

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

**USO DO ÓLEO ESSENCIAL DE GENGIBRE *Zingiber officinale* COMO
ANESTÉSICO PARA LAMBARI-DO-RABO-AMARELO *Astyanax lacustris***

BRENDA APARECIDA DE OLIVEIRA SILVA

AQUIDAUANA – MS
MARÇO/2023

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

**USO DO ÓLEO ESSENCIAL DE GENGIBRE *Zingiber officinale* COMO
ANESTÉSICO PARA LAMBARI-DO-RABO-AMARELO *Astyanax lacustris***

BRENDA APARECIDA DE OLIVEIRA SILVA

Orientadora: Deliane Cristina Costa

Coorientador: Andre Lima Ferreira

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

AQUIDAUANA – MS

MARÇO/2023

Ficha Catalográfica

S584u Silva, Brenda Aparecida de Oliveira
 Uso do óleo essencial de gengibre *Zingiber officinale*
 como anestésico para lambari-do-rabo-amarelo *Astyanax*
 lacustris/ Brenda Aparecida de Oliveira Silva. –
 Aquidauana, MS: UEMS, 2023.
 58 p.
 Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Produção
 Animal no Cerrado e Pantanal – Universidade Estadual
 do Mato Grosso do Sul, 2023.
 Orientadora: Profa. Dr^a Deliane Cristina Costa.
 1. Potencial anestésico do *Zingiber officinale* em
 Astyanax lacustris (lambari-do-rabo-amarelo). 2.
 Aquicultura. 3. Imersão. I. Título. II. Silva, Brenda
 Aparecida de Oliveira.

CDD 23. ed. - 639.3

Bibliotecária Susy dos Santos Pereira CRB1º1783

Certificado de Aprovação

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL**

BRENDA APARECIDA DE OLIVEIRA SILVA

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 22/03/2023.

Documento assinado digitalmente
 DELIANE CRISTINA COSTA
Data: 24/03/2023 14:38:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Deliane Cristina Costa (Orientadora)

Documento assinado digitalmente
 CRISTIANE FATIMA MELDAU DE CAMPOS A
Data: 19/04/2023 08:54:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Cristiane Fátima Meldau de Campos Amaral, UEMS
(participação via videoconferência)

Documento assinado digitalmente
 Thiago Bernardes Fernandes Jorge
Data: 28/03/2023 17:30:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Thiago Bernardes Fernandes Jorge, UFS
(participação via videoconferência)

Epígrafe

“O conhecimento serve para encantar as pessoas, não para humilhá-las.” - Mario Sergio Cortella.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Elaine Aparecida de Oliveira Silva, que mesmo quando não podia, nunca deixou de sonhar, me ajudar e guiar.

A minha irmã Bruna Aparecida de Oliveira Silva que sempre esteve comigo e apesar dos conflitos, sempre me impulsionou a ser melhor e acreditou em mim.

A minha avó Maria Helena de Paula que me ajudou a entender a força e o poder de uma mulher de fé e esperança.

A minha querida Professora Maria Eloá Gehlen por nunca desistir de mim, e por tudo que me ensinou ao longo desta jornada.

A Denise que ao longo de quatros me ensinou o significado da verdadeira amizade e cumplicidade.

A minha Orientadora Deliane Cristina da Costa e ao meu Corientador Andre Lima Ferreira por sua orientação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por tantas bênçãos me concedida em momentos tão difíceis.

Agradeço às mulheres incríveis da minha família e de meu convívio por me ensinarem a ser forte, corajosa, destemida e leal.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 <i>Astyanax lacustris</i>	13
2.2 Uso de anestésicos na piscicultura	15
2.3 Mecanismo de ação dos anestésicos	16
2.4 Anestésicos Sintéticos.....	18
2.5 Anestésicos à base de óleos essenciais	20
2.6 Potencial anestésico de óleos essenciais.	21
2.7 <i>Zingiber officinale</i>	23
3. OBJETIVOS.....	25
3.1 Objetivo Geral	25
3.2 Objetivos Específicos	25
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO 2. Potencial anestésico do <i>Zingiber officinale</i> em <i>Astyanax lacustris</i> (lambari-do-rabo-amarelo).....	36
1. INTRODUÇÃO	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1 Local utilizado para realização do experimento.....	40
2.2 Extração do óleo essencial.....	40
2.3 Coleta e aclimação dos animais	41
2.4 Efeito anestésico	41
2.5 Estatística.....	43
3. RESULTADOS.....	43
4. DISCUSSÃO	44
5. CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXO 1.....	56
ANEXO 2.....	57
CAPÍTULO 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58

LISTA DE ABREVIações E SÍMBOLOS

ACP	Análise de componente principal
OE	Óleo essencial
OES	Óleos essenciais
OEZO	Óleo essencial <i>Zingiber Officinale</i>
g L ⁻¹	Gramas por Litro
mg L ⁻¹	Miligramas por Litro
MS-222	Metanossulfonato de Tricaína
Peixe BR	Associação Brasileira da Piscicultura

RESUMO

O uso de anestésicos é importante na piscicultura para minimizar os efeitos deletérios do estresse e a mortalidade durante as mais diversas operações de manejo. Diversos agentes anestésicos podem ser aplicados nas operações de rotina da aquicultura. Neste cenário, o uso de extratos alternativos com função anestésica tem-se mostrado bastante promissor. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso do óleo essencial de gengibre (*Zingiber officinale* - OEZO) como anestésico para fêmeas e machos de *Astyanax lacustris*. Para ambos os sexos foram testadas cinco concentrações (75, 150, 300, 450 e 600 $\mu\text{L L}^{-1}$), e um controle (5 ml de Álcool 70). Machos com peso médio de 7,40 ($\pm$ 2,60 g) e fêmeas com peso médio de 18,86 ($\pm$ 0,85 g) foram utilizados para fornecer 10 repetições por tratamento, sendo cada peixe considerado uma repetição. Foram utilizados 120 peixes, sendo 60 fêmeas e 60 machos. Os animais foram separados por sexo e adensados em dois tanques devidamente identificados com capacidade de 500 litros cada, com aeração constante e renovação de 50% da água a cada dois dias, o período de aclimação foi de sete dias. Os experimentos foram conduzidos independentemente para cada sexo, em um delineamento inteiramente casualizado. Foi utilizado um cronometro digital para contabilizar o tempo de indução da anestesia. Os animais foram considerados anestesiados, quando atingiram o estágio de anestesia profunda, que se caracterizava pela ausência de natação e perda de equilíbrio e consciência. A frequência ventilatória (FV) dos peixes foi avaliada no início da indução anestésica pela contagem do número de batimentos operculares por minuto. Após a anestesia profunda, os animais foram pesados em balança analítica e medidos com paquímetro, a biometria levou cerca de 40s. Após indução, os peixes foram transferidos individualmente para um béquer de 1 L com água limpa (obtida do próprio sistema de cultivo) para recuperação anestésica, na qual foi avaliado o tempo de recuperação da anestesia e a FV. Para as fêmeas, o tempo de indução apresentou efeito linear platô ($P < 0.05$), com ponto de inflexão em 189,30 $\mu\text{L L}^{-1}$. O tempo de recuperação também apresentou efeito linear platô ($P < 0,05$), com ponto de inflexão em 185,60 $\mu\text{L L}^{-1}$, entre as concentrações testadas. A FV durante a indução nas fêmeas, apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) entre as concentrações avaliadas. Durante a recuperação, a FV apresentou efeito linear inverso ($P < 0,05$), e variou de 99,71 – 166,23 batimentos minuto^{-1} . Nos machos, o tempo de indução apresentou efeito quadrático ($P < 0.05$), com ponto de mínimo em 410,67 $\mu\text{L L}^{-1}$. Já, o tempo de recuperação apresentou efeito linear platô ($P < 0.05$), com ponto de inflexão em 156,90 $\mu\text{L L}^{-1}$. Para os machos a FV na indução apresentou efeito linear platô ($P < 0,05$) e a partir de 320,10 $\mu\text{L L}^{-1}$, a FV foi constante. A FV na recuperação nos machos apresentou também efeito linear platô ($P < 0,05$), com ponto de inflexão em 167,10 $\mu\text{L L}^{-1}$. O OEZO pode ser utilizado para anestesia de *A. lacustris* nas concentrações entre 189,30 a 600 $\mu\text{L L}^{-1}$ para fêmeas e de 150-600 $\mu\text{L L}^{-1}$ para machos.

PALAVRAS CHAVES: Anestesia, Aquicultura, Imersão.

46 **ABSTRACT:**

47 The use of anesthetics is important in fish farming to minimize the deleterious
 48 effects of stress and mortality during various management operations. Several
 49 anesthetic agents can be applied in routine aquaculture operations. In this
 50 scenario, the use of alternative extracts with anesthetic function has shown
 51 great promise. The objective of this study was to evaluate the use of ginger
 52 (*Zingiber officinale* - OEZO) essential oil as anesthetic for females and males of
 53 *Astyanax lacustris*. For both sexes, five concentrations were tested (75, 150,
 54 300, 450 and 600 $\mu\text{L L}^{-1}$), and one control (5 ml of Alcohol 70). Males with a
 55 mean weight of 7.40 (± 2.60 g) and females with a mean weight of 18.86 (± 0.85
 56 g) were used to provide 10 replicates per treatment, with each fish considered a
 57 replicate. A total of 120 fish were used, 60 females and 60 males. The animals
 58 were separated by sex and stocked in two duly identified tanks with 500 liters
 59 capacity each, with constant aeration and renewal of 50% of the water every
 60 two days; the acclimation period was seven days. The experiments were
 61 conducted independently for each sex, in an entirely randomized design. A
 62 digital stopwatch was used to count the time to induction of anesthesia. The
 63 animals were considered anesthetized when they reached the deep anesthesia
 64 stage, which was characterized by the absence of swimming and loss of
 65 balance and consciousness. The ventilatory rate (VF) of the fish was assessed
 66 from the onset of anesthetic induction by counting the number of opercular
 67 beats per minute. After deep anesthesia, the animals were weighed on
 68 analytical scales and measured with a caliper, biometry took about 40 s. After
 69 induction, the fish were individually transferred to a 1 L beaker with clean water
 70 (obtained from the culture system itself) for anesthetic recovery, in which
 71 recovery time from anesthesia and VF were evaluated. For females, the
 72 induction time showed a plateau linear effect ($P < 0.05$), with an inflection point
 73 at 189.30 $\mu\text{L L}^{-1}$. Recovery time also showed a plateau linear effect ($P < 0.05$),
 74 with an inflection point at 185.60 $\mu\text{L L}^{-1}$, among the concentrations tested. The
 75 VF during induction in females showed a quadratic effect ($P < 0.05$) among the
 76 concentrations evaluated. During recovery, the VF showed inverse linear effect
 77 ($P < 0.05$), and ranged from 99.71 - 166.23 beats minute^{-1} . In males, the
 78 induction time showed a quadratic effect ($P < 0.05$), with a minimum point at
 79 410.67 $\mu\text{L L}^{-1}$. The recovery time showed a plateau linear effect ($P < 0.05$), with
 80 an inflection point at 156.90 $\mu\text{L L}^{-1}$. For males, the VF during induction showed
 81 a plateau linear effect ($P < 0.05$) and from 320.10 $\mu\text{L L}^{-1}$, the VF was constant.
 82 VF on recovery in males also showed a plateau linear effect ($P < 0.05$), with an
 83 inflection point at 167.10 $\mu\text{L L}^{-1}$. OEZO can be used for anesthesia of *A.*
 84 *lacustris* in concentrations between 189.30 to 600 $\mu\text{L L}^{-1}$ for females and 150-
 85 600 $\mu\text{L L}^{-1}$ for males.

86 **Keywords:** Anesthesia, Aquaculture Immersion.

87 1. **INTRODUÇÃO**

88 Em 2020, houve um crescimento recorde na produção aquícola
89 mundial, principalmente no continente asiático. Ao total, foram produzidos 214
90 milhões de toneladas de produtos advindos da pesca e aquicultura, sendo 178
91 milhões de toneladas de peixes e 36 milhões de toneladas de algas. Produção
92 30% superior aos dados dos anos 2000 e 60 % a mais que a média dos anos
93 1990 (FAO, 2022). No Brasil, a produção de peixes de cultivo cresceu 2,3% em
94 2022 atingindo 860.355 toneladas (PEIXE BR, 2023).

95 Neste cenário de constante crescimento do setor aquícola, a utilização
96 de boas práticas de manejo nas pisciculturas, durante a realização das
97 biometrias, seleção de reprodutores, separação ou repicagem de lotes e
98 transportes devem ser realizados com bases em procedimentos técnicos
99 simples e eficazes de forma a assegurar bem-estar aos animais (OBA et al.,
100 2009).

101 O uso de anestésicos é importante na piscicultura para minimizar os
102 efeitos deletérios do estresse e a mortalidade durante as mais diversas
103 operações de manejo (ROSS; ROSS, 2008). Em função do seu potencial
104 sedativo, o uso de anestésicos possibilita, que os manejos sejam realizados
105 sem maiores complicações, uma vez que reduz significativamente a
106 movimentação excessiva dos animais durante o manuseio
107 (VANDERZWALMEN et al., 2019).

108 Os primeiros dados históricos do uso de anestésicos para peixes,
109 ocorreu a partir de observações indígenas, os quais utilizavam rotenona (*Derri
110 elliptica*) na água para sedar e capturar os peixes na natureza (SEDGWICK,
111 1986). Ao longo dos anos, os anestésicos foram incorporados nas mais
112 diversas rotinas de manejos empregadas na aquicultura.

113 Atualmente existem diversas opções de anestésicos disponíveis no
114 mercado, de origem sintética ou natural (SOUZA et al., 2012). O uso de
115 anestésicos naturais surgiu como uma alternativa à substituição dos sintéticos,
116 uma vez que estes, podem apresentar malefícios aos peixes, como perda de
117 muco, irritação nas brânquias e danos nas córneas, além de serem onerosos
118 (INOUE et al., 2002).

119 Purbosari et al. (2019) apresentaram uma ampla revisão sobre
120 anestésicos sintéticos e naturais durante o transporte de peixes, e afirmam que
121 no geral, os anestésicos naturais são equivalentes aos sintéticos. Em termos
122 de tempo de indução e recuperação os OES, são eficazes e seguros para se
123 utilizar em espécies de peixes economicamente viáveis, de vários tamanhos e
124 idades.

