



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Área de Concentração: Produção Animal



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL UNIDADE
UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ZOOTECNIA

EFEITO DO EXTRATO ALCOÓLICO DE *ARTEMISIA ANNUA* NO
TRANSPORTE DE PACU (*Piaractus mesopotamicus*)

Acadêmica: Kathianne Chaves de Oliveira

Aquidauana - MS

Fevereiro / 2025



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Área de Concentração: Produção Animal



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL UNIDADE
UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ZOOTECNIA

EFEITO DO EXTRATO ALCOÓLICO DE *Artemisia annua* NO TRANSPORTE
DE PACU (*Piaractus mesopotamicus*)

Acadêmica: Kathianne Chaves de Oliveira.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cristiane Meldau Campos Amaral.

Coorientador: Prof. Dr^o. Carlos Eurico Fernandes.

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado - Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”.

Aquidauana - MS

Fevereiro / 2025

O47e Oliveira, Kathianne Chaves de

Efeito do extrato alcoólico de *Artemisia annua* no transporte de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) / Kathianne Chaves de Oliveira. – Aquidauana, MS: UEMS, 2025.
70 p.

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2023.

Orientadora: Profa. Dra. Cristiane Meldau Campos Amaral

1. Estresse no transporte. 2. Fitogênicos. 3. *Piaractus mesopotamicus*. 4. Psicultura. I. Amaral, Cristiane Meldau. II. Título.

CDD 23. ed. – 639.3

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS)

Bibliotecária Susy dos Santos Pereira CRB1º1783



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Área de Concentração: Produção Animal



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL UNIDADE
UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ZOOTECNIA**

KATHIANNE KELLY CHAVES DE OLIVEIRA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, como requisito para obtenção do grau de Mestra em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 13/03/2025.



Documento assinado digitalmente
CRISTIANE FATIMA MELDAU DE CAMPOS AMAR
Data: 03/07/2025 14:12:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Cristiane Fátima Meldau De Campos Amaral (Orientadora)

Dra. Fúlvia Cristina Oliveira, UENF
(participação via videoconferência)

Dra. Michelly Pereira Soares, UFSCAR
(participação via videoconferência)

AGRADECIMENTOS

A Deus pela resiliência conquistada diante das adversidades, não me permitindo jamais desistir.

À minha mãe por me orientar em busca das minhas conquistas, por me ensinar que todos os dias possamos ser melhores do que fomos ontem. Sou imensamente orgulhosa de tê-la como mãe e se dez vidas eu tivesse em todas elas te amaria! Gratidão mãe!

À minha irmã, Kennya Chaves de Oliveira pelo apoio, amor e parceria de uma vida inteira.

À minha colega de serviço Janine Ferra de Almeida pelo apoio e confiança a mim despositados.

À minha orientadora, professora Dra. Cristiane Meldau de Campos Amaral, pelos ensinamentos, companheirismo e amizade construída. Ao meu coorientador, professor Dr. Carlos Eurico Fernandes pela paciência em me transmitir seus conhecimentos!

Aos meus colegas: Rubia Mara Gomes Acunha, Rômulo Guilherme dos Santos Almeida, Nandara Soares e Nayara Pompiani, pelo apoio, amizade e estímulo repassado.

À minha amiga Ana Paula Godoi, pelo auxílio e incentivo, que me permitiram superar os desafios mais incessantes. Expresso minha profunda gratidão.

À Stéfanni Alves Vasques Loureiro, do Laboratório de Histologia Animal da UFMS, pela disponibilidade, orientação e dedicação. Ao Químico Msc. Gustavo Ruivo Salmazzo, pela sua dedicação e comprometimento.

À Professora Dr^a Claudia Andreia Lima Cardoso, da UEMS-Dourados, pelo apoio e colaboração.

À Terpenia Bioinsumos, pela parceria e fornecimento do extrato alcoólico de *Artemisia annua*, essencial para a realização desta pesquisa. À Dr^a Michelly Soares, pela sua dedicação, empenho e colaboração fundamental para a minha evolução acadêmica.

Gratidão.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	10
1. Introdução.....	10
2. Revisão de literatura	12
2.1 Produção de pescado	12
2.2 O pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>): biologia e importância econômica	13
2.3 Estresse no transporte de peixes vivos e o uso de fitoterápicos	14
2.4 Qualidade da água no transporte de peixes.....	17
3. Objetivos.....	21
3.1 Objetivos gerais	21
3.2 Objetivos específicos.....	21
CAPÍTULO 2 – Efeito do extrato alcoólico de <i>Artemisia annua</i> sobre os parâmetros hematológicos, qualidade de água e resíduos teciduais quando adicionado à água de transporte em juvenis de pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	28
1. Introdução	31
2. Material e Métodos	33
2.1 Procedimentos experimentais	33
2.2 Teste de sensibilidade do pacu ao EAAA.....	34
2.3 Preparo das diluições do extrato alcoólico de <i>artemisia annua</i>	34
2.4 Monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água durante teste de sensibilidade	35
2.5 Análise estatística da qualidade de água do teste de sensibilidade	35
2.6 Experimento de transporte do pacu com EAAA.....	35
2.7 Monitoramento da qualidade da água	36
2.8 Análises hematológicas	36
2.9 Análises bioquímicas	37
2.10 Coleta e Quantificação de Artemisinina	37
2.11 Análise Estatística do Experimento de Transporte.....	37
3 Resultados.....	38
4. Discussão.....	43
5. Conclusão.....	47
Referências	49
CAPÍTULO 3 - COMO MINIMIZAR O IMPACTO DO TRANSPORTE DE PEIXES DE FORMA NATURAL?.....	53
Introdução	56
<i>O impacto do transporte de peixes vivos.....</i>	<i>58</i>
<i>Como faço para transportar legalmente peixes vivos?</i>	<i>60</i>

<i>Parâmetros Essenciais no Transporte</i>	61
<i>O que é feito para minimizar o estresse dos peixes no transporte?</i>	63
<i>Quais são os aditivos que têm sido indicados para se usar na água do transporte?</i>	64
<i>A Artemisia annua como alternativa sustentável</i>	65
Referências	67
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplar de pacu (<i>Piaratus mesopotamicus</i>).....	14
Figura 2. Movimentação de peixes (em unidades) por ano, entre 2022 e 2024, no estado de Mato Grosso do Sul.....	56
Figura 3. Finalidade da movimentação de peixes (em unidade) no estado de Mato Grosso do Sul	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Tempo de jejum (em horas) sob diferentes temperaturas	60
Quadro 2. Resumo dos Documentos Obrigatórios para o Transporte de Peixes vivos.....	60
Quadro 3. Densidade de Estocagem	61
Quadro 4. Densidade de transporte de peixes por tamanho e tempo de viagem	62
Quadro 5. Uso de óleos essenciais e extratos de plantas no transporte de peixes de cultivo	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Densidade de transporte de peixes	62
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média $\pm$ desvio padrão de parâmetros de qualidade de água durante o teste de sensibilidade com extrato de <i>Artemisia annua</i> para <i>Piaractus mesopotamicus</i>	39
Tabela 2. Média $\pm$ desvio padrão de parâmetros de qualidade de água antes e após o transporte de juvenis de <i>Piaractus mesopotamicus</i> com extrato de <i>Artemisia annua</i>	41
Tabela 3. Média $\pm$ desvio padrão parâmetros hematológicos e bioquímicos de juvenis de <i>Piaractus mesopotamicus</i> , após o transporte com extrato de <i>Artemisia annua</i>	42

RESUMO

Este estudo avaliou a sensibilidade de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em relação ao extrato alcoólico de *Artemisia annua* (EAAA) e seus efeitos como aditivo na água de transporte, buscando mitigar o estresse causado por essa prática e reduzir a mortalidade dos animais. Adicionalmente, foi quantificado o principal composto ativo do EAAA, a artemisinina no filé e fígado dos pacus transportados, garantindo a segurança alimentar. No capítulo I, a revisão de literatura explora os impactos fisiológicos do estresse, estratégias de manejo e o potencial do extrato vegetal como imunoestimulante e agente auxiliar na piscicultura. No capítulo II, o estudo conduzido em duas etapas, inicialmente, apresenta o teste de sensibilidade do EAAA em juvenis de pacu (*P. mesopotamicus*) e na etapa subsequente, o EAAA foi utilizado como aditivo na água de transporte dos pacus para avaliar seus efeitos sobre bioindicadores hematológicos e bioquímicos, parâmetros de qualidade da água e a presença de resíduos de artemisinina nos tecidos do peixe após o transporte. O delineamento experimental para a toxicidade foi inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos (0, 50, 100, 150, 200 e 250 mg L⁻¹ de EAAA), com três repetições e cinco peixes por aquário. Para o transporte, adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos (0, 50 e 250 mg L⁻¹ de EAAA), com quatro repetições cada. No capítulo III é apresentado um artigo técnico que trata dos fatores que influenciam o transporte de peixes vivos e aborda alternativas mitigadoras de estresse para peixes transportados. Os resultados dessa pesquisa podem contribuir para a adoção de práticas mais sustentáveis, reduzindo a dependência de produtos químicos na aquicultura.

Palavras-chave: estresse no transporte; fitogênicos; *Piaractus mesopotamicus*; piscicultura; produtos naturais.

ABSTRACT

This study evaluated the sensitivity of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) in relation to the aquatic extract of *Artemisia annua* (EAAA) and its effects as an additive in transport water, seeking to mitigate the stress caused by this practice and reduce animal mortality. Additionally, the main active compound of EAAA, artemisinin, was quantified in the fillet and liver of transported pacu, ensuring food safety. In chapter I, a literature review explores the physiological effects of stress, management strategies and the potential of plant extracts as an immunostimulant and auxiliary agent in fish farming. In chapter I, the literature review explores the physiological impacts of stress, management strategies and the potential of plant extracts as an immunostimulant and auxiliary agent in fish farming. In chapter II, the study conducted in two stages, initially, presents the sensitivity test of the EAAA in juvenile pacu (*P. mesopotamicus*) and in the subsequent stage, EAAA was used as an additive in the pacu transport water to evaluate its effects on hematological and biochemical bioindicators, water quality parameters and the presence of artemisinin residues in the fish tissues after transport. The experimental design for toxicity was completely randomized, consisting of six treatments (0, 50, 100, 150, 200 and 250 mg L⁻¹ of EAAA), with three replications and five fish per aquarium. For transportation, a completely randomized design was adopted with three treatments (0, 50 and 250 mg L⁻¹ of EAAA), with four replications each. Chapter III presents a technical article that deals with the factors that influence the transport of live fish and addresses stress-mitigating alternatives for transported fish. The results of this research can contribute to the adoption of more sustainable practices, reducing dependence on chemical products in aquaculture.

Keywords: fish farming; natural products; phytochemicals additives; *Piaractus mesopotamicus*; transport stress.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A aquicultura tem se destacado como uma das principais fontes de proteínas de origem animal no mundo, em especial pela criação intensiva de peixes, que tem contribuído significativamente para o aumento da oferta global de pescado. Além disso, os peixes oferecem um alimento de qualidade nutricional superior à carne vermelha, sendo uma fonte importante de proteínas de alta qualidade (Andrade et al., 2017). No Brasil, a produção de peixe atingiu 887.029 toneladas em 2023, sendo a tilápia (*Oreochromis niloticus*) a espécie mais cultivada no país (Peixe Br, 2023).

O aumento na produção de peixes também resultou em um crescimento significativo no transporte de peixes vivos, o que elevou os índices de enfermidades e mortalidade devido ao estresse causado pelo transporte, um dos principais fatores impactantes na piscicultura (Souza, 2023). Dessa forma, compreender as respostas dos peixes aos fatores limitantes da cadeia produtiva é essencial para implementar melhorias no manejo do transporte, contribuindo para a sustentabilidade da atividade (Neves et al., 2018).

Os efeitos do estresse comprometem significativamente a produtividade e a sustentabilidade da piscicultura. A utilização de antibióticos de forma irregular, com intuito de minimizar os efeitos causados pelo estresse do transporte, tornou-se um problema de saúde pública, pois pode levar ao desenvolvimento de resistência bacteriana, efeitos colaterais adversos e redução da eficácia dos tratamentos (Souza e Baiense, 2024). Como alternativa, a utilização de aditivos imunoestimulantes surge como uma estratégia preventiva promissora para reduzir a necessidade de antibióticos, além de melhorar o desempenho e minimizar o estresse durante o manejo e transporte dos peixes (Acunha et al., 2023).

O uso de anestésicos e sedativos tem sido uma abordagem comum para minimizar o estresse, mas a dependência de químicos sintéticos levanta preocupações sobre a saúde pública e o meio ambiente (Perino et al., 2017; Costa et al., 2023). Atualmente, estudos sobre anestésicos de origem vegetal na piscicultura têm ganhado destaque mundial, impulsionados pela ampla diversidade de espécies vegetais e pela comprovação de suas propriedades

anestésicas, antioxidantes e antimicrobianas (Costa et al., 2023). Além dos óleos essenciais (Becker et al., 2017; Santos, 2019), outras formas de obtenção de compostos bioativos, como extratos, substâncias isoladas e hidrolatos, também apresentam potencial para aplicação na aquicultura (Silva et al., 2023).

Entre as alternativas promissoras, destaca-se a *Artemisia annua*, uma planta amplamente utilizada na medicina tradicional e que tem despertado interesse devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, imunoestimulantes e antibacterianas (Soares et al., 2022). Em frangos já foi identificada atividade anticoccidiana (Sprenger et al., 2015) e, em bovinos e ovinos, atividade antiparasitária (Hasheminia et al., 2011). Em peixes, o extrato alcoólico de *A. annua* melhora a morfologia intestinal, fortalece a imunidade inata e reduz os níveis plasmáticos de cortisol, demonstrando um efeito benéfico na resposta ao estresse (Soares et al., 2023). Além disso, sua suplementação dietética tem mostrado benefícios no aumento da eficiência alimentar, na absorção de nutrientes e no crescimento acelerado de tilápias juvenis (*Oreochromis niloticus*), devido à sua ação antioxidante e imunomoduladora (Soares et al., 2022).

O extrato de *A. annua* também apresenta propriedades antibacterianas contra patógenos comuns na aquicultura, como *Aeromonas hydrophila*, *Streptococcus agalactiae* e *Flavobacterium columnare*, o que reforça seu potencial como alternativa ao uso de antibióticos sintéticos (Soares et al., 2020). No entanto, apesar dos benefícios demonstrados em espécies como a tilápiado-nylo, há uma escassez de pesquisas específicas relacionadas ao pacu (*Piaractus mesopotamicus*), espécie nativa brasileira com grande potencial para a piscicultura. O pacu destaca-se pelo rápido crescimento, a carne saborosa e de alta qualidade, alto rendimento de filé (até 45%), adaptação à alimentação artificial, facilidade de manejo e cultivo, resistência a doenças e expressivo valor comercial (Ribeiro et al., 2017).

A ausência de estudos específicos sobre o pacu torna essencial a avaliação da sensibilidade ao extrato, uma vez que compostos vegetais podem apresentar toxicidade variável entre diferentes espécies de peixes, dependendo da concentração e do tempo de exposição. Assim, faz-se necessário estabelecer doses seguras e eficazes, assegurando o bem-estar animal e a sustentabilidade da produção aquícola. Diante disso, o presente estudo investigou a toxicidade e

o efeito sedativo do extrato alcoólico de *Artemisia annua* (EAAA) na água para o transporte de pacus (*Piaractus mesopotamicus*), visando fornecer alternativas naturais para o bem-estar dessa espécie.

2. Revisão de literatura

2.1 Produção de pescado

A produção total de peixes em 2022 foi de 223,2 milhões de toneladas, um aumento de 4,4% em relação a 2020 (FAO, 2023). Esse crescimento na aquicultura não só reflete a evolução das práticas pesqueiras, mas também destaca a importância dessa atividade para a segurança alimentar e os meios de subsistência em diversas regiões do mundo (FAO, 2023).

É estimado que, até o ano de 2025, a aquicultura tenha um crescimento de aproximadamente 103%, fato que se deve aos significativos investimentos realizados no setor (Jesus, 2020). Em virtude dessa participação na balança comercial brasileira, o setor foi incluído pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no censo agropecuário em 2013, com isso tendo, a partir desse ano, seu desenvolvimento acompanhado anualmente (Jesus, 2020).

O Brasil tem um grande potencial para a aquicultura devido a várias características positivas como: costa marítima extensa (8.500 km), 5,5 milhões de hectares de reservatórios de água doce, 12 bacias hidrográficas com climas variados e água abundante, além de recursos naturais. As principais bacias hidrográficas são: Amazônica, Tocantins-Araguaia Paraguai, Paraná, Parnaíba, São Francisco, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul e Uruguai (Silva, 2022).

Além disso o país possui uma grande variedade de espécies nativas, sendo as mais relevantes: tilápia (*Oreochromis* spp.), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e seus híbridos (tambacu e tambatinga), pacu (*Piaractus mesopotamicu*) e a carpa-comum (*Cyprinus carpio*) (Moro et al., 2013).

Entre essas espécies, o gênero *Piaractus* apresenta alta aceitabilidade no mercado e está entre as espécies nativas mais comercializadas e consumidas no Brasil. Grande parte do consumo de peixes redondos pertencentes a esse gênero se concentra na região Centro-Oeste, destacando-se o Mato Grosso do Sul, onde a pesca dessas espécies sempre foi abundante. Ademais, com a

popularização do consumo desse peixe em outras regiões, o seu cultivo vem sendo estimulado em pisciculturas de todo o país (Silva, 2022).

