectinas e imunoglobulinas. As lectinas são proteínas que se ligam a carboidratos específicos na superfície dos patógenos, promovendo a aglutinação e opsonização, facilitando assim a remoção pelo sistema imunológico (Sharon e Lis, 2004). As imunoglobulinas, ou anticorpos, reconhecem e se ligam a antígenos específicos, promovendo a aglutinação e a destruição dos patógenos através da fagocitose ou ativação do sistema complemento (Tizard, 2017). A medição do título aglutinante permite avaliar a eficácia da resposta imune humoral, essencial para a defesa contra infecções. Estudos demonstram que níveis elevados de títulos aglutinantes estão correlacionados com uma melhor resistência a doenças em peixes (Ellis, 2001).

O título de aglutinação foi maior nos peixes tratamentos com EO na ração. Esses resultados são corroborados por estudos de Skyberg *et al.* (2012, 2013), que sugerem que o EO atua como um agonista imune inato, tendo atividade contra patógenos intracelulares virulentos. O aumento do título de aglutinação devido ao EO na dieta se assemelha a estudos de testes de vacina, como o de Biller-Takahashi *et al.* (2014), que utilizaram tilápia do Nilo *O. niloticus*, vacinando-a com doses de bactérias inativadas por via oral e de banho de imersão, e observaram maiores valores de título de aglutinação após 21 dias, quando comparados aos peixes não vacinados para *A. hydrophila* e *E. durans*.

As propriedades terapêuticas da EO podem ajudar a prevenir e reduzir quadros patológicos crônicos em *C. carpio*, melhorar a eficiência metabólica e promover um ambiente interno mais favorável para o seu desenvolvimento. Esses efeitos combinados contribuem para a melhoria da saúde geral e para o aumento da resistência a doenças nos peixes.

4.9 CONCLUSÕES

O açaí pode melhorar o desempenho zootécnico de *C. carpio*, modulando o sistema imunológico, melhorando a digestão e absorção de nutrientes, proporcionando benefícios à saúde hematoimunológica e ao crescimento de *C. carpio* nas concentrações de 10 a 20 g kg⁻¹ de EO na ração. Os compostos fenólicos, flavonoides e outros antioxidantes presentes no EO neutralizam radicais livres e protegem as células. A interação desses compostos com os processos biológicos de *C. carpio* resulta em múltiplos benefícios para a saúde e o desempenho zootécnico. No entanto, a biodisponibilidade e a incorporação desses bioativos no músculo podem ser limitadas por fatores metabólicos ou fisiológicos. Embora sejam necessários mais estudos em carpas, este estudo sugere que a suplementação com EO pode melhorar a saúde hematoimunológica e a eficiência alimentar, bem como apresentar resultados positivos nos testes de título antimicrobiano e título aglutinação da carpa koi sem provocar efeitos deletérios nos animais.

4.10 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), bolsa de pesquisa a M.L. Martins (CNPq 303822/2022-8), a J.L.P. Mouriño (CNPq 307541/2020-7), pelo auxílio financeiro (CNPq 409821/2021-7), C.A.L. Cardoso (312671/2021-0) e bolsa de Pós-Doutorado para A.S. Ventura (150256/2023-0), bolsa de mestrado A.V. Silva (CNPq 164544/2022-4) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para bolsa de mestrado para E.M. Lopes, e bolsa de doutorado para C.F.S. Farias, D.S. Costa, e Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), pela bolsa de doutorado para G.G. Santos (48/2021). Este estudo foi parcialmente financiado pela CAPES código financeiro 001.

4.11 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Alexandre Silva: Análise Formal, Redação - Rascunho Original, Visualização, Emilly Lopes: Investigação, Metodologia, Domickson Costa: Investigação, Metodologia, Gracienhe Santos: Investigação, Metodologia, Caio Farias: Investigação, Metodologia, Paola Santos: Investigação, Metodologia, Ana Souza: Investigação, Metodologia, Gabriele Anjos: Investigação, Metodologia, Manoela Fernandes: Investigação, Metodologia, Arlene Sobrinho: Redação - Revisão e Edição, Cláudia Cardoso: Metodologia, José Luiz Mouriño: Investigação,

Administração do projeto, financiamento, Maurício Martins: Orientador, Revisão & Edição, Administração do projeto, financiamento.

4.12 FINANCIAMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – (CNPq) – Processo 164544/2022-4.

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001 Brasil (CAPES).

4.13 DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados derivados que suportam as conclusões deste estudo estão disponíveis a pedido do autor correspondente (SILVA, A.V.).

4.14 DECLARAÇÕES

Aprovação ética

Todos os procedimentos realizados estavam de acordo com as normas do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal e o protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Catarina (CEUA/UFSC) sob o nº 5552130324.

4.15 CONCORRENTES

Os autores declaram não ter interesses concorrentes.

4.16 REFERÊNCIAS

ABDEL-LATIF, H. M. R *et al.* Dietary oregano essential oil improved the growth performance via enhancing the intestinal morphometry and hepato-renal functions of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. **Aquaculture**, v. 526, p. 735432, 2020.

ABINPET. Mercado pet Brasil. Associação brasileira da indústria de produtos para animais de estimação, São Paulo, 2022. Disponível em: <http://abinpet.org.br/mercado/>. Acesso em: 08 fev. 2023.

AHMADIFAR, E. *et al.* Benefits of dietary polyphenols and polyphenol-rich additives to aquatic animal health: an overview. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, v. 29, n. 4, p. 478-511, 2021.

AKRAM, M. *et al.* Oil based inactivated vaccine formulation for furunculosis (*A. salmonicida*) and protective immune response of rainbow trout and brown trout. **Sains Malaysiana**, v. 52, n. 8, p. 2163-2173, 2023.

ALY, S. M. *et al.* Efficiency of monovalent and polyvalent *Vibrio alginolyticus* and *Vibrio Parahaemolyticus* vaccines on the immune response and protection in gilthead sea bream, *Sparus aurata* (L.) against vibriosis. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 111, p. 145-151, 2021.

AOAC INTERNATIONAL. LATIMER, G. W. JR. Official methods of analysis of AOAC International. [s.l.] AOAC International, 2016.

