

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

WILSON GILBERTO DA SILVA COSTA

AVALIAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *OCIMUM GRATISSIMUM* EM
DIETAS PARA JUVENIS DE *MACROBRACHIUM ROSENBERGII*

PALOTINA

2024

WILSON GILBERTO DA SILVA COSTA

AVALIAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *OCIMUM GRATISSIMUM* EM
DIETAS PARA JUVENIS DE *MACROBRACHIUM ROSENBERGII*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável do Setor Palotina, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.

Área de concentração: Produção de organismos aquáticos

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luis Cupertino Ballester

Coorientador (a): Dra. Marlise Teresinha Mauerwerk

PALOTINA

2024

Universidade Federal do Paraná. Sistemas de Bibliotecas.
Biblioteca UFPR Palotina.

C837 Costa, Wilson Gilberto da Silva
Avaliação de óleo essencial de *Ocimum gratissimum* em dietas
para juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* / Wilson Gilberto
da Silva Costa. – Palotina, PR, 2024.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura
e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luis Cupertino Ballester.
Coorientadora: Dra. Marlise Teresinha Mauerwerk.

1. Carcinicultura. 2. Imunidade inata. 3. Suplemento alimentar.
I. Ballester, Eduardo Luis Cupertino. II. Mauerwerk, Marlise
Teresinha. III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDU 639.5

Bibliotecária: Aparecida Pereira dos Santos – CRB 9/1653



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AQUICULTURA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - 40001016078P2

ATA Nº78

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE MESTRADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

No dia trinta e um de julho de dois mil e vinte e quatro às 14:00 horas, na sala virtual, Setor Palotina, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa de dissertação do mestrando **WILSON GILBERTO DA SILVA COSTA**, intitulada: **Avaliação de óleo essencial de *Ocimum gratissimum* em dietas para juvenis de *Macrobrachium rosenbergii***, sob orientação do Prof. Dr. EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), MILTON RÖNNAU (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), IZABEL VOLKWEIS ZADINELO (null). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela APROVAÇÃO. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga de título de mestre está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

PALOTINA, 31 de Julho de 2024.

Assinatura Eletrônica

31/07/2024 18:46:17.0

EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

31/07/2024 17:58:28.0

MILTON RÖNNAU

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

31/07/2024 16:59:09.0

IZABEL VOLKWEIS ZADINELO

Avaliador Externo (null)

Rua Pioneiro 2153 - PALOTINA - Paraná - Brasil

CEP 85953-128 - Tel: (44) 3211-8529 - E-mail: pgads@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 385717

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://siga.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 385717



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AQUICULTURA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - 40001016078P2

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **WILSON GILBERTO DA SILVA COSTA** intitulada: **Avaliação de óleo essencial de *Ocimum gratissimum* em dietas para juvenis de *Macrobrachium rosenbergii***, sob orientação do Prof. Dr. EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 31 de Julho de 2024.

Assinatura Eletrônica

31/07/2024 18:46:17.0

EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

31/07/2024 17:58:28.0

MILTON RÖNNAU

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

31/07/2024 16:59:09.0

IZABEL VOLKWEIS ZADINELO

Avaliador Externo (null)

Rua Pioneiro 2153 - PALOTINA - Paraná - Brasil

CEP 85953-128 - Tel: (44) 3211-8529 - E-mail: pgads@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 385717

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://siga.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 385717

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo determinar parâmetros zootécnicos, fisiológicos e a composição bromatológica de juvenis alimentados com rações suplementadas com óleo essencial de *Ocimum gratissimum*. Foram utilizados 360 juvenis de *Macrobrachium rosenbergii*, com peso inicial de 0,28 g, divididos em 4 tratamentos, T0, T1, T2 e T3 onde foram adicionados, respectivamente, 0, 1, 2 e 3 g/Kg de óleo essencial de *O. gratissimum*, com 6 repetições por tratamento. O delineamento experimental foi totalmente casualizado e foi utilizado um sistema de recirculação com filtros mecânico e biológico instalados em uma sala climatizada. Foram monitorados durante o experimento os parâmetros de qualidade de água, sendo eles: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia, nitrito, dureza e alcalinidade. Ao final do experimento os animais foram coletados, contabilizados, pesados e medidos, também foram coletados de forma aleatória o hepatopâncreas de 15 animais por tratamento para a análise enzimática. Depois de 42 dias de experimento não foram encontradas diferença significativas nos parâmetros de desempenho zootécnico, o peso final variou de 0,61 a 0,66 g, a sobrevivência teve valores de 96,6 até 98,8% e a conversão alimentar apresentou valores de 1,44 até 1,54. Tendo como exceção o comprimento de antena no tratamento T3 que apresentou maior comprimento e demonstrando assim uma melhora no bem-estar dos animais. Também não foram encontradas diferenças significativas na composição química das carcaças dos camarões dos diferentes tratamentos. Em relação ao sistema antioxidante foi determinada aumento na atividade da enzima catalase no tratamento T3 e assim melhorando o sistema e redução significativa da peroxidação lipídica nos tratamentos com inclusão do OE. Diante destes resultados, pode-se afirmar que a inclusão de OE de *O. gratissimum* contribuiu para o sistema antioxidante dos juvenis de *M. rosenbergii* e que a inclusão de 3g/Kg trouxe benefícios ao bem estar dos camarões.

Palavras-chave: Carcinicultura; Estresse oxidativo; Suplemento alimentar; Imunidade inata.

ABSTRACT

The present work aimed to determine the zootechnical, physiological parameters and bromatological composition of juveniles fed with diets supplemented with *Ocimum gratissimum* essential oil. 360 juveniles of *Macrobrachium rosenbergii* were used, with an initial weight of 0.28 g, divided into 4 treatments, T0, T1, T2 and T3, where 0, 1, 2 and 3 g/kg of *O. gratissimum* essential oil were added, respectively, with 6 replications per treatment. The experimental design was completely randomized and a recirculation system with mechanical and biological filters installed in an air-conditioned room was used. Water quality parameters were monitored during the experiment, namely: temperature, dissolved oxygen, pH, ammonia, nitrite, hardness and alkalinity. At the end of the experiment, the animals were collected, counted, weighed and measured. The hepatopancreas of 15 animals per treatment was also collected for enzymatic analysis. After 42 days of experiment, no significant differences were made in the zootechnical performance parameters, the final weight varied from 0.61 to 0.66 g, survival had values of 96.6 to 98.8% and feed conversion presented values from 1.44 to 1.54. With the exception of the antenna length in treatment T3, which showed greater length and thus demonstrated an improvement in animal welfare. No significant differences were found in the chemical composition of the shrimp carcasses from the different treatments. Regarding the antioxidant system, an increase in the activity of the catalase enzyme was determined in treatment T3, thus improving the system of *M. rosenbergii* juveniles and that the inclusion of 3g/Kg brought benefits to the well-being of the shrimp.