A cadeia produtiva da piscicultura apresenta uma estrutura bem delineada, iniciando com investimentos em equipamentos essenciais, como tanques (tanque-rede, tanques escavados e tanques suspensos), filtros, aeradores, lonas, telas e meios de transporte, que são utilizados ao longo dos ciclos de produção (Barroso et al., 2024). Além disso, insumos recorrentes, como ração, matrizes e alevinos, são cruciais para a continuidade da produção. A ração, por exemplo, pode representar até 70% do custo total devido à sua relevância no crescimento dos peixes e na minimização de resíduos nos efluentes, sendo um dos insumos mais importantes. Da mesma forma, a escolha de matrizes e alevinos de alta qualidade é essencial para a viabilidade comercial das espécies adultas (Riedo et al., 2023).

2.2 O pacu (*Piaractus mesopotamicus*): biologia e importância econômica

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma espécie de peixe nativa da América do Sul, encontrada em rios e lagos da bacia do Paraná-Paraguai. É uma das espécies nativas mais cultivada no Brasil, conhecida cientificamente como *Piaractus mesopotamicus* e pertence à ordem Characiformes, família Serrasalminidae, subfamília Myleinae. É conhecido por nomes como caranha, pacu caranha, pacu-guaçu e pacu do Pantanal (Figura 1). A espécie está presente de forma significativa no Pantanal do Mato Grosso do Sul, sendo originário da Bacia do Prata, incluindo as sub-bacias dos rios Paraguai, Paraná e Uruguai (Fernandes, 2018).

Considerado um peixe onívoro, com forte tendência a herbívoro, podendo usufruir de uma gama diversificada de alimentos, como flores, caules, folhas, sementes, crustáceos e casualmente pequenos peixes, insetos e moluscos, o pacu se destaca pelo seu corpo robusto e arredondado, com coloração variando entre o cinza prateado e o dourado. Seu intestino é mais longo, o que permite a permanência do alimento por mais tempo em contato com as enzimas digestivas, maximizando a digestão para suprir o baixo valor nutritivo dos alimentos ingeridos (Oliveira et al., 2021).

A espécie pacu (*Piaractus mesopotamicus*) tem apresentado boa aceitação em dietas com baixo teor proteico em sistemas de produção,

mostrando-se tolerante a altos níveis de inclusão de carboidratos nas dietas (Fernandes, 2018). Tem grande aceitação no mercado consumidor, adquirindo grande importância econômica, principalmente em regiões onde a pesca comercial é limitada. Por ser uma espécie de crescimento rápido e altamente adaptável, o pacu é ideal para sistemas intensivos de cultivo (Fernandes, 2018).

O Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA) considera o pacu como uma das principais espécies capturadas no Brasil. Tem grande importância econômica para a pesca comercial, gerando empregos e renda para comunidades ribeirinhas e piscicultores. Além disso, na aquicultura é cultivado em pisciculturas intensivas a fim de abastecer o mercado nacional e internacional, sendo exportado principalmente para os Estados Unidos.

Apesar da espécie ter características econômicas promissoras, o que vem demonstrando sua ascensão econômica, ainda existem alguns desafios e oportunidades que devem ser avaliados, como a conservação da espécie, de suma importância para garantir a sustentabilidade da pesca e a expansão do mercado nacional e internacional, o desenvolvimento de tecnologias para melhorar a eficiência da aquicultura e reduzir custos, além da sanidade das pisciculturas por meio do monitoramento e controle doenças (MAPA, 2022).



Figura 1. Exemplar de pacu (*Piaratus mesopotamicus*).
Fonte: Arquivo pessoal (2024).

2.3 Estresse no transporte de peixes vivos e o uso de fitoterápicos

O transporte de peixes vivos representa um desafio significativo para a

aquicultura, uma vez que envolve não apenas a movimentação dos indivíduos, mas também a garantia de sua saúde e bem-estar durante o processo. Com a crescente demanda da produção de peixes, a eficiência e efetividade na movimentação desses organismos são essenciais para a sustentabilidade do setor (FAO, 2024). A movimentação inadequada pode resultar em estresse elevado, comprometendo a fisiologia dos animais e, em última instância, a qualidade do produto. Assim, métodos que assegurem a saúde e integridade dos peixes durante o transporte são fundamentais para minimizar as perdas econômicas e garantir um produto final de alta qualidade (Sanches, 2013).

Aspectos como qualidade da água, densidade populacional e condições ambientais que envolvem o transporte de peixe merecem muita atenção do produtor. Berka (1986) enfatiza a importância da qualidade da água no transporte, destacando que fatores como temperatura, oxigênio dissolvido e pH são críticos para a sobrevivência dos peixes. As variações nessas condições podem levar a estresse metabólico, aumentando a suscetibilidade dos peixes a doenças e elevando as taxas de mortalidade (Santos et al., 2020).

O estresse tem um impacto profundo na saúde dos peixes, resultando em alterações fisiológicas que não apenas comprometem a sobrevivência durante o transporte, mas também afetam o desempenho produtivo após a movimentação. É fundamental a busca por estratégias que mitiguem o estresse no decorrer do transporte para melhorar a saúde e o bem-estar dos peixes. Uma abordagem que tem sido comum para minimizar o estresse é o uso de anestésicos e sedativos na água do transporte. Entretanto, a utilização constante de produtos químicos sintéticos traz preocupações sobre a saúde pública e o meio ambiente, devido a possíveis resíduos na carne do peixe e no ambiente (Perino et al., 2017; Costa et al., 2023).

Nesse sentido, pesquisas que investigam produtos fitogênicos, nas mais diferentes formas, tais como extratos, óleos essenciais e mesmo compostos bioativos isolados, são importantes para a piscicultura, fornecendo uma alternativa natural aos métodos convencionais. Com relação a peixes nativos, algumas estratégias para o transporte têm sido estudadas. Boaventura et al. (2021) avaliaram os efeitos do óleo essencial de *Ocimum gratissimum* L. (alfavaca-cravo) durante o transporte do *Lophosilurus alexandri* e verificaram redução na frequência opercular dos peixes, melhora na qualidade da água e

mitigação de estresse oxidativo nos tecidos. Boaventura et al. (2025) demonstraram que a utilização do óleo essencial de *Thymus vulgaris* (tomilho) e de sua nanoemulsão, como sedativos, proporciona melhores condições de transporte e melhora a qualidade da água e a sobrevivência do tambaqui (*Colossoma macropomum*) durante o transporte. Quanto ao pacu (*Piaractus mesopotamicus*), Moreira et al. (2024) verificaram que o uso de óleo essencial de gengibre (*Zingiber officinale*) na água reduziu o consumo de oxigênio durante o transporte.

O uso do extrato de *Aloe vera* também tem sido estudado na piscicultura. Zanuzzo et al. (2017) analisaram a suplementação de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) com dietas contendo *Aloe vera* antes do transporte e da infecção bacteriana. Os resultados mostraram que o extrato melhorou a resposta imune dos peixes, reduzindo os efeitos imunossupressores do transporte e aumentando a resistência contra *Aeromonas hydrophila*.

Nesse contexto, avaliando os efeitos do extrato alcoólico de *Artemisia annua* (EAAA) em juvenis de tilápia-do-Nilo suplementados durante 15 dias, Soares et al. (2023) observaram melhorias significativas na imunidade dos peixes (aumento do número de leucócitos e da atividade da lisozima), redução do estresse (menores níveis de cortisol plasmático), aumento da capacidade antioxidante (elevação dos níveis de catalase e glutathione-S-transferase) e melhorias no crescimento (aumento da massa e do comprimento corporal). Além disso, os autores observaram um aumento da área das vilosidades intestinais e uma maior capacidade de transporte de oxigênio, o que torna o extrato uma opção benéfica para o desenvolvimento dos peixes.

Além disso, estudos com outras espécies vegetais também reforçam a importância da avaliação toxicológica dos extratos utilizados na aquicultura. O extrato hexânico de *Ricinus communis*, por exemplo, foi testado em eleuteroembriões de *Rhamdia quelen* para avaliar sua toxicidade. Embora eficaz contra *Chrysodeixis includens* (espécie-alvo), o extrato demonstrou elevada letalidade e causou deformidades morfológicas em concentrações mais elevadas. Apenas nas concentrações mais baixas (1,56% e 3,12% da CL50) os organismos não-alvo apresentaram sobrevivência satisfatória e baixa incidência de anormalidades (Vieira, 2020).

Tais resultados evidenciam que, mesmo sendo naturais, os extratos

botânicos precisam ser testados quanto à sua segurança em organismos aquáticos, reforçando a importância de estudos com foco em dose segura, como o conduzido com *Artemisia annua* no presente trabalho.

2.4 Qualidade da água no transporte de peixes

A qualidade da água durante o transporte é fundamental para garantir a saúde e o bem-estar dos peixes. Uma temperatura inadequada pode resultar em estresse térmico, o que compromete o metabolismo e a resistência imunológica dos peixes (Berka, 1986). Baixos níveis de oxigênio dissolvido podem levar à hipóxia, resultando em danos fisiológicos extensivos, conforme indicado em estudos sobre estresse em peixes (Almeida et al., 2016). Estudos substanciais indicam que a concentração de amônia na água é também crítica. Altos níveis de amônia, frequentemente resultantes de resíduos metabolizados no decorrer do transporte, podem ser tóxicos e levar à mortalidade prematura dos peixes (Sanches, 2013). Isso não apenas afeta a saúde dos peixes durante o transporte, mas também compromete a qualidade do produto final, visto que peixes estressados ou doentes têm maior probabilidade de apresentar dificuldades no pós-transporte, como a redução da conversão alimentar e menor ganho de peso (Brandão, 2020).

Outra preocupação importante enfatizada por Berka (1986) é a densidade populacional dos peixes durante o transporte. A superlotação pode resultar em comportamentos agressivos e lesões físicas, além de aumentar a produção de estresse e amônia na água. Estudos têm mostrado que uma densidade populacional elevada resulta em níveis alarmantes de estresse, comprometendo a saúde e a viabilidade dos peixes transportados (Perino et al., 2017). Combater esses problemas requer planejamento rigoroso, incluindo estratégias adequadas de manuseio e transporte que considerem tanto as características biológicas dos peixes quanto as condições ambientais.

Manuseios prolongados durante o transporte podem resultar em estresse excessivo, comprometendo o bem-estar dos peixes. Por isso, o tempo limitado de exposição é essencial para reduzir o estresse e a mortalidade, logo, a otimização do tempo de manuseio é imperativa para aumentar a eficiência do transporte e assegurar a sobrevivência dos peixes (Berka, 1986).

Em face desses desafios, várias estratégias estão sendo desenvolvidas

a fim de melhorar a qualidade da água durante o transporte de peixes. A filtragem da água, o uso de oxigenadores e a adição de agentes condicionadores que estabilizam o pH e reduzem a toxicidade da amônia são algumas das práticas recomendadas. Berka (1986) enfatiza a importância da preparação adequada antes do transporte, incluindo a aclimação dos peixes e a escolha de equipamentos adequados para evitar estresse adicional durante a movimentação.

A compreensão dos desafios associados ao transporte de peixes vivos, como a manutenção da qualidade da água, a densidade populacional e o tempo de manuseio, é crucial para a eficiência na aquicultura. A pesquisa contínua nesse campo pode levar ao desenvolvimento de melhores práticas e tecnologias, visando não apenas melhoria das taxas de sobrevivência durante o transporte, mas também a garantia de um produto final de alta qualidade e com segurança para o consumidor (Boaventura et al., 2025).

A integração dessas abordagens pode auxiliar na redução das taxas de mortalidade, promovendo a sustentabilidade na aquicultura. Futuros estudos devem continuar explorando o potencial de sedativos naturais e outros compostos bioativos, aprimorando ainda mais as práticas no manejo de peixes vivos.

2.5 *Artemisia annua*

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que cerca de 80% da população mundial recorre a medicamentos fitoterápicos para cuidados primários de saúde (Septembre-Malaterre et al., 2020). A crescente demanda por alternativas naturais tem impulsionado o estudo de plantas medicinais no tratamento de doenças humanas e animais, incluindo na aquicultura (Soares, 2021).

Entre essas plantas medicinais, a *Artemisia annua* se destaca por seu potencial terapêutico. Pertencente à família *Asteraceae*, essa planta é originária das regiões temperadas da Ásia, mas atualmente é cultivada em diversos continentes, incluindo a Europa, América, África e Austrália (Ferreira, 2016). Sua relevância se deve principalmente à presença da artemisinina, um composto com potente ação antiparasitária, amplamente utilizado no tratamento da malária (Das, 2012). A *Artemisia annua* apresenta diversas propriedades medicinais,

sendo amplamente utilizada devido às suas ações antiparasitária, antibacteriana, antifúngica, anti-inflamatória, antioxidante e imunomoduladora (Soares et al., 2023).

O gênero *Artemisia* inclui gramíneas, arbustos e pequenos arbustos perenes, bienais ou anuais. A *Artemisia annua*, por ser uma erva herbácea anual, recebe o nome específico *annua*. Suas folhas são alternadas, divididas e aromáticas, e seus tricomas glandulares são os principais locais de acumulação da artemisinina (Oliveira, 2016) (Figura 2).

A composição química da *A. annua* é rica em metabólitos secundários, incluindo monoterpenos, sesquiterpenos e compostos fenólicos. Os principais componentes identificados no óleo essencial da planta incluem cetonas, germacreno D e 1,8-cineol (Ferreira, 2016). Além da artemisinina, outros fitoquímicos como flavonoides, cumarinas e ácidos fenólicos têm sido amplamente estudados por suas propriedades biológicas (Septembre-Malaterre et al., 2020). Contudo, diversos fatores influenciam essa variação de componentes, como o momento da colheita durante a estação, a temperatura, a disponibilidade de nutrientes e a parte da planta de onde as folhas são colhidas.

A quantidade de artemisinina presente na *Artemisia annua* pode variar significativamente. Em amostras selvagens, as concentrações encontradas nas folhas secas variam de 0,02% a 1,07%. Híbridos cultivados apresentam teor de até 1,38% e em experimentos controlados, foram alcançadas concentrações de até 2% (Cervezan, 2017). O processamento e as condições de secagem e armazenamento também afetam o teor de artemisinina. A alta umidade nas folhas pode promover o crescimento de mofo, fermento e bactérias, comprometendo a qualidade da planta. Durante o armazenamento, tanto a umidade relativa do ar quanto a temperatura são cruciais para manter a estabilidade da artemisinina (Cervezan, 2017). Por exemplo, com uma umidade relativa de 85%, mesmo a 20°C, a artemisinina começa a degradar após seis meses. Além disso, temperaturas acima de 40°C, independentemente da umidade, causam uma perda significativa da substância (OMS, 2019).

Os potenciais efeitos benéficos da *Artemisia annua* relacionados a sua utilização são: ação anti-inflamatória, antipirética, antifúngica, antiparasitária, antiulcerogênica, atividade citotóxica, anti-hepatotóxica, antibacteriana, anti-hipertensiva, antioxidante, antimalárica. A *Artesimia annua* tem ainda atividade

imunossupressora, podendo ser utilizada para o tratamento de doenças autoimunes, como lúpus. Além disso, o derivado de artemisina melhora a artrite induzida por colágeno pela supressão de respostas inflamatórias (Das, 2012).

Estudos também sugerem efeitos neuroprotetores e sedativos, com pesquisas indicando que seu extrato pode atuar como depressor do sistema nervoso central (Perazzo et al., 2008). Além disso, um estudo conduzido por Khatoon et al. (2015) demonstrou que nanopartículas de prata sintetizadas a partir do extrato de *A. annua* apresentaram potente atividade antibacteriana, rompendo a membrana celular de bactérias gram-positivas e gram-negativas.

Na piscicultura, a *Artemisia annua* tem mostrado grande potencial devido às suas propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias e imunomoduladoras. O extrato alcoólico de *A. annua* (EAAA) pode ser aplicado na aquicultura de duas formas principais: adição à ração, promovendo suplementação alimentar contínua, ou incorporação na água de cultivo, permitindo a absorção direta pelos peixes (Soares, 2021).

Tilápias suplementadas com EAAA apresentaram melhora de diversos parâmetros fisiológicos e produtivos. Entre os benefícios observados estão o aumento de 17 a 24% na massa corporal e maior eficiência alimentar, além da redução dos níveis de cortisol em até 27%, o que indica menor resposta ao estresse oxidativo (Soares et al., 2023). A administração do extrato também resultou em um aumento de 41% na contagem de leucócitos e de 24% na concentração de lisozima sérica, fortalecendo o sistema imunológico dos peixes. Além disso, houve melhora na função hepática, com elevação da atividade de enzimas antioxidantes como catalase, glutathione-S-transferase e superóxido dismutase, bem como a ampliação da área das vilosidades intestinais, favorecendo a digestão e absorção alimentar (Soares et al., 2023).

Pesquisas indicam que o extrato de *A. annua* possui efeito antiparasitário significativo. Em um estudo com o peixe-gato africano (*Heterobranchus longifilis*), a administração do EAAA demonstrou eficácia na eliminação de parasitas monogeneanos (Ekanem & Brisibe, 2010). Estudos recentes também revelam que componentes bioativos do extrato alcoólico de *A. annua* são eficazes contra bactérias patogênicas de peixes, como *Aeromonas hydrophila*, *Streptococcus agalactiae* e *Flavobacterium columnare* (Soares, 2021).