BILLER-TAKAHASHI, J. D. *et al.* Proposed method for agglutinating antibody titer analysis and its use as indicator of acquired immunity in pacu, *Piaractus mesopotamicus*. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 1, p. 238-242, 2014.

BRASIL, E.M. *et al.* In vitro and in vivo antiparasitic action of essential oils of *Lippia* spp. In koi carp (*Cyprinus carpio*) fed supplemented diets. **Brazilian Journal of Veterinary Pathology**, v. 12, p. 88–100, 2019.

BUTOLO, J. E. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. 2ª Edição, São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal (CBNA), 430p, 2010.

CAO, Q. *et al.* Liver fibrosis in fish research: from an immunological perspective. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 139, p. 108885, 2023.

CAPANOGLU, E. *et al.* Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 3, p. 964-973, 2008.

CARVALHO, J. L. V.; CARVALHO, E. A. P.; AMORIM, E. Orientação para rotulagem de alimentos. 2003.

CHENG, C.; PARK, S. C.; GIRI, S. S. Effect of *Pandanus tectorius* extract as food additive on oxidative stress, immune status, and disease resistance in *Cyprinus carpio*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 120, p. 287-294, 2022.

CHUNG, K.T. *et al.* Tannins and human health: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 38, n. 6, p. 421-464, 1998.

COLLIER, H. B. Standardization of blood haemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, v. 50, n. 6, p. 550, 1944.

COLOMBO, G. M. *et al.* Bioflocs enriched with lyophilized açai (*Euterpe oleracea*) improved the survival and weight gain of *Litopenaeus vannamei* post-larvae cultivated in the BFT system. **Aquaculture**, v. 566, p. 739230, 2023b.

COLOMBO, G. M. *et al.* Effects of Lyophilized Açai (*Euterpe oleracea*) Supplementation on oxidative damage and intestinal histology in juvenile shrimp *Penaeus vannamei* Reared in biofloc systems. **Animals**, v. 13, n. 20, p. 3282, 2023a.

COLOMBO, G. M. *et al.* The role of açai (*Euterpe oleracea* Mart. 1824) as a chemoprotective agent in the evaluation of antioxidant defence, oxidative damage and histology of juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) exposed to ammonia. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 4, p. 1551-1566, 2020.

COSTA, G. N. *et al.* Neuroprotective potential of the Amazonian fruits *Euterpe oleracea* Mart. and *Paullinia cupana* Kunth. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 59, p. e22381, 2023.

DEL POZO-INSFRAN, D.; BRENES, C. H.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and pigment stability of Açai (*Euterpe oleracea* Mart.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 6, p. 1539-1545, 2004.

DEY, V. K. The Global Trade in Ornamental Fish Infotech. In: **International**. v. 4, n. 16, p. 23-29, 2016.

DJERIDANE, A. *et al.* Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. **Food chemistry**, v. 97, n. 4, p. 654-660, 2006.

ELLIS, A. E. Innate host defense mechanisms of fish against viruses and bacteria. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 25, n. 8-9, p. 827-839, 2001.

ESTEBAN, M. Á. *et al.* Phagocytosis in teleosts. Implications of the new cells involved. **Biology**, v. 4, n. 4, p. 907-922, 2015.

EUROPEAN PHARMACOPOEIA. 5. ed. Strasbourg: Council of Europe, v. 2, p. 1712-1714. Mon. Crataegus, 2005.

FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture. Blue Transformation in action. Rome, 2024.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v. 199, n. 3-4, p. 197-227, 2001.

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal of Food Science**, v. 33, n. 1, p. 72-77, 1968.

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

- GEMEDE, H. F.; RATTA, N. Antinutritional factors in plant foods: potential health benefits and adverse effects. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 3, n. 4, p. 284-289, 2014.
- GOLDENFARB, P. B. *et al.* Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. **American Journal of Clinical Pathology**, v. 56, n. 1, p. 35-39, 1971.
- GONÇALVES JÚNIOR, L. P. *et al.* Efeito da densidade de estocagem no desenvolvimento inicial do acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 1176-1182, 2013.
- GUPTA, A. *et al.* Immunomodulation by dietary supplements: a preventive health strategy for sustainable aquaculture of tropical freshwater fish, *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) **Reviews in Aquaculture**, v. 13, n. 4, p. 2364-2394, 2021.
- HEINRICH, M.; DHANJI, T.; CASSELMAN, I. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.)—A phytochemical and pharmacological assessment of the species' health claims. **Phytochemistry Letters**, v. 4, n. 1, p. 10-21, 2011.
- HELUY, G.M. *et al.* Incorporação de aditivos na ração de camarões pelo método de repetitização: avaliação dos parâmetros físicos e bromatológicos, in: Engenharia de Pesca: O Avanço Da Ciência No Brasil. Editora Científica Digital, pp. 81–93, 2023.
- HOGAN, S. *et al.* Antiproliferative and antioxidant properties of anthocyanin-rich extract from açai. **Food chemistry**, v. 118, n. 2, p. 208-214, 2010.
- HOSSAIN, S.; HEO, G.-J. Ornamental fish: a potential source of pathogenic and multidrug-resistant motile *Aeromonas* spp. **Letters in Applied Microbiology**, v. 72, n. 1, p. 2-12, 2021.
- INÁCIO, M. R. C. *et al.* Total anthocyanin content determination in intact açai (*Euterpe oleracea* Mart.) and palmitero-juçara (*Euterpe edulis* Mart.) fruit using near infrared spectroscopy (NIR) and multivariate calibration. **Food Chemistry**, v. 136, n. 3-4, p. 1160-1164, 2013.
- JIA, E. *et al.* Combined effects of dietary quercetin and resveratrol on growth performance, antioxidant capability and innate immunity of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). **Animal Feed Science and Technology**, v. 256, p. 114268, 2019.
- KANG, J. *et al.* Anti-oxidant capacities of flavonoid compounds isolated from acai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.). **Food Chemistry**, v. 122, n. 3, p. 610-617, 2010.
- KATAKURA, F. *et al.* Thrombopoietin (TPO) induces thrombocytic colony formation of kidney cells synergistically with kit ligand A and a non-secretory TPO variant exists in common carp. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 84, p. 327-336, 2018.

KAUSHANSKY, K. Thrombopoietin. **New England Journal of Medicine**, v. 339, n. 11, p. 746-754, 1998.