Keywords: Shrimp farming; Oxidative stress; Food supplement; Innate immunity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO GERAL	10
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 COLETA DAS PLANTAS, EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL.....	11
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	11
3.3 FORMULAÇÃO E PREPARO DAS RAÇÕES EXPERIMENTAIS	12
3.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA.....	13
3.5 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO	13
3.6 DETERMINAÇÕES BIOQUÍMICAS.....	14
3.7 COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	15
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	15
4. RESULTADOS	16
5. DISCUSSÃO	19
6. CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

Segundo a FAO (2022) a aquicultura tem um papel primordial na busca pela segurança alimentar e na nutrição da população mundial, sendo a principal fonte de produtos animais por conta da estagnação da pesca extrativista. Também tem contribuído com o fornecimento de várias espécies aquáticas em diferentes formas de cultivos que são escolhidos de acordo com a realidade do local da atividade. Neste cenário, a aquicultura brasileira vem ganhando cada vez mais destaque, tanto nacional quanto mundialmente.

Referente a produção de camarão, segundo os dados da FAO (2023), entre 2016 e 2020, a captura mundial teve uma redução enquanto a produção aquícola teve aumento e podendo chegar em até 7,53 milhões de toneladas em 2024. Dentro deste contexto, o interesse na produção de camarões de água doce aumentou nas últimas duas décadas, principalmente em países da Ásia e das Américas (FAO 2022). Apesar de não ter um volume de produção comparável aos camarões marinhos, a carcinicultura de água doce é uma interessante opção para diversificação na produção de organismos aquáticos. O camarão da Malásia, *M. rosenbergii*, é a principal espécie de camarão de água doce produzida em cativeiro, pois possui uma alta taxa de crescimento, facilidade de reprodução em cativeiro e carne de excelente qualidade, características que explicam o interesse na produção desta espécie (NEW, 2002; GUPTA et al., 2007). Estes animais possuem hábitos alimentares onívoros e consomem uma extensa variedade de plantas e animais, vivos ou em decomposição e, também, aceitam a alimentação artificial balanceada (NEW, 2002).

Com o objetivo de aumentar a produtividade e os ganhos econômicos na carcinicultura, pesquisas têm sido realizadas para o desenvolvimento de produtos que atuem como potencializadores de crescimento e estimulantes do sistema imune (JAHANBAKHSI et al., 2022; NAKSING et al., 2022) tais como probióticos, prebióticos e ácidos orgânicos (CHEN et al., 2017; FROZZA et al., 2021; WEE et al., 2018). O interesse no uso de compostos naturais, particularmente o de óleos essenciais (OEs) tem aumentado nos últimos anos. Os OEs são compostos naturais extraídos de plantas os quais são voláteis, odoríferos, lipofílicos e ricos em mono e sesquiterpenos de baixo peso molecular. Estes compostos apresentam uma diversidade de propriedades biológicas e atuam como antioxidantes,

antibactericidas, antifúngicos e anti-inflamatórios (NORIEGA, 2020; BADR et al., 2021; SILVA et al., 2021). Nos sistemas produtivos estes OEs podem ser usados como promotores de crescimento e estimulantes do sistema imune (DAWOOD et al., 2022; LIU et al., 2022; HOA et al., 2023), anestésicos naturais (HOSEINI et al., 2019; SOUZA VALENTE, 2022; SOUZA VALENTE et al., 2023), fitoterápicos (DAWOOD et al., 2021), e para preservação de alimentos (ROUT et al., 2022).

Em relação ao sistema de defesa antioxidante, este é considerado como um mecanismo bioquímico de defesa altamente conservado em vertebrados e invertebrados que protege o organismo ante a ação de formas reativas de oxigênio (ROS) que podem oxidar lipídeos, proteínas, carboidratos e DNA. O excesso de ROS pode causar um desequilíbrio no sistema de defesa antioxidante, causando o chamado estresse oxidativo (CHAINY et al., 2016; HAN et al., 2021). Alguns trabalhos com o uso de óleos essenciais na dieta de camarões demonstraram sua eficiência para a melhora do funcionamento deste sistema (CAGOL et al., 2020; SOUZA VALENTI et al., 2024).

O OE de *Ocimum gratissimum*, planta conhecida popularmente como alfavaca ou alfavacão, é obtido por destilação a vapor da inflorescência e das folhas (EUROPEAN PHARMACOPEIA, 2007), e tem sido utilizado em diversos procedimentos na aquicultura servindo como anestésico e também como aditivo na alimentação (SILVA et al., 2012; RIBEIRO et al., 2016; MENESES et al., 2018). Estudos com o uso do óleo essencial de *O. gratissimum* em juvenis de *M. rosenbergii* demonstram efeito anestésico e sedativo (SOUZA VALENTE et al., 2023). Os efeitos do OE de *O. gratissimum* são atribuídos ao seu principal componente, o eugenol (SILVA et al., 2012; RIBEIRO et al., 2016; SILVA et al., 2020). Além disso, como o *O. gratissimum* é utilizado como tempero e erva para chás para humanos (DI STASI et al., 2002) e a sua utilização em organismos usados para consumo humano deve ter sua aceitação e aprovação facilitada.

O uso de óleos essenciais ajuda no fortalecimento de uma aquicultura mais sustentável, utilizando um composto de origem vegetal e assim mitigando os impactos ambientais que a atividade acaba provocando. Neste sentido o objetivo do estudo foi avaliar se a adição de OE de *O. gratissimum*, proveniente da alfavaca, na dieta de juvenis de *M. rosenbergii* promove melhoras no bem estar dos animais e também melhoras fisiológicas no aproveitamento da absorção de nutrientes provenientes da alimentação, contribuindo assim no desempenho zootécnico.