125 Em virtude destas características, o uso de anestésicos naturais, tem-se
126 mostrado economicamente viáveis e com baixa toxicidade ao meio ambiente e
127 aos animais e seu uso tem-se intensificado nas pisciculturas (ALMEIDA et al.,
128 2018).

129 Todavia, no Brasil, não existe legislação específica que regulamente o
130 uso deste e outros anestésicos para peixes (ROUBACH; GOMES, 2001). O
131 único documento para o tema é a Resolução nº 714, de 20 de junho de 2002,
132 que dispõe sobre procedimentos e métodos de eutanásia em animais, e dá
133 outras deliberações (FAÇANHA; GOMES, 2005).

134 Neste cenário, apenas a tricaína metano sulfonato (MS-222) é
135 aprovada como anestésico sintético para peixes pela *Food & Drug*
136 *Administration* (FDA, EUA) (TAVARES-DIAS et al., 2015). Observa-se a
137 necessidade de mais estudos com anestésicos naturais determinando suas
138 concentrações ideais para as diferentes espécies de peixes.

139 A espécie alvo para este estudo é o *Astyanax lacustris*, conhecido
140 como lambari-do-rabo-amarelo, pertence à família Characidae, ordem
141 Characiformes. Sendo do gênero *Astyanax* o mais numeroso de toda a ordem.
142 O *Astyanax lacustris*, é uma espécie comumente distribuída nas regiões
143 subtropicais do Brasil (SCHLEGER et al., 2022) e que apresenta grande
144 potencial para a piscicultura, em virtude do seu rápido crescimento, rusticidade,
145 aceitação de ração nas mais diversas fases de vida e alta prolificidade
146 (PORTO-FORESTI et al., 2001; ABIMORAD; CASTELLAN, 2011).

147 2. REVISÃO DE LITERATURA

148 2.1 *Astyanax lacustris*

149 O *Astyanax asuncionensis* e *Astyanax altiparanae*, passam a ser
150 considerados como novos sinônimos de *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875).

151 Devido às características morfológicas externas da espécie, *A. lacustris*, passa
152 a diferir das demais espécies do mesmo grupo, como *Astyanax bimaculatus* e
153 *Astyanax validus*, pela ausência de dentes superiores. Diferencia-se do, *A.*
154 *bimaculatus*, pela ausência da superfície externa côncava e, do *A. validus*, pela
155 ausência de linhas horizontais em formato de ziguezague (LUCENA; SOARES,
156 2016).

157 A espécie *Astyanax lacustris*, lambari-do-rabo amarelo, pertence a uma
158 das principais espécies de água doce da América do Sul. Os animais adultos
159 podem atingir entre 10 e 15 centímetros e pesar até 60 gramas, além de
160 apresentar hábito alimentar onívoro (BALDISSEROTTO, 2009).

161 No período reprodutivo, esta espécie apresenta dimorfismo sexual
162 aparente, onde as fêmeas são maiores e mais abauladas na região ventral e os
163 machos exibem nadadeira anal áspera, devido a presença de espículas
164 (PORTO-FORESTI et al., 2010). É uma espécie que responde com sucesso ao
165 uso de indutores hormonais (BRAMBILA-SOUZA et al., 2019), sendo que a
166 indução hormonal contribui para manutenção da produtividade durante o
167 inverno (EVANGELISTA et al., 2019).

168 *A. lacustris*, geralmente é reconhecida pela coloração amarelada das
169 nadadeiras pélvica, anal e caudal, as demais são levemente amareladas ou
170 mesmo hialinas (LANGEANI; RÊGO, 2014).

171 A princípio a produção do *A. lacustris*, está direcionada para a
172 comercialização exemplares para o mercado de iscas vivas e consumo direto
173 como petiscos (FERREIRA et al., 2014). Todavia, nos últimos anos também
174 tem sido empregado como modelo biológico (TOLUSSI et al., 2018; CAMILO-
175 COTRIM et al, 2021).

176 A reprodução do *A. lacustris* ocorre de forma parcelada e o manejo
177 produtivo é fácil devido à rusticidade do animal, em especial pela aceitabilidade
178 da alimentação artificial em sistemas de cultivo (GONÇALVES et al., 2014). É
179 considerado uma espécie de ciclo de vida curto, podendo-se abater estes
180 peixes com três meses de vida (BELMUDES et al., 2021).

181 A produção de lambari no ano de 2021 alcançou a marca de 599.380
182 kg. O maior produtor de lambari é o estado de São Paulo com valor total de
183 produção equivalente a R\$2.068.000,00 reais (IBGE, 2021).

2.2 Uso de anestésicos na piscicultura

A atividade piscícola moderna requer acompanhamento constante nas diferentes fases de cultivo, para monitorar e avaliar o desempenho dos animais no sistema de produção. É recomendado que as atividades sejam realizadas cuidadosamente e de maneira rápida, evitando causar danos físicos aos animais e garantindo o menor tempo de exposição ao ar possível (LIMA et al., 2013).

Mediante esta conjuntura, os anestésicos ganham espaço em sistemas de produção, a fim de reduzir o estresse e a mortalidade dos peixes, além de facilitar o manuseio (BRANDÃO et al, 2021; TAVARES-DIAS et al., 2015).

Diferentes anestésicos vêm sendo testados continuamente, com intuito de oferecer maior segurança ao animal e ao manipulador. Anestésicos de distintas origens vêm sendo pesquisados e utilizados na aquicultura, em especial na piscicultura objetivando um manejo eficiente, visando a redução das injúrias físicas e consequentemente a redução das taxas de mortalidade durante a execução destas operações (BRONSTAD, 2022).

Para que um anestésico seja considerado eficiente, para peixes, deve apresentar como característica principal uma indução rápida, em torno de 180 segundos e tempo de recuperação em torno dos 300 segundos (ROSS; ROSS, 2008). A escolha de um anestésico deve estar baseada, para além dos tempos adequados de indução e recuperação em critérios como o valor do produto, eficácia, disponibilidade no mercado, facilidade de obtenção e segurança durante a utilização (TAVARES-DIAS et al., 2015).

Os anestésicos podem ser administrados por diversas vias como por exemplo, aspersão branquial, vias intravenosas, intracelomática e, intramuscular segundo a Resolução Normativa Nº 44 do CONCEA (CONCEA, 2019). Contudo, a exigência de contenção física, as chances de lesão visceral e as incertezas nos índices de absorção e no tempo de indução tornam tais métodos não aplicáveis e menos seguros que o banho de imersão (FLEMING et al., 2003).

Usualmente a anestesia em peixes é realizada pelo método de imersão, onde o fármaco é dissolvido em água a partir de uma concentração adequada para o peso e espécie (BURKA et al., 1997). Após o fármaco ser

absorvido pelo organismo, cai na circulação sanguínea e chega ao sistema nervoso central, estimulando suas propriedades sedativas no animal. A anestesia é caracterizada pela redução da atividade sistema nervoso central, resultando em inconsciência e relaxamento muscular (MARTINS et al., 2018).

Existem diversas opções de anestésicos para serem utilizados nos mais diversos manejos das pisciculturas. No entanto, a escolha do anestésico ideal deve ser baseada na eficácia do produto, custo, bem como sobre o potencial de toxicidade para os peixes e meio ambiente (RODRIGUES et al., 2019).

2.3 Mecanismo de ação dos anestésicos

O processo de anestesia é caracterizado pelos seguintes processos: sedação, imobilização, inconsciência, amnésia e analgesia (MEDEIROS; BRITO, 2021). A sedação é dada como a redução da sensibilidade, por outro lado a anestesia geral ocorre com a narcose, amnésia, imobilização e alívio da dor. Desta maneira os anestésicos atuam no ponto axonal, ou seja, ativam ou bloqueiam receptores nervosos específicos, segundo a propriedade de cada anestésico aplicado (ROSS; ROSS, 2009).

Assim, durante a etapa de indução anestésica, os animais passam por diferentes fases da anestesia, 1º estágio: anestesia leve com redução dos movimentos natatórios, equilíbrio e estímulos externos; 2º estágio: anestesia moderada com perda dos movimentos musculares, equilíbrio, redução dos movimentos operculares e dos reflexos a estímulos externos; 3º estágio: anestesia profunda perda total, á reflexos a estímulos externos e movimentos operculares quase nulos (ROSS; ROSS, 2009).

Após a anestesia, o peixe iniciará recuperação de forma gradual, sendo a recuperação anestésica dividida em três estágios, o 1º estágio: recuperação leve do movimento opercular e movimentos natatório; 2º estágio: recuperação do equilíbrio e leve reação a estímulos externos; 3º estágio: reação a estímulos externos, movimento e equilíbrio natatório normais (SMALL, 2003).

Por conta destes fatores é imprescindível que o manipulador esteja atento a todas estas fases e escolha o anestésico adequadamente, tanto em

248 relação à custo-benefício quanto à concentração eficaz (ROUBACH; GOMES,
249 2001).

250 Além de facilitar as operações de manejo, o uso dos anestésicos, visa
251 atenuar os efeitos do estresse causados por diversos fatores durante a
252 manipulação de peixes.

253 O estresse ocasiona diversas alterações no metabolismo de peixes, e o
254 organismo do animal responde com ajustes fisiológicos para compensar o
255 desequilíbrio ocasionado por um fator estressante e recuperar o estado
256 homeostático dos peixes (SOUZA, 2019).

257 Além disso, as respostas ao estresse em peixes, culmina com o
258 aumento da taxa de captação de oxigênio (O_2) pelas brânquias, que apresenta
259 como consequência o aumento da taxa ventilatória, maior fluxo sanguíneo
260 branquial e alteração da capacidade de difusão e transporte de O_2 pelo sangue
261 (BARRETO; VOLPATO, 2004).

262 De acordo com Keene et al. (1998), os peixes absorvem os anestésicos
263 principalmente pelas brânquias, e quando em contato com estas substâncias
264 anestésicas, apresentam como resposta uma diminuição da frequência
265 ventilatória e da respiração, causada por um efeito inibitório do anestésico no
266 sistema respiratório. O ajuste do sistema ventilatório é realizado a fim de
267 proporcionar uma maior captação de oxigênio, o qual se dá pelo aumento da
268 frequência ventilatória (FV) (FERNANDES e RANTIN, 1994).

269 Fatores como, diferentes concentrações de anestésicos, a espécie
270 avaliada e tamanho dos animais podem apresentar diferentes repostas da
271 frequência ventilatória frente aos anestésicos testados. Roohi e Imapor (2015)
272 avaliaram a frequência respiratória em *Cyprinus carpio* submetidos a indução
273 anestésica com óleo de hortelã e metil salicilato, observaram que há um
274 pequeno decréscimo no batimento opercular à medida que aumentava as
275 concentrações dos respectivos anestésicos, quando comparados ao grupo
276 controle.

277 Em juvenis de pacamã, o uso de 50 mg L^{-1} de mentol foi capaz de
278 reduzir a FV durante a indução e recuperação anestésica quando comparados
279 com as doses de 150, 450 e 500 mg L^{-1} (ANANIAS et al., 2022). Quando
280 utilizado durante o transporte de *Rhandia quelen*, o óleo essencial (OE) de A.

281 *triphylla*, promoveu uma diminuição da frequência ventilatória (BECKER et al.,
282 2017).

283 Barbas et al. (2017) observaram que exemplares de *C. macropomum*
284 submetidos a banhos de imersão com anestésicos a base de OE de citronela
285 (*Cymbopogon nardus*) apresentaram redução de 35% na frequência cardíaca
286 durante a anestesia em relação grupo controle.

287 As respostas ao estresse também podem ser controladas por duas vias
288 hormonais, a primeira via ocorre com a produção de catecolaminas (adrenalina,
289 noradrenalina e seu precursor dopamina), via é ativada pelo eixo
290 neuroendócrino, ou seja, eixo hipotálamo- sistema nervoso simpático- células
291 cromafins (HSC). E a segunda via ocorre pela liberação dos corticosteróides,
292 principalmente o cortisol e a cortisona, os quais são liberados pelo eixo
293 hipotálamo- hipófise-interrenal (WENDELAAR BONGA, 1997).

294 Em síntese, a resposta ao estresse pode ser elencada sob três níveis:
295 primário, secundário e terciário. As respostas primárias ocorrem com a ativação
296 dos centros cerebrais, resultando na liberação de catecolaminas e
297 corticosteróides. A resposta secundária, se dá pelo aumento do débito
298 cardíaco, capacidade de transporte de oxigênio (O₂), além da mobilização de
299 substratos energéticos e distúrbios hidrominerais. A resposta terciária, dispõe
300 de efeitos como inibição do crescimento, reprodução, sistema imune e
301 capacidade de ação contra outros agentes estressores (OBA et al., 2009).

302 Logo, diferentes estudos apontam que alguns OES, utilizados como
303 anestésicos ou sedativos, podem reduzir os níveis plasmáticos de cortisol e
304 atenuar as respostas ao estresse (CUNHA et al., 2010; SOUZA et al., 2017).

305 É válido ressaltar que os OES, contêm propriedades lipofílicas e
306 lipossolúveis, auxiliando na rápida dispersão do anestésico pelas membranas
307 biológicas, inclusive pela barreira hematoencefálica no sistema nervoso central
308 (SNC). Compreende-se que diversos OES, exercem efeito sedativo e
309 anestésico por meio da regulação do complexo receptor do ácido gama-
310 aminobutírico (GABA), sendo este o principal neurotransmissor inibitório do
311 Sistema nervoso central (SOUZA et al., 2019).

312 **2.4 Anestésicos Sintéticos**

313 Mundialmente diversos anestésicos são empregados em atividades
314 aquícolas. Os anestésicos sintéticos mais utilizados para anestésias peixes em
315 banho de imersão são, benzocaína, metanossulfonato de tricaína (MS-222),
316 etomidato, metomidato, fenoxietanol e a quinaldina (ROSS; ROSS, 2009).
317 Contudo, apenas a benzocaína e o fenoxietanol são comercializados no Brasil.

318 A benzocaína é o anestésico mais utilizado entre os brasileiros, sendo
319 este um produto cristalino; de baixa solubilidade em água e por isso é preciso
320 dissolver em acetona ou etanol (PÉREZ; FLORES, 2009).

321 É um anestésico muito utilizado para espécies de água doce e marinha
322 e por via de regra, as concentrações efetivas para indução anestésicas vão
323 depender da temperatura, do estado nutricional e fisiológico, da fase de
324 desenvolvimento, do peso e tamanho dos peixes (ROSS; ROSS, 2009).