LAURINDO, L. F. *et al.* Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) in health and disease: a critical review. **Nutrients**, v. 15, n. 4, p. 989, 2023.

LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **The Journal of Animal Ecology**, p. 201-219, 1951.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analyses in Cranberries I. **HortScience**, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

LEITE, T. C. *et al.* The effects of açai oil addition in tilapia diets on performance, hepatic energy metabolism enzymes and antioxidant responses. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 1, p. 395-402, 2021.

LOCKYER, S.; STANNER, S. Coconut oil-a nutty idea?. **Nutrition Bulletin**, v. 41, n. 1, p. 42-54, 2016.

MANDAL, S.; GHOSH, K. Inhibitory effect of *Pistia tannin* on digestive enzymes of Indian major carps: an in vitro study. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 36, p. 1171-1180, 2010.

MARIA DO SOCORRO, M. Rufino *et al.* Açai (*Euterpe oleraceae*) 'BRS Pará': A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2100-2106, 2011.

MARTINS, G. R. *et al.* A validated Folin-Ciocalteu method for total phenolics quantification of condensed tannin-rich açai (*Euterpe oleracea* Mart.) seeds extract **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, p. 4693-4702, 2021.

MATHEWS, P. D. *et al.* Molecular phylogeny and taxonomy of a new *Myxobolus* species from the endangered ornamental fish, *Otocinclus cocama* endemic to Peru: a host-parasite coextinction approach. **Acta Tropica**, v. 210, p. 105545, 2020.

MENESES, J. O. *et al.* Efficacy of *Terminalia catappa*-AgNP nanocomposite towards *Saprolegnia parasitica* infection in angelfish (*Pterophyllum scalare*) eggs. **Aquaculture**, v. 543, p. 736914, 2021.

MOURA, L. B. *et al.* Dietary *Euterpe oleracea* essential oil, the Amazon Açai, as feed additive to Amazonian ornamental fish, during post-larvae growing stage: A preliminary study. **Fishes**, v. 7, n. 6, p. 369, 2022.

NAZKI, S. *et al.* Immune components and defense mechanism in fish: an overview. **Coldwater Fisheries and Aquaculture Management**, p. 383-396, 2024.

NOLLET, L. M. L.; GUTIERREZ-URIBE, J. A (Ed.). Phenolic compounds in food: Characterization and analysis. CRC Press, 2018.

OLIVEIRA, B. C. P. *et al.* Anaesthesia with eugenol in hybrid Amazon catfish (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*) handling: Biochemical and haematological responses. **Aquaculture**, v. 501, p. 255-259, 2019.

OLIVEIRA, N. K. S. *et al.* Molecular docking, physicochemical properties, pharmacokinetics and toxicity of flavonoids present in *Euterpe oleracea* Martius. **Current Computer-Aided Drug Design**, v. 17, n. 4, p. 589-617, 2021.

ORTIZ, M.; ESTEBAN, M. Á. Biology and functions of fish thrombocytes: a review. **Fish & Shellfish Immunology**, p. 109509, 2024.

OUYANG, P. *et al.* Outbreak of carp edema virus disease in cultured ornamental koi in a lower temperature in China. **Aquaculture International**, v. 28, p. 525-537, 2020.

OŻAROWSKI, M. *et al.* Plant phenolics and extracts in animal models of preeclampsia and clinical trials—review of perspectives for novel therapies. **Pharmaceuticals**, v. 14, n.3, p. 269, 2021.

PACHECO-PALENCIA, L. A.; DUNCAN, C. E.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and thermal stability of two commercial açai species, *Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*. **Food chemistry**, v. 115, n. 4, p. 1199-1205, 2009.

PAIVA, M. J. T. R. *et al.* Métodos para análise hematológica em peixes. Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM, 2013.

PANSERA, M. R. *et al.* Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no Nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 13, p. 17-22, 2003.

PRAJWAL, S. *et al.* Antibiotic residues in food animals: Causes and health effects. **The Pharma Innovation Journal**, v. 6, n. 12, p. 1-4, 2017.

PUTRI, F. P.; DEWI, N. N. Growth monitoring of koi fish (*Cyprinus carpio*) in natural hatchery techniques in Umbulan, Pasuruan, East Java. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. p. 012016.

REVERTER, M. *et al.* Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives. **Aquaculture**, v. 433, p. 50-61, 2014.

RODRÍGUEZ, L. *et al.* A comprehensive literature review on cardioprotective effects of bioactive compounds present in fruits of *Aristotelia Chilensis* Stuntz (Maqui). **Molecules**, v. 27, n. 19, p. 6147, 2022.

- RUFINO, M. S. M. et al. *Açaí (Euterpe oleraceae)* 'BRS Pará': A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2100-2106, 2011.
- SANTOS, M. A. et al. Parasitic fauna and histopathology of farmed freshwater ornamental fish in Brazil. **Aquaculture**, v. 470, p. 103-109, 2017.
- SCHAUSS, A. G. et al. Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleraceae* Mart.(Acai). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 22, p. 8598-8603, 2006.
- SHAHIDI, F.; DISSANAYAKA, C. S. Phenolic-protein interactions: insight from in-silico analyses—a review. **Food Production, Processing and Nutrition**, v. 5, n. 1, p. 2, 2023.
- SHARON, N.; LIS, H. History of lectins: from hemagglutinins to biological recognition molecules. **Glycobiology**, v. 14, n. 11, p. 53R-62R, 2004.
- SHI, X. et al. Genome-wide association study reveals candidate genes critical for skin pigmentation in common carp (*Cyprinus carpio*) strains including koi. **Aquaculture**, v. 590, p. 741075, 2024.
- SHIBUYA, S. et al. Acai extract transiently upregulates erythropoietin by inducing a renal hypoxic condition in mice. **Nutrients**, v. 12, n. 2, p. 533, 2020.
- SILVA, B. C. et al. Resposta hematológica e imunológica de tilápia do Nilo após administração de vacina polivalente por diferentes vias. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 29, p. 874-880, 2009.
- SILVA, D. J. *Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos*. 3rd Edn. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil, 2006.
- SILVA, J. P. P. et al. Postharvest quality and coloration of radish roots under organic fertilization in a semi-arid environment. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 47, p. e004423, 2023.
- SILVA, M. A. C. N.; DESTERRO, B. N. M.; CARVALHO, J. E. Traditional uses, phytochemistry, pharmacology and anticancer activity of açai (*Euterpe oleracea* Mart): A narrative review. **Current Traditional Medicine**, v. 7, n. 5, p. 41-62, 2021.
- SILVA, S. M. et al. Zootechnical performance, biochemical response, and chromaticity in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)(Boone, 1931) after the inclusion of lyophilized açai (*Euterpe oleracea*) in the diet. **Aquaculture International**, v. 28, p. 1563-1577, 2020.
- SILVA, T. V. N. et al. Effects of dietary inclusion of lyophilized açai berries (*Euterpe oleracea*) on growth metrics, metabolic and antioxidant biomarkers, and skin color of juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture International**, v. 31, n. 2, p. 1031-1056, 2023.