2. OBJETIVO GERAL

Determinar parâmetros zootécnicos e fisiológicos de juvenis de *M. rosenbergii* alimentados com rações suplementadas com diferentes concentrações de óleo essencial de *O. gratissimum*.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desempenho zootécnico dos animais alimentados com rações contendo diferentes concentrações de óleo essencial de *O. gratissimum*;
- Avaliar o sistema antioxidante de juvenis de *M. rosenbergii* alimentados com rações contendo diferentes concentrações de óleo essencial de *O. gratissimum*;
- Analisar a composição bromatológica de camarões alimentados com rações contendo diferentes concentrações de óleo essencial de *O. gratissimum*;

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLETA DAS PLANTAS, EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

Folhas de *O. gratissimum* foram coletadas no campus de Frederico Westphalen, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul, Brasil. O *especimen* foi identificado por Adelino Alvares Filho e depositado no *herbarium* do Departamento de Biologia da UFSM sob o número de registro SMDB 11167. O óleo essencial (OE) foi extraído por hidro-destilação. A fração de hexano foi concentrada em um evaporador rotativo a 40°C para obtenção do OE puro. Posteriormente o OE foi mantido a -4°C em uma garrafa âmbar. A análise de composição do OE foi realizada por espectro cromatografia de massa em um cromatógrafo gasoso (Agilent-7890A) acoplado a um detector de massa seletivo (Agilent-5975C). Maiores detalhes da extração foram descritas por Bandeira Jr et al. (2017).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento teve uma duração de 42 dias e foi conduzido no Laboratório de Carcinicultura localizado no NPDA Maripá da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina. Foram utilizadas como unidades experimentais (UE), 24 tanques de 50 litros, com sistema de aeração individual alocados em uma sala climatizada, acoplados a um sistema de recirculação com filtros mecânicos e biológicos. A vazão média do sistema de recirculação foi de 800L/hora. O delineamento experimental foi totalmente casualizado com quatro tratamentos que possuem níveis crescentes de OE (0, 1, 2 e 3 mg/Kg) e 6 repetições. A densidade de estocagem de juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* que foram obtidos do próprio laboratório, foi de equivalente a 75 camarões/m² resultando em 15 camarões/tanque com peso médio inicial de 0,028g, alimentados cinco vezes por dia conforme a biomassa (9h00; 11h00; 14h00; 17h00 e 21h00).

3.3 FORMULAÇÃO E PREPARO DAS RAÇÕES EXPERIMENTAIS

As rações experimentais foram formuladas utilizando o software SuperCrac® versão 2.0 de acordo com as recomendações do NRC (2011). Quatro dietas (T0: 0 mg Kg⁻¹; T1: 1 mg Kg⁻¹; T2: 2 mg Kg⁻¹; T3: 3 mg Kg⁻¹) foram formuladas contendo as diferentes concentrações do OE, conforme demonstrado na Tabela 1. O processo de fabricação das dietas teve início com a moagem dos ingredientes em um triturador (TRAPP TRF 400 2HP) os quais passaram em uma peneira (malha de 250 µm). Após a moagem, os ingredientes foram dosados conforme a formulação das dietas em uma balança tipo comercial (macroingredientes; BALMAK - Modelo ELCN10) e balança eletrônica de precisão para os microingredientes (SHIMADZU AY220) misturados manualmente, peneirados, umedecidos, depois peletizados e depois secas em estufa.

Tabela 1 – Formulação das rações teste

INGREDIENTE (G)	T0	T1	T2	T3
Farelo de soja	400,00	400,00	400,00	400,00
Farelo de trigo	98,10	98,10	98,10	98,10
Farinha de trigo	154,65	154,65	154,65	154,65
Farinha de peixe	150,00	150,00	150,00	150,00
Farinha de vísceras	92,50	92,50	92,50	92,50
Óleo de peixe	42,40	41,40	40,40	39,40
Lecitina de soja	20,00	20,00	20,00	20,00
Calcário	15,65	15,65	15,65	15,65
Sal	8,00	8,00	8,00	8,00
Premix	8,00	8,00	8,00	8,00
Binder	5,00	5,00	5,00	5,00
DL-metionina	2,90	2,90	2,90	2,90
L-lisina	1,60	1,60	1,60	1,60
Antifúngico	1,00	1,00	1,00	1,00
BHT	0,20	0,20	0,20	0,20
Óleo essencial	0,00	1,00	2,00	3,00
Total	1000	1000	1000	1000

FONTE: O autor (2024).

Após a fabricação da ração, foram encaminhadas amostras para o laboratório para a análise bromatológica e assim verificando se houve o atendimento dos níveis recomendados, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultado da composição química centesimal das rações, com base na matéria natural

Tratamento	UM (%)	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FDN (%)	RM (%)	EB (cal/g)
Óleo essencial T0	8,57	91,43	39,50	7,07	29,42	9,17	4.378
Óleo essencial T1	8,92	91,08	39,12	7,15	29,45	8,99	4.364
Óleo essencial T2	8,69	91,31	38,22	6,90	28,27	9,46	4.353
Óleo essencial T3	9,04	90,96	38,54	7,01	28,60	8,65	4.356

FONTE: O autor (2024).

UM: umidade; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; RM: resíduo mineral; EB: energia bruta

3.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA

Durante o experimento foram analisadas as variáveis de temperatura (Termômetro da AKSO), oxigênio dissolvido (Multiparâmetro H19146 da HANNA) e pH (PHmetro da AKSO) diariamente. Quinzenalmente foram mensuradas a alcalinidade e dureza de acordo com a metodologia de Macêdo (2005), enquanto as concentrações de amônia total, medida pelo método colorimétrico indofenol (Koroleff, 1976), e de nitrito, medido pelo método colorimétrico da reação de Griess (Baumgarten, 1996) foram determinadas uma vez por semana.

3.5 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

Ao final do experimento os camarões remanescentes nas unidades experimentais foram contados, pesados e medidos, e determinada a sobrevivência final (SF). O ganho de biomassa (GB) foi estimado com o número final de animais multiplicado pelo peso médio encontrado e subtraído pela biomassa inicial. Já a conversão alimentar foi estimada com a quantidade de ração fornecida durante o período experimental e dividido pelo ganho de biomassa.

Para encontrar a SF foi utilizada a seguinte fórmula:

$$S (\%) = \frac{NFC}{NIC} \times 100$$

Onde:

S (%): porcentagem de sobrevivência

NFC: número final de camarões;

NIC: número inicial de camarões.

O ganho de biomassa tem como fórmula:

$$GB = (NFC \times PM) - BI$$

Onde:

GB: ganho de biomassa;

NFC: número final de camarões;

PM: peso médio dos camarões.

BI: biomassa inicial

Para a conversão alimentar aparente, foi utilizada a fórmula:

$$CAA: \frac{QRF}{GB}$$

Onde:

CAA: conversão alimentar aparente;

QRF: quantidade de ração fornecida;

GB: ganho de biomassa

3.6 DETERMINAÇÕES BIOQUÍMICAS

Ao final do período experimental foram coletados, aleatoriamente, o hepatopâncreas de 15 animais (n=15) por tratamento e conservados em nitrogênio líquido para avaliação da atividade de enzimas relacionadas ao sistema de defesa antioxidante dos camarões, da molécula de glutathione reduzida e da peroxidação lipídica. As análises foram realizadas no Laboratório de Bioquímica e Genética na Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Laranjeiras do Sul, PR.