325 O fenoxietanol (2-Phe), é o segundo anestésico sintético mais utilizado
326 na aquicultura. Sabe-se que o 2-Phe inibe a atividade de receptores de
327 glutamato NMDA, e conseqüentemente reduz a dor dos animais. Na
328 aquicultura é considerado adequado para uso, por conta da facilidade de
329 preparo, rápida ação sedativa, recuperação descomplicada e por apresentar
330 propriedades bactericidas e fungicidas (SILVA et al., 2020).

331 Apesar da grande diversidade de anestésicos disponíveis no mercado,
332 apenas o MS-222 é aprovado pela *Food & Drug Administration* (FDA, EUA)
333 como anestésico para peixes (TAVARES-DIAS et al, 2015); sendo proibido o
334 consumo dos animais submetidos ao uso desta substância por um período
335 inferior a 21 dias (TRUSHENSKI et al., 2013).

336 O MS-222 é comercializado em dólar, o que torna o seu acesso mais
337 difícil, levando os aquicultores a procurarem produtos substitutos como
338 anestésico para peixes. O uso deste anestésico, pode apresentar ações
339 deletérias aos animais como inchaço dos enterócitos, hipóxia, hiperglicemia,
340 irritação das brânquias, danos córneos e transtornos aos manipuladores, caso
341 não usem equipamento de proteção individual (EPI) (TREVES-BROWN, 2000).

342 Os anestésicos sintéticos são mais utilizados na aquicultura. Contudo,
343 devido ao risco ambiental, resíduos na carcaça e no filé, o qual podem
344 prejudicar a saúde humana, através do consumo, tem-se evitado o uso destes
345 anestésicos. Como alternativa; surgem os anestésicos à base de óleos
346 essenciais, que possuem propriedades biodegradáveis e são menos propensos

347 a produzir patógenos multirresistentes e causar mal à saúde humana
348 (DAWOOD et al., 2021; AYDIN; BARBAS, 2020; PURBOSARI et al., 2019).

349 **2.5 Anestésicos à base de óleos essenciais**

350 A procura por anestésicos alternativos à base de óleos essenciais (OE)
351 vem crescendo entre os pesquisadores (GONÇALVES et al., 2008). Neste
352 cenário, o estudo e a utilização de anestésicos oriundos de extratos de plantas
353 como *Syzygium aromaticum*, *Lippia sidoides*, *Mentha piperita* e *Aloysia*
354 *triphylla*, por exemplo, vêm sendo empregados com sucesso na aquicultura por
355 apresentarem propriedades anestésicas e sedativas para os animais
356 (ANANIAS et al., 2022; BRANDÃO et al., 2021; BECKER et al., 2017). Assim
357 como também são estudados determinados compostos isolados do extrato
358 dessas plantas como o mentol, extraído da *M. arvensis* (GONÇALVES et al.,
359 2008) e o eugenol, extraído do *S. aromaticum* (BECKER et al., 2012), os quais
360 se apresentam como excelentes anestésicos e sedativos para diferentes
361 espécies de peixes.

362 O *S. aromaticum*, conhecido popularmente como cravo da Índia, é a
363 principal planta que tem suas substâncias extraídas e empregadas como
364 anestésicos para peixes na atualidade. Os seus principais compostos são o
365 óleo de cravo e o eugenol (JAVAHERY et al., 2012).

366 A utilização do eugenol cresce continuamente no setor aquícola, em
367 suma por que é uma substância de fácil acesso, tem baixo custo, rápida ação,
368 diminui os efeitos estressores ocasionados no decorrer do manejo e apresenta
369 baixos índices residuais na carne (INOUE, et al., 2005).

370 Além da substância eugenol, outros extratos de espécies de plantas
371 como, por exemplo, a *Lippia*, foram avaliadas, como anestésico para peixes. A
372 utilização de *Lippia origanoides* em jundiá, *Rhamdia quelen*, apresentou
373 excelente atividade anestésica (BRANDÃO et al., 2021).

374 Os anestésicos advindos de extratos de planta têm apresentado alta
375 eficácia para a anestesia em peixes, porém estas são influenciadas por
376 diversos fatores mencionados anteriormente, por isso diversos estudos vêm
377 sendo realizados ao longo da última década para desenvolver protocolos de
378 uso dos óleos essenciais (OES) (AYDIN; BARBAS, 2020).

379 Entre os diversos óleos essenciais pesquisados, os OES extraídos de
380 plantas brasileiras têm sido amplamente explorados como anestésicos. Por
381 meio de banho de imersão, demonstrando a existência de novas alternativas
382 para uma futura regulamentação e comercialização no mercado local e global
383 (CUNHA et al., 2010; TONI et al., 2014).

384 **2.6 Potencial anestésico de óleos essenciais.**

385 Os óleos essenciais (OE), podem ser obtidos de diversas plantas, das
386 quais são extraídos os princípios ativos com propriedades anestésicas ou
387 sedativas. Os principais OE em estudo são o, *S. aromaticum*, (SIMÕES et al.,
388 2011), *A. triphylla* (GRESSLER et al., 2012), *Ocimum gratissimum* (LIMA et al.,
389 2021), *Lippia alba* (CUNHA et al., 2010a; BECKER et al., 2012).

390 O óleo de cravo é extraído via destilação das porções herbáceas de
391 flores, folhas e caule do cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), o qual contém
392 o princípio ativo eugenol (4-alil-2-metoxifenol). O óleo de cravo
393 tradicionalmente é usado como anestésico para seres humanos e possui
394 importantes propriedades antifúngicas e antibacterianas (KHEAWFU et al.,
395 2021). O eugenol, é o principal composto extraído do *S. aromaticum*, a
396 extração aproxima-se dos 80-95% (OLIVEIRA; ABREU-FILHO, 2012).

397 Outro composto amplamente estudado é o mentol, extraído da planta
398 *Mentha arvensis*, conhecida também como menta ou como hortelã, é
399 considerada medicinal e aromática, tendo diversas aplicações nas indústrias.
400 Entre as principais vantagens do uso do mentol como anestésico, estão a
401 facilidade de obtenção do produto uma vez que farmácias de manipulação
402 processam esta substância (FAÇANHA; GOMES 2005; AYDIN; BARBAS,
403 2020).

404 O mentol tem sido utilizado com sucesso na indução anestésica de
405 juvenis de *Lophiosilurus alexandri* (ANANIAS et al., 2022); *Centropomus*
406 *paralellus* (SEPULCHRO et al., 2016), no ciclídeo *Aulonocara nyassae*
407 (FERREIRA et al., 2020) dentre outras espécies. Segundo Botrel et al. (2017) o
408 período residual necessário para metabolização total do mentol no organismo
409 dos peixes é de 48 horas.

410 A *L. alba*, pertence à família Verbenaceae, espécie tropical originária
411 da América do Sul, Central e África, apresenta diferentes quimiotipos, sendo
412 conhecida pelos nomes populares, erva cidreira do campo, alecrim selvagem,
413 cidreira brava e falsa melissa. Pesquisas utilizando o OE de *L. alba* avaliaram
414 as propriedades anestésicas dessa planta em peixes teleósteos, principalmente
415 em relação ao tempo de indução e recuperação (LIMA et al., 2021).

416 Neste contexto a *L. alba* foi empregada com sucesso na indução
417 anestésica de *Serrasalmus eigenmanni* (ALMEIDA et al., 2019), *Serrasalmus*
418 *rhombeus* (ALMEIDA et al., 2018), *Rhamdia quelen* (SOUZA et al., 2017) e
419 *Piaractus mesopotamicus* × *Colossoma macropomum* (SENA et al., 2016).

420 A *A. triphylla* pertence à família Verbenaceae, e pode ser encontrada
421 em diversos países do norte da África, Índia, América do Norte e do Sul. As
422 espécies do gênero *Aloysia*, apresentam diversos nomes populares, como,
423 erva luísa, cidró, cidró pessegueiro, cidrão, cedrina ou mesmo cidrozinho. Em
424 suma suas folhas são usadas na medicina tradicional, por dispor de compostos
425 limoneno, β -citral, α -citral, espatulenol e óxido de cariofileno, que apresentam
426 propriedades anestésicas e antioxidantes (PARODI, 2020).

427 Assim como *L. alba*, os estudos com *A. triphylla* como anestésico para
428 peixes está direcionado ao tempo de indução, recuperação e concentrações
429 adequadas para as espécies, como por exemplo, *Colossoma macropomum*
430 (Brandão et al., 2021), *Serrasalmus eigenmanni* (ALMEIDA et al., 2019),
431 *Serrasalmus rhombeus* (ALMEIDA et al., 2018) e *Rhamdia quelen* (SANTOS et
432 al., 2017).

433 *Ocimum gratissimum* L., conhecido popularmente como alfavaca ou
434 manjerição, é uma especiaria muito utilizada na gastronomia como condimento
435 e na medicina tradicional como sedativo para o tratamento de estresse e dores
436 de cabeça. As propriedades sedativas e anestésicas deste óleo têm relação
437 direta com o receptor do ácido γ -aminobutírico (GABA), que corresponde a um
438 elemento neuroquímico inibitório no cérebro (LIMA et al., 2012).

439 *O. gratissimum* L. tem sido amplamente testado em espécies como
440 *Clarias gariepinus* (OKEY et al., 2022), *Danio rerio* (CAPPARUCCI et al., 2022),
441 *Lophiosilurus alexandri* (BOAVENTURA et al., 2020), *Pseudoplatystoma*
442 *reticulatum* (SILVA, MARTINS et al., 2020), *Astyanax bimaculatus* (SILVA, A. et
443 al., 2020), para avaliação anestésica e tem apresentado excelentes resultados.

O óleo essencial *Zingiber officinale* R. é extraído da planta Zingiberaceae nativa do Sudeste Asiático e da Índia (LORENZI; MATOS, 2008), o qual é conhecido popularmente como gengibre, atualmente é amplamente cultivado em terras brasileiras, sendo tradicionalmente aplicado para fins medicinais como: inflamação, problemas imunológicos e dor. Na aquicultura seu emprego tem se dado na adição às rações a fim de melhorar a saúde e o estado fisiológico de peixes submetidos a desafios bacterianos (COSTA, 2020; MONTEIRO et al., 2021).

O uso do óleo essencial *Z. officinale* apresentou potencial como anestésico para *Pseudoplatystoma reticulatum* (SILVA et al., 2020), visto que este óleo apresenta potencial anestésico, mais estudos devem ser realizados em diferentes espécies a fim de se determinar as melhores concentrações deste óleo como anestésico.

2.7 *Zingiber officinale*

O *Zingiber officinale* pertence à família Zingiberaceae, é considerado uma planta medicinal amplamente utilizada na medicina popular e tradicional. O *Z. officinale* é extraído dos rizomas do gengibre e a composição química do óleo essencial é influenciada pela região geográfica, métodos de extração, frescor ou secura dos rizomas. O rendimento do óleo essencial de *Z. officinale* (OEZO), varia entre 1 a 3% a depender dos fatores supracitados. (MAHBOUBI, 2019).

Os compostos do OEZO, sofrem variações de acordo com os métodos de extração, os principais bioativos encontrados para o OEZO fresco, são o geraniol (15%); β -zingibereno (12,2%); 1,8-cineol+limoneno+ β -felandreno (10,5%); neral (8,9%); β -sesquifelandreno (6,5%) e β -bisaboleno (5,6%) (ZHANG et al., 2021). Todavia para o OEZO extraído de rizomas secos os componentes mais encontrados são, β -zingibereno (28,1%); β -sesquifelandreno (10,6%); geraniol (9,0%); β -bisaboleno (8,4%); neral (5,3%); 1,8-cineol +limoneno+ β -felandreno (4,5%) (MAHBOUBI, 2019).

Um fator intrínseco à composição química do óleo ocorre em função do método de extração. O OEZO brasileiro, é extraído pelo método de hidrodestilação, apresentando como principais componentes, o α -zingibereno,

476 composto mais abundante nos rizomas de gengibre brasileiro, β -
477 sesquifelandreno, α -curcumeno, α -farneseno, β -bisaboleno e geranial
478 (YAMAMOTO-RIBEIRO et al., 2013; MESOMO et al., 2013).

479 Moreira (2021), testando diferentes concentrações de indução e
480 recuperação com OEZO em juvenis de pacus (*Piaractus mesopotamicus*),
481 relatou que o OEZO apresentou três principais constituintes: zingiberene
482 (32.27%); β -sesquiphellandrene (18.42%); β -bisabolene (13.93%), sendo que o
483 zingiberene é o componente principal do gengibre, por isso esse composto
484 sempre aparece com maior porcentagem. Neste trabalho, o OEZO foi extraído
485 por hidrodestilação por meio de um aparelho de Clevenger. A parte da planta
486 utilizada nesse processo foram os rizomas de *Z. officinale*, pois nessa parte há
487 maior concentração dos componentes do gengibre.

488 Sendo assim, é necessário estabelecer uma metodologia clara, tanto
489 para coleta quanto para a extração do óleo dos rizomas de gengibre. Pois
490 estes fatores auxiliam no entendimento do perfil químico que o óleo essencial
491 apresenta (MAHBOUBI, 2019).

492 Neste contexto, os extratos de hidroetanol de gengibre usualmente são
493 aplicados na medicina como agentes anti-inflamatórios; anticancerígenos;
494 antidiabéticos, antioxidante, analgésicos e anestésicos (SHARIFI-RAD et al.,
495 2017; ZHANG et al., 2021;).

496 Atualmente, cada vez mais estudos estão sendo realizados para avaliar
497 os benefícios do gengibre e de seus compostos ativos à saúde, uma vez que
498 os componentes bioativos do gengibre são rapidamente absorvidos e
499 amplamente metabolizados por humanos e animais (ZHANG et al., 2021).

500 Com relação ao teste com anestésicos, foram encontrados dois
501 trabalhos realizados com o OEZO. Moreira (2021), relatou que o uso do OEZO
502 foi capaz de anestésiar os juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) nas
503 dosagens de 300, 400 e 500 mg L⁻¹.

504 No entanto, a dosagem de 400 mg L⁻¹ de OEZO foi a mais apropriada
505 para os peixes, pois apresentou menor tempo de indução anestésica e também
506 promoveu menor alteração hematológica (ANUZHIA, 2021). Já para o
507 transporte, Moreira (2021) avaliando três concentrações de OEZO; 10 mg L⁻¹;
508 20 mg L⁻¹ e 30 mg L⁻¹, concluíram que a aplicação do OEZO contribuiu
509 positivamente para a manutenção da qualidade da água durante o transporte.