SILVA, V. F. *et al.* Hemato-immunological parameters can be influenced by microalgae addition and fish feed supplementation in the integrated rearing of Pacific white shrimp and juvenile Nile tilapia using biofloc technology. **Aquaculture**, v. 574, p. 739622, 2023.

SILVEIRA, J. T. *et al.* An integrative review of Açaí (*Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*): traditional uses, phytochemical composition, market trends, and emerging applications. **Food Research International**, p. 113304, 2023.

SKYBERG, J. A. *et al.* Nasal Acai polysaccharides potentiate innate immunity to protect against pulmonary *Francisella tularensis* and *Burkholderia pseudomallei* infections. **PLoS Pathogens**, v. 8, n. 3, p. e1002587, 2012.

SKYBERG, J. A. Immunotherapy for tularemia. **Virulence**, v. 4, n. 8, p. 859-870, 2013.

SOEST, V. P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

SOTOUDEH, A.; YEGANEH, S. Effects of supplementary fennel (*Foeniculum vulgare*) essential oil in diet on growth and reproductive performance of the ornamental fish, Convict cichlid (*Cichlasoma nigrofasciatum*). **Aquaculture Research**, v. 48, n. 8, p. 4284-4291, 2017.

SOUZA, A. P. S. *et al.* Phenolic profile and the antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties of Acai (*Euterpe oleracea*) Meal: a prospective study. **Foods**, v. 12, n. 1, p. 86, 2022.

SPRENGER, L. K. *et al.* In vitro antibacterial effect of *Euterpe oleracea* Mart. and *Theobroma grandiflorum* hydroalcoholic extracts. **Archives of Veterinary Science**, v. 21, p. 21-32, 2016.

STOSIK, M.; TOKARZ-DEPTUŁA, B.; DEPTUŁA, W. Characterisation of thrombocytes in Osteichthyes. **Journal of Veterinary Research**, v. 63, n. 1, p. 123-131, 2019.

TADELE, Y. Important anti-nutritional substances and inherent toxicants of feeds. **Food Science and Quality Management**, v. 36, p. 40-47, 2015.

TAVARES-DIAS, M. *et al.* Haematological characteristics of Brazilian teleosts: IV. Parameters of jundiá *Rhamdia quelen* (Pimelodidae). **Ciência Rural**, v. 32, p. 693-698, 2002.

TIZARD, Ian R. *Veterinary Immunology-E-Book: Veterinary Immunology-E-Book*. Elsevier Health Sciences, 2017.

TRIBUZY-NETO, I. A. *et al.* Analysis of the ornamental fish exports from the Amazon State, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 46, n. 4, 2020.

VALLADA, E. P. *et al.* Manual de técnicas hematológicas. In: **Manual de Técnicas Hematológicas**. 1995. p. 423-423.

VANNUCHI, N.; BRAGA, A. R. C.; ROSSO, V. V. High-performance extraction process of anthocyanins from jussara (*Euterpe edulis*) using deep eutectic solvents. **Processes**, v. 10, n. 3, p. 615, 2022.

WANJA, D. W. *et al.* Antibiotic and disinfectant susceptibility patterns of bacteria isolated from farmed fish in kirinyaga county, Kenya. **International Journal of Microbiology**, v. 2020, n. 1, p. 8897338, 2020.

WHITTINGTON, R. J.; CHONG, R. Global trade in ornamental fish from an Australian perspective: the case for revised import risk analysis and management strategies. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 81, n. 1-3, p. 92-116, 2007.

WITESKA, M.; LUGOWSKA, K.; KONDERA, E. Reference values of hematological parameters for juvenile *Cyprinus carpio*. **Bulletin of the European Association of Fish Pathologists**, v. 36, n. 4, p. 169-180, 2016.

YANONG, R. P. E. Nutrition of ornamental fish. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 2, n. 1, p. 19-42, 1999.

YOUSEFI, M. *et al.* Thymol as a new anesthetic in common carp (*Cyprinus carpio*): Efficacy and physiological effects in comparison with eugenol. **Aquaculture**, v. 495, p. 376-383, 2018.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão de 10 a 20 g kg⁻¹ de extrato de açaí na dieta de *C. carpio* resultou em melhorias no desempenho zootécnico e nos parâmetros hematoimunológicos. Os polifenóis presentes no extrato de açaí neutralizam radicais livres e protegem as células, embora a absorção desses compostos bioativos durante a digestão possa ser limitada. A inclusão do extrato na dieta da carpa koi promove efeitos benéficos, destacando a importância de integrar produtos naturais como o fruto amazônico como aditivo para esta espécie.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