O conteúdo de proteína foi determinado através do método de Bradford (1976), utilizando albumina bovina como padrão e leitura de absorbância a 595 nm. A atividade de glutathione redutase (GR) foi determinada através da metodologia de Carlberg e Mannervik (1985). A atividade da glutathione peroxidase (GPx) foi determinada pela metodologia de Wendel (1981) que verifica o consumo de NADPH em 340 nm. A atividade de catalase (CAT) foi determinada seguindo o

método descrito por Aebi (1984), que é baseado na velocidade de degradação do peróxido de hidrogênio. A atividade da glutathione S- transferase (GST) foi determinada espectrofotometricamente de acordo com Habig et al. (1974). Os níveis de glutathione reduzida (GSH) foram medidos pelo método de tióis não proteicos de acordo com a metodologia proposta por Sedlak & Lindsay (1968) usando uma curva padrão e os níveis de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (peroxidação de lipídios – TBARS) foram medidos no sobrenadante dos homogenatos de hepatopâncreas.

3.7 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Para determinação da composição química centesimal do camarão inteiro, 5 animais de cada unidade experimental foram eutanasiados, secos em estufa a 105°C e posteriormente moídos até se obter uma amostra homogênea. Foram avaliados o extrato etéreo (%), proteína bruta (%), matéria mineral (%) e matéria seca (%) dos camarões de cada unidade experimental. Todas as amostras foram analisadas de acordo com as metodologias propostas AOAC (1995)

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram avaliados quanto à normalidade e homocedasticidade, e como elas atenderam os pressupostos, posteriormente foi realizado uma análise de variância (ANOVA), em seguida as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Todos os resultados foram testados ao nível de 5% (Zar, 2010). As análises foram realizadas no software Rstudio 2023.09.1.

4. RESULTADOS

Os principais componentes do óleo essencial são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição do óleo essencial obtido a partir das folhas de *O. gratissimum*.

Componente	KI _c	KI _L	%
<i>E</i> - β -Ocimene	1041	1039 ^N	0,64
Eugenol	1377	1370 ^N	88,46
Copaene	1386	1380 ^N	0,80
β -Caryophyllene	1420	1418 ^N	5,30
Germacrene D	1480	1480 ^N	0,47
Total identificado (%)			95,67

KI_c: Índice de Kovats calculado; KI_L: índice de Kovats da literatura; N: NIST, 2008.

Na tabela 4 são apresentados os valores médios dos parâmetros de qualidade de água monitorados durante o período experimental. Todos os parâmetros de qualidade de água mensurados durante o período experimental ficaram dentro da faixa ideal recomendada por para a criação de camarões.

Tabela 4 – Dados de qualidade de água durante o experimento com valores médios e o desvio padrão.

Parâmetros	Valores obtidos	Valores recomendados*
Temperatura (°C)	28,3 $\pm$ 0,57	28-32
Oxigênio (mg L ⁻¹)	6,45 $\pm$ 0,27	>5
pH	8,46 $\pm$ 0,10	6-9
Amônia (mg L ⁻¹)	0,02 $\pm$ 0,05	< 0,5
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,016 $\pm$ 0,01	< 0,5
Dureza (mg L ⁻¹ de CaCO ₃)	124,67 $\pm$ 20,77	>100
Alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃)	120,33 $\pm$ 10,40	>100

FONTE: O autor (2024).

* New et al. 2010.

Na tabela 5 estão apresentados os valores do desempenho zootécnico dos camarões nos diferentes tratamentos. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em nenhum parâmetro do desempenho zootécnico, exceto para comprimento de antena em que, no tratamento T3, foi obtido valor maior ($p < 0,05$) que nos outros tratamentos.

Tabela 5 – Dados do desempenho zootécnico com valores médios e seus desvios padrão

Tratamento	Peso (g)	Comprimento (cm)	Comprimento de Antena (cm)	Biomassa (g)	Ganho de biomassa (g)	Sobrevivência (%)	Conversão alimentar
T0	0,62±0,22	4,0±0,30	2,76±0,97 ^b	7,9±0,44	7,5±0,44	97,8 ±3,4	1,5±0,08
T1	0,66±0,21	3,6±0,40	2,89±0,8 ^b	8,29±0,77	7,9±0,77	96,6±5,6	1,44±0,10
T2	0,61±0,19	3,7±0,42	2,66±0,8 ^b	7,7±0,48	7,3±0,48	97,7±3,4	1,54±0,10
T3	0,62±0,17	3,6±0,48	3,37±0,97 ^a	8,02±0,57	7,6±0,57	98,8±2,7	1,48±0,11
p	0,4419	0,4433	0,00054	0,46457	0,46457	0,8126	0,54195

FONTE: O autor (2024).

* Letras sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos (p<0,05) - ANOVA e teste de Tukey

Os valores obtidos nas análises das enzimas Glutathiona redutase (GR, NADPH/min/mg proteína), Glutathiona peroxidase (GPx - uMNADPH/min/mg proteína), Catalase (CAT - umolH₂O₂/min/mg proteína), Glutathiona transferase (GST - nmoltioéter/min/mg proteína), da molécula endógena, Glutathiona reduzida (GSH - uM/mg proteína) e de peroxidação lipídica (TBARS - uMMDA/mg proteína) estão apresentadas na tabela 6. Foram encontradas diferenças significativas (p<0,05) na atividade da enzima catalase com um aumento no tratamento T3 e uma redução significativa na peroxidação lipídica em todos os tratamentos onde houve adição de óleo essencial (T1, T2 e T3) em relação ao tratamento controle, T0.

Tabela 6 – Dados das análises enzimáticas relacionadas ao estresse oxidativo

Tratamento	GR	GPx	CAT	GST	GSH	TBARS
T0	0,0105±0,009	0,053±0,027	0,066±0,030 ^b	0,025±0,024	23,19±3,54	2,80±0,34 ^a
T1	0,0059±0,003	0,037±0,019	0,068±0,051 ^b	0,022±0,012	19,44±12,8	1,69±0,84 ^b
T2	0,0114±0,125	0,055±0,024	0,081±0,037 ^b	0,024±0,022	14,93±7,40	1,65±0,39 ^b
T3	0,0266±0,032	0,059±0,019	0,210±0,14 ^a	0,040±0,024	17,26±16,47	1,59±0,63 ^b

FONTE: O autor (2024).

* Letras sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos (p<0,05) - ANOVA e teste de Tukey

Na tabela 7 são apresentados os resultados das análises bromatológicas dos camarões dos diferentes tratamentos. Para os parâmetros de matéria seca, proteína bruta, resíduo mineral e extrato etéreo não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,05$).

Tabela 7 – Média dos parâmetros de composição química centesimal dos camarões em diferentes tratamentos, com base na matéria seca.

Tratamento	Matéria seca (%)	Proteína bruta (%)	Resíduo mineral (%)	Extrato etéreo (%)
T0	24.84	68.70	13.63	8.51
T1	24.11	71.49	13.12	7.86
T2	24.15	70.11	13.21	8.14
T3	23.72	73.52	13.45	8.15

FONTE: O autor (2024).