510 Sendo que, a concentração 20 mg L⁻¹ de OEZO é a mais indicada para o
511 transporte de pacu.

512 Em contrapartida Silva et al (2020), ao testar o óleo essencial *Z.*
513 *officinale* em três concentrações 100, 150 e 200 mg L⁻¹, para
514 *Pseudoplatystoma reticulatum*, observou que o anestésico é capaz de induzir
515 anestesia, contudo, o OE de *Z. officinale* teve o menor tempo de indução
516 anestésica em 647,8 s (± 64,8) para a maior concentração testada 200 mg L⁻¹,
517 valor este fora do tempo ideal de indução anestésica preconizada na literatura
518 (ROSS, ROSS, 2008).

519 Neste sentido, faz-se necessário mais estudos com esse tipo de óleo
520 com as mais diversas espécies de peixes, uma vez que os estudos com o
521 OEZO ainda são escassos.

522 3. OBJETIVOS

523 3.1 Objetivo Geral

524 Avaliar o efeito anestésico do óleo essencial *Zingiber officinale* para
525 *Astyanax lacustris* (lambari-do-rabo-amarelo), em situações de biometria.

526 3.2 Objetivos Específicos

527 • Avaliar os tempos de indução e de recuperação anestésica de
528 *Astyanax lacustris* (lambari-do-rabo-amarelo), exposto a diferentes
529 concentrações do óleo essencial *Zingiber officinale*.

530 • Avaliar a frequência ventilatória de *Astyanax lacustris* (lambari do
531 rabo amarelo), exposto a diferentes concentrações do óleo essencial *Zingiber*
532 *officinale*.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E. G.; CASTELLANI, D. Exigências nutricionais de aminoácidos para o lambari-do-rabo-amarelo baseadas na composição da carcaça e do músculo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 1, p. 31-38, 2011.
- ALMEIDA, A. P. G. et al. Essential oils and eugenol as anesthetics for *serrasalmus rhombeus* [Óleos essenciais e eugenol como anestésico para *serrasalmus rhombeus*]. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 44, n. 1, p. 44-50 2018.
- ALMEIDA, A. P. G. et al. Stress-reducing and anesthetic effects of the essential oils of *Aloysia triphylla* and *Lippia alba* on *Serrasalmus eigenmanni* (Characiformes: Serrasalminidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 17, 2019.
- ANANIAS, I. de M. C. et al. Menthol as anesthetic for juvenile *Lophiosilurus alexandri*: Induction and recovery time, ventilatory frequency, hematology and blood biochemistry. **Aquaculture**, v. 546, p. 737373, 2022.
- AYDIN, B.; BARBAS, L. A. L. Sedative and anesthetic properties of essential oils and their active compounds in fish: A review. **Aquaculture**, v. 520, p. 734999, 2020.
- AYDIN, B; BARBAS, L. A. L. Sedative and anesthetic properties of essential oils and their active compounds in fish: A review. **Aquaculture**, v. 520, p. 734999, 2020.
- BALDISSEROTTO, B. Piscicultura continental no Rio Grande do Sul: situação atual, problemas e perspectivas para o futuro. **Ciência rural**, v. 39, p. 291-299, 2009
- BALDISSERA, M. D.; et al., *Melaleuca alternifolia* essential oil prevents bioenergetics dysfunction in spleen of *silver catfish* naturally infected with *Ichthyophthirius multifiliis*. **Microbial pathogenesis**, v. 123, p. 47-51, 2018.
- BARBAS, L.A.L.; et al. Essential oil of citronella modulates electrophysiological responses in tambaqui *Colossoma macropomum*: A new anaesthetic for use in fish. **Aquaculture**, v. 479, p. 60–68, 2017.

560 BELMUDES, D., et al. Sustainability analysis of the production of early stages
561 of the atlantic forest lambari (*Deuterodon iguape*) in a public hatchery at a rainforest
562 conservation area. **Sustainability**, v. 13, n. 11, p. 5934, 2021.

563 BECKER, A.G, et al. Can the essential oil of *Aloysia triphylla* have anesthetic
564 effect and improve the physiological parameters of the carnivorous freshwater catfish
565 *Lophiosilurus alexandri* after transport? **Aquaculture**, V. 481, p. 184–190, 2017.

566 BOAVENTURA, et al. Essential oil of *Ocimum gratissimum* (Linnaeus, 1753)
567 as anesthetic for *Lophiosilurus alexandri*: Induction, recovery, hematology,
568 biochemistry and oxidative stress. **Aquaculture**, v. 529, p. 735676, 2020.

569 BOAVENTURA, et al. The use of *Ocimum gratissimum* L. essential oil during
570 transportation of *Lophiosilurus alexandri*: Water quality, hematology, blood
571 biochemistry and oxidative stress. **Aquaculture**, 531, 73596, 2021.

572 BOTREL, B. M. C. et al. Residual determination of anesthetic menthol in
573 fishes by SDME/GC–MS. **Food chemistry**, v. 229, p. 674-679, 2017.

574 BOYD, C. E. et al. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current
575 perspectives and future needs and challenges. **Journal of the World Aquaculture**
576 **Society**, v. 51, n. 3, p. 578-633, 2020.

577 BRAMBILA-SOUZA, G. et al. Thermal manipulation and GnRHa therapy
578 applied to the reproduction of lambari-do-rabo-amarelo, *Astyanax altiparanae*
579 females (Characiformes: Characidae) during the non-breeding season. **General and**
580 **Comparative Endocrinology**, v. 279, p. 120-128, 2019.

581 BRANDÃO, F. R. et al. Anesthetic potential of the essential oils of *Aloysia*
582 *triphylla*, *Lippia sidoides* and *Mentha piperita* for *Colossoma macropomum*.
583 **Aquaculture**, v. 534, p. 736275, 2021.

584 BURKA, J. F. et al. Drugs in salmonid aquaculture—a review. **Journal of**
585 **veterinary pharmacology and therapeutics**, v. 20, n. 5, p. 333-349, 1997.

586 CARDOSO, A. J. S. et al. Ginger oil, *Zingiber officinale*, improve palatability,
587 growth and nutrient utilisation efficiency in Nile tilapia fed with excess of starch.
588 **Animal Feed Science and Technology**, v. 272, p. 114756, 2021.

589 COSTA, C. M. S. et al. Efficacy of the essential oils of *Mentha piperita*, *Lippia*
 590 *alba* and *Zingiber officinale* to control the acanthocephalan *Neoechinorhynchus*
 591 *buttnerae* in *Colossoma macropomum*. **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100414,
 592 2020.

593 CONCEA – Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal.
 594 Resolução Normativa Nº 44, de 1 de AGOSTO de 2019. Baixa o Capítulo "Peixes
 595 mantidos em instalações de instituições de ensino ou pesquisa científica - II" do Guia
 596 Brasileiro de Produção, Manutenção ou Utilização de Animais para Atividades de
 597 Ensino ou Pesquisa Científica- DBCA. Diário Oficial da União de 05 de agosto de
 598 2019.

599 CUNHA, M. A. et al. Essential oil of *Lippia alba*: a new anesthetic for *silver*
 600 *catfish*, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v. 306, n. 1-4, p. 403-406, 2010.

601 CHUNG, S. et al. Essential oil from ginger influences the growth,
 602 haematological and biochemical variables and histomorphometry of intestine and
 603 liver of Nile tilapia juveniles. **Aquaculture**, v. 534, p. 736325, 2021. DAWOOD, M. A.
 604 O et al. Antiparasitic and antibacterial functionality of essential oils: An alternative
 605 approach for sustainable aquaculture. **Pathogens**, v. 10, n. 2, p. 185, 2021.

606 EVANGELISTA, M.M., et al. Environmental manipulation on *Astyanax*
 607 *altiparanae* out-of-season spawning. **Latin american journal of aquatic research**,
 608 v. 47, n. 2, p. 292–302, 2019.

609 FAÇANHA, M. F.; GOMES, L. C. A. Eficácia do mentol como anestésico para
 610 tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characiformes: Characidae). **Acta Amazonica**,
 611 v. 35, n. 1, p. 71-75, 2005.

612 FRANMIR, B. R. et al. Essential oils as anaesthetics and sedatives in native
 613 Brazilian fish, with a special emphasis on *Colossoma macropomum*: A review.
 614 **Aquaculture Research**, v. 53, p. 767–781, 2022.

615 FERREIRA, A. L. et al. Benzocaine and menthol as anesthetics for the *African*
 616 *cichlid* *Aulonocara nyassae*. **Aquaculture International**, v. 28, n. 5, p. 1837-1846,
 617 2020.

- 618 FLEMING, G. J. et al. Evaluation of propofol and medetomidine–ketamine for
 619 short-term immobilization of Gulf of Mexico sturgeon (*Acipenser oxyrinchus de*
 620 *soti*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 34, n. 2, p. 153-158, 2003.
- 621 FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). The State of World
 622 Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. **Roma, FAO**; 2022.
- 623 FUJIMOTO, R. Y. et al. Efeito da suplementação alimentar com cromo
 624 trivalente em pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmeberg, 1887) mantido em
 625 diferentes densidades de estocagem. Parâmetros Fisiológicos. **Instituto da Pesca**,
 626 São Paulo, v. 31, n. 2, p. 155-162, 2005.
- 627 GONÇALVES, A. F. N. et al. Mentol e eugenol como substitutos da
 628 benzocaína na indução anestésica de juvenis de pacu. **Acta scientiarum. Animal**
 629 **sciences**, v. 30, n. 3, p. 339-344, 2008.
- 630 GONÇALVES, L. U. et al. The fatty acid compositions of total, neutral and
 631 polar lipids in wild and farmed lambari (*Astyanax altiparanae*) (Garutti & Britski, 2000)
 632 broodstock. **Aquaculture Research**, v. 45, n. 2, p. 195-203, 2014.
- 633 GRESSLER, L. T. et al. *Silver catfish, Rhamdia quelen* immersion anaesthesia
 634 with essential oil of *Aloysia triphylla* (L'Hérit) Britton or tricaine methanesulfonate:
 635 effect on stress response and antioxidant status. **Aquaculture research**, v. 45, n. 6,
 636 p. 1061-1072, 2014.
- 637 HEATH, A. G. Ventilatory responses of teleost fish to exercise and thermal
 638 stress. **American Zoologist**, v. 13, n. 2, p. 491-503, 1973.
- 639 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo
 640 da Pecuária Municipal de 2021. Disponível em:
 641 < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/18/16459> > 20 de março de 2023.
- 642 INOUE, L. A. K. A; SANTOS N, C; MORAES, G. Benzocaína como
 643 anestésico para juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*). **Boletim técnico do CEPTA**,
 644 Pirassununga, v.15, p.23-30, 2002.

- 645 INOUE, L. A. K. A; SANTOS N. C.; MORAES, G. Clove oil as anaesthetic for
 646 juveniles of *matrinxã* *Brycon cephalus* (Gunther, 1869). **Ciência Rural**, v. 33, p. 943-
 647 947, 2003.
- 648 INOUE, L. A. K. A. et al, Assessment of 2-phenoxyethanol and benzocaine as
 649 anesthetics for field procedures in matrinxa (*Brycon cephalus*). **Biodiversidade**
 650 **Pampeana, Uruguaiana**, v. 2, p. 10-15, 2004.
- 651 JAVAHERY, S.; NEKOUBIN, H.; MORADLU, A. H. Effect of anaesthesia with
 652 clove oil in fish. **Fish physiology and biochemistry**, v. 38, n. 6, p. 1545-1552, 2012.
- 653 KEENE, J. et al. THE EFFICACY OF CLOVIL OIL AS NA ANESTHETIC OF
 654 RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) (Walbaum). **Aquaculture research**, V.
 655 29, p. 89-115, 1998.
- 656 KHEAWFU, K; et al. Design and optimization of self-nanoemulsifying drug
 657 delivery systems of clove oil for efficacy enhancement in fish anesthesia. **Journal of**
 658 **Drug Delivery Science and Technology**, v. 61, p. 102241, 2021.
- 659 LIMA, L. S. de et al. Essential oil of *Ocimum gratissimum* L.: Anesthetic
 660 effects, mechanism of action and tolerance in *silver catfish*, *Rhamdia*
 661 *quelen*. **Aquaculture**, v. 350, p. 91-97, 2012.
- 662 LIMA, A.F. et al. Biometria de peixes: piscicultura familiar. **Embrapa Pesca e**
 663 **Aquicultura**, 2013.
- 664 LIMA, C. L. et al. Eugenol and *Lippia alba* essential oils as effective
 665 anesthetics for the Amazonian freshwater stingray *Potamotrygon wallacei*
 666 (*Chondrichthyes*, *Potamotrygonidae*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 47, n.
 667 6, p. 2101-2120, 2021.
- 668 LORENZI, H., MATOS, F. J. A. Plantas Medicinais No Brasil: Nativas E
 669 Exóticas, 2th ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 2008.
- 670 LUCENA, C. A. S. de; SOARES, H. G. Review of species of the *Astyanax*
 671 *bimaculatus* “caudal peduncle spot” subgroup sensu Garutti & Langeani
 672 (*Characiformes*, *Characidae*) from the rio La Plata and rio São Francisco drainages

673 and coastal systems of southern Brazil and Uruguay. **Zootaxa**, [S.L.], v. 4072, n. 1,
674 p. 101, 2016.

675 MAHBOUBI, M. Zingiber officinale Rosc. essential oil, a review on its
676 composition and bioactivity. **Clinical Phytoscience**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2019.

677 MARTINS, C. I.; et al. Anaesthetic and analgesic used in adult fish for
678 research: a review. **Laboratory Animals**, v.23, n4., p325-341, 2018.

679 MEDEIROS, E.; BRITO, O. Uso de anestésicos na aquicultura como prática
680 de manejo e os fatores que interferem na anestesia. *In*: Cordeiro, Carlos Alberto
681 Martins; Sampaio, Dioniso de Souza; Holanda, Francisco Carlos Alberto Fonteles
682 (org.). **Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos**. 1.ed. São Paulo:
683 Editora Científica, 2021. cap. 14. v.2, p. 216-228.

684 MOHAMMADI, G. et al. Ginger (*Zingiber officinale*) extract affects growth
685 performance, body composition, haematology, serum and mucosal immune
686 parameters in common carp (*Cyprinus carpio*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 99,
687 p. 267-273, 2020.

688 MOREIRA, A. P. **Potencial anestésico do óleo essencial zingiber**
689 **officinale durante o manejo e transporte de pacu *Piaractus mesopotamicus***.
690 2022. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em
691 Zootecnia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana-MS, 2022.