- ABE, H. A. *et al.* Growth of Amazon ornamental fish *Nannostomus beckfordi* larvae (Steindachner, 1876) submitted to different stocking densities and feeding management in captivity conditions. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 8, p. 2276-2280, 2019.
- ALAM, M. *et al.* Genetic Advancement, Global Trade Dynamics, Persistent Challenges and Future Prospects in Ornamental Fish Culture. **Asian Journal of Research in Zoology**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2024.
- ALAM, M. *et al.* Genetic Advancement, Global Trade Dynamics, Persistent Challenges and Future Prospects in Ornamental Fish Culture. **Asian Journal of Research in Zoology**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2024.
- ALAVINEZHAD, S. S. *et al.* Isolation of *Aeromonas hydrophila* and Evaluation of Its Pathological Effects on Koi Fish (*Cyprinus carpio*). **Iranian Journal of Medical Microbiology**, v. 15, n. 4, p. 465-476, 2021.
- ALMEIDA, M. T. S. S. *et al.* The use of *Euterpe oleracea* Mart. as a new perspective for disease treatment and prevention. **Biomolecules**, v. 10, n. 6, p. 813, 2020.
- ANJOS, M. B.; ZUANON, J. Sampling effort and fish species richness in small terra firme forest streams of central Amazonia, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 5, p. 45-52, 2007.
- ARAÚJO, J. G. *et al.* Cadeia comercial de peixes ornamentais do Rio Xingu, Pará, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, n. 2, p. 297-307, 2017.
- BAI, J. *et al.* Characterization of pathogenic *Pseudomonas alcaligenes* isolated from koi carp in China. **Journal of Aquatic Animal Health**, v. 33, n. 4, p. 243-251, 2021.
- BĂLBĂRĂU, A. *et al.* Septicemic outbreak in a rainbow trout intensive aquaculture system: clinical finds, etiological agents, and predisposing factors. **Life**, v. 13, n. 10, p. 2083, 2023.
- BICHARA, C. M. G.; ROGEZ, H. Açaí (*Euterpe oleracea* Martius). In: Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Woodhead Publishing, p. 1-27, 2011.
- BORGES, A. K. M. *et al.* Caught in the (inter) net: online trade of ornamental fish in Brazil. **Biological Conservation**, v. 263, p. 109344, 2021.
- BUCHMANN, K.; KARAMI, A. M. Fish Acanthocephalans as Potential Human Pathogens. **Current Clinical Microbiology Reports**, v. 11, n. 2, p. 99-106, 2024.
- CAMPELO, D. A. V. *et al.* Dietary garlic essential oil on development parameters of severum post-larvae. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 21, p. 1-13, 2020.
- CARDOSO, P. H. M. *et al.* Main bacterial species causing clinical disease in ornamental freshwater fish in Brazil. **Folia Microbiologica**, v. 66, p. 231-239, 2021.

CARDOSO, P. H. M. *et al.* *Neobenedenia melleni* from reef ornamental fish species in a retailer of Southeastern Brazil and its possible role as a mechanical vector of bacterial infection. **Journal of Parasitic Diseases**, p. 1-7, 2022.

CHAO, N. L. *et al.* Conservation and management of ornamental fish resources of the Rio Negro Basin, Amazonia, Brazil. (Project Piaba). 2001.

CHEN, Q. *et al.* Effect of aqueous extract of *Millettia speciosa* Champ on intestinal health maintenance and immune enhancement of *Cyprinus carpio*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 144, p. 109227, 2024.

COLOMBO, G. M. *et al.* Bioflocs enriched with lyophilized açai (*Euterpe oleracea*) improved the survival and weight gain of *Litopenaeus vannamei* post-larvae cultivated in the BFT system. **Aquaculture**, v. 566, p. 739230, 2023a.

COLOMBO, G. M. *et al.* Effects of Lyophilized Açai (*Euterpe oleracea*) Supplementation on Oxidative Damage and Intestinal Histology in Juvenile Shrimp *Penaeus vannamei* Reared in Biofloc Systems. **Animals**, v. 13, n. 20, p. 3282, 2023b.

COLOMBO, G. M. *et al.* The role of açai (*Euterpe oleracea* Mart. 1824) as a chemoprotective agent in the evaluation of antioxidant defence, oxidative damage and histology of juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) exposed to ammonia. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 4, p. 1551-1566, 2020.

DAS, S. *et al.* Disease inductive potential of *Aeromonas veronii* XhG1. 2 isolated from *Xiphophorus hellerii* in selected ornamental fish. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 11, p. 5891-5897, 2021.

DAVID, L. *et al.* Aspects of red and black color inheritance in the Japanese ornamental (Koi) carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture**, v. 233, n. 1-4, p. 129-147, 2004.

DEBNATH, P. P. *et al.* Factors Influencing Disease Dynamics in Small-Scale Carp Polyculture in Bangladesh. **Animals**, v. 14, n. 6, p. 966, 2024.

DEY, V. K. The Global Trade in Ornamental Fish. **Infofish International**, v. 4, p. 52-55, 2016.

DHANAPALA, P. M. *et al.* Characterization and antimicrobial resistance of environmental and clinical *Aeromonas* species isolated from fresh water ornamental fish and associated farming environment in Sri Lanka. **Microorganisms**, v. 9, n. 10, p. 2106, 2021.

DIAS, J. A. R. *et al.* *Enterococcus faecium* as potential probiotic for ornamental neotropical cichlid fish, *Pterophyllum scalare* (Schultze, 1823). **Aquaculture International**, v. 27, p. 463-474, 2019.

DUMAN, M.; SATICIOĞLU, I. B.; JANDA, J. M. A review of the industrial importance, common bacterial diseases, and zoonotic risks of freshwater aquarium fish. **Vector-Borne and Zoonotic Diseases**, v. 24, n. 2, p. 69-85, 2024.

ENDO, N. *et al.* Sex determination of Japanese ornamental carp *Cyprinus carpio* via ultrasonography. **Fisheries Science**, p. 1-7, 2024.

EPAMIG. Peixes ornamentais. **Informe Agropecuário**, v. 43, n. 319, 2022. Belo Horizonte, MG: EPAMIG, 2022.

FALCO, F. *et al.* Immunomodulators: An Introduction. In: **Immunomodulators in Aquaculture and Fish Health**. CRC Press, 2024. p. 3-17.

FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Blue Transformation in action. Rome.

FAUZAN, A. L. *et al.* Analisis produksi dan distribusi pembenihan ikan koi (*Cyprinus carpio*) berdasarkan sebaran kualitas seleksi di omah koi farm indonesia. **Berita Biologi**, v. 23, n. 1, p. 103-114, 2024.

FAUZI, N. N. F. N. M. *et al.* Prevalence, antibiotic susceptibility, and presence of drug resistance genes in *Aeromonas* spp. isolated from freshwater fish in Kelantan and Terengganu states, Malaysia. **Veterinary World**, v. 14, n. 8, p. 2064, 2021.

FRAGOSO, M. F. *et al.* Acai (*Euterpe oleracea* Mart.) feeding attenuates dimethylhydrazine-induced rat colon carcinogenesis. **Food and Chemical Toxicology**, v. 58, p. 68-76, 2013.