A *Artemisia annua* se destaca como uma alternativa promissora para a piscicultura, proporcionando benefícios como o fortalecimento do sistema imunológico, melhora no crescimento e proteção contra patógenos. Entretanto, mais estudos são necessários para a definição de dosagens e protocolos padronizados de administração na aquicultura (Soares et al., 2023), além de testes em espécies de peixes nativos.

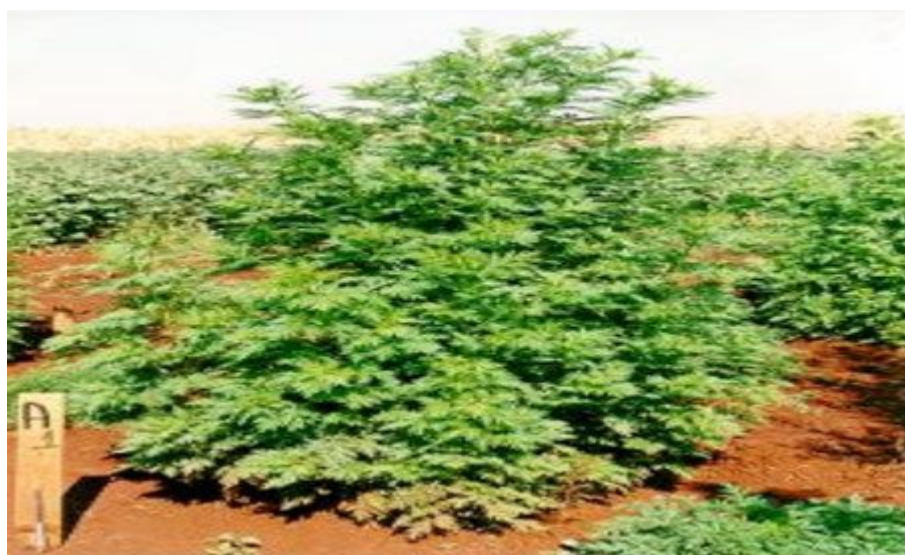


Figura 2: *Artemisia annua*.
Fonte: Condori (2005).

3. Objetivos

3.1 Objetivos gerais

O presente trabalho propõe avaliar os efeitos do extrato alcoólico de *Artemisia annua* (EAAA) como aditivo na água de transporte de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), buscando mitigar o estresse causado por essa prática, reduzir a mortalidade dos animais e investigar compostos residuais nos tecidos do peixe.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar a sensibilidade de juvenis de pacu ao EAAA;
- Avaliar os efeitos do EAAA na água de transporte de pacu sobre os indicadores hematológicos, bioquímicos, teciduais e de qualidade da água;
- Quantificar o principal composto ativo do EAAA, a artemisinina, no filé e fígado dos pacus transportados.

Referências

- ACUNHA, R. M. G.; SANCHES, D. S.; ALMEIDA, R. G. S.; OLIVEIRA, F. C.; SOARES, M. P.; DAVALO, M. R. S.; SILVA, M. E. V. M.; OLIVEIRA, K. K. C.; CAMPOS, C. M. O uso de imunomoduladores na alimentação de peixes: uma revisão. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 12, ed. 4, e11312440964, p. 1-14, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i4.40964. Acesso em: 13 fev. 2025.
- ALMEIDA, E. M.; MACHADO, A. S.; RIOS, A. D. F. Efeito do transporte em peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 13, n. 4, p. 4764-4772, jul./ago. 2016. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-386.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2025.
- ANDRADE, T. J. V.; SOUSA, F. A.; MORAIS, C. R. Avaliação do Florfenicol como tratamento preventivo de doenças bacterianas no cultivo de tilápia em sistema superintensivo. **Revista Gestão Tecnologia e Ciências**, [s. l.], v. 6, n. 13, p. 13-25, 2017. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/940>. Acesso em:
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA – PEIXE BR. **Anuário PeixeBR da Piscicultura 2022**. São Paulo: Peixe BR, 2022. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>. Acesso em: 10 fev. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA – PEIXE BR. **Anuário PeixeBR da Piscicultura 2023**. São Paulo: Peixe BR, 2023. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>. Acesso em: 10 fev. 2025.
- BECKER, A. G.; LUZ, R. K.; MATTIOLI, C. C.; NAKAYAMA, C. L.; SOUZA E SILVA, W.; PAES LEME, F. O.; MENDONÇA MENDES, H. C. P.; HEINZMANN, B. M.; BALDISSEROTTO, B. Can the essential oil of *Aloysia triphylla* have anesthetic effect and improve the physiological parameters of the carnivorous freshwater catfish *Lophiosilurus alexandri* after transport? **Aquaculture**, [s. l.], v. 481, p. 184-190, 2017. DOI:10.1016/j.aquaculture.2017.09.007. Acesso em: 13 fev. 2025.
- BARROSO, L. G.; REIS, P. A. R.; OLIVEIRA, D. A. S.; BERNET, R. R.; HOYOS, D. C. M. A piscicultura como fonte de proteína para atender as demandas nacionais e globais: uma revisão narrativa. In: OELKE, C. A. (org.) **Zootecnia. Tópicos atuais em pesquisa**. Guarujá: Editora Científica. v. 6, 2024. p. 27-45. DOI: 10.37885/24071.
- BERKA, R. **The transport of live fish. A review**. Roma: EIFAC, v. 48, 1986. Disponível em: <https://www.fao.org/4/af000e/af000e00.htm>. Acesso em: 13 fev. 2025.
- BOAVENTURA, T. P.; SOUZA, C. F.; FERREIRA, A. L.; FAVERO, G. C.; BALDISSERA, M. O.; HEINZMANN, B. M.; BALDISSEROTTO, B.; LUZ, R. K. The use of *Ocimum gratissimum* L. essential oil during the transport of *Lophiosilurus alexandri*: water quality, hematology, blood biochemistry and

oxidative stress. **Aquaculture**, [s. l.], v. 531, p. 735964, 2021. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735964.

BOAVENTURA, T. P.; SANTOS, F. A. C dos.; OLIVEIRA, P E. C. M. de.; BRAGA, N. G.; ASSIS, Y. P. A. S.; OLIVEIRA, J. E. de.; LUZ, R. K.; FAVERO, G. C. Use of the essential oil of *Thymus vulgaris* (thyme) and its nanoemulsion as sedatives during tambaqui (*Colossoma macropomum*) transport: water quality, survival and physiology. **Aquaculture International**, [s. l.], v. 33, n. 150, p. 1-14, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-025-01834-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-025-01834-y>. Acesso em: 12 fev. 2025.

BRANDÃO, F. R. **Anestesia e transporte de *Colossoma macropomum* com óleos essenciais de *Aloysia triphylla*, *Lippia sidoides* e *Mentha piperita***. 2020. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7771>. Acesso em: 10 fev. 2025.

CERVEZAN, T. C. M. **Perfil fitoquímico de *Artemisia annua* L. em diferentes tipos de manejo pós-colheita**. 2017. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/ca81592d-7be9-4aad-b97b-e9d3f4a63f32>. Acesso em: 10 fev. 2025.

CONDORI, S. Q. **Determinação de parâmetros de processos nas diferentes etapas da extração supercrítica de produtos naturais: *Artemisia annua*, *Cordia verbenacea*, *Ocimum selloi* e *Foeniculum vulgare***. 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2005. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/dissertacoes-teses/212621/determinacao-de-parametros-de-processos-nas-diferentes-etap>. Acesso em: 10 fev. 2025.

COSTA, J. S.; SILVA, L. V. F. da.; VAZ, L. J.; FUGIMURA, M. M. S.; VALENTE, A. S. O.; A. S. V.; MOURÃO, R. H. V.; DOS SANTOS, L. D. Potencial anestésico do óleo essencial de capim santo (*Cymbopogon citratus*) (Poaceae) em alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil, 2023, [s. l.]. **Anais [...]** [s. l.], 2023. Disponível em: <https://resumos.sbpmed.org.br/index.php/spmb/article/view/147>. Acesso em: 10 fev. 2025.

DAS, S. *Artemisia annua* (QINGHAO): pharmacological review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, [s. l.], v. 3, n. 12, p. 4573-4577, 2012. Disponível em: <https://ijpsr.com/bft-article/artemisia-annua-qinghao-a-pharmacological-review/>. Acesso em: 10 fev. 2025.

EKANEM, A.; BRISIBE, E. A. Effects of ethanol extract of *Artemisia annua* against monogenean parasites of *Heterobranhus longifilis*. **Parasitology Research**, [s. l.], v. 106, n. 5, p. 1135-1139, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00436-010-1787-0>. Acesso em: 10 fev. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture 2022: Towards blue transformation.** s. l.: FAO, 2023. Disponível em: <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture>. Acesso em: 10 fev. 2025.

FERNANDES, É. M. **Aspectos produtivos do pacu *Piaractus mesopotamicus* e do seu híbrido tambacu cultivados em sistema de viveiros escavados.** 2018. Dissertação (Mestrado) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/3f5574be-5c80-4e57-a4a7-558203e7a492>. Acesso em: 12 fev. 2025.

FERREIRA, M. L. C. **Investigação de alterações nos polissacarídeos de *Artemisia annua* cultivadas sob estresse salino e estudo de atividades biológicas popularmente atribuídas a infusões de espécies de *Artemisia*.** 2016. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2016. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufi/Record/UFPR_57860855fae686c44b4fa354369cc586. Acesso em: 12 fev. 2025.

HASHEMINIA, S. M.; SENDI, J. J.; JAHROMI, K. T.; MOHARRAMIPOUR, S. The effects of *Artemisia annua* and *Achillea millefolium* crude leaf extracts on the toxicity, development, feeding efficiency and chemical activities of small cabbage *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [s. l.], v. 99, n. 3, p. 244-249, 2011. DOI: 10.1016/j.pestbp.2010.12.009. Acesso em: 12 fev. 2025.

JESUS, G. F. **Riscos químicos associados à piscicultura.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Segurança do Trabalho) – Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/3815>. Acesso em: 10 fev. 2025.

KHATOON, N.; AHMAD, R.; SARDAR, M. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Artemisia annua* leaf extract: antimicrobial activity. **Biochemical Engineering Journal**, [s. l.], v. 158, p. 408-415, 2015. DOI: <https://doi.org/10.101>.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo.** Brasília: MAPA, 2022.

MOREIRA, A. P.; OLIVEIRA, F. C.; FERREIRA, A. L.; SILVA, C. M.; SANTOS, Fernanda G.; ALMEIDA, R. P. Efficacy of essential oil from ginger (*Zingiber officinale*) for anesthesia and transport sedation of pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Fish Physiology and Biochemistry**, [s. l.], v. 50, n. 3, p. 865-880, 2024. DOI: 10.1007/s10695-024-01346-1.

MORO, G. V.; REZENDE, A. L. A.; HASIMOTO, D. T.; VARELA, E. S.;

TORATI, L. S. Espécies de peixe para piscicultura. In: RODRIGUES, M. M.; SILVA, R. A.; OLIVEIRA, J. C. (org.). **Piscicultura de água doce - Multiplicando conhecimentos**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 1-20.

NASCIMENTO, A. J. S.; DENADAI, M. S. Piscicultura no Brasil. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 15-24, abr. 2024. Disponível em: <http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/viewFile/892/525>. Acesso em: 10 fev. 2025.

NEVES, M. S.; COUTO, M. V. S.; SOUSA, N. C.; SANTOS, R. F. B.; DIAS, H. M.; ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; CUNHA, F. S.; TAVARES DIAS, M.; FUJIMOTO, R. Y. Resposta hematológica do cascudo ornamental amazônico *Peckoltia oligospila* ao estresse de transporte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s. l.], v. 70, n. 1, p. 13-19, 2018. DOI: 10.1590/1678-4162-9471. Acesso em: 12 fev. 2025.

OLIVEIRA, J. P. B. **Possível efeito potenciador da *Artemisia annua* na atividade antimicrobiana da preparação *Desinficiens coptidis***. 2016. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, Portugal, 2016. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/87769?locale=pt>. Acesso em: 12 fev. 2025.

OLIVEIRA, J. M.; SANTOS, F. A.; GOMES, C. F. Efeitos de estratégias de restrição alimentar sobre o desempenho e custos na produção de peixes tropicais. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 52, n. 1, p. 78-89, 2021.

PERINO, V. S.; KASHIWAQUI, L. A.; MARCUSSO, P. F. Uso de fitoterápicos na piscicultura. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, Umuarama, v. 4, supl. 2, p. 160-162, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevCiVet/article/view/39832/pdf>. Acesso em: 12 fev. 2025.

PERAZZO, F. F.; COSTA, L. R.; SOUZA, M. T. Efeito sedativo de *Artemisia annua*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, p. 686-689, 2008.

RIBEIRO, F. M.; OLIVEIRA, C. J.; SANTOS, M. P. Alimentação e nutrição de pacu (*Piaractus mesopotamicus*): revisão de literatura. **Nutritime Revista Eletrônica**, Viçosa, v. 14, p. 4936-4943, 2017. Disponível em: <https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-408.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

RIEDO, I. G.; FRANCISCO, H. R.; FEIDEN, A. Modelo para medir relações interinstitucionais estratégicas para o desenvolvimento organizacional: aplicação na piscicultura brasileira. **P2P & Inovação**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 330-355, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21728/p2p.2023v10n1.p330-355%20>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SANCHES, F. H. C. **Resposta de estresse à substância de alarme na tilápia-do-Nilo**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2013. Disponível

em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/50ad4788-66a6-4da3-8499-1bde877fa55a/content>. Acesso em: 10 fev. 2025.

SANTOS, E. L. R. **Utilização de fitoterápicos como redutores de estresse no transporte de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2019. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/2047>. Acesso em: 10 fev. 2025.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2017.

SEPTEMBRE-MALATERRE, A.; LEMOINE, C.; DURAND, J.; MARTIN, S. *Artemisia annua*, a traditional plant brought to light. **International Journal of Molecular Sciences**, [s. l.], v. 21, n. 14, p. 4986, 2020. Disponível em: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/7BmYykw9/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SILVA, E.; PEREIRA, A. C.; OLIVEIRA, B. T.; LIMA, D. R. **Perspectivas atuais para o desenvolvimento da aquicultura brasileira**. Chapadinha: Editora Alfa Ciência, 2022.

SILVA, L. A. da.; PILARSKI, F.; CHAVES, F. C. M.; CHAGAS, E. C.; FERNANDES, C. E.; LIBANORI, M. C. M.; PEREIRA, S. A.; MARTINS, M. L.; CAMPOS, C. M. de. Óleo essencial de *Ocimum gratissimum* melhorou a saúde, imunidade inata e resistência à infecção por *Aeromonas hydrophila* em *Pseudoplatystoma reticulatum*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 42, n. 6, p. 3855-3868, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6SUPL2p3855>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SOARES, M. P.; PINHEIRO, V. R.; CARDOSO, I. L.; OLIVEIRA, A. S. S. de.; SARTORATTO, A.; ISHIKAWA, M. M.; JONSSON, C. M.; DUARTE, M. C. T.; RANTIN, F. T.; SAMPAIO, F. G. In vitro antibacterial activity of ethanol extract of *Artemisia annua* and its bioactive fractions against fish pathogens. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 00, p. 1-5, 2020. DOI: 10.1111/are.15026. Acesso em: 12 fev. 2025.

SOARES, M. P. **Potencial uso da *Artemisia annua* na aquicultura**. 2021. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/items/76f77836-5c13-44d4-80b8-c2cbae5aa9f9>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SOARES, M. P.; CARDOSO, I. L.; ARAÚJO, F. E.; DE ANGELIS, C. F.; MENDES, R.; MENDES, L. W.; FERNANDES, M. N.; JONSSON, C. M.; QUEIROZ, S. C. do N. de.; DUARTE, M. C.; RANTIN, F. T.; SAMPAIO, F. G. Influences of the alcoholic extract of *Artemisia annua* on gastrointestinal microbiota and performance of Nile tilapia. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 560, n. 738521, n. p., 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738521>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SOARES, M. P.; ALMEIDA, C. F.; SANTOS, F. L.; PEREIRA, M. T.; RODRIGUES, T. M. Short-term feed supplementation with alcoholic extract of *Artemisia annua* improves fish health. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 560, n. 738521, 2023. DOI: 10.21203/rs.3.rs-3034990/v1. Acesso em: 12 fev. 2025.

SOUZA, L. N. F. **Revisão bibliográfica**: Aclimação e estresse no transporte de peixes. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia, Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/a0b976c6-2724-4f46-9359-f388bcf87cdb>. Acesso em: 10 fev. 2025.

SOUZA SANTOS, A. S. R.; BAIENSE, W. M. Uso incorreto de antibióticos. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 10, n. 6, p. 3272-3287, jun. 2024. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v10i6.14662>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SPRENGER, K.; CAMPESTRINI, L. H.; YAMASSAKI, F. T.; BUZATTI, A.; MAURER, J. B. B.; BAGGIO, S. F. Z.; MAGALHÃES, P. M.; MOLENTO, M. B. Efeito anticoccidiano de extrato hidroalcoólico de *Artemisia annua* em camadas de aves contaminadas com *Eimeria* sp. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, [s. l.], v. 35, n. 7, p. 649-651, jul. 2015. DOI: 10.1590/S0100-736X2015000700008.