5. DISCUSSÃO

A performance de organismos aquáticos está diretamente relacionada com a condição de qualidade de água do ambiente de produção. Os parâmetros de qualidade de água monitorados durante o experimento permaneceram dentro da faixa recomendada para a produção de camarões de água doce (COYLE et al., 2010; KUMARESAN et al. 2016; CHENG et al., 2003). Desta forma, podemos afirmar que os resultados obtidos no presente estudo estão relacionados com os diferentes níveis de inclusão do OE de *O. gratissimum* usados nas dietas fornecidas aos camarões. A utilização de óleos essenciais na nutrição de animais monogástricos como aditivo vem sendo cada vez mais estudada, e demonstram melhorias no desempenho em aves e suínos, pois os mesmos ajudam na melhora do trato digestório, promovendo um melhor aproveitamento dos alimentos (RAMAKRISHNARAO et al., 2003). Mesmo com tantos estudos sobre óleos essenciais, informações como os compostos desses óleos ainda são limitadas quando se trata da adição na dieta de animais aquáticos (ZHANG et al., 2013).

Os efeitos da suplementação de componentes vegetais tais como sementes, folhas, flores, raízes ou óleos essenciais tem sido reportados em diversos estudos (ASADI et al., 2018; FRANCIS; MAKKAR; BECKER, 2002; IMMANUEL et al., 2004; JI et al., 2007; LIU et al., 2010; SACCOL et al., 2013; VASEEHARAN et al., 2011; WANG et al., 2017; YUDIATI et al., 2016; ZEPPENFELD et al., 2016). Em alguns estudos foi reportado um melhor desempenho dos animais alimentados com este tipo de suplemento devido a melhorias na digestão e absorção de nutrientes (WANG et al., 2017). Assim como nesse estudo, não foi determinado qualquer benefício a performance dos animais devido a ingestão de diferentes OEs. Cagol et al. (2020), avaliando o uso de OE de *Lippia alba* em *M. rosenbergii* não obtiveram melhorias na sobrevivência ou no crescimento dos camarões, da mesma forma Almeida et al. (2022) avaliando o uso do OE de *L. alba* em dietas para *M. rosenbergii* produzidos em diferentes densidades de estocagem não encontraram efeitos positivos sobre a performance dos camarões. Por outro lado, no estudo de Cagol et al. (2020) resultados de redução na peroxidação lipídica e aumento na atividade da enzima superóxido dismutase demonstraram os benefícios do uso do OE para o sistema antioxidante dos camarões.

No presente estudo, não foi observado diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos, em nenhum aspecto do desempenho zootécnico, com exceção do parâmetro de comprimento de antena, em que, no tratamento T3, foram alcançados resultados significativamente superiores ($p < 0,05$). O comprimento das antenas é considerado um fator relacionado ao bem-estar animal (NEW, 2010). De acordo com Negrini et al. (2024) as antenas, além de frágeis, estão entre os principais órgãos quimiossensoriais dos camarões, desta forma, antenas longas e íntegras estão relacionadas com a boa condição dos animais.

A atividade enzimática refere-se à catalisação de reações metabólicas realizadas por proteínas, ou seja, consiste em aumentar a velocidade das reações e assim o produto da reação é disponibilizado em menor tempo para ser utilizado pelo organismo. Todas as reações do organismo geram compostos oxidantes que devem ser neutralizados pelo sistema de defesa antioxidante, que em vertebrados e invertebrados é altamente conservado (CHAINY; PAITAL; DANDAPAT, 2016). O sistema de defesa antioxidante é dividido em enzimático (superóxido dismutase, catalase e glutathione peroxidase) e não-enzimático, que pode ser endógeno ou proveniente da alimentação, ou seja, exógeno. Segundo Lobo et al. (2010), dentre as enzimas, estão a Glutathione Redutase (GR) que ajuda na redução da glutathione oxidada; a Glutathione Peroxidase (GPx), que atua na proteção dos tecidos através da eliminação de hidroperóxidos; a Glutathione transferases (GSTs), que tem papel na desintoxicação e na defesa contra o estresse oxidativo e a Catalase (CAT) responsável pela decomposição do peróxido de hidrogênio. A molécula Glutathione Reduzida (GSH), neutraliza radicais livres e partículas reativas de oxigênio e a Peroxidação de Lipídios (TBARS), demonstra o grau de “poluição” do organismo.

Ao analisar as enzimas e demais componentes do sistema antioxidante dos juvenis de *M. rosenbergii* utilizados no presente experimento foi verificado aumento na atividade da enzima catalase no tratamento T3 e uma redução na peroxidação lipídica dos camarões alimentados com dietas contendo o OE de *O. gratissimum*. A redução da peroxidação lipídica, assim como foi constatado no trabalho de Cagol et al. (2020), é um indicativo positivo de maior eficiência do sistema antioxidante dos camarões alimentados com OE. Ademais, o aumento da atividade da catalase, no tratamento T3 também demonstra os benefícios do uso do OE.

Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas é possível observar uma tendência de aumento na atividade das enzimas glutathione redutase

e glutathione transferase com o aumento dos níveis de inclusão de OE. O aumento da atividade destas enzimas, concomitantemente com o aumento da atividade da catalase, provavelmente contribuíram para a diminuição da peroxidação lipídica. Além disso, considerando que o sistema imune dos crustáceos é baseado em mecanismos inatos que incluem defesas físicas, celulares e humorais, as quais estão diretamente relacionadas como estresse e bem estar (VAZQUEZ et al., 2009; COATES; SÖDERHÄLL 2021; CONNEELY; COATES 2024) e que o sistema antioxidante tem um papel fundamental na desativação de radicais livres formados naturalmente por atividades fisiológicas dos animais.

Algumas enzimas como a catalase são defesas biológicas fundamentais para o sistema de resposta celular ao estresse (COATES, 2022), portanto, podemos considerar que o uso do OE de *O. gratissimum* pode ser considerado um aditivo que estimula o sistema imune e aumenta a saúde dos camarões. Nesta mesma linha de pensamento, o maior comprimento de antena dos camarões alimentados com a dose mais alta de OE testada neste estudo, ratifica esta afirmativa.

Em relação a composição química da carcaça, os organismos aquáticos possuem uma composição bromatológica que difere de acordo com a espécie, sexo, idade e sua dieta alimentar (YARNPAKDEE et al., 2014). Depois de realizadas as análises bromatológicas, não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos, inferindo então, que as dietas com inclusão do OE não interferem na composição (nem negativa, nem positivamente). Da mesma forma, Cagol et al. (2020), utilizando óleo essencial de *L. alba* também não encontraram diferença significativa entre a composição de carcaça dos camarões. Este resultado leva a crer que o uso do óleo essencial não interferiu nem em matéria seca e mineral, portanto apesar de não ter causado nenhum benefício também não prejudicou a formação de tecido dos animais.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que a adição de óleo essencial de *O. gratissimum* na alimentação de juvenis de *M. rosenbergii* não teve efeito sobre parâmetros zootécnicos e composição de carcaça dos camarões. Por outro lado, foram identificados benefícios ao sistema antioxidante e ao bem estar dos camarões e enzimáticos, demonstrando potencial de seu uso na carcinicultura de água doce. De acordo com os resultados o uso de óleo essencial na alimentação de camarões é indicado e estudos futuros devem ser feitos.