692
693 MONTEIRO, P. C. et al. Dietary supplementation with essential oils of *Lippia*
694 *sidoides*, *Ocimum gratissimum* and *Zingiber officinale* on the growth and hemato-
695 immunological parameters of *Colossoma macropomum* challenged with *Aeromonas*
696 *hydrophila*. **Aquaculture Reports**, v. 19, p. 100561, 2021.

697 NAYLOR, R. L. et al. A 20-year retrospective review of global aquaculture.
698 **Nature**, v. 591, n. 7851, p. 551-563, 2021.

699 OH, H. Y. et al. Dietary Supplementation with Ginger (*Zingiber officinale*)
700 Residue from Juice Extraction Improves Juvenile Black Rockfish (*Sebastes*

- 701 *schlegelii*) Growth Performance, Antioxidant Enzyme Activity, and Resistance to
 702 Streptococcus iniae Infection. **Animals**, v. 12, n. 5, p. 546, 2022.
- 703 OBA, E. T.; MARIANO, W. S.; SANTOS, L. R. B. Estresse em peixes
 704 cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. In: TAVARES- DIAS,
 705 M. (Org). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**,2009, p. 226-247.
- 706 OLIVEIRA, J. G. ABREU-FILHO, B. A. Propriedade antimicrobiana do eugenol
 707 frente às amostras de *Alicyclobacillus spp.* Isoladas de suco de laranja. **Rev Inst**
 708 **Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, 2012.
- 709 OKEY, I. B. et al. Haematological and Biochemical responses in African
 710 catfish,(*Clarias gariepinus*) juveniles immobilized with clove basil,(*Ocimum*
 711 *gratissimum*) powder Anaesthetic. **J Aquat Sci Ocean-ogr**, v. 3, p. 102, 2022.
- 712 PARODI, T. V. et al. Chemical composition of the essential oil of *Aloysia*
 713 *triphylla* under seasonal influence and its anaesthetic activity in fish. **Aquaculture**
 714 **Research**, v. 51, n. 6, p. 2515-2524, 2020.
- 715 PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. Anuário de 2022. Peixe BR
 716 da Piscicultura.
- 717 PÉREZ-GIANESELLI, M.; FLORES-QUINTANA, C. Anestésicos usados para
 718 minimizar strés en peces en la piscicultura. **Manejo e Sanidade de Peixes em**
 719 **Cultivo. Macapá: Embrapa Amapá**, p. 248-269, 2009.
- 720 PORTO-FORESTI. et al. Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo
 721 (*Astyanax altiparanae*). In: Espécies nativas para piscicultura no Brasil. **Santa Maria:**
 722 **UFSM**, cap.4, p. 111-16, 2010.
- 723 PURBOSARI, N. et al. Natural versus synthetic anesthetic for transport of live
 724 fish: A review. **Aquaculture and Fisheries**, v. 4, n. 4, p. 129-133, 2019.
- 725 ROOHI, Z.; IMANPOOR, M. R. The efficacy of the oils of spearmint and
 726 menthyl salicylate as new anesthetics and their effect on glucose levels in common
 727 carp (*Cyprinus carpio L.*, 1758) juveniles. **Aquaculture**,v. 437, p. 327-332, 2015.

- 728 RODRIGUES, P.; et al. Nociceptive-like behavior analgesia in silver catfish
729 (*Rhamdia quelen*). **Physiology & Behavior**, v.210, 2019.
- 730 ROSS, L.G.; ROSS, B. Anaesthetic and sedative techniques for aquatic
731 animals. Oxford: Blackwell Publishing, 2008, 240 p.
- 732 ROSS, L. G.; ROSS, B. Anaesthetic and sedative techniques for aquatic
733 animals. **John Wiley & Sons**, 2009.
- 734 ROUBACH R.; GOMES L. Uso de anestésicos durante o manejo de peixes.
735 **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 11, p. 37-40, 2001.
- 736 SEPULCHRO, L. C. O. R; CARVALHO, M. A. G.; GOMES, L. C. Salinity does
737 not alter the effectiveness of menthol as an anesthetic and sedative during the
738 handling and transport f juvenile fat snook (*Centropomus parallelus*). **Brazilian**
739 **Journal Biology**, v. 76, n. 3, p. 757-763, 2016.
- 740 SILVA, et al. Essential oils of *Ocimum gratissimum* and *Zingiber officinale* as
741 anesthetics for the South American catfish *Pseudoplatystoma reticulatum*.
742 **Aquaculture**, 528, 735595, 2020.
- 743 SILVA, A. et al. Assessment of induction and recovery times of anaesthesia in
744 *Astyanax bimaculatus* using 2-phenoxyethanol and the essential oils of *Melaleuca*
745 *alternifolia* and *Ocimum gratissimum*. **Aquaculture Research**, v. 51, p. 577–583,
746 2020.
- 747 SIMÕES, L. N. et al. Efficacy of clove oil as anesthetic in handling and
748 transportation of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Actinopterygii: Cichlidae)
749 juveniles. **Zoologia (curitiba)**, v. 28, p. 285-290, 2011.
- 750 SNUOSSI, M. et al. *Laurus nobilis*, *Zingiber officinale* and *Anethum*
751 *graveolens* essential oils: Composition, antioxidant and antibacterial activities against
752 bacteria isolated from fish and shellfish. **Molecules**, v. 21, n. 10, p. 1414, 2016.

- 753 SOUZA, R. A. R. et al. Efeito comparativo da benzocaína, mentol e eugenol
754 como anestésicos para juvenis de robalo peva. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.
755 38, n. 3, p. 247-255, 2012.
- 756 SOUZA, C. F. et al. Physiological responses of *Rhamdia quelen* (Siluriformes:
757 Heptapteridae) to anesthesia with essential oils from two different chemotypes of
758 *Lippia alba*. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, 2017.
- 759 SOUZA, C. F. et al. *Melaleuca alternifolia* essential oil nanoparticles
760 ameliorate the hepatic antioxidant/oxidant status of silver catfish experimentally
761 infected with *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbial pathogenesis*, v. 108, p. 61-65,
762 2017.
- 763 SOUZA C. C. M. et al. Efficacy of the essential oils of *Mentha piperita*, *Lippia*
764 *alba* and *Zingiber officinale* to control the acanthocephalan *Neoechinorhynchus*
765 *buttnerae* in *Colossoma macropomum*. **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100414,
766 2020.
- 767 SOUZA, C. F. et al. Essential oils as stress-reducing agents for fish
768 aquaculture: a review. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 785, 2019.
- 769 SUBASINGHE, R; SOTO, D; JIA, J. Global aquaculture and its role in
770 sustainable development. **Reviews in aquaculture**, v. 1, n. 1, p. 2-9, 2009.
- 771 TAVARES-DIAS, M. et al. Anestesia com aspersão de *Lippia alba* nas
772 brânquias de Pirarucu. **Comunicado Técnico da Embrapa**, Macapá, n. 138, p.2-3,
773 2015.
- 774 TONI, C. et al. Fish anesthesia: effects of the essential oils of *Hesperozygis*
775 *ringens* and *Lippia alba* on the biochemistry and physiology of silver catfish (*Rhamdia*
776 *quelen*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 40, n. 3, p. 701-714, 2014.
- 777 TREVES-BROWN, K. M. Applied fish pharmacology. **Dordrecht: Kluwer**
778 **Academic**. p.209-211, 2000.
- 779 TRUSHENSKI, J. T. et al. Issues regarding the use of sedatives in fisheries
780 and the need for immediate-release options. **Transactions of the American**
781 **Fisheries Society**, v.142, p.156-170, 2013.

- 782 VANDERZWALMEN, M. et al. The use of feed and water additives for live fish
783 transport. **Reviews in Aquaculture**, v. 11, p. 263–278, 2019.
- 784 VIDAL, L. V. O. et al. Influência do peso de juvenis de matrinxã (*Brycon*
785 *cephallus*) e Tambaqui (*Colossoma macropomum*) à ação anestésica do eugenol.
786 **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 8, n. 3, p. 212-216,
787 2007.
- 788 ZAHL, I. H; SAMUELSEN, O; KIESSLING, A. Anaesthesia of farmed fish:
789 implications for welfare. **Fish physiology and biochemistry**, v. 38, n. 1, p. 201-218,
790 2012.
- 791 ZHANG et al. (2021). Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) and its bioactive
792 components are potential resources for health beneficial agents. **Phytotherapy**
793 **Research**, v. 35, n. 2, p. 711-742.
- 794 WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological**
795 **reviews**, v. 77, n. 3, p. 591-625, 1997.

O artigo foi elaborado de acordo com as normas da Revista: Revista Brasileira de Zootecnia.

CAPÍTULO 2.

Potencial anestésico do *Zingiber officinale* em *Astyanax lacustris* (lambari-do-rabo-amarelo).

Brenda Aparecida de Oliveira Silva¹, Andre Lima Ferreira¹, Cristiane Meldau Campos¹, Rubia Mara Gomes², Rômulo Almeida², André Luiz Julien Ferraz¹, Deliane Cristina Costa¹

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil, Unidade de Aquidauana.
oliveira.brendaap@gmail.com

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

RESUMO:

Avaliou-se com este estudo o óleo essencial de gengibre *Zingiber officinale* (OEZO) como anestésico para fêmeas e machos de *Astyanax lacustris*. Para ambos os sexos foram testadas cinco concentrações (75, 150, 300, 450 e 600 $\mu\text{L L}^{-1}$), e um controle (5 ml de Álcool 70). Machos com peso médio de 7,40 ($\pm$ 2,60 g) e fêmeas com peso médio de 18,86 ($\pm$ 0,85 g) foram utilizados para fornecer 10 repetições por tratamento, sendo cada peixe considerado uma repetição. Para a avaliação do tempo da indução e recuperação do anestésico, os peixes foram avaliados individualmente com uso de cronômetro para marcar o tempo e contador para mensurar a frequência ventilatória (FV). Para as fêmeas, o tempo de indução apresentou efeito linear platô ($P < 0.05$) entre as concentrações avaliadas, com ponto de inflexão em 189,30 mg L^{-1} . O tempo de recuperação também apresentou efeito linear platô ($P < 0,05$) entre as concentrações avaliadas, com ponto de inflexão em 185,60 mg L^{-1} . A FV durante a indução nas fêmeas, apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) entre as concentrações estudadas. Durante a recuperação, a FV apresentou efeito linear inverso ($P < 0,05$) entre as concentrações avaliadas e variou de 99,71 – 166,23 batimentos minuto^{-1} . Nos machos, o tempo de indução apresentou efeito quadrático ($P < 0.05$) entre as concentrações de OEZO avaliadas, com ponto de mínimo em 410,67 $\mu\text{L L}^{-1}$. Já, o tempo de recuperação apresentou efeito linear platô ($P < 0.05$) entre as concentrações estudadas, com ponto de inflexão em 156,90 $\mu\text{L L}^{-1}$. Para os machos a FV na indução apresentou efeito linear platô ($P < 0,05$) e apartir de 320,10 $\mu\text{L L}^{-1}$, a FV foi constante. A FV na recuperação nos machos apresentou também efeito linear platô ($P < 0,05$), com ponto de inflexão em 167,10 $\mu\text{L L}^{-1}$. OEZO pode ser utilizado para anestesia de *A. lacustris* nas concentrações entre 189,30 -600 $\mu\text{L L}^{-1}$ para fêmeas e 150-600 $\mu\text{L L}^{-1}$ para machos.

PALAVRA-CHAVE: ANESTESIA; EXTRATO NATURAL; MANEJO ESTRESSANTE

**Anesthetic potential of *Zingiber officinale* in *Astyanax lacustris* (yellowtail
lambari)**

ABSTRACT:

This study evaluated the essential oil *Zingiber officinale* (EOZO) as an anesthetic for females and males of *Astyanax lacustris*. For both genders, five concentrations (75, 150, 300, 450 and 600 $\mu\text{L L}^{-1}$) and a control (5 ml of Alcohol 70) were tested. Males with an average weight of 7.40 (± 2.60 g) and females with an average weight of 18.86 (± 0.85 g) were used to provide 10 replicates per treatment, each fish being considered a replicate. To evaluate the time of induction and recovery of the anesthetic, the fish were evaluated individually using a stopwatch to mark the time and a counter to measure the ventilatory rate (VF). For females, the induction time showed a linear plateau effect ($P < 0.05$) between the evaluated concentrations, with an inflection point at 189,30 $\mu\text{L L}^{-1}$. The recovery time also showed a linear plateau effect ($P < 0.05$) between the evaluated concentrations, with an inflection point at 185,60 $\mu\text{L L}^{-1}$. The FV during induction in females showed a quadratic effect ($P < 0,05$) between the studied concentrations. During recovery, VF showed an inverse linear effect ($P < 0,05$) between the evaluated concentrations and ranged from 99.71 – 166.23 beats-minute⁻¹. In males, the induction time showed a quadratic effect ($P < 0,05$) between the evaluated EOZO concentrations, with a minimum point of 410.67 $\mu\text{L L}^{-1}$. On the other hand, the recovery time showed a linear plateau effect ($P < 0,05$) between the concentrations studied, with an inflection point at 156.90 $\mu\text{L L}^{-1}$. For males, the FV at induction showed a linear plateau effect ($P < 0,05$) and from 320.10 $\mu\text{L L}^{-1}$, the FV was constant. The VF in recovery in males also showed a linear plateau effect ($P < 0,05$), with an inflection point at 167.10 $\mu\text{L L}^{-1}$. EOZO can be used for anesthesia of *A. lacustris* at concentrations between 189.30 -600 $\mu\text{L L}^{-1}$ for females and 150-600 $\mu\text{L L}^{-1}$ for males.

KEY WORDS: ANESTHESIA; NATURAL EXTRACT; STRESS HANDLING

1. INTRODUÇÃO

Durante o cultivo, os animais são constantemente submetidos a condições de estresse durante operações de manejo como, biometria, transporte, sexagem, entre outras (Brandão et al, 2021; Tavares-dias et al., 2015). Neste contexto, o uso de anestésico em concentrações ideais durante as mais diversas operações de manejo, ou para fins de pesquisa, podem induzir a perda de consciência e reduzir o estresse associado ao manuseio (Ross; Ross, 2008).