VALLADÃO, G. M. R. **Potencial de óleos essenciais de plantas para o tratamento de enfermidades em peixes**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Centro de Aquicultura, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/335e3620-7ae6-42ac-af94-eda757838381/content>. Acesso em: 10 fev. 2025.

WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH (OIE). **OIE Annual Report on antimicrobial agents intended for use in animals**. Paris: OIE, 2018. Disponível em: <https://www.woah.org/app/uploads/2021/03/a-third-annual-report-amr.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2025.

ZANUZZO, F. E.; SABIONI, R. E.; MONTROYA, L. N.; FAVERO, G.; URBINATI, E. C. Aloe vera enhances the innate immune response of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) after transport stress and combined heat killed *Aeromonas hydrophila* infection. **Fish Shellfish Immunol.**, [s. l.], v. 65, n. 28433715, p. 198-205, 2017. DOI: 10.1016/j.fsi.2017.04.013.

**Este artigo está elaborado nas normas da revista *Aquaculture international*.
excetua-se o idioma.**

**CAPÍTULO 2 – EFEITO DO EXTRATO ALCOÓLICO DE *Artemisia annua*
SOBRE OS PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS, QUALIDADE DE ÁGUA E
RESÍDUOS TECIDUAIS QUANDO ADICIONADO À ÁGUA DE TRANSPORTE
EM JUVENIS DE PACU (*Piaractus mesopotamicus*)**

Kathianne Kelli Chaves de Oliveira¹, Carlos Eurico dos Santos Fernandes², Cristiane
Meldau de Campos^{1,2}

¹ Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Mato Grosso do
Sul (UEMS), Rodovia Graziela Maciel de Barros, Km 12, Zona Rural, 79200-000,
Aquidauana, MS, Brazil.

² Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul (UFMS), Avenida Senador Muller, 2443, 79070-900, Campo Grande, MS, Brazil

*Autor para correspondência: K.K.C. Oliveira

Email:

Destaques

- Não houve mortalidade dos juvenis de pacu durante o teste de sensibilidade com o extrato alcoólico de *Artemisia annua* (EAAA).
- Não houve mortalidade dos juvenis de pacu durante e após o transporte de duas horas com o EAAA.
- A artemisinina foi encontrada abaixo do limite de quantificação no filé e fígado dos pacus transportados com EAAA.

RESUMO

Com aprovação da CEUA/UEMS, protocolo nº 011/2024, este estudo foi conduzido em duas etapas. Inicialmente, foi realizado um teste de sensibilidade do extrato alcoólico de *Artemisia annua* (EAAA) em juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) ao EAAA, como parte do protocolo experimental. Na etapa subsequente, o EAAA foi utilizado como aditivo na água de transporte dos pacus para avaliar seus efeitos nos bioindicadores hematológicos, parâmetros de qualidade da água e a presença de resíduos de artemisinina nos tecidos do peixe após o transporte. O delineamento experimental para avaliar sensibilidade foi inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos (0, 50, 100, 150, 200 e 250 mg L⁻¹ de EAAA), com três repetições e cinco peixes por aquário. Para o transporte, adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos (0, 50 e 250 mg L⁻¹ de EAAA), com quatro repetições cada. Os dados foram analisados após a verificação da normalidade e homogeneidade de variância. Para a qualidade da água do teste de sensibilidade, utilizou-se um arranjo fatorial 5 x 4, considerando cinco concentrações de EAAA e quatro tempos de amostragem (24h, 48h, 72h e 96h). Os dados de sangue dos peixes transportados foram submetidos à análise de variância, enquanto os dados de qualidade da água no transporte foram analisados em arranjo fatorial 3 x 2, considerando três concentrações de EAAA e dois tempos (antes e depois do transporte). Durante o teste de sensibilidade, os parâmetros de qualidade da água permaneceram dentro das condições controladas. No experimento de transporte, realizado por duas horas, não houve mortalidade dos peixes. Todos os tecidos analisados (filé e fígado) apresentaram concentrações de artemisinina abaixo do limite de quantificação (LOQ), indicando segurança para o consumo. Os resultados demonstram que o EAAA não compromete a qualidade da água, modula parâmetros hematológicos e não deixa resíduos detectáveis nos tecidos dos peixes.

Palavras-chave: artemisinina, compostos bioativos, compostos residuais, fitoterápicos, peixe neotropical, piscicultura.

ABSTRACT

With approval from CEUA/UEMS, protocol nº 011/2024, this study was extended in two stages. Initially, a sensitivity test of the alcoholic extract of *Artemisia annua* (EAAA) in juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*), as part of the experimental protocol. In the subsequent stage, EAAA was used as an additive in pacu transport water to evaluate its effects on hematological bioindicators, water quality parameters and the presence of artemisinin residues in fish tissues after transport. The experimental design for sensitivity was particularly randomized, consisting of six treatments (0, 50, 100, 150, 200 and 250 mg L⁻¹ of EAAA), with three replications and five fish per change. For transport, a very randomized design was developed with three treatments (0, 50 and 250 mg L⁻¹ of EAAA), with four replications each. The data were analyzed after checking normality and homogeneity of variance. For water quality, a 5 x 4 factorial arrangement was used, considering five EAAA concentrations and four sampling times (24h, 48h, 72h and 96h). Blood data were subjected to analysis of variance, while water quality data during transport were analyzed in a 3 x 2 factorial arrangement, considering three EAAA concentrations and two times (before and after transport). During the 96-hour sensitivity test, water quality parameters remained within controlled conditions, although mortality occurred in two experimental units. In the transport experiment, carried out for two hours, there was no fish mortality. All tissues analyzed (fillet and liver) showed artemisinin concentrations below the limit of quantification (LOQ), indicating safety for consumption. The results demonstrate that EAAA does not compromise water quality, modulates hematological parameters and does not leave detectable residues in fish tissues.

Keywords: artemisinin, bioactive compounds, residual compounds, herbal medicines, neotropical fish, fish farming.

1. Introdução

A aquicultura tem se consolidado como uma das principais atividades de produção de proteína animal no mundo, contribuindo significativamente para a segurança alimentar e o desenvolvimento socioeconômico (FAO, 2023). No Brasil, a piscicultura tem apresentado crescimento contínuo, sendo o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) uma das espécies nativas mais cultivadas devido ao seu rápido crescimento, resistência a variações ambientais e aceitação comercial (Peixe Br, 2023). Contudo, desafios como o manejo e o transporte de peixes vivos ainda representam entraves para a eficiência produtiva, sendo o estresse um fator determinante para o aumento da mortalidade e comprometimento fisiológico dos animais (Souza, 2023).

O transporte de peixes envolve a exposição a fatores estressores, como alta densidade populacional, hipóxia e variações nos parâmetros da água. Essas condições causam alterações metabólicas, hematológicas e imunológicas (Sanches, 2013; Brandão, 2020). O estresse crônico compromete a resposta imune dos peixes, o que torna mais suscetíveis a doenças e reduz seu desempenho produtivo, além de afetar a qualidade do produto final (Almeida et al., 2016).

O uso de compostos bioativos naturais na aquicultura é uma alternativa sustentável aos anestésicos sintéticos e antibióticos, reduzindo impactos ambientais, resistência microbiana e riscos à segurança alimentar (Perino et al., 2017; Costa et al., 2023). Nesse contexto, os compostos ativos isolados de plantas, também conhecidos como fitogênicos ou fitobióticos, têm se destacado por seu potencial em reduzir o estresse durante o transporte e melhorar a qualidade da água (Becker et al., 2017). Essas abordagens oferecem uma solução sustentável e promissora para piscicultores, contribuindo para a redução de perdas econômicas e impactos ambientais.

Estudos com extratos de plantas vêm sendo realizados. Dias (2022) avaliou o efeito da ação antiparasitária do extrato de acículas de *Pinus* sp. sobre o microcrustáceo *Artemia franciscana* e observou que os extratos aquoso e etanólico de acículas verdes, bem como o extrato etanólico de acículas secas, têm efeito tóxico sobre as artêmias, podendo representar um recurso promissor para o controle de parasitas na piscicultura. É uma possível alternativa natural contra *Lernaea* spp. e outros ectoparasitas.

Em um estudo para avaliar o efeito nematicida de extratos pirolenhosos de *Cinnamomum zeylanicum* (canela) e *Mimosa caesalpinifolia* (sansão do campo) sobre o acantocéfalo *Neoechinorhynchus buttnerae*, um parasita do tambaqui, Lopes et al. (2020)

verificaram que ambos os extratos mostraram ação nematicida contra o parasita, sendo que a concentração de 1440 mg/L de extrato de *C. zeylanicum* foi eficaz em matar 100% dos parasitas em 120 minutos e o extrato de *M. caesalpiniiifolia* mostrou maior eficácia em menores concentrações.

Entre as espécies vegetais com destaque, encontra-se a *Terminalia catappa* (amendoeira-da-praia), cujos extratos obtidos de folhas, frutos e cascas têm sido investigados quanto à sua eficácia na prevenção e controle de patógenos em organismos aquáticos. Estudos revelam que seus compostos fenólicos auxiliam na redução do estresse oxidativo provocado por manejos intensivos, como o transporte e a comercialização, aumentando a resposta imunológica dos peixes e contribuindo para o equilíbrio fisiológico dos animais (Pereira et. al, 2016). Além disso, as folhas de *T. catappa* apresentam uma diversidade de atividades farmacológicas, com destaque para os efeitos bactericida, cicatrizante, antifúngico e antiparasitário, o que reforça seu potencial como agente terapêutico natural no manejo sanitário em piscicultura (Alessi et al., 2019).

Dentre os fitogênicos, a *Artemisia annua* também é uma planta medicinal reconhecida pelas suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas. Estudos indicam que seu extrato alcoólico (EAAA), quando utilizado na dieta, pode melhorar a conversão alimentar, promover o crescimento e fortalecer o sistema imunológico de peixes (Soares, 2021). Além disso, relacionado à sua aplicação na água, o extrato foi eficaz em eliminar e matar parasitas monogenéticos em juvenis de *Heterobranchus longifilis*, mostrando-se uma alternativa viável na aquicultura (Ekanem e Brisibe, 2010).

No entanto, o uso de *A. annua* direto na água requer estudos mais detalhados sobre sua estabilidade, tempo de permanência, efeitos ecotoxicológicos e a absorção pelos organismos aquáticos. Dessa forma, este estudo propõe avaliar os efeitos do EAAA como aditivo na água de transporte de pacus, buscando mitigar o estresse causado por essa prática e reduzir a mortalidade dos animais. Além disso, este estudo visa investigar a sensibilidade de juvenis de pacu ao EAAA, sob seus efeitos nos indicadores hematológicos, bioquímicos e teciduais, bem como sobre parâmetros de qualidade da água. O principal composto ativo do EAAA, a artemisinina, será quantificado no filé e fígado dos pacus transportados, garantindo a segurança alimentar. Com isso, o trabalho busca não apenas contribuir para a melhoria da sustentabilidade na aquicultura, mas também atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU - Agenda 2030, especialmente o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao propor uma

solução inovadora e de baixo impacto ambiental para o setor.

2. Material e Métodos

2.1 Procedimentos experimentais

Este estudo foi conduzido no setor de piscicultura da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), com aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UEMS), sob o protocolo nº 011/2024. A pesquisa foi realizada em duas etapas principais. Na primeira, o extrato alcoólico de *Artemisia annua* (EAAA) foi testado em 30 juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) durante 96 horas para avaliar seus efeitos sobre a qualidade da água e a sobrevivência dos peixes, estabelecendo sua aplicabilidade na água de transporte e assegurando a segurança para os animais.

O teste de sensibilidade do EAAA foi conduzido em sistema estático, utilizando aquários de vidro com capacidade de 16 L e aeração contínua. Foram testadas seis concentrações de EAAA (0, 50, 100, 150, 200 e 250 mg L⁻¹), cada uma com três repetições e cinco peixes por unidade experimental. Os parâmetros físico-químicos da água, como temperatura, oxigênio dissolvido, pH e amônia total, foram monitorados duas vezes ao dia e a mortalidade foi registrada ao longo das 96 horas de exposição.

Na segunda etapa, o EAAA foi aplicado como aditivo na água de transporte dos pacus. Para o transporte, foram utilizados 77 juvenis de pacu, distribuídos em três tratamentos: controle (0 mg L⁻¹ de EAAA), 50 mg L⁻¹ de EAAA e 250 mg L⁻¹ de EAAA. O transporte teve duração de duas horas, com os peixes acondicionados em embalagens plásticas de 20 L, contendo oito litros de água e oxigênio puro. Após o transporte, foram coletadas amostras de sangue para análises hematológicas e bioquímicas, além da coleta de tecidos (filé e fígado) para quantificação de artemisinina por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Antes do início dos experimentos, os peixes passaram por um período de aclimação de 15 dias em tanques circulares de polietileno com capacidade de 500 L e volume útil de 400 L. Durante esse período, os animais foram mantidos sob condições controladas, com aeração constante a fim de garantir níveis adequados de oxigênio dissolvido, fotoperíodo de 12 horas claro e 12 horas escuro e temperatura controlada da água. Para assegurar a qualidade da água, foi realizada uma renovação parcial a cada 48 horas, correspondente a aproximadamente 30% do volume total dos tanques, visando a remoção de resíduos orgânicos acumulados e a manutenção dos parâmetros físico-

químicos dentro dos padrões recomendados.

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (teste de Levene). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software RStudio (versão 4.1.3, 2022). Com essa abordagem experimental, buscou-se avaliar a aplicabilidade do EAAA como aditivo na água de transporte de peixes, considerando tanto sua segurança fisiológica quanto a qualidade da água e os possíveis resíduos nos tecidos dos animais.

2.2 Teste de sensibilidade do pacu ao EAAA

Para determinar a sensibilidade do peixe ao extrato alcoólico de *Artemisia annua* (EAAA), foi conduzido um teste de toxicidade por um período de exposição de 96h, utilizando juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), com peso médio de $17,18 \pm 3,63$ g.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, com três repetições e cada aquário contendo cinco peixes. As concentrações de EAAA utilizadas foram: 0 mg L⁻¹ (controle - EAAA 0), 50 mg L⁻¹ (EAAA 50), 100 mg L⁻¹ (EAAA 100), 150 mg L⁻¹ (EAAA 150), 200 mg L⁻¹ (EAAA 200) e 250 mg L⁻¹ (EAAA 250).

O experimento foi conduzido em aquários de vidro com volume útil de 16 L, mantidos sob fotoperíodo controlado de 12 horas claro e 12 horas escuro, sistema estático e aeração artificial constante. A temperatura da água foi monitorada, variando entre 23 e 27 °C. Durante o período experimental, os peixes foram monitorados a cada hora ao longo de 96 horas, registrando-se a mortalidade percentual (%).

Com essa abordagem, buscou-se avaliar a segurança do EAAA para aplicação em sistemas de transporte de peixes, garantindo que sua utilização não comprometesse a integridade dos animais.

2.3 Preparo das diluições do extrato alcoólico de *artemisia annua*

Inicialmente, procedeu-se à pesagem precisa do extrato alcoólico de *Artemisia annua* (EAAA) a fim de quantificar a massa requerida para a preparação das concentrações utilizadas no experimento de transporte. Com base na metodologia descrita por Ekanem e Briside (2010), foi preparada uma solução-mãe padronizada com concentração de 3200 mg de EAAA por litro de água destilada, assegurando a homogeneidade e a confiabilidade das diluições subsequentes.

As soluções foram homogeneizadas por banho ultrassônico (Unique, modelo Maxiclean 1400), com a divisão em três alíquotas devido à limitação volumétrica do equipamento. Após a diluição, o extrato foi filtrado em papel filtro qualitativo para remoção de impurezas.

As diferentes concentrações foram preparadas a partir da solução-mãe, utilizando-se volumes proporcionais para alcançar as concentrações desejadas: 50 mg L⁻¹ (500 mL), 100 mg L⁻¹ (1000 mL), 150 mg L⁻¹ (1500 mL), 200 mg L⁻¹ (2000 mL) e 250 mg L⁻¹ (2500 mL).

2.4 Monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água durante teste de sensibilidade

Os parâmetros de qualidade da água foram monitorados ao longo do experimento, incluindo oxigênio dissolvido (OD, mg L⁻¹), temperatura (°C) e pH, utilizando um multiparâmetro modelo HI9894 (Hanna®). A amônia total (mg L⁻¹) foi quantificada por kits colorimétricos comerciais (Alfakit®).

Antes do início do teste de sensibilidade, os valores médios registrados foram: temperatura 28,00 ± 0,41°C, OD 2,29 ± 0,26 mg L⁻¹ e pH 6,43 ± 0,46. Após a adição do EAAA, os parâmetros foram monitorados duas vezes ao dia (manhã e tarde) durante o experimento.

2.5 Análise estatística da qualidade de água do teste de sensibilidade

Os dados de qualidade da água considerados para análise estatística foram as médias dos dois períodos diários do teste de sensibilidade. A normalidade foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, e a homogeneidade de variância pelo teste de Levene.