FUJIMOTO, R. Y. *et al.* Is there sustainability for “satellite” ornamental fishing regions? A case study of Guamá River basin-Pará-Brasil. **Fisheries Research**, v. 221, p. 105354, 2020.

GOSWAMI, M.; TRUDEAU, V. L.; LAKRA, W. S. Biotechnology in modern aquaculture: Innovations, advancements, and challenges. In: **Frontiers in Aquaculture Biotechnology**. Academic Press, 2023. p. 1-13.

GREENE, M. Japão: um guia cultural de fonte primária. O Rosen Publishing Group, Inc., 2004.

HEINRICH, M.; DHANJI, T.; CASSELMAN, I. Açai (*Euterpe oleracea* Mart) - A phytochemical and pharmacological assessment of the species' health claims. **Phytochemistry Letters**, v. 4, n. 1, p. 10-21, 2011.

HEMAMALINI, N. *et al.* A critical review on the antimicrobial resistance, antibiotic residue and metagenomics-assisted antimicrobial resistance gene detection in freshwater aquaculture environment. **Aquaculture Research**, v. 53, n. 2, p. 344-366, 2022.

HOGAN, S. *et al.* Antiproliferative and antioxidant properties of anthocyanin-rich extract from açai. **Food Chemistry**, v. 118, n. 2, p. 208-214, 2010.

HOSSAIN, S. *et al.* Phylogenetic characteristics, virulence properties and antibiogram profile of motile *Aeromonas* spp. isolated from ornamental guppy (*Poecilia reticulata*). **Archives of Microbiology**, v. 202, p. 501-509, 2020.

HOSSAIN, S.; HEO, G. J. Ornamental fish: a potential source of pathogenic and multidrug-resistant motile *Aeromonas* spp. **Letters in Applied Microbiology**, v. 72, n. 1, p. 2-12, 2021.

- IMTIAZ, Nida *et al.* A review on aquaculture adaptation for fish treatment from antibiotic to vaccine prophylaxis. **Aquaculture International**, v. 32, n. 3, p. 2643-2668, 2024.
- INÁCIO, M. R. C. *et al.* Total anthocyanin content determination in intact açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) and palmitero-juçara (*Euterpe edulis* Mart.) fruit using near infrared spectroscopy (NIR) and multivariate calibration. **Food Chemistry**, v. 136, n. 3-4, p. 1160-1164, 2013.
- JANAKIRAMAN, A.; ALTAFF, K. Koi carp (*Cyprinus carpio*) larval rearing with different zooplankton live feeds to evaluate their suitability and growth performance. **International Journal Research Fisheries and Aquaculture**, v. 4, n. 4, p. 181-185, 2014.
- JIANG, Shenqiong *et al.* Cross-contamination and ecological risk assessment of antibiotics between rivers and surrounding open aquaculture ponds. **Environmental Pollution**, v. 344, p. 123404, 2024.
- KIM, J. Y. *et al.* Grape skin and loquat leaf extracts and acai puree have potent anti-atherosclerotic and anti-diabetic activity in vitro and in vivo in hypercholesterolemic zebrafish. **International Journal of Molecular Medicine**, v. 30, n. 3, p. 606-614, 2012.
- KOCK, S.; GOMELSKY, B. Japanese ornamental koi carp: origin, variation and genetics. In: **Biology and Ecology of Carp**. Academic Press, p. 27-53, 2015.
- KUEBUTORNYE, F. K. A. *et al.* Plant-based feed additives in *Cyprinus carpio* aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 16, n. 1, p. 309-336, 2024.
- KUMAR, R. *et al.* Mass mortality in ornamental fish, *Cyprinus carpio* koi caused by a bacterial pathogen, *Proteus hauseri*. **Acta Tropica**, v. 149, p. 128-134, 2015.
- KWASEK, K.; ZHANG, Y.; DABROWSKI, K. Utilization of dipeptide/protein-based diets in larval and juvenile Koi carp—post-prandial free amino acid levels. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 94, n. 1, p. 35-43, 2010.
- LADISA, C.; BRUNI, M.; LOVATELLI, A. Overview of ornamental species aquaculture. **FAO Aquaculture Newsletter**, n. 56, p. 39, 2017.
- LAL, J. *et al.* Emerging Innovations in Aquaculture: Navigating towards Sustainable Solutions. **International Journal of Environment and Climate Change**, v. 14, n. 7, p. 83-96, 2024.
- LEITE, T. C. *et al.* The effects of açaí oil addition in tilapia diets on performance, hepatic energy metabolism enzymes and antioxidant responses. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 1, p. 395-402, 2021.
- LIU, X.; WANG, H.; ZHAO, H. Prevalence of antibiotic resistance genes in wastewater collected from ornamental fish market in northern China. **Environmental Pollution**, v. 271, p. 116316, 2021.
- MANAN, H. *et al.* Recent developments in aquaculture—A review. **Annals of Animal Science**, v. 23, n. 3, p. 663-680, 2023.