O uso dos anestésicos é importante para proporcionar bem-estar, prevenir lesões no corpo e brânquias, reduzir a perda de escamas causada pela hiperatividade dos animais e facilitar o trabalho dos operadores envolvidos no manejo/manipulação dos peixes (Javahery et al., 2012; Benovit et al., 2015; Roohi e Imanpoor, 2015; Aydın e Barbas, 2020).

De modo geral a eficácia de um anestésico está associada a diversos fatores como, tempo de indução e recuperação (Ross; Ross, 2008), preço, disponibilidade no mercado e não ser tóxico ao animal ou ao meio ambiente (Souza et al., 2021). Ademais, a excreção dos metabólitos presentes nos anestésicos deve ser rápida, evitando o acúmulo destes compostos nos tecidos dos animais o que consequentemente pode causar problemas para consumo humano (Azad et al., 2014; Roohi e Imanpoor, 2015).

Os anestésicos utilizados em peixes podem ser divididos nas categorias de produtos sintéticos e naturais (à base de plantas). Com relação aos sintéticos, pesquisas indicam que além do alto custo, alguns destes anestésicos podem desencadear efeitos deletérios, como hiperatividade, hipersecreção de muco, lesão da córnea, irritação da pele e brânquias e hipóxia (Snedodon, 2012; Guardiola et al., 2016; Barbas et al., 2017). O anestésico sintético MS-222, é o único anestésico aprovado pela *Food & Drug*

884 *Administration* (FDA, EUA). No entanto, além do seu alto custo, este anestésico não é
885 encontrado com facilidade em diversos países (Popovic et al., 2012).

886 Neste cenário, o uso de extratos de plantas, como óleos essenciais (OE) e seus
887 compostos bioativos, tais como *Syzygium aromaticum*, *Lippia alba* (Almeida et al., 2019;
888 Lima et al., 2021); *Ocimum gratissimum*, *Zingiber officinale* (Boaventura, 2020; Silva et al.,
889 2020) , mentol (Ferreira et al., 2020), *Zingiber officinale* (Silva, Martins et al., 2020),
890 *Menta piperita*, *Lavandula angustifolia* entre outros (Aydın e Barbas, 2020) podem ser
891 utilizados com sucesso como anestésicos para peixes.

892 Esses OE podem representar fontes alternativas, eficazes, seguras e menos
893 dispendiosas quando comparadas com os anestésicos sintéticos atualmente disponíveis
894 no mercado (Taheri Mirghaied et al., 2018; Aydın e Barbas 2020; Dawood et al., 2021). No
895 entanto, algumas pesquisas indicam que o uso dos OEs deve ser cuidadosamente
896 avaliado, uma vez que alguns dos compostos presentes nestes OEs, podem causar
897 contrações musculares involuntárias e mortalidades (Benovit et al., 2015; Bianchini et
898 al., 2017).

899 O óleo essencial *Zingiber officinale* R. (OEZO), é extraído dos rizomas do gengibre,
900 planta nativa do Nordeste da Índia e Sudeste Asiático (Zhang et al., 2021). Os compostos
901 bioativos mais abundantes no OEZO são o α -zingibereno, β -sesquifelandreno, ar-
902 curcumeno, α -farneseno, β -bisaboleno e geranial (Mahboubi, 2019). Este anestésico foi
903 utilizado com sucesso na indução anestésica de *Pseudoplatystoma reticulatum* (Silva et
904 al., 2020). Os estudos com uso de OEZO para indução anestésica ainda são escassos na
905 literatura, carecendo de mais pesquisas.

906 O lambari-do-rabo amarelo (*Astyanax lacustris*), pertencente ao gênero
907 *A1styanax*, família Characidae, ordem Characiformes, é encontrado desde as bacias do
908 Brasil até a fronteira do México e Estados Unidos (Baldisserotto, 2009). No Brasil

apresenta ampla distribuição territorial, sendo um peixe de fácil reprodução, alto potencial produtivo e empregado como espécie modelo em diversas pesquisas (Lucena; Soares, 2016; Valladão et al., 2018; Gonçalves et al., 2014; Porto-Foresti et al., 2010).

Para *A. lacustris*, espécie nativa de grande importância para a piscicultura brasileira, é comum a utilização de benzocaína e eugenol como anestésico (Gimbo et al., 2008; Nascimento et al., 2020). No entanto, a literatura com uso de anestésicos naturais é escassa. Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo investigar os efeitos do óleo essencial *Zingiber officinale* como anestésico para o lambari-do-rabo-amarelo, *Astyanax lacustris*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local utilizado para realização do experimento

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS) sob o número de protocolo 024/2022. O experimento foi realizado no setor de Piscicultura da UEMS, Unidade de Aquidauana, localizada no município de Aquidauana – Mato Grosso do Sul.

2.2 Extração do óleo essencial

O óleo essencial *Zingiber officinale* (OEZO) foi extraído através de rizomas de gengibre por hidrodestilação, através de um aparelho do tipo Clevenger, no Laboratório de Plantas Medicinais e Fitoquímica da Embrapa da Amazônia, Amazonas, Brasil. Os compostos majoritários do óleo (OEZO) são: α -zingibereno (20,4%), citral (16,0%) e germacreno (12,5%) (Silva et al., 2020).

O OEZO necessita de previa diluição em álcool para sua completa dissolução em água. Desta forma, todas as concentrações do EOZO estudadas, foram previamente

diluídas em 5 mL de álcool etílico (70%). No grupo controle foram diluídos 5 mL de álcool etílico (70%) em 1 litro de água de cultivo (Ribeiro et al., 2015; Ribeiro et al., 2019).

2.3 Coleta e aclimação dos animais

Foram utilizados 120 peixes, sendo 60 fêmeas e 60 machos, coletados de hapas do setor de piscicultura da UEMS. Os animais foram separados por sexo e adensados em dois tanques devidamente identificados com capacidade de 500 litros cada, com aeração constante e renovação de 50% da água a cada dois dias. O período total para aclimação foi de sete dias.

Em ambas caixas de aclimação, os valores médios de temperatura foram de 24,5°C, 6,3 mg L⁻¹ de oxigênio dissolvido (oxímetro Alfakit/AT®- 160) e pH em torno de 6,79 (peagâmetro digital-Quimis® modelo Q400BC). Estes resultados estão de acordo com os recomendados para o desenvolvimento de peixes (Kubitza, 1998). Os animais foram alimentados duas vezes ao dia “*ad libitum*” com ração comercial de 2-4 mm de diâmetro, contendo 36% de proteína bruta, 12% de umidade, 7% de extrato etéreo e 13% de matéria mineral. Previamente a realização dos experimentos, todos os animais foram submetidos ao jejum de 24 horas.

2.4 Efeito anestésico

Duas classes separadas de acordo com o sexo (fêmeas e machos), foram utilizadas para avaliar o efeito anestésico do EOZO. Sendo, Fêmeas - 60 peixes pesando 18,86 ± 0,85 g (36,48 ± 2,82 mm); e Machos - 60 peixes pesando 7,40 ± 2,60 g (8,33 ± 0,86 cm). Seis concentrações do EOZO foram avaliadas para cada sexo de *A. lacustris*: 0 (controle – 5mL de álcool etílico), 75, 150, 300, 450 e 600 µL L⁻¹. Os experimentos foram conduzidos

independentemente para cada sexo, em delineamento inteiramente casualizado com 10 peixes para cada concentração, sendo cada animal considerado uma repetição.

A maioria dos protocolos de anestesia disponíveis na literatura evidenciam que anestesia e sedação são procedimentos adequados para operações que envolvam e biometria e transporte de peixes, por exemplo (Souza et al., 2019; Aydın e Barbas, 2020). Assim, para análise de indução e recuperação da anestesia, os peixes foram mantidos em jejum e depois aleatoriamente capturados um de cada vez e colocados em um béquer de 1 L contendo as concentrações a serem avaliadas. Os animais do grupo controle foram observados por 10 minutos (Ferreira et al., 2020).

O tempo de indução da anestesia foi medido através de um cronômetro digital (Akson AK68) e os animais foram considerados anestesiados quando atingiram o estágio de anestesia profunda, que se caracterizou pela ausência de natação e perda de equilíbrio e consciência (Small, 2003; Ross e Ross, 2008; Ferreira et al., 2021).

A frequência ventilatória (FV) dos peixes foi avaliada desde o início da indução anestésica pela contagem do número de batimentos operculares por minuto (adaptado de Alvarenga e Volpato, 1995). Assim, após a anestesia profunda, os animais foram pesados em balança analítica (Marte AD5002) e medidos com régua, procedimento (biometria) que levou cerca de 40 s.

Após indução, os peixes foram transferidos individualmente para um béquer de 1 L com água limpa (obtida do próprio sistema de cultivo) para recuperação anestésica, durante a qual foi avaliado o tempo de recuperação da anestesia e a FV. Os animais foram considerados recuperados quando apresentavam movimentos e equilíbrio na natação (Small, 2003; Ross e Ross, 2008). Ao final do experimento, os peixes de cada sexo e concentrações de EOZO foram alocados em suas unidades experimentais devidamente identificadas para observar a sobrevivência após 24 h.

980 2.5 Estatística

981 Os dados foram testados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e
982 homocedasticidade das variâncias (teste de Levene). ANOVA e análises de regressão
983 foram realizadas para verificar o melhor ajuste do modelo ($P < 0,05$). As análises foram
984 realizadas usando o software R.

985 3. RESULTADOS

986 Para as fêmeas, o tempo de indução demonstrou efeito linear platô ($P < 0,05$)
987 entre as concentrações de EOZO (Figura A), com ponto de inflexão em $189,30 \mu\text{L L}^{-1}$,
988 além do qual o tempo de indução foi constante. Ainda sobre as fêmeas, o tempo de
989 recuperação apresentou resposta efeito linear platô ($P < 0,05$) entre as concentrações de
990 EOZO (Figura C), com ponto de inflexão em $185,60 \mu\text{L L}^{-1}$, acima desse ponto, o tempo
991 de recuperação foi constante. Já, a FV durante a indução nas fêmeas, apresentou efeito
992 quadrático ($P < 0,05$) entre as concentrações estudadas (Figura B), com ponto de
993 máximo em $312,50 \mu\text{L L}^{-1}$. Logo, também nas fêmeas, a FV durante a recuperação
994 apresentou efeito linear inverso ($P < 0,05$) entre as concentrações avaliadas e variou de
995 $99,71 - 166,23$ batimentos minuto^{-1} (Figura D).

996 Para os machos, o tempo de indução apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$)
997 entre as concentrações de EOZO avaliadas, com ponto de mínimo em $410,67 \mu\text{L L}^{-1}$
998 (Figura A). O tempo de recuperação apresentou efeito linear platô ($P < 0,05$) entre as
999 concentrações estudadas, com ponto de inflexão em $156,90 \mu\text{L L}^{-1}$ (Figura C); acima
1000 desse ponto, o tempo de recuperação foi constante. Ainda sobre os machos, a FV durante
1001 a indução apresentou efeito linear platô ($P < 0,05$), com ponto de inflexão em $320,10 \mu\text{L}$
1002 L^{-1} , acima desse ponto, a FV na indução foi constante (Figura B). Logo, a FV na

1003 recuperação nos machos apresentou também efeito linear platô ($P < 0,05$), com ponto de
1004 inflexão em $167,10 \mu\text{L L}^{-1}$, acima desse ponto, a FV na recuperação foi constante.

1005 A sobrevivência foi de 100% imediatamente ao fim dos experimentos e 24 h após
1006 ao fim dos experimentos.

1007 **4. DISCUSSÃO**

1008 Os anestésicos são ferramentas importantes utilizados para facilitar o manejo,
1009 tanto na pesquisa, quanto durante a execução de práticas rotineiras no campo. O tempo
1010 de indução e recuperação recomendados para anestesia de peixes, deve ser considerado
1011 para que ocorra uma indução rápida (< 180 segundos) e rápida recuperação (< 300
1012 segundos) (Keene et al., 1998; Ross; Ross, 2008). Além disso, as concentrações ideais
1013 dos anestésicos, podem variar de acordo com a espécie e tamanho dos animais (Ross;
1014 Ross, 2008; Ferreira et al., 2020; Ferreira et al., 2021).

1015 No presente estudo, para as fêmeas com peso médio de 18 g, as concentrações
1016 entre $189,30$ e $600 \mu\text{L L}^{-1}$ de OEZO são indicadas, considerando que estão de acordo com
1017 os tempos preconizados para a anestesia de peixes (Ross; Ross, 2008). Já para os machos
1018 pesando em média 8 g, as concentrações entre 150 e $600 \mu\text{L L}^{-1}$ de OEZO são
1019 recomendadas.

1020 Contudo, se o manipulador deseja uma indução e recuperação mais rápida,
1021 independente do sexo, recomenda-se a concentração de $410,67 \mu\text{L L}^{-1}$ de OEZO. para
1022 realização de biometria de lotes em uma piscicultura comercial, por exemplo. Agora se o
1023 manejo for para seleção de reprodutores, separação ou repicagem de lotes e transportes
1024 (Oba et al., 2009). recomenda-se concentrações menores.

Silva et al. (2020) ao avaliarem o OEZO para *Pseudoplatystoma reticulatum* com peso médio de 40 g, recomendam para a completa anestesia com menor tempo de indução a concentração de 200 mg L⁻¹.

Já Ferreira et al. (2021) ao avaliarem o efeito anestésico de eugenol e mentol para duas classes de tamanhos de juvenis de pirapitinga *Piaractus brachypomus*, recomendaram as concentrações entre 50 e 100 mg L⁻¹ de eugenol para ambas as classes de tamanho. Contudo, para as concentrações de mentol, os autores recomendaram como ideais as concentrações entre 25 e 100 mg L⁻¹ para juvenis I (1 g) e entre 50 e 100 mg L⁻¹ para Juvenis II (16 g).

Gabriel et al. (2022) testaram diferentes concentrações (25, 50, 100 e 150 µl L⁻¹) do óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*) para a anestesia de juvenis de tilápia mossambicus (*Oreochromis mossambicus*), e observaram que todas as concentrações de óleo essencial de *O. vulgare* testadas, induzem a anestesia nos peixes. Os autores relataram ainda, que o tempo gasto para atingir a indução parcial ou anestesia profunda nos animais diminuiu com o aumento das concentrações a qual os animais são expostos.

Pereira-da-Silva et al. (2016) observaram que todas as concentrações de mentol testadas (50, 100, 150, 200, 250 e 300 µl L⁻¹) foram eficazes no processo de indução anestésica no lambari (*Astyanax altiparanae*).