Para comparação dos tratamentos e tempos de amostragem, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 5x4, considerando cinco concentrações de EAAA (50, 100, 150, 200 e 250 mg L⁻¹) e quatro tempos de amostragem (24h, 48h, 72h e 96h). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) no software RStudio (4.1.3, 2022).

2.6 Experimento de transporte do pacu com EAAA

Para o transporte, foram utilizados 77 juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), previamente submetidos à biometria para mensuração do peso total, garantindo

distribuição homogênea entre os grupos experimentais.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos: controle (0 mg L^{-1} de EAAA), 50 mg L^{-1} e 250 mg L^{-1} de EAAA, com quatro repetições por tratamento.

Os peixes foram transportados em embalagens plásticas (capacidade de 20 L) contendo oito litros da água dos tanques de aclimação, com as concentrações de EAAA estabelecidas. O volume foi complementado com oxigênio puro (ocupando $2/3$ do espaço). Em cada embalagem foram alocados sete peixes, com peso médio de $17,18 \pm 3,63 \text{ g}$. O transporte teve duração de duas horas, sendo realizado em veículo utilitário. As embalagens foram acondicionadas em caixas de papelão para minimizar variações de temperatura da água.

Após o transporte, três peixes de cada embalagem foram aleatoriamente selecionados e anestesiados em solução de eugenol (50 mg L^{-1}) para amostragem sanguínea. As coletas foram realizadas com seringas contendo EDTA para análises hematológicas e bioquímicas e realizada por punção caudal, utilizando seringas e agulhas banhadas em EDTA a 3%.

Em seguida, os animais foram eutanasiados com solução anestésica de eugenol (400 mg L^{-1}) para posterior coleta de fígado e filé para análise residual de compostos do EAAA.

A solução-mãe foi preparada conforme descrito no item 2.3. Para obter as concentrações desejadas, foram utilizadas as seguintes alíquotas da solução--mãe: 125 mL para 50 mg L^{-1} e 625 mL para 250 mg L^{-1} .

2.7 Monitoramento da qualidade da água

Os parâmetros de qualidade da água foram avaliados em três momentos: antes da adição do EAAA, após a adição (antes do transporte) e imediatamente após o transporte. Foram analisados temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) e pH, com multiparâmetro HI9894 (Hanna®), além da amônia total (mg L^{-1}), quantificada por fotocolorímetro de bolso (Hanna Checker – HI715).

2.8 Análises hematológicas

Os parâmetros hematológicos foram determinados conforme os seguintes métodos: Hematócrito (Ht): Método de microhematócrito (Goldenfarb et al., 1971); Concentração de hemoglobina (Hb): método da cianometahemoglobina (Collier, 1944);

Contagem de eritrócitos (Er): realizada em câmara de Neubauer, com diluição 1:200 em solução de formol-citrato, sob microscopia óptica (400x); Índices hematimétricos: volume corpuscular médio (VCM) = $(Ht \times 10) / Er$ e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) = $(Hb \times 100) / Ht$; Contagem diferencial de leucócitos e quantificação de trombócitos e leucócitos totais: obtidas por extensões sanguíneas coradas pela técnica de May Grünwald-Giemsa-Wright (Tavares-Dias e Moraes, 2003).

2.9 Análises bioquímicas

As amostras sanguíneas foram utilizadas para a determinação dos níveis de triglicerídeos e colesterol total, empregando o equipamento Accu-trend Perfoma. Os valores foram expressos em $mg\ dL^{-1}$.

2.10 Coleta e Quantificação de Artemisinina

Após 24 horas do transporte, amostras de filé e fígado foram coletadas para análise de artemisinina. A eutanásia foi realizada por superdosagem anestésica, seguida de necropsia. As amostras foram armazenadas a $-20^{\circ}C$ e enviadas ao Laboratório de Análise Instrumental da UEMS.

A extração de artemisinina foi conduzida utilizando solução de metanol, etanol e acetona (80%), com homogeneização por banho ultrassônico. Após filtração e evaporação, os extratos foram resuspendidos em acetona:etanol (8:2 v/v). A quantificação foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) (Shimadzu, Japão) com detecção UV/visível, coluna ODS (250×4,6 mm, 5 μm) e fase móvel composta por água ultrapurificada com 0,1% de ácido fórmico:acetonitrila (3:7), a $1\ mL\ min^{-1}$. A injeção foi de 2 μL por amostra, e o tempo de retenção da artemisinina foi de 15,3 min a 220 nm. Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) foram estimados pelas relações sinal-ruído de 3:1 e 10:1, respectivamente.

2.11 Análise Estatística do Experimento de Transporte

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variância (Levene). Quando atendidos os pressupostos, as médias foram comparadas por análise de variância (one-way ANOVA) e teste de Tukey ($p < 0,05$). Para variáveis não paramétricas, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis.

Os parâmetros de qualidade da água foram analisados pelo arranjo fatorial 3x2,

considerando três concentrações de EAAA (controle, 50 mg L⁻¹ e 250 mg L⁻¹) e dois tempos de amostragem (antes e depois do transporte). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3 Resultados

3.1 *Teste de Sensibilidade do pacu ao EAAA*

A sobrevivência dos pacus foi de 100% nas concentrações EAAA 0, EAAA 100, EAAA 150 e EAA 200, ao longo de 96h do teste de sensibilidade. Houve uma mortalidade na concentração EAAA 50, em 72h e na concentração EAAA 250, em 96h. Entretanto, as sobrevivências se mantiveram acima de 95% nesses dois tratamentos. Não houve padrão dose-resposta.

Os parâmetros de qualidade de água foram monitorados ao longo de 96 horas do teste de sensibilidade e não apresentaram variações críticas capazes de comprometer a integridade dos peixes. A temperatura variou entre 27,56 °C e 29,40°C, enquanto o OD apresentou aumento ao longo do tempo de exposição ao produto. O pH oscilou entre 6,85 e 7,30 e os níveis de amônia total foram mais baixos entre 48 e 72h de experimento (Tabela 1). Os valores de OD e pH não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos. No entanto, a concentração EAAA 250 resultou na menor temperatura de água (27,56°C), estatisticamente semelhante ao valor registrado em 72 horas, mas diferente dos demais tempos.

Tabela 1. Média $\pm$ desvio padrão de parâmetros de qualidade de água durante o teste de sensibilidade com extrato de *Artemisia annua* para *Piaractus mesopotamicus*

		T (°C)	OD (mg L ⁻¹)	pH	NH3 (mg L ⁻¹)
Tempo (h)	24	28,99 $\pm$ 1,28 ab	2,32 $\pm$ 0,34b	6,85 $\pm$ 0,08b	0,47 $\pm$ 0,06b
	48	29,40 $\pm$ 0,93 b	2,34 $\pm$ 0,51b	6,86 $\pm$ 0,25b	0,37 $\pm$ 0,08a
	72	28,38 $\pm$ 1,16ab	2,69 $\pm$ 0,43b	6,96 $\pm$ 0,10b	0,39 $\pm$ 0,08ab
	96	28,10 $\pm$ 1,52 a	3,5 $\pm$ 0,491a	7,3 $\pm$ 0,061a	0,40 $\pm$ 0,08ab
Concentrações (mg dL ⁻¹)	EAAA0	27,96 $\pm$ 0,74ab	2,69 $\pm$ 0,57	7,01 $\pm$ 0,16	0,45 $\pm$ 0,02b
	EAAA50	29,26 $\pm$ 1,27bc	3,13 $\pm$ 0,58	6,86 $\pm$ 0,41	0,38 $\pm$ 0,09ab
	EAAA100	29,33 $\pm$ 1,24bc	2,49 $\pm$ 0,49	7,01 $\pm$ 0,18	0,38 $\pm$ 0,08ab
	EAAA150	29,90 $\pm$ 0,25c	2,62 $\pm$ 0,39	6,99 $\pm$ 0,17	0,30 $\pm$ 0,04a
	EAAA200	28,32 $\pm$ 1,21ab	2,51 $\pm$ 0,80	7,02 $\pm$ 0,20	0,41 $\pm$ 0,08b
	EAAA250	27,56 $\pm$ 0,55a	2,83 $\pm$ 0,59	7,07 $\pm$ 0,16	0,46 $\pm$ 0,05b
P do tempo (A)		0,00972	<0,0001	0,00005	0,00356
P das concentrações (B)		0,00008	0,11561	0,62701	0,0007
P da interação (A x B)		0,99520	0,86800	0,55117	0,84214
Coeficiente de variação (%)		4,22	22,38	4,2	19,29

Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre tempo e concentração ($p < 0,05$). T: temperatura; OD: oxigênio dissolvido; pH: potencial hidrogeniônico; NH3: amônia tóxica; EAAA0: extrato alcoólico de *Artemisia annua*.

Ao longo das 96 horas de experimento, a taxa de sobrevivência dos peixes foi elevada em todas as concentrações de EAAA testadas, com apenas dois peixes mortos, um na concentração EAAA 50, após 72 horas, e outro na concentração EAAA 250, após 96 horas. Contudo, essas mortes foram isoladas e não seguiram um padrão dose-resposta, indicando não haver evidência de que o EAAA tenha provocado letalidade nos peixes. Com base na taxa de sobrevivência dos peixes, foi observado que o EAAA não apresentou toxicidade aguda dentro das concentrações testadas.

As concentrações selecionadas para o experimento de transporte foram EAAA 50 e EAAA 250, pois representam os extremos da faixa testada e demonstraram segurança para os peixes.

3.2 Experimento de transporte

A sobrevivência dos juvenis de *Piaractus mesopotamicus* foi de 100% em todas as concentrações de EAAA a que foram submetidos no experimento de transporte.

Não foi observada interação significativa entre tempo e concentração de EAAA para temperatura, pH, OD e NH_3 (Tabela 2). A temperatura da água aumentou significativamente após o transporte ($p = 0,00024$), passando de $31,79^\circ\text{C}$ ($\pm 0,93$) para $33,52^\circ\text{C}$ ($\pm 0,53$), no entanto, não houve diferença entre as concentrações de EAAA ($p = 0,65205$). O OD não apresentou diferença entre os tempos ($p = 0,41355$) nem entre as concentrações de EAAA ($p = 0,53158$). Da mesma forma, o pH manteve-se estável após o transporte ($p = 0,96624$) e entre as concentrações de EAAA ($p = 0,61980$). A concentração de amônia total (NH_3) não sofreu alterações significativas após o transporte ($p = 0,73314$) nem entre as concentrações de EAAA ($p = 0,93213$), variando de $3,04 \text{ mg L}^{-1}$ ($\pm 0,29$) a $3,14 \text{ mg L}^{-1}$ ($\pm 0,57$).

No eritrograma (Tabela 3), não foram observadas diferenças significativas nos níveis de hemoglobina ($13,04 \text{ g dL}^{-1}$, $12,99 \text{ g dL}^{-1}$ e $13,65 \text{ g dL}^{-1}$ para as concentrações EAAA 0, EAAA 50 e EAAA 250, respectivamente), hematócrito (25,44%, 28,33% e 27,23%) e eritrócitos ($0,80 \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$ para EAAA 0 e EAAA 250, e $1,00 \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$ para EAAA 50). Os índices hematimétricos CHCM ($51,92$, $46,23$ e $46,31 \text{ g dL}^{-1}$), HCM ($143,17$, $135,40$ e $167,80 \text{ g dL}^{-1}$) e VCM ($271,43$, $291,69$ e $274,50 \text{ fL}$) também permaneceram estáveis. No leucograma, a porcentagem de linfócitos variou de 52,57% no EAAA 0 para 68,65% no EAAA 50, sem diferença estatística ($p = 0,223$). Para monócitos e leucócitos totais não foram observadas diferenças entre as concentrações ($p = 0,828$ e $p = 0,637$, respectivamente).

Para as variáveis bioquímicas, colesterol e triglicerídeos, não foram observadas diferenças entre as concentrações ($p = 0,145$ e $p = 0,199$, respectivamente).

Tabela 2. Média $\pm$ desvio padrão de parâmetros de qualidade de água antes e após o transporte de juvenis de *Piaractus mesopotamicus* com extrato de *Artemisia annua*

		T (°C)	OD (mg L ⁻¹)	pH	NH3 (mg l ⁻¹)
Tempo	Antes	31,79 $\pm$ 0,93 ^a	4,53 $\pm$ 0,43	5,13 $\pm$ 0,36	3,14 $\pm$ 0,43
	Depois	33,52 $\pm$ 0,53 ^b	4,69 $\pm$ 0,20	5,12 $\pm$ 0,12	3,06 $\pm$ 0,47
Concentrações (mg dL ⁻¹)	EAAA0	32,45 $\pm$ 0,79	4,75 $\pm$ 0,20	5,02 $\pm$ 0,02	3,13 $\pm$ 0,47
	EAAA 50	32,88 $\pm$ 1,14	4,59 $\pm$ 0,35	5,18 $\pm$ 0,30	3,04 $\pm$ 0,29
	EAAA 250	32,64 $\pm$ 1,12	4,49 $\pm$ 0,42	5,18 $\pm$ 0,29	3,14 $\pm$ 0,57
Média geral		32,66 $\pm$ 0,19	4,61 $\pm$ 0,10	5,13 $\pm$ 0,12	3,10 $\pm$ 0,07
P do tempo (A)		0,00024	0,41355	0,96624	0,73314
P das concentrações (B)		0,65205	0,53158	0,61980	0,93213
P da interação (A x B)		0,56875	0,20396	0,38805	0,88069
Coeficiente de variação (%)		2,86	9,95	7,42	19,01

Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$). T: temperatura; OD: oxigênio dissolvido; pH: potencial hidrogeniônico; NH3: amônia tóxica; EAAA0: extrato alcoólico de *Artemisia annua*

Tabela 3. Média $\pm$ desvio padrão parâmetros hematológicos e bioquímicos de juvenis de *Piaractus mesopotamicus*, após o transporte com extrato de *Artemisia annua*

Parâmetros	Concentrações (mg L ⁻¹)			Valor de p	CV (%)
	0	50	250		
Eritrograma					
Hemoglobina (g dL ⁻¹)	13,0 ± 1,70	12,99 ± 3,17	13,65 ± 3,24	0,796	19,63
Hematócrito (%)	25,44 ± 5,85	28,33 ± 3,50	27,23 ± 6,02	0,459	19,80
Eritrócitos (10 ⁶ µL ⁻¹)	0,80 ± 0,47	1,00 ± 0,21	0,80 ± 0,22	0,297	40,37
CHCM (g dL ⁻¹)	51,92 ± 16,52	46,23 ± 7,48	4631 ± 17,54	0,390	22,43
HCM (g dL ⁻¹)	143,17 ± 47,41	135,40 ± 52,70	167,80 ± 70,28	0,348	39,33
VCM (fL)	271,43 ± 101,32	291,69 ± 80,68	274,50 ± 89,66	0,833	33,42
Leucograma					
Linfócito x10 ³ µL ⁻¹	52,57 ± 14,04	68,65 ± 24,13	52,88 ± 16,50	0,223	58,03
Monócito x10 ³ µL ⁻¹	107,12 ± 21,27	61,80 ± 14,69	72,37 ± 12,37	0,828	80,43
Leucócitos totais x10 ³ µL ⁻¹	99,81 ± 45,90	64,23 ± 23,06	77,09 ± 19,07	0,637	80,38
Variáveis bioquímicas					
Colesterol (mg dL ⁻¹)	170,16 ± 15,34	184,80 ± 12,25	188,50 ± 18,60	0,145	8,60
Triglicerídeos (mg dL ⁻¹)	137,60 ± 33,70	106,50 ± 26,09	132,00 ± 30,51	0,199	0,199

3.3 Análise de resíduos de artemisinina nos tecidos após o transporte

Todos os tecidos, muscular (filé) e fígado, de peixes analisados após o transporte e 24 horas após a utilização do EAAA na água apresentaram concentrações do principal componente ativo, artemisinina, abaixo do limite de quantificação (LOQ). A recuperação variou entre 90,8% a 97,6% empregando o método proposto nas concentrações testadas. As curvas analíticas traçadas por padronização externa para artemisinina demonstraram excelente linearidade na faixa linear de 7 a 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$, com coeficiente de correlação médio de 0,997. A curva de calibração obtida pelo método dos mínimos quadrados pode ser expressa pela equação $y = 1431,311x + 49011,113$.

O limite de detecção (LD) obtido neste estudo foi de 2,0 $\mu\text{g mL}^{-1}$ e o limite de quantificação (LQ) foi 6,6 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Esses resultados demonstram que o método é sensível para detectar e quantificar artemisinina em amostras. Entretanto, as concentrações usadas no experimento não atingem o LD do método. Esses achados reforçam a segurança do uso do EAAA na piscicultura, demonstrando que seu emprego na água de transporte pode ser uma alternativa viável sem deixar resíduos e comprometer a qualidade da carne ou a segurança alimentar.

4. Discussão

4.1 Teste de sensibilidade do pacu ao EAAA

Os resultados do teste de toxicidade indicaram que o extrato alcoólico de *Artemisia annua* (EAAA) não apresentou toxicidade letal para os juvenis de *Piaractus mesopotamicus* ao longo de 96 horas de exposição. A alta taxa de sobrevivência dos peixes sugere que o EAAA pode ser utilizado com segurança na água de transporte.