REFERÊNCIAS

- AEBI, Hugo. **Catalase in vitro**. 1984. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0076687984050163>.
- AKBARI, S.; KHOSHOD, M. J.; RAJAIN, H.; AFSHARNASAB, M. The use of eugenol as an anesthetic in transportation of with indian shrimp (*Fenneropenaeus indicus*) post larvae. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 10, p. 423-429, 2010. DOI: 10.4194/trjfas.2010.0317.
- ALMEIDA, E. T.; CORREIA, E. S.; DO NASCIMENTO, C. H.; DE SOUZA BEZERRA, R.; CAHU, T.; CHUNG, S.; CAPATTI, C. E.; RIBEIRO, K. *Macrobrachium rosenbergii* fed with essential oil from *Lippia alba* in the diet in low and high stocking density. **Aquaculture Research**, v. 53, n. 13, p. 4577–4587, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.15976>.
- APHA, American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st ed. USA: American Public Health Association, 2005.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC international**. 16th ed. Arlington, VA: AOAC Inc., 1995.
- BADR, M. M.; BADAWY, M. E.; TAKTAK, N. E. Characterization, antimicrobial activity, and antioxidant activity of the nanoemulsions of *Lavandula spica* essential oil and its main monoterpenes. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 65, p. 102732, 2021.
- BANDEIRA, G. Jr.; PÊS, T. S.; SACCOL, E. M.; SUTILI, F. J.; ROSSI, W. Jr.; MURARI, A. L.; HEINZMANN, B. M.; PAVANATO, M. A.; DE VARGAS, A. C.; SILVA, L. L.; BALDISSEROTTO, B. Potential uses of *Ocimum gratissimum* and *Hesperozygis ringens* essential oils in aquaculture. **Industrial Crops and Products**, v. 97, p. 484–491, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.040>.
- BAUMGARTEN, M. G. Z.; ROCHA, J. M. B.; NIENCHESKI, L. F. H. **Manual de análises em Oceanografia Química**. Rio Grande: Editora da FURG, 1996.
- BRADFORD, M. M. Um método rápido e sensível para a quantificação de microgramas de proteína utilizando o princípio de ligação de proteínas ao corante. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.
- CAGOL, L.; BALDISSEROTTO, B.; BECKER, A. G.; SOUZA, C. D. F.; HEINZMANN, B. M.; CARON, B. O.; LEONE, F. A.; SANTOS, L. D.; BALLESTER, E. L. C. Essential oil of *Lippia alba* in the diet of *Macrobrachium rosenbergii*: effects on antioxidant enzymes and growth parameters. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 6, p. 2243–2251, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.14569>.

CAGOL, Luana. **Utilização de óleos essenciais de *Lippia alba* (erva-cidreira) e *Aloysia triphylla* (erva-luiza) para *Macrobrachium rosenbergii***. 2020. 73 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná Campus de Marechal Cândido Rondon, Marechal Cândido Rondon, 2020.

CARLBERG, I.; MANNERVIK, B. Glutathione reductase. **Methods in Enzymology**, v. 113, p. 484-490, 1985. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(85\)13062-4](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(85)13062-4).

CHAINY, G. B. N.; PAITAL, B.; DANDAPAT, J. An Overview of Seasonal Changes in Oxidative Stress and Antioxidant Defence Parameters in Some Invertebrate and Vertebrate Species. **Scientifica**, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/6126570>.

CHEN, W. W.; ROMANO, N.; EBRAHIMI, M.; NATRAH, I. The effects of dietary fructooligosaccharide on growth, intestinal short chain fatty acids level and hepatopancreatic condition of the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) post-larvae. **Aquaculture**, v. 469, p. 95–101, 2017.

CHENG, W.; LIU, C. H.; KUO, C. M. Effects of dissolved oxygen on hemolymph parameters of freshwater giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). **Aquaculture**, v. 220, n. 1-4, p. 843-856, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00534-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00534-3).

COATES, C. J. Host defences of invertebrates to non-communicable diseases. In: ROWLEY, A. F.; COATES, C. J.; WHITTEN, M. (eds). **Invertebrate Pathology**, v. 41. Oxford: Oxford University Press, 2022.

COATES, C. J.; SÖDERHÄLL, K. The stress–immunity axis in shellfish. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 186, p. 107492, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107492>.

CONNELLY, E. A.; COATES, C. J. Meta-analytic assessment of physiological markers for decapod crustacean welfare. **Fish**, v. 25, n. 1, p. 134–150, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/faf.12798>.

COYLE, S. D.; ALSTON, D. E.; SAMPAIO, C. M. S. Nursery Systems and Management. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. **Freshwater Prawns: Biology and Farming**. New Delhi: India, 2010.

DAWOOD, M. A.; EL BASUINI, M. F.; YILMAZ, S.; ABDEL-LATIF, H. M.; ALAGAWANY, M.; KARI, Z. A.; RAZAB, M. K. A.; HAMID, N. K. A.; MOONMANEE, T.; VAN DOAN, H. Exploring the roles of dietary herbal essential oils in aquaculture: A review. **Animals**, v. 12, n. 7, p. 823, 2022.

DAWOOD, M. A.; EL BASUINI, M. F.; ZAINELDIN, A. I.; YILMAZ, S.; HASAN, M. T.; AHMADIFAR, E.; EL ASELY, A. M.; ABDEL-LATIF, H. M. R.; ALAGAWANY, M.; ABU-ELALA, N. M.; DOAN, H. V.; SEWILAM, H. Antiparasitic and antibacterial functionality of essential oils: an alternative approach for sustainable aquaculture. **Pathogens**, v. 10, n. 2, p. 185, 2021.

DI STASI, L. C.; OLIVEIRA, G. P.; CARVALHAES, M. A.; QUEIROZ-JUNIOR, M.; TIEN, O. S.; KAKINAMI, S. H.; REIS, M. S. Medicinal plants popularly used in the Brazilian Tropical Atlantic Forest. **Fitoterapia**, v. 73, n. 1, p. 69–91, 2002.

EMERENCIANO, M.; et al. Reproductive performance, biochemical composition and fatty acid profile of wild-caught and 2nd generation domesticated *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) broodstock. **Aquaculture**, v. 344, p. 194–204, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Uso de óleos essenciais como anestésicos em piscicultura**. 2017. Disponível em: <www.embrapa.br/agropecuaria-oeste>.