- MCDERMOTT, C.; PALMEIRO, B. Updates on selected emerging infectious diseases of ornamental fish. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, v. 23, n. 2, p. 413-428, 2020.
- MEDEIROS, P. B. *et al.* Food supplementation with essential oil of *Lippia sidoides* for *Cyprinus carpio* koi as prevention against *Aeromonas hydrophila*. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 51, n. 5, p. 617-628, 2023.
- MEHDINEJAD, N.; IMANPOUR, M. R.; JAFARI, V. Combined or individual effects of dietary probiotic *Pedicoccus acidilactici* and nucleotide on growth performance, intestinal microbiota, hemato-biochemical parameters, and innate immune response in goldfish (*Carassius auratus*). **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, v. 10, p. 558-565, 2018.
- MENESES, J. O. *et al.* Efficacy of *Terminalia catappa*-AgNP nanocomposite towards *Saprolegnia parasitica* infection in angelfish (*Pterophyllum scalare*) eggs. **Aquaculture**, v. 543, p. 736914, 2021.
- METIN, S. *et al.* Effects of sage (*Salvia officinalis*) essential oil on growth, health and antioxidant capacity of common carp (*Cyprinus carpio*). **Veterinary Research Communications**, v. 48, n. 2, p. 911-921, 2024.
- MOHAMMAD, M. A. B.; ABAS, S. N.; ZAKARIAH, M. I.; SHERIFF, S. M. Aquascape ornamental industry in Malaysia: A perspective review. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 860, p. 012044, 2021.
- MOURA, L. B. *et al.* Dietary *Euterpe oleracea* essential oil, the Amazon Açaí, as feed additive to Amazonian ornamental fish, during post-larvae growing stage: A preliminary study. **Fishes**, v. 7, n. 6, p. 369, 2022.
- MUNGUTI, Jonathan M. *et al.* Status and prospects of the ornamental fish industry in Kenya. **Aquaculture, Fish and Fisheries**, v. 4, n. 3, p. e172, 2024.
- OLIVEIRA, C. H. *et al.* Characterization of *Aeromonas* Isolates from Ornamental Fish: Species, Virulence Genes, and Antimicrobial Susceptibility. **Microorganisms**, v. 12, n. 1, p. 176, 2024.
- OLIVEIRA, M. S. P.; SCHWARTZ, G. Açaí - *Euterpe oleracea*. In: **Exotic fruits**. Academic Press, 2018. p. 1-5.
- OUYANG, P. *et al.* Outbreak of carp edema virus disease in cultured ornamental koi in a lower temperature in China. **Aquaculture International**, v. 28, p. 525-537, 2020.
- PACHECO-PALENCIA, L. A.; DUNCAN, C. E.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and thermal stability of two commercial açai species, *Euterpe oleracea* and *Euterpe precatória*. **Food Chemistry**, v. 115, n. 4, p. 1199-1205, 2009.
- PAITAL, B. Nutraceutical values of fish demand their ecological genetic studies: A short review. **The Journal of Basic and Applied Zoology**, v. 79, p. 1-11, 2018.

PEKALA-SAFIŃSKA, A. *et al.* Microbiological analysis of skin lesions of cod (*Gadus morhua*) from the southern part of the Baltic Sea. **Journal of Veterinary Research**, v. 68, n. 1, p. 79, 2024.

POHLENZ, C.; GATLIN III, D. M. Interrelationships between fish nutrition and health. **Aquaculture**, v. 431, p. 111-117, 2014.

PRADHAN, C.; PETER, N. DAS, S. Immunomodulation in fish through nutrients, antioxidants and hormones. In: **Immunomodulators in Aquaculture and Fish Health**. CRC Press, 2024. p. 169-185.

PREENA, P. G. *et al.* Diversity of antimicrobial-resistant pathogens from a freshwater ornamental fish farm. **Letters in Applied Microbiology**, v. 71, n. 1, p. 108-116, 2020.

PUTRI, F. P.; DEWI, N. N. Growth monitoring of koi fish (*Cyprinus carpio*) in natural hatchery techniques in Umbulan, Pasuruan, East Java. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2019. p. 012016.

RAMOS, P. B. *et al.* Chemoprotection mediated by açai berry (*Euterpe oleracea*) in white shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to the cyanotoxin saxitoxin analyzed by in vivo assays and docking modeling. **Aquatic Toxicology**, v. 246, p. 106148, 2022.

RAZAVI AMRIA, S. R. *et al.* The effects of phytobiotic-enriched diet on immunity index and hematological-biochemical changes in common carp fish (*Cyprinus carpio*). **Journal of Medicinal Plants and By-Products**, v. 13, n. 2, p. 381-390, 2024.

REIS, R. G. A. *et al.* Feed management and stocking density for larviculture of the Amazon ornamental fish L333 king tiger pleco *Hypancistrus* sp. (*Siluriformes: Loricariidae*). **Aquaculture Research**, v. 52, n. 5, p. 1995-2003, 2021.

REVERTER, M. *et al.* Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives. **Aquaculture**, v. 433, p. 50-61, 2014.

REZAEI AMINLOOI, V. *et al.* Improvement of reproductive indices, lysozyme activity, and disease resistance in live-bearing ornamental fish, *Poecilia latipinna* using *Artemia* supplementation with treated yeast cell, *Saccharomyces cerevisiae*. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 1, p. 72-79, 2019.

REZENDE, F. P.; FUJIMOTO, R. Y. (Ed.). Peixes ornamentais no Brasil: mercado, legislação, sistemas de produção e sanidade. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

SAENGSIITTHISAK, B. *et al.* Occurrence and antimicrobial susceptibility profiles of multidrug-resistant aeromonads isolated from freshwater ornamental fish in Chiang Mai province. **Pathogens**, v. 9, n. 11, p. 973, 2020.

SAHA, M.; BANDYOPADHYAY, P. K. In vivo and in vitro antimicrobial activity of phytol, a diterpene molecule, isolated and characterized from *Adhatoda vasica* Nees. (*Acanthaceae*), to control severe bacterial disease of ornamental fish, *Carassius auratus*, caused by *Bacillus licheniformis* PKBMS16. **Microbial Pathogenesis**, v. 141, p. 103977, 2020.

SANTOS, J. P. *et al.* Comércio de peixes ornamentais na ilha de são luís, maranhão, brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 14, n. 1, p. 21-35, 2023.

SANTOS, M. A. *et al.* Parasitic fauna and histopathology of farmed freshwater ornamental fish in Brazil. **Aquaculture**, v. 470, p. 103-109, 2017.

SCHAUSS, A. G. *et al.* Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleraceae* Mart. (Acai). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 22, p. 8598-8603, 2006.

SCHMITZ, M. J. *et al.* Modulation of nodularin toxicity in shrimp *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) fed with dietary açai (*Euterpe oleracea*) inclusion. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 103, p. 464-471, 2020.

SHAMEENA, S. S. *et al.* Virulence characteristics of *Aeromonas veronii* biovars isolated from infected freshwater goldfish (*Carassius auratus*). **Aquaculture**, v. 518, p. 734819, 2020.

SHI, X. *et al.* Genome-wide association study reveals candidate genes critical for skin pigmentation in common carp (*Cyprinus carpio*) strains including koi. **Aquaculture**, v. 590, p. 1-11, 2024.

SHI, X. *et al.* Genome-wide association study reveals candidate genes critical for skin pigmentation in common carp (*Cyprinus carpio*) strains including koi. **Aquaculture**, v. 590, p. 741075, 2024.