A menor temperatura observada no tratamento EAAA250 pode estar associada a um possível efeito do extrato de *Artemisia annua* na modulação do metabolismo dos peixes. Alguns compostos bioativos presentes no extrato podem influenciar o consumo de oxigênio e a atividade metabólica, o que, indiretamente, pode afetar a temperatura da água. Além disso, variações na atividade dos peixes em resposta ao extrato podem impactar a taxa de troca de calor com o ambiente. Já a menor concentração de amônia (NH_3) no tratamento EAAA150 pode estar relacionada a uma melhor eficiência na excreção nitrogenada ou a uma potencial ação do extrato na microbiota da água, favorecendo a conversão de compostos nitrogenados. Outra possibilidade é que o extrato

tenha influenciado a taxa de alimentação e metabolismo proteico dos peixes, reduzindo a excreção de amônia.

Se os peixes do tratamento EAAA 150 estiverem menos estressados, isso pode levar a uma menor taxa metabólica, resultando em menor produção de calor e, consequentemente, em uma temperatura mais baixa da água. O estresse influencia diretamente a atividade metabólica dos peixes, e uma redução no estresse pode diminuir o consumo de oxigênio e a atividade locomotora, o que impacta a dissipação térmica no ambiente. Da mesma forma, a menor concentração de amônia observada no tratamento EAAA150 pode ser um reflexo de um metabolismo mais equilibrado sob menor estresse. Quando os peixes estão estressados, há um aumento na taxa metabólica e na excreção de compostos nitrogenados devido ao maior catabolismo de proteínas para suprir demandas energéticas. Se o extrato de *Artemisia annua* teve um efeito ansiolítico ou modulador do estresse, isso poderia reduzir a excreção de amônia e melhorar a homeostase dos peixes.

Resultados similares ao presente estudo quanto à aplicabilidade da *Artemisia annua* em sistemas aquícolas foram observados por Gichana et al. (2019), que avaliaram o uso da planta em sistemas de aquaponia com tilápias do Nilo. Os autores demonstraram que o cultivo de *A. annua* em alta densidade melhorou significativamente a qualidade da água, removendo compostos nitrogenados, como amônia e nitrato, além de promover maior crescimento dos peixes e produtividade vegetal. Essa abordagem reforça o potencial da espécie tanto como aditivo ambiental quanto como componente funcional em sistemas sustentáveis.

Embora o presente estudo tenha focado no uso do extrato durante o transporte, os resultados desta pesquisa convergem ao apontar os benefícios fisiológicos da *A. annua* na aquicultura, seja pela via da adição direta à água ou por meio do seu cultivo integrado.

Estudos anteriores também destacam a segurança de compostos fitogênicos em sistemas de cultivo. Silva et al. (2020), ao testarem o óleo essencial de *Ocimum basilicum* como anestésico para *Oreochromis niloticus*, relataram que o uso de óleos essenciais pode preservar a qualidade da água, reduzindo variações em temperatura, pH e oxigênio dissolvido. Esse efeito pode estar relacionado à redução da resposta ao estresse causada por estímulos externos.

Estudos sobre outros fitoterápicos reforçam a segurança do uso de compostos naturais na piscicultura. Fitoterápicos como *Melaleuca alternifolia*, *Lavandula angustifolia* e *Mentha piperita* demonstraram eficácia contra *Ichthyophthirius multifiliis*, um patógeno comum em peixes, sugerindo que extratos naturais podem substituir

tratamentos químicos, oferecendo uma abordagem sustentável para a aquicultura (Valladão, 2014).

Sestari et al. (2022) avaliaram as propriedades neurológicas, anti-inflamatórias, antifúngicas, antibacterianas e antioxidantes do extrato de *Centella asiatica* em *Danio rerio*, expondo os peixes a concentrações de 45,45 mg L⁻¹ e 100 mg L⁻¹ por 96 horas. O estudo não encontrou evidências de toxicidade letal, corroborando a segurança dos fitoterápicos para organismos aquáticos. Resposta semelhante foi observada por Malheiro (2014), o qual registrou que concentrações inferiores a 38 mg L⁻¹ (CL50-4h) do óleo essencial de *Mentha piperita* podem ser utilizadas sem comprometer a sobrevivência de *Arapaima gigas* durante tratamentos antiparasitários.

Claudiano et al. (2009) testaram a toxicidade do extrato aquoso de folhas secas de *Terminalia catappa* em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), submetendo-os a concentrações entre 40 e 120 mg L⁻¹ para o controle de parasitas. O estudo demonstrou que o extrato foi eficaz contra monogeneas e *Piscinoodinium pillulare*, sem causar toxicidade aos peixes. Esses resultados reforçam a possibilidade de utilizar compostos naturais na aquicultura sem comprometer a sobrevivência dos organismos.

Diante dos achados do presente estudo, o EAAA pode ser considerado uma alternativa viável para a aquicultura, pois não representa risco letal aos peixes e não compromete a qualidade da água. A ausência de toxicidade letal e o potencial do EAAA para modular a resposta ao estresse reforçam sua aplicação como um aditivo promissor na piscicultura.

4.2 Experimento de transporte de pacu com EAAA

Durante o transporte dos juvenis de *Piaractus mesopotamicus*, não foi observada mortalidade em nenhum dos tratamentos, sugerindo que o EAAA pode ser empregado com segurança na água de transporte.

Os parâmetros hematológicos e bioquímicos dos peixes após o transporte reforçam essa conclusão. A presença de EAAA na água de transporte não comprometeu a qualidade fisiológica dos peixes, sugerindo que a substância pode ter efeito modulador sobre os biomarcadores sanguíneos, sem induzir respostas adversas ao estresse. Pelo contrário, os peixes transportados com EAAA apresentaram tendência a menor estresse fisiológico, evidenciado pela manutenção dos níveis hematológicos e pela estabilidade dos biomarcadores bioquímicos.

Esses achados reforçam que o EAAA pode ser uma ferramenta útil para o

transporte de peixes, contribuindo para a redução do estresse e preservação da homeostase sem comprometer a segurança alimentar ou a qualidade da carne.

4.3 Resíduos de artemisinina nos tecidos

A ausência de detecção de artemisinina nos tecidos (filé e fígado) dos pacus após o transporte e 24 horas subsequentes é um achado significativo. Esses resultados indicam que o principal componente ativo do EAAA não se acumula nos tecidos dos peixes, mesmo após a exposição direta durante o transporte de duas horas.

Diante da importância de se produzir alimento com qualidade e segurança, livre de resíduos, a avaliação da presença de prováveis compostos residuais nos peixes é relevante ao se utilizar aditivos, mesmo fitogênicos, que possam alterar as características organolépticas naturais da carne de peixe.

A baixa bioacumulação da artemisinina nos pacus após transporte reforça a segurança do EAAA tanto do ponto de vista ambiental quanto alimentar, uma vez que o uso desse extrato não representa risco de contaminação nos produtos destinados ao consumo humano. Esses resultados também contrastam com fitogênicos que apresentam maior potencial de bioacumulação, oferecendo uma vantagem adicional ao EAAA como aditivo.

São poucos os estudos que avaliam a taxa de eliminação e depleção residual de produtos em peixes. Os trabalhos existentes são em grande parte realizados em espécies de peixes de água fria, como, por exemplo, a avaliação da farmacocinética de benzocaína (Stlely et al., 1998; Meinertz et al., 1996), propofol (Gomulka et al., 2015), eugenol (Guenette et al., 2007) em truta arco-íris; benzocaína, MS-222 e isoeugenol em salmão do Atlântico (Kießling et al., 2009).

É sabido que a temperatura é um fator importante na taxa de processos fisiológicos, porque, em temperaturas mais altas, a taxa metabólica basal é mais alta, correspondendo a maior demanda de oxigênio e aumento da respiração (Stehly et al., 1998; Zahl et al., 2012). Isso otimiza a rápida absorção e distribuição do produto utilizado, bem como as taxas de depuração (Zahl et al., 2012).

Estudo com espécies de peixes neotropicais realizados em pacu (*Piaractus mesopotamicus*) avaliando a farmacocinética do óleo essencial de *Lippia alba* e *Lippia sidoides* mostraram que os constituintes majoritários dos óleos essenciais, carvona e timol, foram rapidamente distribuídos e eliminados do plasma sanguíneo (Ventura et al., 2019a, b).

Em *jundiás Rhandia quelen*, Bianchini et al. (2019) avaliaram a farmacocinética do composto S-(+)-linalol, mostrando a rápida eliminação do sangue, com menor eficiência de eliminação no cérebro, porém sem afetar a recuperação dos peixes.

Em juvenis de tilápia-do-Nilo, o índice residual do composto eugenol após concentrações e administrações sucessivas foi eliminado em até 24 horas do organismo dos peixes (Delbon e Ranzani-Paiva, 2012).

Frente a essa realidade, o conhecimento sobre a deposição e o nível de depleção residual de possíveis agentes anestésicos de origem natural em peixes neotropicais é essencial, pois permitirá traçar estratégias na escolha do fármaco ideal para auxiliar no processo de abate, captura e manejo de espécies de peixes com potencial para aquicultura, sem ocasionar danos à saúde do meio ambiente e do homem.

Este estudo buscou esclarecer algumas perspectivas aos desafios enfrentados em relação ao transporte de peixes, evidenciando o uso de fitoterápicos como uma alternativa sustentável e promissora. Os resultados deste estudo demonstram que o EAAA é uma alternativa promissora e segura para a aquicultura, com aplicações específicas no transporte de peixes ou banhos na água. A ausência de efeitos tóxicos, alterações fisiológicas ou acúmulo de resíduos nos tecidos reforça seu potencial como aditivo natural e sustentável.

5. Conclusão

O extrato alcoólico de *Artemisia annua* (EAAA) na concentração de até 250 mg L⁻¹ mostrou-se seguro para juvenis de pacu, permitindo sua aplicação sem comprometer a homeostase dos peixes ou gerar resíduos detectáveis nos tecidos. As concentrações testadas de 50 mg L⁻¹ e 250 mg L⁻¹ mostraram-se igualmente eficazes na manutenção da homeostase dos pacus durante e após o transporte, sugerindo que a adoção de concentrações mais baixas pode ser suficiente para obter os benefícios desejados. Portanto, a escolha da dosagem pode ser otimizada, considerando aspectos econômicos e a eficiência do manejo. A ausência de acúmulo residual de artemisinina nos tecidos dos pacus indica que o uso do EAAA não representa risco de contaminação para o consumo humano, contribuindo assim para a segurança alimentar e ambiental na piscicultura.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Terpenia Bioinsumos, pela parceria e fornecimento do extrato alcoólico de *Artemisia annua* para a realização desta pesquisa.

Contribuição dos autores

Kathianne Kelly Chaves de Oliveira: Execução experimental, Escrita, Metodologia. Carlos Eurico dos Santos Fernandes: Concepção, Metodologia, Execução experimental, Análise de dados, Redação. Cristiane Meldau de Campos: Concepção, Metodologia, Execução experimental, Análise de dados, Redação, Administração do projeto e Supervisão.

Declarações*Comitê de ética*

Este estudo foi aprovado pelo Comissão de Ética Animal (CEUA) da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Aquidauana, MS, Brasil, sob protocolo nº 034/2022.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses neste estudo.

Fundos

Esta pesquisa não recebeu financiamento.

Referências

- ALESSI, F. E.; CARVALHO FILHO, J. W. de.; MARENGONI, N. G. (2021). Potencial fitoterápico da *Terminalia catappa* na aquicultura: uma revisão. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 21, n. 1, p. 160-165.
<https://www.scielo.br/j/rbpm/a/dDhzgKb5tCJJnPSHy9MZfvn/?lang=pt>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA – PEIXE BR (2023). Anuário PeixeBR da Piscicultura. <https://www.peixebr.com.br/anuario/>.
- BECKER, G.; LUZ, R.K.; MATTIOLI, C.C.; NAKAYAMA, C.L.; SOUZA-SILVA, W.; LEME, F.O.P.; MENDES, H.C.P.M.; HEINSMANN, B.M.; BALDISSEROTTO, B. (2017). Can the essential oil of *Aloysia triphylla* have anesthetic effect and improve the physiological parameters of the carnivorous freshwater catfish *Lophiosilurus alexandri* after transport? Aquaculture, 481, 184-190.
- BIANCHINI, A. E.; GARLET, Q. I.; RODRIGUES P.; SOUZA, C. DE F.; SILVA L. DE L.; SANTOS, A. C. DOS.; HEINZMANN, B. M.; BALDISSEROTTO, B. (2019) Pharmacokinetics of S-(+)-linalool in silver catfish (*Rhamdia quelen*) after immersion bath: An anesthetic for aquaculture. Aquaculture, 506, 302-307.
- COLLIER, H.B. (1944). The standardization of blood haemoglobin determinations. Can Med Assoc J, 50:550–552.
- DELBON, M. C.; RANZANI PAIVA, M. J. T. (2012) Eugenol em Juvenis de Tilapia do Nilo: concentrações e administrações sucessivas. Boletim Instituto Pesca, 38, 1, 43-52.
- DIAS, K. C. (2022). Efeito da ação antiparasitária de extratos de acículas de Pinus sp. sobre o modelo de Artemia franciscana. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia em Aquicultura) – Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana.
- EKANEM, E. A; BRISIBE, E. A. (2010). Effects of ethanol extract of *Artemisia annua* L. against monogenean parasites of *Heterobranchus longifilis*. Parasitology Research, [s.l.: s.n.].
- GICHANA, Z. et al. (2019). Crescimento e eficiência na remoção de nutrientes do absinto doce (*Artemisia annua*) em um sistema de aquicultura de recirculação para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Water, v. 11, n. 5, p. 923.
<https://doi.org/10.3390/w11050923>.
- GOLDENFARB, P.B.; BOWYER, F.P.; HALL, E.; BROSIUS, E. (1971). Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determinations. Am J Clin Pathol, 56, 1, 35-39.
- GOMUŁKA, P.; FORMAL, E.; BERECKA, B.; SZMAGARA, A.; ZIOMEK, E. (2015). Pharmacokinetics of propofol in rainbow trout following bath exposure. Polish Journal of Veterinary Sciences, 18, 1, 147-152.
- LOPES, N. P. et al. (2020). Efeito do extrato pirolenhoso de *Cinnamomum zeylanicum* e

Mimosa caesalpiniiifolia sobre o parasita *Neoechinorhynchus buttnerae*. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 20798-20808. 10.34117/bjdv6n4-306.

MALHEIROS, D. F. (2014). Óleo essencial de *Mentha piperita* (LAMIACEAE) no controle de monogenoideas das brânquias de *Arapaima gigas* (ARAPAIMIDAE). (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá, Macapá, Amapá, Brasil.

MEINERTZ, J. R.; STEHLY, G. R.; GINGERICH, W. H. (1996). Pharmacokinetics of benzocaine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after intraarterial dosing. Aquaculture, 148, 1, 39-48.

OLIVEIRA, F. C.; A. P. MOREIRA; A. L. FERREIRA; D. C. et al. (2024). *Ocimum gratissimum* essential oil in the transport water of *Brycon hilarii*: implications at water quality, blood parameters and residues in tissue and plasma. Brazilian Journal of Biology, 84, e280240 <https://doi.org/10.1590/1519-6984.280240>.

PERINO, V. S.; KASHIWAQUI, L. A.; MARCUSO, P. F. (2017). Uso de fitoterápicos na piscicultura. Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública, 4, 2, 67-75.

PEREIRA, L. A. et al. (2016). Uso de extratos de plantas e suas propriedades profiláticas ou terapêuticas na produção de peixes. Scientia Agraria Paranaensis, v. 15, n. 4, p. 373-380. <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n4p373-380>.

SANCHES, F. H. C. (2013) Resposta de estresse à substância de alarme na tilápia-do-Nilo. 24 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências de Botucatu, Botucatu. <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/50ad4788-66a6-4da3-8499-1bde877fa55a/content>.

SILVA, L. A. da.; MARTINS, M. A.; SANTO, F. E.; OLIVEIRA, F. C.; CHAVES, F. C. M.; CHAGAS, E. C.; MARTINS, M. L.; CAMPOS, C. M. de. (2020). Essential oils of *Ocimum gratissimum* and *Zingiber officinale* as anesthetics for the South American catfish *Pseudoplatystoma reticulatum*. Aquaculture, 528, 735595.

SOARES, M. P. (2021). Potencial uso da *Artemisia annua* na aquicultura. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

SOARES, M. P. et al. (2023) Short-term feed supplementation with alcoholic extract of *Artemisia annua* improves fish health. Aquaculture, v. 560, n. 738521.

STEHLY, G. R.; MEINERTZ, J. R.; GINGERICH, W. H. (1998). Effect of temperature on the pharmacokinetics of benzocaine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after bath exposures. Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 21, 2, 121-127.

VALLADÃO, G. M. R. (2014). Potencial de óleos essenciais de plantas para o tratamento de enfermidades em peixes. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Centro de Aquicultura da UNESP de Jaboticabal,

São Paulo.

VENTURA, A. S.; SILVA, T. S. C.; ZANON, R. B.; INOUE, L. A. K. A.; CARDOSO, C. A. L. (2019). Pharmacokinetic and physiological responses of *Piaractus mesopotamicus* anesthetized with the essential oil of *Lippia alba*. Pan-American Journal of Aquatic Science, v.14, n.1, p.51-60.