A FV é um parâmetro (método não invasivo) utilizado para compreensão da fisiologia de peixes ao utilizarem anestésicos (Alvarenga e Volpato, 1995; Ferreira et al., 2020; Ferreira et al., 2021; Ananias et al., 2022). No presente estudo não foi possível estabelecer uma relação direta entre o aumento na concentração de OEZO e redução na FV para ambos os sexos de *A. lacustris*, como também observado por Silva et al. (2019) e Ferreira et al., (2020).

1049 Segundo esses pesquisadores, a dificuldade em estabelecer a relação entre
1050 aumento ou diminuição geral na resposta da FV, frente ao uso de anestésicos, pode ser
1051 explicada por respostas espécie-específicas, o que também pode ser compreendido no
1052 presente estudo. Nos peixes, de modo geral, pode se notar hiperventilação nos primeiros
1053 minutos em contato com o anestésico, e esse fato pode estar associado ao aumento no
1054 consumo de oxigênio durante a anestesia (Summerfelt e Smith, 1990). Entretanto, após
1055 esse contato inicial com o anestésico, os valores de FV reduzem consideravelmente
1056 (Becker et al., 2012).

1057 É preciso ressaltar que a resposta ao estresse é estimulada por distintos
1058 mecanismos fisiológicos, para compensar o desequilíbrio ocasionado por um fator
1059 estressante e recuperar o estado homeostático dos peixes (SOUZA, 2019). Neste
1060 contexto, os próprios anestésicos são considerados agentes estressores, pois quando o
1061 peixe entra em contato com o anestésico há uma irritabilidade nos primeiros segundos,
1062 contudo é necessário, pelos benefícios que a anestesia oferece.

1063 A hiperventilação, nos primeiros segundos é considerada como uma resposta ao
1064 estresse que o peixe sofre, a qual culmina com o aumento da taxa de captação de O₂
1065 pelas brânquias, que apresenta como consequência o aumento da taxa ventilatória,
1066 maior fluxo sanguíneo branquial e alteração da capacidade de difusão e transporte de O₂
1067 pelo sangue (Barreto e Volpato, 2004)

1068 Os peixes absorvem os anestésicos principalmente pelas brânquias, e quando em
1069 contato com estas substâncias anestésicas, apresentam como resposta secundária uma
1070 diminuição da frequência ventilatória e da respiração, causada por um efeito inibitório
1071 do anestésico no sistema respiratório segundos depois a indução anestésica (Keene et
1072 al., 1998). Em decorrência do potencial sedativo, o uso de anestésicos permite, que os

maneios sejam realizados sem maiores complicações, uma vez que reduz a movimentação excessiva dos peixes durante o manuseio (Vanderzwalm et al., 2019).

De acordo com Ross; Ross (2008) para um anestésico ser considerado eficiente, além de apresentar tempos de indução e recuperação curtos, os anestésicos não podem causar toxicidade aos animais, ocasionando, portanto, a mortalidade. O óleo essencial *Zingiber officinale*, não causou mortalidade quando utilizado como anestésico em fêmeas e machos de *A. lacustris* nas diferentes doses testadas.

Silva et al. (2020) ao avaliarem o uso dos óleos essenciais de *Melaleuca alternifolia* (200, 300, 400, 500 e 600 $\mu\text{l/L}^{-1}$) e *Ocimum gratissimum* (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 100, 150, 250 e 300 $\mu\text{l/L}^{-1}$) como anestésico para *Astyanax bimaculatus*, relataram que não ocorreu nenhuma mortalidade durante o desenvolvimento dos protocolos experimentais ou 24 horas após o término do estudo.

Segundo, Uehara et al. (2019), o uso do óleo essencial *Syzygium aromaticum* (eugenol) e *Mentha piperita* (mentol) (25, 50, 75, 100 e 125 mg/L^{-1}) como anestésicos para lambari-bocarra (*Oligosarcus argenteus*), não provocaram mortalidade 96 horas após a execução do experimento.

Pereira-da-Silva et al. (2016) ao testaram mentol (50, 100, 150, 200, 250 e 300 $\mu\text{l L}^{-1}$) como anestésico para alevinos de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) observaram sobrevivência de 100% imediatamente após a indução da anestesia e 96 h após o fim dos experimentos.

A exposição contínua do lambari (*Astyanax altiparanae*) as concentrações de 50, 100 e 150 $\text{mg } \mu\text{l L}^{-1}$ do óleo essencial *Mentha piperita* (mentol), resultaram em taxas de mortalidade 0%, 20% e 80%, respectivamente (Pereira-da-Silva et al., 2014).

O OEZO foi seguro e eficaz para anestesia de *A. lacustris* (fêmeas e machos) de acordo com os parâmetros avaliados.

5. CONCLUSÕES

O OEZO demonstrou efeito anestésico para ambos os sexos de *A. lacustris*. Para as fêmeas (peso médio de 18 g), recomenda-se as concentrações entre 189,3 – 600 µL L⁻¹ de OEZO. Enquanto, para os machos (peso médio de 8 g) são indicadas as concentrações entre 150 – 600 µL L⁻¹ de OEZO. Tais concentrações, nos apontaram tempos de anestesia dentro dos limites aceitáveis para anestesia de peixes. Contudo, futuras avaliações fisiológicas e histopatológicas são necessárias para verificar o verdadeiro efeito do OEZO para essa espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, R. P. (2007). Identification of essential oil componentes by gas chromatography/ quadrupole mass spectroscopy. 4. ed. Carol Stream, Illinois: **Allured Publishing Corporation**, 803.
- Almeida, A. P. G. et al. (2019). Stress-reducing and anesthetic effects of the essential oils of *Aloysia triphylla* and *Lippia alba* on *Serrasalmus eigenmanni* (Characiformes: Serrasalmidae). **Neotropical Ichthyology**, 17.
- Almeida A. P. G. et al. (2018). Essential oils and eugenol as anesthetics for *Serrasalmus rhombeus*. **Bol Inst Pesca**. 44(1):44-50.
- Amorim, L. C. A. (2003). Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, 6, 158-170.
- Alvarenga C. M. D; Volpato G. L. (1995) Agonistic profile and metabolism in alevins of the Nile tilapia. **Physiol Behav** 57(1):75-80.

- 1119 Ananias, I. M. C. et al. (2022). Menthol as anesthetic for juvenile *Lophiosilurus alexandri*:
 1120 Induction and recovery time, ventilatory frequency, hematology and blood biochemistry.
 1121 **Aquaculture**, 546, 737373.
- 1122 Aydin, B.; BARBAS, L. A. L. (2020). Sedative and anesthetic properties of essential oils
 1123 and their active compounds in fish: A review. **Aquaculture**, 520, 734999.
- 1124 Azad, I. S. et al. (2014). Antibacterial and immunity enhancement properties of
 1125 anaesthetic doses of thyme (*Thymus vulgaris*) oil and three other anaesthetics in
 1126 *Sparidentax hasta* and *Acanthopagrus latus*. **Journal of King Saud University-**
 1127 **Science**, 26(2), 101-106.
- 1128 Baldisserotto, B. (2009). Piscicultura continental no Rio Grande do Sul: situação atual,
 1129 problemas e perspectivas para o futuro. **Ciência rural**, 39, 291-299.
- 1130 Benovit, S. C. et al. (2015). Anesthetic activity and bio-guided fractionation of the
 1131 essential oil of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. in silver catfish *Rhamdia*
 1132 *quelen*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 87, 1675-1689.
- 1133 Becker, A. G. et al. (2012). Transportation of silver catfish, *Rhamdia quelen*, in water with
 1134 eugenol and the essential oil of *Lippia alba*. **Fish Physiology and Biochemistry**, 38,
 1135 789-796.
- 1136 Bianchini, A. E. et al. (2017). Monoterpenoids (thymol, carvacrol and S-(+)-linalool) with
 1137 anesthetic activity in silver catfish (*Rhamdia quelen*): evaluation of acetylcholinesterase
 1138 and GABAergic activity. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 50.

- 1139 Boaventura, T. P. et al. (2021). The use of *Ocimum gratissimum* L. essential oil during
 1140 transportation of *Lophiosilurus alexandri*: Water quality, hematology, blood
 1141 biochemistry and oxidative stress. **Aquaculture**, 531, 73596.
- 1142 Boaventura, T. P. et al. (2020). Essential oil of *Ocimum gratissimum* (Linnaeus, 1753) as
 1143 anesthetic for *Lophiosilurus alexandri*: Induction, recovery, hematology, biochemistry
 1144 and oxidative stress. **Aquaculture**, 529, 735676.
- 1145 Bortrel, B. M. C. et al. (2019). Development, optimization, and validation of the HS-
 1146 SPME/GC-MS method for the residual determination of menthol in fish. **Food Analytical**
 1147 **Methods**, 12, 1390-1398.
- 1148 Brandão, F. R. et al. (2021). Anesthetic potential of the essential oils of *Aloysia triphylla*,
 1149 *Lippia sidoides* and *Mentha piperita* for *Colossoma macropomum*. **Aquaculture**, 534,
 1150 736275.
- 1151 Bronstad, A. (2022). Good Anesthesia Practice for Fish and Other Aquatics. **Biology**, 11,
 1152 1355
- 1153 Capparucci, F. et al. (2022). Evaluation of Anaesthetic Effect of Commercial Basil *Ocimum*
 1154 *basilicum* on Zebrafish (*Danio rerio*) Embryos. **Fishes**, 7(6), 318.
- 1155 Chung, S. et al. (2021). Essential oil from ginger influences the growth, haematological
 1156 and biochemical variables and histomorphometry of intestine and liver of Nile tilapia
 1157 juveniles. **Aquaculture**, 534, 736325.
- 1158 Dawood, M. A. O. et al. (2021). Antiparasitic and antibacterial functionality of essential
 1159 oils: An alternative approach for sustainable aquaculture. **Pathogens**, 10, (2), 185.

- 1160 Farooqi, F. S.; Bhat, J. A. (S/A). Use of Plant Extracts in Aquaculture as an Alternative to
 1161 Chemotherapy: A Review. **Journal of Community Mobilization and Sustainable**
 1162 **Development**, 75.
- 1163 Ferreira, A. L. (2021). Anesthesia with eugenol and menthol for *Piaractus brachypomus*
 1164 (Cuvier, 1818): Induction and recovery times, ventilation frequency and hematological
 1165 and biochemical responses. **Aquaculture**, 544, 737076.
- 1166 Ferreira, A. L. et al. (2020). Benzocaine and menthol as anesthetics for the *African cichlid*
 1167 *Aulonocara nyassae*. **Aquaculture International**, 28 (5), 1837-1846.
- 1168 Gabriel, N. N. et al. (2022). The Effects of *Origanum vulgare* L. Essential Oils on
 1169 Anaesthesia and Haemato-Biochemical Parameters in Mozambique Tilapia (*Oreochromis*
 1170 *mossambicus*) Post-Juveniles. **Aquaculture Journal**, 2(4), 257-268.
- 1171 Guardiola, F. A. et al. (2016). Using skin mucus to evaluate stress in gilthead seabream
 1172 (*Sparus aurata* L.). **Fish & shellfish immunology**, 59, 323-330.
- 1173 Gimbo, R. Y. et al. (2008). Diferentes concentrações de benzocaína na indução anestésica
 1174 do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). **Revista Brasileira de Saúde e**
 1175 **Produção Animal**, 9(2), 350-357.
- 1176 Gonçalves, L. U. et al. 2014. The fatty acid compositions of total, neutral and polar lipids
 1177 in wild and farmed lambari (*Astyanax altiparanae*) (Garutti & Britski, 2000)
 1178 broodstock. **Aquaculture Research**, 45 (2), 195-203.
- 1179 Jeena, K.; Liju, V. B.; Kuttan, R. (2013). Antioxidant, anti-inflammatory and
 1180 antinociceptive activities of essential oil from ginger. *Indian J. Physiol. Pharmacol*,
 1181 57(1), 51-62.

- 1182 Keene, J. L. et al. (1998). The efficacy of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout,
1183 *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, 29(2), 89-101.
- 1184 Kheawfu, K. et al. (2021). Design and optimization of self-nanoemulsifying drug delivery
1185 systems of clove oil for efficacy enhancement in fish anesthesia. **Journal of Drug**
1186 **Delivery Science and Technology**, 61, 102241.
- 1187 Lucena, C. A. S. DE; Soares, H. G. (2016). Review of species of the *Astyanax bimaculatus*
1188 “caudal peduncle spot” subgroup sensu Garutti & Langeani (Characiformes, Characidae)
1189 from the rio la Plata and rio São Francisco drainages and coastal systems of southern
1190 Brazil and Uruguay. **Zootaxa**, 4072 (1), 101–125.
- 1191 Medeiros, E.; Brito, O. (2021). Uso de anestésicos na aquicultura como prática de manejo
1192 e os fatores que interferem na anestesia. In: Cordeiro, Carlos Alberto Martins; Sampaio,
1193 Dioniso de Souza; Holanda, Francisco Carlos Alberto Fonteles (org.). **Engenharia de**
1194 **Pesca: aspectos teóricos e práticos**. 1.ed. São Paulo: Editora Científica. cap. 14. v.2, p.
1195 216-228.
- 1196 Monteiro, P.C. et al. (2021). Dietary supplementation with essential oils of *Lippia*
1197 *sinoides*, *Ocimum gratissimum* and *Zingiber officinale* on the growth and hemato-
1198 immunological parameters of *Colossoma macropomum* challenged with *Aeromonas*
1199 *hydrophila*. **Aquaculture Reports**, 19: 100561.
- 1200 Nascimento, H.S. et al. (2020). Genotoxicity evaluation of three anesthetics commonly
1201 employed in aquaculture using *Oreochromis niloticus* and *Astyanax*
1202 *lacustris*. **Aquaculture reports**, 17, 100357.
- 1203 NIST Standard Reference Data .< <https://webbook.nist.gov/chemistry/name-ser/>>.