EUROPEAN PHARMACOPEIA. **European directorate for the quality of medicines**. 6th ed. Council of Europe, 2007.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fisheries and Aquaculture: Global aquaculture production Quantity (1950 - 2020)**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/fishery/statisticsquery/en/aquaculture/aquaculturequantity>.

FRANCIS, G.; KEREM, Z.; MAKKAR, H. P.; BECKER, K. The biological action of saponins in animal systems: a review. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. 6, p. 587–605, 2002. DOI: 10.1079/BJN2002725.

FROZZA, A.; FIORINI, A.; VENDRUSCOLO, E. C. G.; ROSADO, F. R.; KONRAD, D.; RODRIGUES, M. C. G. Probiotics in the rearing of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1879) in a biofloc system. **Aquaculture Research**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.15265>.

HABIG, William H.; et al. **The identity of Glutathione S-Transferase B with Ligandin, a Major Binding Protein of Liver**. 1974. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.71.10.3879>.

HAN, M.; LEE, D.; LEE, S. H.; KIM, T. H. Oxidative Stress and Antioxidant Pathway in Allergic Rhinitis. **Antioxidants**, v. 10, n. 8, p. 1266, 2021. DOI: 10.3390/antiox10081266.

HOA, T. T. T.; FAGNON, M. S.; THY, D. T. M.; CHABRILLAT, T.; TRUNG, N. B.; KERROS, S. Growth performance and disease resistance against *Vibrio parahaemolyticus* of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed essential oil blend (Phyto AquaBiotic). **Animals**, v. 13, n. 21, p. 3320, 2023.

HOSEINI, S. M.; TAHERI MIRGHAED, A.; YOUSEF, M. Application of herbal anaesthetics in aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 11, n. 3, p. 550–564, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/6126570>.

IMMANUEL, G.; VINCYBAI, V. C.; SIVARAM, V.; PALAVESAM, A.; MARIAN, M. P. Effect of butanolic extracts from terrestrial herbs and seaweeds on the survival, growth and pathogen (*Vibrio parahaemolyticus*) load on shrimp *Penaeus indicus*

juveniles. **Aquaculture**, v. 236, n. 1-4, p. 53-65, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.033>.

JAHANBAKHSHI, A.; POURMOZAFAR, S.; ADESHINA, I.; VAYGHAN, A. H.; REVERTER, M. Effect of garlic (*Allium sativum*) extract on growth, enzymological and biochemical responses and immune-related gene expressions in giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 106, n. 4, p. 947–956, 2022.

JI, S. C.; TAKAOKA, O.; JEONG, G. S.; LEE, S. W.; ISHIMARU, K.; SEOKA, M.; TAKII, K. Dietary medicinal herbs improve growth and some non-specific immunity of red sea bream *Pagrus major*. **Fisheries Science**, v. 73, p. 63–69, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01302.x>.

KOROLEFF, F. Determination of ammonia. In: GRASSHOFT, K. (ed.). **Methods of Seawater Analysis**. Verlag Chemie, 1976. p. 126-133.

KUMARESAN, V.; PALANISAMY, R.; PASUPULETI, M.; AROCKIARAJ, J. Impacts of environmental and biological stressors on immune system of *Macrobrachium rosenbergii*. **Reviews in Aquaculture**, v. 9, p. 283–307, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12139>.

LIU, Kuan-Fu; CHIU, Chiu-Hsia; SHIU, Ya-Li; CHENG, Winton; LIU, Chun-Hung. Effects of the probiotic, *Bacillus subtilis* E20, on the survival, development, stress tolerance, and immune status of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* larvae. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 28, n. 5-6, p. 837-844, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2010.01.012>.

LIU, M.; SUN, C.; XU, P.; LIU, B.; ZHENG, X.; LIU, B.; ZHOU, Q. Effects of dietary tea tree (*Melaleuca alternifolia*) oil and feeding patterns on the zootechnical performance and nonspecific immune response of the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 53, n. 2, p. 542–557, 2022.

LOBO, V.; PATIL, A.; PHATAK, A.; CHANDRA, N. Free radicals, antioxidants and functional foods: impact on human health. **Pharmacognosy Review**, v. 4, p. 118–126, 2010.

MACÊDO, J. A. B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 2. ed. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química, 2003. 450 p.

MADRID, R. M. M.; PHILLIPS, H. Post-harvest handling and processing. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C. (ed.). **Freshwater Prawn Farming: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 326-344.

MENESES, J. O.; et al. Efficacy of *Ocimum gratissimum* essential oil against the monogenean *Cichlidogyrus tilapiae* gill parasite of Nile tilapia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 2, p. 497-504, 2018.

MITRA, G.; CHATTOPADHYAY, D. N.; MUKHOPADHYAY, P. K. Nutrition and feeding in freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming. **Aqua Feeds Formulation Beyond**, v. 2, p. 17-19, 2005.

NAKSING, T.; RATTANAVICHAI, W.; TEEKA, J.; KAEWPA, D.; BORTHONG, J.; AREESIRISUK, A. Biological activities and potential of organic banana (*Musa acuminata*) peel extract in enhancing the immunity of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). **Aquaculture Research**, v. 53, n. 7, p. 2645–2656, 2022.

NEGRINI, Celma; et al. Partial Replacement of Fish Meal with Protein Hydrolysates in the Diet of *Penaeus vannamei* (Boone, 1934) during the Nursery Phase. **Fishes**, v. 9, n. 2, p. 75-0, fev. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/fishes9020075>.

NEW, M.; VALENTI, W.; TIDWELL, J.; D'ABRAMO, L.; KUTTY, M. **Freshwater prawns: Biology and farming**. 1. ed. Wiley-Blackwell, 2010. 544 p.

NORIEGA, P. Terpenes in essential oils: bioactivity and applications. In: PERVEEN, S.; AL-TAWHEEL, A. M. (eds). **Terpenes and Terpenoids - Recent Advances**. IntechOpen, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.93792>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA - FAO. **A situação da pesca e da aquicultura mundial 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc0461en/online/sofia/2022/world-fisheries-aquaculture.html>.

PEIXE BR (São Paulo). **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA PEIXE BR**. 2024. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/>.

RAMAKRISHNA RAO, R.; PLATEL, K.; SRINIVASAN, K. In vitro influence of spices and spice-active principles on digestive enzymes of rat pancreas and small intestine. **Food/Nahrung**, v. 47, n. 6, p. 408-412, 2003.

REED, L.; D'ABRAMO, L. R. A standard reference diet for crustacean nutrition research. III. Effects on weight gain and amino acid composition of whole body and tail muscle of juvenile prawns *Macrobrachium rosenbergii*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 20, p. 107-113, 1989.