SICURO, B. *et al.* Prevalence and antibiotic sensitivity of bacteria isolated from imported ornamental fish in Italy: A translocation of resistant strains? **Preventive Veterinary Medicine**, v. 175, p. 1-10, 2020.

SILVA, A. O. *et al.* Estudo da produção de açai (*Euterpe oleracea* Mart): aspectos econômicos e produtivos baseados nos anos de 2015 a 2017. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 1629-1641, 2020.

SILVA, I. O. *et al.* What We Know about *Euterpe* Genus and Neuroprotection: A Scoping Review. **Nutrients**, v. 15, n. 14, p. 3189, 2023.

SILVA, M. A. C. N.; DESTERRO, S. B. N. M.; CARVALHO, J. E. Traditional uses, phytochemistry, pharmacology and anticancer activity of açai (*Euterpe oleracea* Mart): A narrative review. **Current Traditional Medicine**, v. 7, n. 5, p. 41-62, 2021.

SILVA, S. M. *et al.* Zootechnical performance, biochemical response, and chromaticity in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) (Boone, 1931) after the inclusion of lyophilized açai (*Euterpe oleracea*) in the diet. **Aquaculture International**, v. 28, p. 1563-1577, 2020.

SILVA, T. V. N. *et al.* Dietary *Euterpe oleracea* Mart. attenuates seizures and damage to lipids in the brain of *Colossoma macropomum*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 47, p. 1851-1864, 2021.

SILVA, T. V. N. *et al.* Effects of dietary inclusion of lyophilized açai berries (*Euterpe oleracea*) on growth metrics, metabolic and antioxidant biomarkers, and skin color of juvenile

tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture International**, v. 31, n. 2, p. 1031-1056, 2023.

SILVA, T. V. N. *et al.* Water quality and oxidative stress in fish *Colossoma macropomum* fed with dietary Amazonian fruit *Euterpe oleracea* Mart. after transport simulation. **Chemistry and Ecology**, v. 40, n. 4, p. 351-368, 2024.

SILVEIRA, J. T. *et al.* An integrative review of Açaí (*Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*): traditional uses, phytochemical composition, market trends, and emerging applications. **Food Research International**, p. 113304, 2023.

SIRISIDTHI, K. *et al.* Review of structure and coloration of ornamental koi (*Cyprinus carpio*) scale and its significance. **Advances in Environmental Biology**, v. 9, p. 86-94, 2015.

SOTOUDEH, A.; YEGANEH, S. Effects of supplementary fennel (*Foeniculum vulgare*) essential oil in diet on growth and reproductive performance of the ornamental fish, Convict cichlid (*Cichlasoma nigrofasciatum*). **Aquaculture Research**, v. 48, n. 8, p. 4284-4291, 2017.

SOUZA, F. M.; LIMA, J. S. G. Caracterização do comércio de organismos aquáticos ornamentais em Aracaju (SE), Brasil: Characterization of the trade of aquatic ornamental organisms in Aracaju (SE), Brazil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 2, p. 1708-1720, 2023.

SPRENGER, L. K. *et al.* In vitro antibacterial effect of *Euterpe oleracea* Mart. and *Theobroma grandiflorum* hydroalcoholic extracts. **Archives of Veterinary Sciences**, v. 21, p. 21-32, 2016.

SRINIVASAN, R. *et al.* Anti-quorum sensing and protective efficacies of naringin against *Aeromonas hydrophila* infection in *Danio rerio*. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 600622, 2020.

TACER-CABA, Z. The concept of superfoods in diet. In: **The role of alternative and innovative food ingredients and products in consumer wellness**. Academic Press, p. 73-101, 2019.

TAVARES-DIAS, M.; OLIVEIRA, S. R. A review of the blood coagulation system of fish. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 2, 2009.

THANH, N. C. *et al.* Evaluation of probiotic susceptibility of virulent *Aeromonas* sp. by a study on gut histology of *Cyprinus carpio*. **Process Biochemistry**, v. 111, p. 154-159, 2021.

TRIBUZY-NETO, I. A. *et al.* Analysis of the ornamental fish exports from the Amazon State, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 46, n. 4, e554, 2020.

VANNUCHI, N.; BRAGA, A. R. C.; ROSSO, V. V. High-performance extraction process of anthocyanins from jussara (*Euterpe edulis*) using deep eutectic solvents. **Processes**, v. 10, n. 3, p. 615, 2022.

VIJAYARAM, S. *et al.* Beneficial roles of nutrients as immunostimulants in aquaculture: A review. **Aquaculture and Fisheries**, 2023.

WALCZAK, N.; PUK, K.; GUZ, L. Bacterial flora associated with diseased freshwater ornamental fish. **Journal of veterinary research**, v. 61, n. 4, p. 445, 2017.

WANG, Shuang *et al.* Transcriptome analysis reveals immune regulation in the spleen of koi carp (*Cyprinus carpio* Koi) during *Aeromonas hydrophila* infection. **Molecular Immunology**, v. 162, p. 11-20, 2023.

WHITTINGTON, R. J.; CHONG, R. Global trade in ornamental fish from an Australian perspective: the case for revised import risk analysis and management strategies. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 81, n. 1-3, p. 92-116, 2007.

XIA, R. *et al.* Effects of dietary bacterial culture of fengycin-producing *Bacillus subtilis* on growth performance, intestinal and hepatopancreas health, intestinal microbiota and disease resistance of common carp (*Cyprinus carpio*). **Aquaculture**, v. 585, p. 740725, 2024.

XU, G. *et al.* Evaluation of chlorogenic acid supplementation in koi (*Cyprinus carpio*) diet: growth performance, body color, antioxidant activity, serum biochemical parameters, and immune response. **Aquaculture Nutrition**, v. 2022, n. 1, p. 2717003, 2022.

YANONG, R. P. Nutrition of ornamental fish. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 2, n. 1, p. 19-42, 1999.

YOUSEFI, M. *et al.* The protective effects of dietary garlic on common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to ambient ammonia toxicity. **Aquaculture**, v. 526, p. 735400, 2020.

ZHANG, Q. *et al.* Immune disorders induced by improper use of dietary immunostimulants in aquatic animals: Research progress and prospective solutions by targeting gut microbiota. **Reviews in Aquaculture**, v. 16, n. 2, p. 608-621, 2024.