VENTURA, A. S.; SILVA, T. S. C.; ZANON, R. B.; INOUE, L. A. K. A.; CARDOSO, C. A. L. (2019). Physiological and pharmacokinetic responses in neotropical *Piaractus mesopotamicus* to the essential oil from *Lippia sidoides* (Verbenaceae) as an anesthetic. International Aquatic Research, 11, 1, 1-12.

ZAHL, I. H.; SAMUELSEN, O.; KIESSLING, A. (2012). Anaesthesia of farmed fish: implications for welfare. *Fish Physiology Biochemistry*, 38, 201-218. 10.1007/s10695-011-9565-1.

ZANUZZO, F. E. et al. (2017). Fish and Shellfish Immunology, 65, 28433715, 198-205. 10.1016/j.fsi.2017.04.013.

Autores e Afiliações

Kathianne Kelly Chaves de Oliveira^{1*}; Carlos Eurico dos Santos Fernandes²:
Cristiane Meldau de Campos^{1,2}

*Autor para correspondência

¹Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
Aquidauana, MS, Brasil.

²Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
Campo Grande, MS, Brasil.

Este artigo está elaborado nas normas da revista Barbaquá.

CAPÍTULO 3 - COMO MINIMIZAR O IMPACTO DO TRANSPORTE DE PEIXES DE FORMA NATURAL?

Resumo

O transporte de peixes vivos é um dos momentos mais críticos na piscicultura, podendo comprometer a saúde dos animais e afetar a qualidade do pescado. Mudanças bruscas no ambiente, como variações na qualidade da água, aumento da agitação e contato constante entre os indivíduos, podem desencadear respostas fisiológicas adversas nos peixes. Essas condições podem levar ao estresse, reduzindo a imunidade e tornando os peixes mais suscetíveis a doenças. Além disso, peixes estressados podem perder peso, ter menor crescimento e sofrer maior mortalidade pós-transporte. O uso de fitogênicos tem sido estudado como alternativa natural para melhorar o manejo de transporte. Os fitogênicos são compostos bioativos extraídos de plantas medicinais, como óleos essenciais e extratos vegetais, que possuem propriedades antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatórias. Estudos indicam que óleos essenciais e extratos de plantas podem auxiliar na manutenção do equilíbrio fisiológico dos peixes durante o transporte. Nesse sentido, destaca-se a *Artemisia annua*. Pesquisas demonstram que seu extrato alcoólico pode auxiliar na manutenção da qualidade da água, a melhorar a imunidade dos peixes, além de não deixar resíduos detectáveis nos tecidos. Este artigo aborda a importância do uso desse fitogênico no transporte de peixes, apresentando resultados sobre a eficácia de sua aplicabilidade na piscicultura.

Palavras-chave: aditivos fitogênicos, piscicultura, saúde de peixes

Abstract

Transporting live fish is one of the most critical moments in fish farming, which can compromise the health of the animals and affect the quality of the fish. Sudden changes in the environment, such as variations in water quality, increased agitation and constant contact between individuals, can trigger adverse physiological responses in fish. These conditions can lead to stress, reducing immunity and making fish more susceptible to disease. Additionally, stressed fish may lose weight, have lower growth rates, and suffer greater post-transport mortality. The use of phytogenics has been studied as a natural alternative to improve transport management. Phytogenics are bioactive compounds extracted from medicinal plants, such as essential oils and plant extracts, which have antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory properties. Studies indicate that essential oils and plant extracts can help maintain the physiological balance of fish during transport. In this sense, *Artemisia annua* stands out, research shows that its alcoholic extract can help maintain water quality, improve fish immunity, in addition to leaving no detectable residues in the tissues. This article addresses the importance of using this phytogenic agent in fish transport, presenting results on the effectiveness of its applicability in fish farming.

Keywords: phytogenic additives, fish farming, fish health

Resumen

El transporte de peces vivos es uno de los momentos más críticos en la piscicultura, lo que puede comprometer la salud de los animales y afectar la calidad del pescado. Los cambios repentinos en el medio ambiente, como variaciones en la calidad del agua, mayor agitación y contacto constante entre individuos, pueden desencadenar respuestas fisiológicas adversas en los peces. Estas condiciones pueden provocar estrés, reducir la inmunidad y hacer que los peces sean más susceptibles a las enfermedades. Además, los peces estresados pueden perder peso, tener tasas de crecimiento más bajas y sufrir una mayor mortalidad post-transporte. El uso de fitógenos ha sido estudiado como una alternativa natural para mejorar la gestión del transporte. Los fitógenos son compuestos bioactivos extraídos de plantas medicinales, como aceites esenciales y extractos de plantas, que tienen propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias. Los estudios indican que los aceites esenciales y extractos de plantas pueden ayudar a mantener el equilibrio fisiológico de los peces durante el transporte. En este sentido, destaca *Artemisia annua*, investigaciones demuestran que su extracto alcohólico puede ayudar a mantener la calidad del agua, mejorar la inmunidad de los peces, además de no dejar residuos detectables en los tejidos. Este artículo aborda la importancia del uso de este agente fitógeno en el transporte de peces, presentando resultados sobre la efectividad de su aplicabilidad en piscicultura.

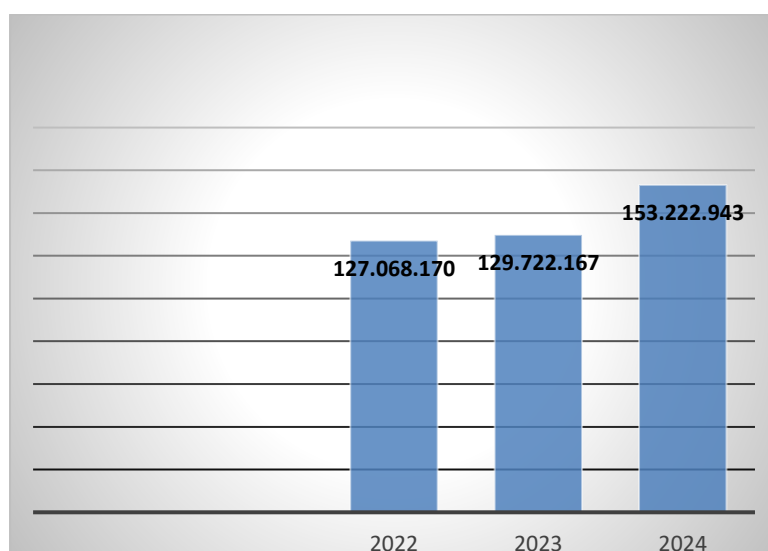
Palabras clave: aditivos fitógenos, piscicultura, salud de los peces.

Introdução

Com o crescente aumento do setor piscícola, o transporte de peixes vivos também cresce, pois é um manejo que faz parte da rotina dentro e fora das propriedades de piscicultura. O transporte de peixes vivos é uma prática comum após a colheita, durante a triagem, transferência para armazenamento de curto prazo, estoque em tanques da mesma fazenda ou para outras (criação ou reprodução), transporte de peixes vivos para consumo, aos frigoríficos, ou mesmo para estabelecimentos de lazer (pesqueiros), onde a pesca é praticada (FAO, 2024).

Entre 2022 e 2024, aproximadamente 16.050 documentos de Guia de Trânsito Animal (GTA) foram emitidos para a movimentação de peixes no estado do Mato Grosso do Sul (MS), totalizando 410 milhões de peixes transportados. Na Figura 1 é possível observar um crescimento de 20% na movimentação de peixes no estado.

Figura 2. Movimentação de peixes (em unidades) por ano, entre 2022 e 2024, no estado de Mato Grosso do Sul



Fonte: IAGRO (2024)

Desse total movimentado nos últimos três anos, 50,3% tiveram origem em outros estados do Brasil, com São Paulo e Tocantins sendo os principais fornecedores. Em contrapartida, o Mato Grosso do Sul exportou 26,4% do total, correspondendo a 108 milhões de peixes enviados para outros estados. A movimentação interna, dentro do próprio estado, representou 23,3%, com 95,5 milhões de peixes transportados entre diferentes municípios.

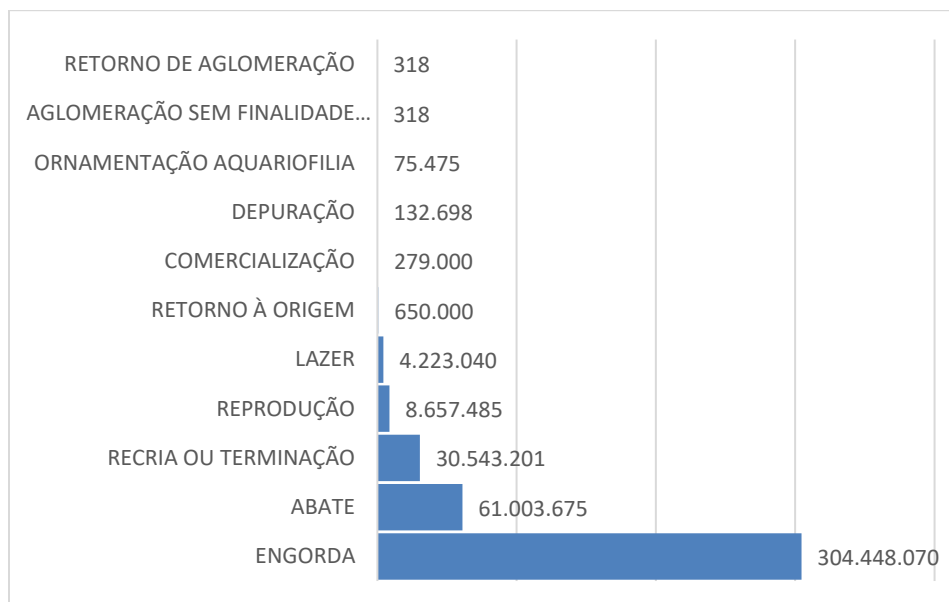
A movimentação com a finalidade de engorda foi o principal destino, abrangendo

73,8% do total de peixes transportados. O abate correspondeu a 14,8%, enquanto 9,5% dessa movimentação foram destinados à reprodução, recria e terminação.

Entre os municípios que mais enviaram peixes nos últimos três anos, Paranaíba lidera com 84 milhões de unidades transportadas, seguido por Selviria (31 milhões) e Itaporã (25 milhões). Em Paranaíba, 80,7% dos peixes foram enviados para fora do estado, sendo que mais de 99% foi para engorda e a maior parte eram alevinos. Por outro lado, os municípios que mais receberam peixes foram Paranaíba, com 95 milhões de unidades, seguido por Itaporã (59 milhões) e Aparecida do Taboado (51 milhões). Em Itaporã, 51,6% dos peixes recebidos vieram de outros estados, dos quais 66,2% foram destinados à engorda e 33,8% à reprodução, recria e terminação.

Especificamente sobre a movimentação de alevinos, esses representam 82,5% do total transportado no estado, cerca de 338,4 milhões de unidades. Dentre esses, 87,6% tiveram como destino a engorda, 10,8% foram direcionados à reprodução, recria e terminação, enquanto 1,2% (3,9 milhões de unidades) foram destinados ao lazer, como pesqueiros. Na Figura 2 é possível observar a finalidade dessa movimentação.

Figura 3. Finalidade da movimentação de peixes (em unidade) no estado de Mato Grosso do Sul



Fonte: IAGRO (2024)

Já os peixes adultos corresponderam a 71,5 milhões de unidades, representando 17,4% da movimentação total. A grande maioria desses peixes adultos (84,5%) foi enviada para abate, sendo que 64,8% foram abatidos dentro do próprio estado e 35,2% (cerca de 21 milhões) foram enviados para outros estados para abate. A engorda foi a

segunda principal finalidade dos peixes adultos, correspondendo a 11,2% (aproximadamente 8 milhões de unidades), enquanto 3,9% foram destinados à reprodução, recria e terminação.

Esse incremento no transporte apresenta um importante risco sanitário e mortalidade de peixes, devido ao estresse ocasionado pelo transporte, principal fator estressante em pisciculturas (Souza, 2023). Além disso, aumenta o custo aos piscicultores, proprietários de pesqueiros, transportadores de peixes e aos demais envolvidos na cadeia (Kubitza, 1997).

O transporte sempre vem precedido da despesca, outro procedimento potencialmente estressante. Juntos, a despesca e o transporte configuram desafios à estabilidade do bem-estar dos peixes, pois estes são organismos sencientes, que podem sentir dor, por isso o transporte de peixes vivos, mesmo que realizado, cuidadosamente é estressante e compromete o bem-estar (Brasil, 2022). Porém, se for realizado de maneira cuidadosa, o impacto pode ser amenizado e o bem-estar do animal pode ser mantido. A implementação de estratégias pertinentes a esse transporte ajuda a minimizar os custos e riscos. Procedimentos padrões para o transporte de peixes vivos tanto em tanques como em embalagens (sacos) plásticos devem ser devidamente respeitados (Kubitza, 1997), já que o transporte é um dos manejos mais estressantes para os peixes.

Atualmente, há um crescente interesse por aditivos naturais que possam ser utilizados na água do transporte para mitigar os efeitos do estresse e melhorar a saúde dos peixes durante e após o transporte. Os estudos de produtos anestésicos à base de plantas na piscicultura têm se tornado uma tendência em todo o mundo, principalmente pela potencialidade de usos, variedade de espécies e a comprovação das atividades anestésicas, antioxidantes e antimicrobianas (Souza et al., 2019).

O impacto do transporte de peixes vivos

São vários os fatores que influenciam o transporte de peixes vivos, desde a espécie de peixe a ser transportada, o peso do animal, o tempo de transporte, o sistema utilizado para transportar os animais, o preparo prévio do peixe e a qualidade da água usada para o transporte. Por ser um manejo que exige muita atenção, o processo do transporte de peixe vivo pode ser dividido em cinco fases (Brasil, 2022):

Fase pré-transporte: é a fase de planejamento de todas as etapas, preparação dos peixes, preparação do veículo, orientações ao motorista que levará a carga de peixes

vivos. Esse deverá, junto ao produtor ou proprietário dos animais, providenciar a emissão da Guia de Trânsito Animal/GTA;

Fase do carregamento: envolve a despesca (passagem da rede de despesca no tanque e captura do peixe), controle de quantidade e ou peso dos peixes, adensamento no sistema de transporte (embalagem plástica ou caixa de transporte), monitoramento do bem-estar dos peixes e da qualidade da água;

Fase do transporte: é a fase do transporte propriamente dito, monitoramento da duração do transporte, da qualidade da água e do bem-estar dos peixes;

Fase de descarregamento: envolve novamente o manejo de captura dos peixes, transferência e aclimação no novo local que o peixe será alojado, monitoramento da qualidade da água e do bem-estar dos animais;

Fase pós-transporte: esta fase exige acompanhamento dos peixes para monitoramento do bem-estar e da qualidade da água de cultivo, limpeza, lavagem e desinfecção do veículo e apetrechos.

Cada uma dessas etapas influencia diretamente a sobrevivência dos peixes e a qualidade do pescado. Nesse sentido, o uso de aditivos naturais na água de transporte tem se mostrado uma estratégia promissora para minimizar os impactos negativos desse processo.

A seguir respondemos a algumas das perguntas mais comuns que envolvem o transporte de peixe vivo.

Como preparar o peixe para o transporte?

Avaliar a saúde dos peixes: verificar se estão parasitados ou se apresentam alguma lesão pelo corpo. Nesse caso, os peixes não estão aptos para serem transportados. Os peixes aptos devem estar nadando vigorosamente, com olhos brilhantes, brânquias vermelhas, sem excesso de muco pela superfície do corpo.

Fazer jejum pré-despesca: o jejum prévio ao transporte é importante para proporcionar a limpeza do trato digestório do peixe. O animal quando está sendo alimentado vai fazer a digestão desse alimento e excretar produtos nitrogenados, além de defecar, portanto, a tendência é de prejudicar a qualidade da água do transporte. Um jejum de 24h antes do transporte minimiza esse problema, porém, o tempo de jejum depende principalmente dos hábitos alimentares e da temperatura, como expresso na Quadro 1 (Freire et al., 2019).

Quadro 1. Tempo de jejum (em horas) sob diferentes temperaturas

Peso dos Peixes (g)	Onívoros (19 a 23°C)	Onívoros (26 a 30°C)	Carnívoros (19 a 23°C)	Carnívoros (26 a 30°C)
0,5 a 5	24 a 36 h	16 a 24 h	36 a 48 h	24 a 36 h
10 a 100	36 a 48 h	24 a 36 h	48 a 60 h	36 a 48 h
200 a 2000	48 a 60 h	36 a 48 h	60 a 72 h	48 a 60 h

Fonte: Adaptado de Kubitza (2018).

Como faço para transportar legalmente peixes vivos?

O transporte é uma etapa de grande importância para o produtor, pois exige cuidados com os peixes e também com a documentação obrigatória para esse transporte. No Quadro 2 é apresentada um resumo dessa documentação exigida.

Quadro 2. Resumo dos Documentos Obrigatórios para o Transporte de Peixes vivos

Produto	Documento	Caráter
Animais aquáticos vivos ou seu material de multiplicação	GTA	Obrigatório
Animais aquáticos vivos e matéria-prima de animais aquáticos provenientes de estabelecimentos de aquicultura e destinados a estabelecimentos registrados em órgão oficial de inspeção	GTA	Obrigatório
Animais ornamentais/destinados à aquariofilia <i>(Transporte entre o local de pesca e o primeiro ponto de comercialização)</i>	Nota Fiscal	Obrigatório
Animais ornamentais/destinados à aquariofilia <i>(Transporte entre um comerciante e um consumidor final, sem atividade de pesca comercial)</i>	Nota Fiscal	Obrigatório
Animais ornamentais/destinados à aquariofilia <i>Demais casos</i>	GTA	Obrigatório

Fonte: Ministério de Agricultura e Abastecimento (MAPA, 2024).