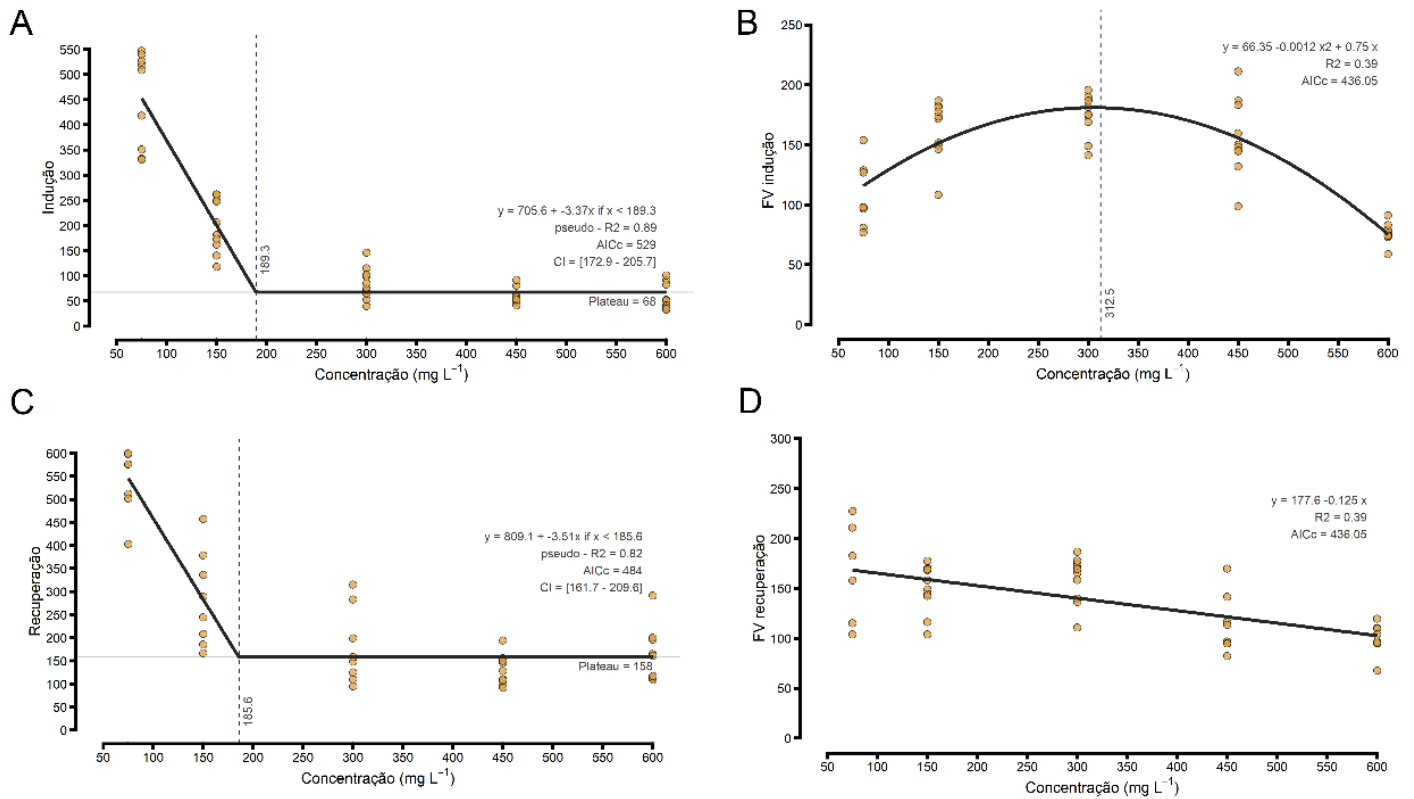
- 1204 Oliveira R. H. F. et al. (2019). Clove oil attenuates stress responses in lambari, *Astyanax*
 1205 *altiparanae*. **Aquacult Res.** 50(11):3350–3356
- 1206 Okey, I. B. et al. (2022). Haematological and Biochemical responses in African catfish,
 1207 (*Clarias gariepinus*) juveniles immobilized with clove basil, (*Ocimum gratissimum*)
 1208 powder Anaesthetic. **J Aquat Sci Ocean-ogr**, 3, 102.
- 1209 Pereira, E. M.P. (2016). Menthol as anaesthetic for lambari *Astyanax altiparanae* (Garutti
 1210 & Britski 2000): attenuation of stress responses. **Aquaculture research**, 47(5), 1413-
 1211 1420.
- 1212 Pereira-da-Silva, E. M. P; Oliveira, R. H. F; Nero, B. D. (2016). Menthol as anaesthetic for
 1213 lambari *Astyanax altiparanae* (Garutti & Britski, 2000): attenuation of stress responses.
 1214 **Aquaculture Research**, 47, 1413–1420.
- 1215 Porto-Foresti. et al. 2010. Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax*
 1216 *altiparanae*). In: Espécies nativas para piscicultura no Brasil. **Santa Maria: UFSM**, 4,
 1217 111-16.
- 1218 Purbosari, N. et al. (2019). Natural versus synthetic anesthetic for transport of live fish:
 1219 A review. **Aquaculture and Fisheries**, 4(4), 129-133.
- 1220 Ribeiro, P. A. P et al. (2013b). Efeito anestésico do eugenol em juvenis de pacamã.
 1221 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48(8), 1136–1139.
- 1222 Ross, L. G.; Ross, B. (2009). Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals.
 1223 **John Wiley & Sons**.

- 1224 Sahan, A.; Ozturk, S., Kurutaş, E. B. (2016). Determination of some hematological
1225 parameters and antioxidant capacity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus,
1226 1758) fed ginger (*Zingiber Officinale* Roscoe) to *Aeromonas hydrophila*. **Turkish Journal**
1227 **of Fisheries and Aquatic Sciences**, 16(1), 197-204.
- 1228 Sena *et al.* (2016). Essential oil from *Lippia alba* has anaesthetic activity and is effective
1229 in reducing handling and transport stress in tambacu (*Piaractus mesopotamicus* ×
1230 *Colossoma macropomum*). **Aquaculture**, 465, 374– 379.
- 1231 Sepulchro, L. C. O. R; Carvalho, M. A. G.; Gomes, L. C. (2016). Salinity does not alter the
1232 effectiveness of menthol as an anesthetic and sedative during the handling and transport
1233 f juvenile fat snook (*Centropomus parallelus*). **Brazilian Journal Biology**, v. 76, (3), 757-
1234 763.
- 1235 Silva, L. L. *et al.* (2022). Essential oil of *Ocimum gratissimum* L.: Anesthetic effects,
1236 mechanism of action and tolerance in *silver catfish*, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, 350,
1237 91–97.
- 1238 Silva, L. A. *et al.* (2020). Essential oils of *Ocimum gratissimum* and *Zingiber officinale* as
1239 anesthetics for the South American catfish *Pseudoplatystoma reticulatum*. **Aquaculture**,
1240 528, 735595.
- 1241 Silva, E. *et al.* (2020). Assessment of induction and recovery times of anaesthesia in
1242 *Astyanax bimaculatus* using 2-phenoxyethanol and the essential oils of *Melaleuca*
1243 *alternifolia* and *Ocimum gratissimum*. **Aquaculture Research**, 51, 577–583.
- 1244 Silva, H. N. P. D. *et al.* (2019). Anesthetic potential of the essential oils of *Lippia alba* and
1245 *Lippia origanoides* in Tambaqui juveniles. **Ciência Rural**, 49.

- 1246 Souza *et al.* (2017). Physiological responses of *Rhamdia quelen* (Siluriformes:
1247 Heptapteridae) to M. A. (2017). Anaesthetic and antioxidant effects of *Myrcia sylvatica*
1248 (G. Mey.) DC. and *Curcuma longa* L. essential oils on tambaqui (*Colossoma*
1249 *macropomum*). **Aquaculture Research**, 48, 2012–2031.
- 1250 Summerfelt, R. C. (1990). Anesthesia, surgery, and related techniques. **Methods for fish**
1251 **biology**, 1990.
- 1252 Sneddon, L. U. (2012). Clinical anesthesia and analgesia in fish. **Journal of Exotic Pet**
1253 **Medicine**, 21(1), 32-43.
- 1254 Toni, C., et al., (2014). Fish anesthesia: effects of the essential oils of *Hesperozygis ringens*
1255 and *Lippia alba* on the biochemistry and physiology of silver catfish (*Rhamdia quelen*).
1256 **Fish physiology and biochemistry**, 40, 701-714.
- 1257 Valladão, G. M. R.; Gallani, S. U.; Pilarski, F. (2018). South American fish for continental
1258 aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, 10(2), 351-369.
- 1259 Uehara S. A. et al. (2019). The effectiveness of tricaine, benzocaine, clove oil, and
1260 menthol as anesthetics for lambari-bocarra *Oligosarcus argenteus*. **Aquaculture**.
1261 502(15):326–331.
- 1262 Zhang et al. (2021). Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) and its bioactive components are
1263 potential resources for health beneficial agents. **Phytotherapy Research**, v. 35, n. 2, p.
1264 711-742.

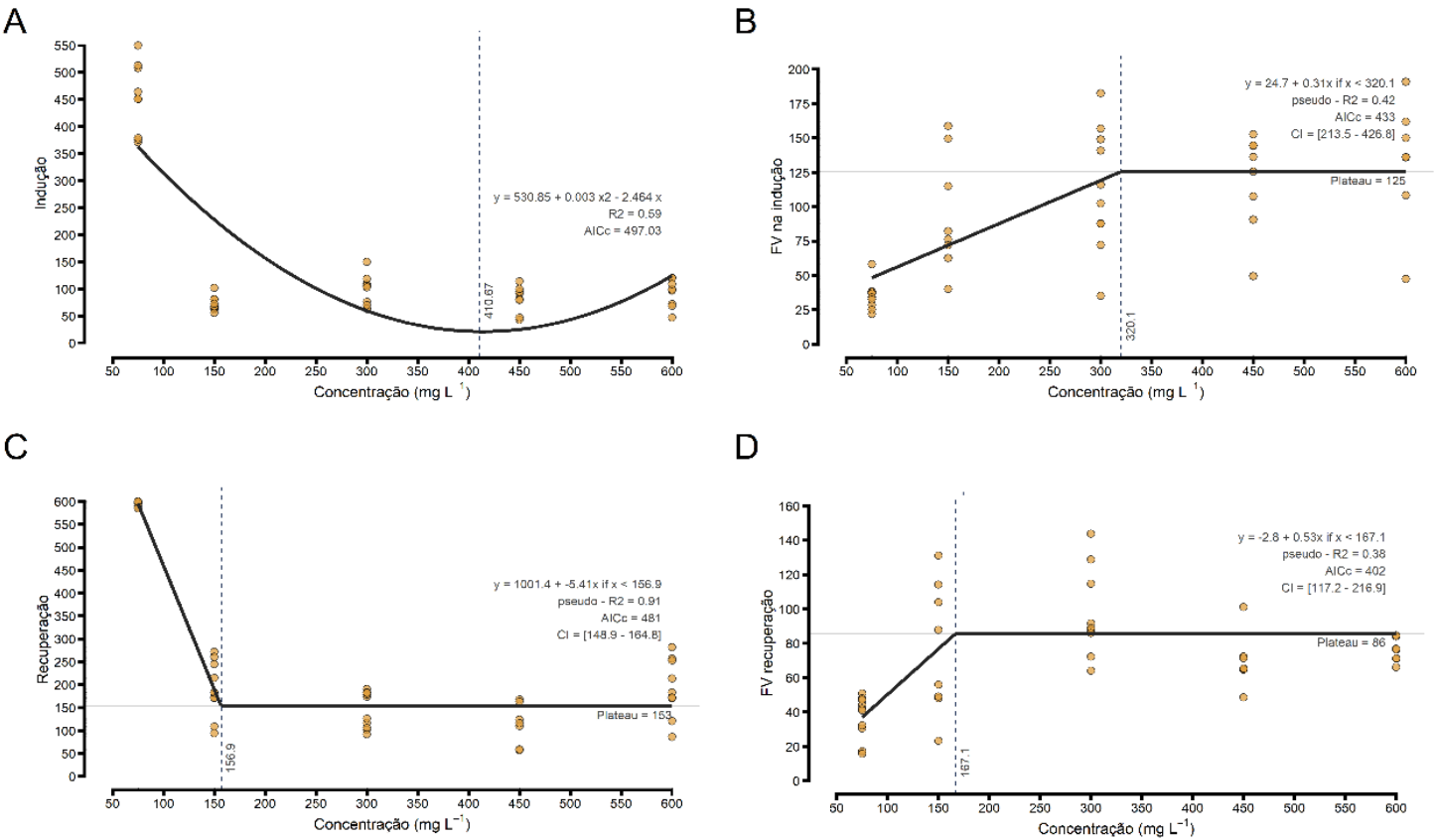
ANEXO 1.

FIGURA 1. TEMPO DE INDUÇÃO ANESTÉSICA (A); TEMPO DE RECUPERAÇÃO ANESTÉSICA (B); FREQUÊNCIA VENTILATÓRIA DURANTE A INDUÇÃO ANESTÉSICA (C); E FREQUÊNCIA VENTILATÓRIA DURANTE A RECUPERAÇÃO (D) DE FÊMEAS DE *A. LACUSTRIS* SUBMETIDOS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE EOZ.



1280 ANEXO 2.

1281 FIGURA 2. Tempo de indução anestésica (A); tempo de recuperação anestésica (B);
1282 frequência ventilatória durante a indução anestésica (C); e frequência ventilatória durante a
1283 recuperação (D) de machos de *A. Lacustris* submetidos a diferentes concentrações de EOZ.
1284



CAPÍTULO 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Neste cenário de constante crescimento do setor aquícola, a utilização de boas práticas de manejo nas pisciculturas e o desenvolvimento de novas técnicas são instituídos com base em tecnologias modernas nas áreas de genética, sanidade, nutrição e equipamentos de forma a assegurar o bem-estar dos animais.

O uso de anestesia em atividades piscícolas, por exemplo, é importante por minimizar os efeitos deletérios do estresse e mortalidade durante diversas operações de manejo. Isto porque, o potencial sedativo, dos anestésicos permite, que os trabalhos sejam realizados sem maiores complicações, uma vez que reduz significativamente a movimentação excessiva dos animais durante o manuseio.

Deste modo o uso de anestésicos vem sendo cada vez mais recomendado, tanto para pesquisa, quanto em práticas rotineiras no campo, em função do seu efeito sobre os animais. O uso de anestésicos naturais, tem-se mostrado economicamente viáveis e com baixa toxicidade ao meio ambiente e aos animais e seu uso tem-se intensificado nas pisciculturas

Enfim, a solução anestésica a base de óleo essencial *Zingiber officinale* (OEZO), demonstrou efeito anestésico para ambos os sexos de *Astyanax lacustris*. Contudo ainda são necessárias mais pesquisas com o uso deste óleo essencial para futuras avaliações fisiológicas e histopatológicas para verificar o verdadeiro efeito do OEZO para essa e outras espécies.