RIBEIRO, A. S.; et al. Anesthetic properties of *Ocimum gratissimum* essential oil for juvenile matrinxã. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 1, p. 1-7, 2016.

RIBEIRO, P. A. P.; LOGATO, P. V. R. **Criação de camarões de água doce (Macrobrachium rosenbergii)**, 2016.

ROUT, S.; TAMBE, S.; DESHMUKH, R. K.; MALI, S.; CRUZ, J.; SRIVASTAV, P. P.; AMIN, P. D.; GAIKWAD, K. K.; ANDRADE, E. H. A.; DE OLIVEIRA, M. S. Recent trends in the application of essential oils: the next generation of food preservation and food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, v. 129, p. 421–439, 2022.

SACCOL, Etiane M. H.; et al. Addition of *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown essential oil to the diet of the silver catfish: an analysis of growth, metabolic and blood parameters and the antioxidant response. **Aquaculture**, v. 416, p. 244-254, 2013.

SEDLAK, J.; LINDSAY, R. H. Estimation of total protein bound and nonprotein sulphhydryl groups in tissues with Ellman's reagent. **Analytical Biochemistry**, v. 25, p. 192-205, 1968.

SHEIKH ASADI, M.; GHARAEI, A.; MIRDAR HARIJANI, J.; ARSHADI, A. A Comparison between dietary effects of *Cuminum cyminum* essential oil and *Cuminum cyminum* essential oil, loaded with iron nanoparticles, on growth performance, immunity and antioxidant indicators of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/anu.12683>.

SILVA, L. A.; MARTINS, M. A.; SANTO, F. E.; OLIVEIRA, F. C.; CHAVES, F. C. M.; CHAGAS, E. C.; MARTINS, M. L.; CAMPOS, C. M. de. Essential oils of *Ocimum gratissimum* and *Zingiber officinale* as anesthetics for the South American catfish *Pseudoplatystoma reticulatum*. **Aquaculture**, v. 528, p. 735-745, 2020.

SILVA, R. C. E.; COSTA, J. S. D.; FIGUEIREDO, R. O. D.; SETZER, W. N.; SILVA, J. K. R. D.; MAIA, J. G. S.; FIGUEIREDO, P. L. B. Monoterpenes and sesquiterpenes of essential oils from *Psidium species* and their biological properties. **Molecules**, v. 26, n. 4, p. 965, 2021.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa, MG: **Universidade Federal de Viçosa**, 2002. 235 p.

SILVA, E. F.; SOARES, M. A.; CALAZANS, N. F.; VOGLEY, J. L.; VALLE, B. C.; SOARES, R.; PEIXOTO, S. Effect of probiotic (*Bacillus* spp.) addition during larvae and postlarvae culture of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Research**, v. 44, p. 13–21, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.03001.x>.

SILVA, L. L.; et al. Essential oil of *Ocimum gratissimum* L.: Anesthetic effects, mechanism of action and tolerance in silver catfish, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v. 350-353, p. 91-97, 2012.

SOUZA VALENTE, C. Anaesthesia of decapod crustaceans. **Veterinary and Animal Science**, v. 16, n. 1, p. e100252, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vas.2022.100252>.

SOUZA VALENTE, C.; SANTOS, G.; BECKER, A. G.; et al. Anaesthetic effect of clove basil (*Ocimum gratissimum* L.) essential oil on the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*, De Man 1879) exposed to different water pHs. **Aquaculture International**, v. 32, p. 1493–1505, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01226-0>.

SOUZA, Carine de Freitas et al. (2015). *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824), submitted to a stressful condition: effect of dietary addition of the essential oil of

Lippia alba on metabolism, osmoregulation and endocrinology. **Neotropical Ichthyology**, v. 13, n. 4, p. 707-714, 2015.

VALENTI, W. C. (2002). Criação de camarões de água doce. In: 12º Congresso de Zootecnia, Vila Real, Portugal, 2002, Vila Real: **Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos**. Anais, 229-237.

VASEEHARAN, B.; PRASAD, G. S.; RAMASAMY, P.; BRENNAN, G. Antibacterial activity of *Allium sativum* against multidrug-resistant *Vibrio harveyi* isolated from black gill-diseased *Fenneropenaeus indicus*. **Aquaculture International**, v. 19, p. 531–539, 2011. DOI: 10.1007/s10499-010-9369-9.

VAZQUEZ L, ALPUCHE J, MALDONADO G, AGUNDIS C, PEREYRA-MORALES A, ZENTENO E (2009). Immunity mechanisms in crustaceans. **Innate Immun**, 15(3), 179–188. <https://doi.org/10.1177/175342590910287>.

WANG, Y., LIANG, J.-P., DUAN, Y.-F., NIU, J., WANG, J., HUANG, Z., e LIN, Z.-H. (2017). Effects of dietary *Rhodiola rosea* on growth conditions and combined stress of low-salinity and nitrite., body composition, antioxidant capacity of *white shrimp Litopenaeus vannamei* under normal **Aquaculture Nutrition**, 23, 548-559. <https://doi.org/10.1111/anu.12422>.

WEE WC, MOK CH, ROMANO N, EBRAHIMI M, NATRAH I (2018). Dietary supplementation use of *Bacillus cereus* as quorum sensing degrader and their effects on growth performance and response of Malaysian giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* juvenile towards *Aeromonas hydrophila*. **Aquac Nutr**, 24(6), 1804–1812.

WENDEL, A. Glutathione peroxidase. **Methods in Enzymology**, v. 77, p. 325-333, 1981. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(81\)77046-0](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(81)77046-0).

YARNPAKDEE S., BENJAKUL S., PENJAMRAS P., KRISTINSSON H.G. (2014). Chemical compositions and muddy flavour/odour of protein hydrolysate from Nile tilapia and broadhead catfish mince and protein isolate. **Food Chem.**, 142, 210-216.

YUDIATI, Ervia; ISNANSETYO, Alim; MURWANTOKO; AYUNINGTYAS; TRIYANTO; HANDAYANI, Christina Retna. Innate immune-stimulating and immune genes up-regulating activities of three types of alginate from *Sargassum siliculosum* in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 54, p. 46-53, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.03.022>.

ZEPPENFELD CC, HERNÁNDEZ DR, SANTINÓN JJ, HEINZMANN BM, DA CUNHA MA, SCHMIDT D, BALDISSEROTTO B (2016). Essential oil of *Aloysia triphylla* as feed additive promotes growth of silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Aquac Nutr**, 22(4), 933–940. <https://doi.org/10.1111/anu.12311>.

ZHANG, S. P., et al. (2013). Effects of different dietary lipid level on the growth, survival and immune-relating genes expression in Pacific white shrimp, *Litopenaeus*

vannamei. **Fish Shellfish Immunol**, 34, 1131–1138
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.01.016>.