Parâmetros Essenciais no Transporte

Qualidade da Água

Oxigênio Dissolvido: deve estar entre 6 a 8 mg L⁻¹.

Temperatura: mantida dentro da faixa ideal para cada espécie. Reduzir a temperatura levemente pode ajudar a minimizar o estresse e o metabolismo dos peixes.

PH: Entre 6,5 e 7,5.

Amônia e CO₂: devem ser controlados para evitar intoxicação.

Densidade de Estocagem

Quadro 3. Densidade de Estocagem

Tipo de Peixe	Tamanho (cm)	Nº de Peixes por Litro	Nº de Peixes por Embalagem de 5L
Todos	1-3 cm	100-200	500-1.
Juvenil	3-6 cm	20	100-
Ornamentais	6-	2	10
Grandes	>10	0	1-10

Fonte: A autora (2025)

Transporte em Embalagens Plásticas (Sacos de Plásticos)

Esse método é amplamente utilizado para transporte de peixes ornamentais e alevinos. Fatores a considerar: proporção água/oxigênio

A proporção recomendada é 1/3 de água e 2/3 de oxigênio. Isso permite que os peixes tenham oxigenação adequada durante o transporte.

Exemplo prático: um saco plástico de 5 litros deve conter aproximadamente 1,5 litros de água e 3,5 litros de oxigênio puro.

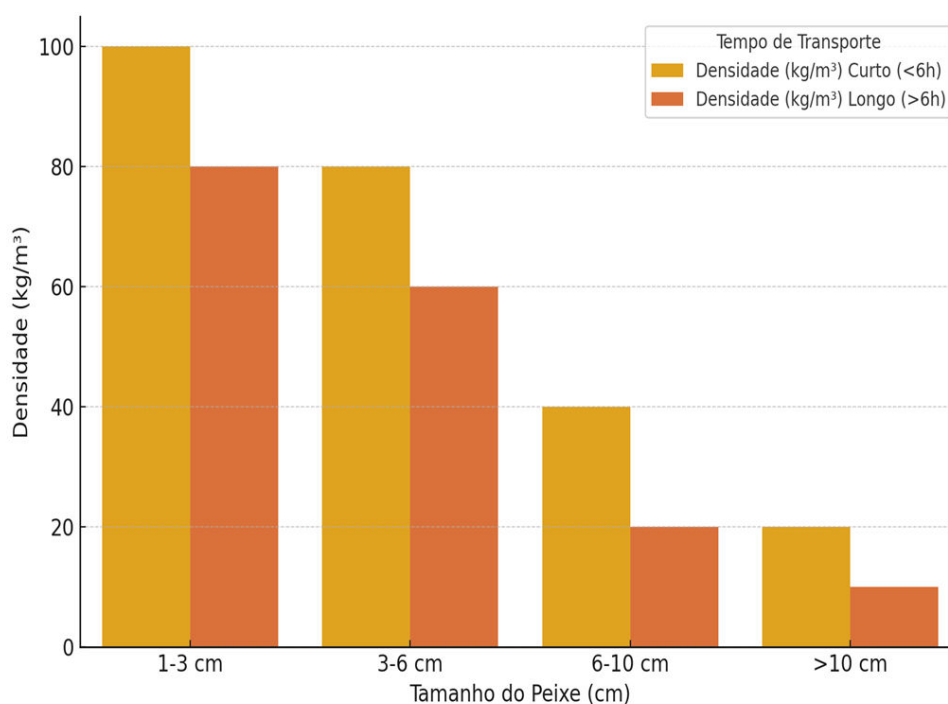
Densidade de Transporte de Peixes quanto ao Tempo de Viagem

Quadro 4. Densidade de transporte de peixes por tamanho e tempo de viagem

Tamanho do Peixe (cm)	Densidade (kg m ⁻³) Curto (<6h)	Densidade (kg m ⁻³) Longo (>6h)
1-3 cm	100	80
3-6 cm	80	60
6-10 cm	40	20
>10 cm	20	10

Fonte: A autora (2025)

Gráfico 1. Densidade de transporte de peixes



Fonte: Baldissetto et al. (2010).

Transporte em Caixas de Transporte ou Tanques

As caixas de transporte geralmente são de material plástico, isopor, aço inox ou fibra de vidro, possuem a capacidade entre 50 a 1.000 litros de água, são principalmente usadas para transporte terrestre de curta e média duração.

Características: podem ser equipadas com aeração manual ou oxigenação direta, com tampas vedadas para evitar derramamento de água e minimizar o estresse dos peixes. Normalmente são utilizadas para alevinos e juvenis, mas podem transportar adultos em baixa densidade. Nesse caso, a proporção depende: se for para um sistema fechado sem aeração contínua, recomenda-se manter a saturação de oxigênio dissolvido entre 6 a 8

mg/L.

Recomendações práticas: para transporte curto (<6h), pode-se usar apenas aeração ou oxigenação intermitente.

Para transporte longo (>6h), é ideal usar um sistema de oxigênio controlado para manter a saturação estável.

Tanques de Transporte em Caminhões-Tanque: possuem sistemas de aeração e oxigenação contínua. Alguns modelos incluem sistemas de resfriamento para controle de temperatura, vedação impede perdas de água e mantém os peixes estáveis durante deslocamentos longos.

Material: fibra de vidro ou aço inoxidável. A capacidade variável de 500 litros a 10.000 litros de água e é utilizado em transportes de grandes quantidades de peixes vivos, frequentemente para abastecimento de peixarias, criadouros e repovoamento de corpos d'água.

Sistemas de Oxigenação

Aeração por ar comprimido: usada para viagens curtas, mas não é suficiente para transporte de alta densidade.

Oxigenação com cilindros de oxigênio: mantém níveis ideais de O₂, especialmente em tanques grandes.

Injeção de oxigênio puro: para transporte de longa duração, usada em caminhões-tanque e contêineres.

Procedimento de Aclimação Pós-Transporte

Ao chegar no destino, os peixes devem passar por aclimação gradual para evitar choques térmicos e osmóticos:

Equalização térmica: adicionar pequenas quantidades de água do novo ambiente ao tanque de transporte a cada 10-15 minutos.

Oxigenação contínua: manter níveis de oxigênio dissolvido enquanto os peixes se adaptam.

Liberar os peixes lentamente para evitar choques bruscos.

O que é feito para minimizar o estresse dos peixes no transporte?

Durante o transporte de peixes, é comum a utilização de aditivos na água para minimizar o estresse e garantir a saúde dos animais. Entre os aditivos mais utilizados estão o sal (cloreto de sódio) e diversos óleos essenciais extraídos de plantas com propriedades sedativas e anestésicas, bem como a diminuição da temperatura da água (gelo).

Aditivos Comuns no Transporte de Peixes:

Sal (Cloreto de Sódio - NaCl): o sal auxilia a osmorregulação, reduzindo o estresse osmótico durante o transporte.

Concentração recomendada: geralmente entre 5 a 8 g L⁻¹, dependendo da espécie e das condições específicas do transporte.

Óleos Essenciais: atuam como sedativos naturais, reduzindo a atividade metabólica e o estresse dos peixes durante o transporte.

Quais são os aditivos que têm sido indicados para se usar na água do transporte?

Quadro 5. Uso de óleos essenciais e extratos de plantas no transporte de peixes de cultivo

Óleo Essencial/Extra to de Planta	Nome Comum	Espécie	Concentração Utilizada	Duração e Tipo de Transporte	Referência
<i>Lippia alba</i>	Erva-cidreira	jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)	10 e 20 µL L ⁻¹	4h em sacos plásticos	Becker et al., 2012
<i>Lippia alba</i>	Erva-cidreira	tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	20 µL L ⁻¹	8h em sacos plásticos	Hohlenweger et al., 2017
<i>Aloysia triphylla</i>	Cidrão	tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	30 µL L ⁻¹	8h em sacos plásticos	Teixeira et al., 2018
<i>Ocimum basilicum</i>	Manjeriçã o	tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	20 µL L ⁻¹	2h em caixas	Ventura et al., 2020
<i>Lippia sidoides</i>	Alecrim-pimenta	tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	20 mg L ⁻¹	3h em sacos plásticos	Souza et al., 2023
<i>Mentha piperita</i>	Hortelã-pimenta	tambaqui (<i>Colossoma</i>)	20 mg L ⁻¹	3h em sacos plásticos	Souza et al., 2023

		<i>macropomum</i>)			
<i>Syzygium aromaticum</i>	Cravo-da-Índia	matrinxã (<i>Brycon amazonicus</i>)	5 mg L ⁻¹	Transporte e em sacos plásticos	Inoue et al., 2005
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Melaleuca	tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	11,12 mgL ⁻¹	3h em sacos plásticos	Hashimoto et al., 2014
<i>Artemisia annua</i> (extrato)	Artemísia	tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	25 mg L ⁻¹	6h em caixas	Pesquisa em andamento

Fonte: A autora (2025)

A Artemisia annua como alternativa sustentável

A *Artemisia annua* é uma planta medicinal amplamente utilizada na medicina tradicional devido às suas propriedades bioativas. Seu extrato alcoólico contém compostos que auxiliam no fortalecimento da fisiologia dos peixes e na resistência às condições adversas (Souza et al., 2022). Quando utilizada na água de transporte de peixes, a *A. annua* pode contribuir para a manutenção da qualidade da água e do equilíbrio fisiológico dos animais, além de não deixar resíduos detectáveis nos tecidos.

Os potenciais efeitos benéficos da *Artemisia annua* relacionados à sua utilização são: ação anti-inflamatória, antipirética, antifúngica, antiparasitária, antiulcerogênica, atividade citotóxica, anti-hepatotóxica, antibacteriana, anti-hipertensiva, antioxidante, antimalárica. Tem ainda atividade imunossupressora, podendo ser utilizada para o tratamento de doenças autoimunes, como lúpus. Além disso, o derivado de artemisina melhora a artrite induzida por colágeno pela supressão de respostas inflamatórias (Sourav, 2012).

O extrato dessa planta apresenta diversas propriedades medicinais, sendo amplamente utilizada devido às suas ações antiparasitária, antibacteriana, antifúngica, anti-inflamatória, antioxidante e imunomoduladora (Soares et al., 2023).

A *Artemisia annua* foi utilizada na água de transporte com pacus (*Piaractus mesopotamicus*) em uma pesquisa no campus da UEMS município de Aquidauana. O experimento demonstrou que o uso do extrato alcoólico de *Artemisia annua* em concentrações entre 50 mg L⁻¹ e 250 mg L⁻¹ manteve a qualidade da água dentro dos padrões adequados, sem comprometer o equilíbrio fisiológico dos peixes ou gerar

resíduos detectáveis de artemisinina (principal composto bioativo) nos tecidos (Oliveira, K.C, *comunicação pessoal*, 2025), demonstrando ser uma ferramenta promissora nesse contexto, proporcionando uma abordagem eficaz e segura ao transporte de peixe.

Além da relevância prática, este estudo abre caminhos para novas pesquisas sobre o potencial do EAAA na piscicultura. Estudos futuros podem explorar sua aplicabilidade em diferentes espécies de peixes, avaliar a influência de fatores ambientais na sua eficácia e investigar os mecanismos fisiológicos envolvidos na resposta dos organismos ao extrato.

Como essa alternativa pode beneficiar a piscicultura?

- Redução dos impactos do transporte sobre a saúde dos peixes.
- Maior estabilidade fisiológica, reduzindo a vulnerabilidade a doenças.
- Alternativa natural e potencialmente sustentável para o manejo.
- Uso de um produto sem resíduos no pescado, garantindo segurança alimentar.

Como aplicar essa solução?

As concentrações testadas de 50 mg L⁻¹ e 250 mg L⁻¹ mostraram-se igualmente eficazes na manutenção da homeostase dos pacus (*Piaractus mesopotamicus*) durante e após o transporte, sugerindo que a adoção de concentrações mais baixas pode ser suficiente para obter os benefícios desejados. Portanto, a escolha da dosagem pode ser otimizada, considerando aspectos econômicos e a eficiência do manejo.

Seria interessante aprofundar a análise sobre o impacto econômico da adoção do EAAA em larga escala, fornecendo subsídios para sua implementação comercial. Dessa forma, essa pesquisa contribui significativamente para o avanço do conhecimento sobre fitoterápicos na aquicultura, reforçando a viabilidade de práticas mais sustentáveis e alinhadas às exigências do setor produtivo e regulatório. A continuidade dos estudos nessa linha permitirá otimizar estratégias de manejo e ampliar as possibilidades de utilização de compostos naturais, reduzindo a dependência de produtos químicos e promovendo práticas mais sustentáveis no setor da aquicultura.

REFERÊNCIAS

BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Manejo e Qualidade de Água na Piscicultura**. Santa Maria: UFSM, 2010.

BECKER, A. G.; SALBEGO, J.; GONÇALVES, J. F.; MENEZES, C. C.; HELDWEIN, C. G.; SPANEVELLO, R. M.; LORO, V. L.; SCHETINGER, M. R.; MORSCH, V. M.; HEINZMANN, B. M.; BALDISSEROTTO, B. Óleo essencial de *Lippia alba* no transporte de jundiás (*Rhamdia quelen*): parâmetros fisiológicos e bioquímicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 21-28, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ni/a/phzJG7BDqmRdCDNq8ggYDPK/>. Acesso em:

BRANDÃO, F. R. **Uso de óleos essenciais no transporte de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, 2019.

CARNEIRO, P.C.F.; URBINATI, E.C. Efeito do benzocaína e do eugenol no metabolismo e na recuperação do estresse em matrinxãs (*Brycon amazonicus*) durante o transporte. **Acta Scientiarum**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 507-512, 2001. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20103317746>. Acesso em:

GOLOMBIESKI, J. et al. Efeitos do jejum sobre a qualidade da água e a sobrevivência de jundiás (*Rhamdia quelen*) durante transporte. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 33, n. 5, p. 911-916, 2003. Disponível em: Acesso em:

HASHIMOTO, D. T. et al. Efeito do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* sobre a qualidade fisiológica de tambaquis durante o transporte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s. l.], v. 66, n. 4, p. 1234-1241, 2014. Disponível em: Acesso em:

HOHLENWERGER, J. C. et al. Efeitos do óleo essencial de *Lippia alba* no transporte de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 48, n. 5, p. 1-9, 2017. Disponível em: . Acesso em:

INOUE, L. A. K. A. et al. Efeitos do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* como anestésico no transporte de matrinxã (*Brycon amazonicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 34, n. 5, p. 1560-1566, 2005. Disponível em: Acesso em:

PORTZ, L. et al. Manejo e transporte de peixes vivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 35, supl., p. 225-237, 2006. Disponível em: Acesso em:

ROSS, L.G.; ROSS, B. **Anaesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals**. 3 ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2008.

SAMPAIO, L.A.; FREIRE, C.A. Tolerância de peixes à salinidade: aspectos fisiológicos e aplicações em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 1-13, 2006. Disponível em: Acesso em:

SANTOS, E. L. R. **Uso de óleos essenciais de melaleuca e cravo no transporte de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal

do Tocantins, 2017.

SOUZA, R. L. et al. Uso do óleo essencial de *Lippia sidoides* e *Mentha piperita* no transporte de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 203-210, 2023. Disponível em: Acesso em:

TEIXEIRA, P. C. et al. Uso de óleo essencial de *Aloysia triphylla* no transporte de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Biociências**, [s. l.], v. 16, p. 51-59, 2018. Disponível em: Acesso em:

VENTURA, A. S. et al. Efeitos do óleo essencial de *Ocimum basilicum* na redução do estresse durante o transporte de tilápia-do-Nilo. **Ciência Animal Brasileira**, [s. l.], v. 21, p. 45-53, 2020. Disponível em: Acesso em:

WEDEMEYER, G. A. **Physiology of Fish in Intensive Culture Systems**. Nova York: Springer, 1996.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relevância deste estudo se reflete na necessidade crescente da aquicultura moderna por alternativas naturais que promovam um manejo mais sustentável e eficiente. O uso da *Artemisia annua* demonstrou ser uma ferramenta promissora dentro deste contexto, proporcionando uma abordagem eficaz e segura para o transporte de pacus.

Além da relevância prática, este estudo abre caminhos para novas pesquisas sobre o potencial do EAAA na piscicultura. Estudos futuros podem explorar sua aplicabilidade em diferentes espécies de peixes, avaliar a influência de fatores ambientais na sua eficácia e investigar os mecanismos fisiológicos envolvidos na resposta dos organismos ao extrato. Também seria interessante aprofundar a análise sobre o impacto econômico da adoção do EAAA em larga escala, fornecendo subsídios para sua implementação comercial. Dessa forma, esta pesquisa contribui significativamente para o avanço do conhecimento sobre fitoterápicos na aquicultura, reforçando a viabilidade de práticas mais sustentáveis e alinhadas com as exigências do setor produtivo e regulatório. A continuidade dos estudos nessa linha permitirá otimizar estratégias de manejo e ampliar as possibilidades de utilização de compostos naturais na aquicultura brasileira.