

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 01/03/2026.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Efeito do transporte com dose calmante de
óleo-de-cravo no comportamento alimentar e
agressivo de tilápia-do-Nilo**

Guilherme Trindade de Vasconcelos

Jaboticabal, São Paulo

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Efeito do transporte com dose calmante de
óleo-de-cravo no comportamento alimentar e
agressivo de tilápia-do-Nilo**

Guilherme Trindade de Vasconcelos

Orientador: Dr. Rodrigo Egydio Barreto

Tese apresentada ao Programa de
pós-graduação em Aquicultura do
Centro de Aquicultura da UNESP –
CAUNESP, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Doutor.

Jaboticabal, São Paulo

2024

V331e

Vasconcelos, Guilherme Trindade de

Efeito do transporte com dose calmante de óleo-de-cravo no comportamento alimentar e agressivo de tilápia-do-Nilo / Guilherme Trindade de Vasconcelos. -- Jaboticabal, 2024
129 f.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal

Orientador: Rodrigo Egidio Barreto

1. Aquicultura. 2. Criação de peixe. 3. Comportamento animal. 4. Cravo-da-Índia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal.
Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

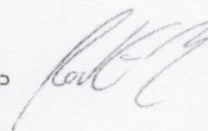
TÍTULO DA TESE: Efeito do transporte com dose calmante de óleo-de-cravo no comportamento alimentar e agressivo de tilápia-do-Nilo

AUTOR: GUILHERME TRINDADE DE VASCONCELOS

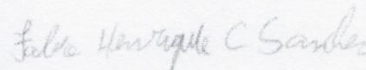
ORIENTADOR: RODRIGO EGYDIO BARRETO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Aquicultura, pela Comissão Examinadora:

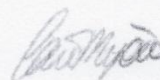
Prof. Dr. RODRIGO EGYDIO BARRETO (Participação Presencial)
Departamento de Biologia Estrutural e Funcional / IBB/Unesp, Botucatu-SP



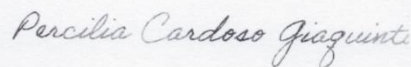
Prof. Dr. FÁBIO HENRIQUE CARRETERO SANCHES (Participação Virtual)
. / Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) - Campus Baixada Santista



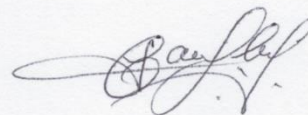
Prof. Dr. CAIO AKIRA MIYAI (Participação Virtual)
. / Instituto de Biociências do Litoral Paulista, UNESP, Campus São Vicente



Profa. Dra. PERCILIA CARDOSO GIAQUINTO (Participação Presencial)
Departamento de Biologia Estrutural e Funcional / IBB/Unesp, Botucatu-SP



Prof. Dr. HELTON CARLOS DELICIO (Participação Presencial)
Departamento de Biologia Estrutural e Funcional / IBB/Unesp, Botucatu-SP



Jaboticabal, 01 de março de 2024

DEDICATÓRIA

A Deus pela oportunidade de estar vivo, com saúde e realizar essa caminhada. Sou muito grato.

Ao meu pai João Xavier pescador da pesca industrial que passava meses em alto mar e hoje não está presente fisicamente, mas sei que está de alguma forma. Obrigado pela inspiração em me tornar Engenheiro de pesca.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Rodrigo Egydio pelos ensinamentos e direcionamentos durante todo esse trabalho. Sou muito grato.

Aos membros da banca de defesa professora Percília Giaquinto, professor Helton Delício, professores Caio Miyai e Fabio Sanches pelas sugestões e contribuições grandiosas a esse estudo.

Ao Departamento de Biologia Estrutural e Funcional / IBB/Unesp, Botucatu-SP, que forneceu a infraestrutura necessária para a realização dos experimentos.

Aos colegas de laboratório: João Favero e Nina pelas conversas e ajudas durante essa jornada. A Renata Villas Boas pela convivência ao longo desse tempo. A todos muito obrigado.

A Luciana Spadotto pela grande ajuda nas questões do estágio de docência e assuntos burocráticos.

Ao David Laurent pela ajuda na resolução das questões burocráticas junto a secretaria da pós-graduação.

Ao Caunesp e todos os responsáveis pelo funcionamento da pós-graduação. Muito obrigado.

Aos meus ancestrais que me deram a bagagem para chegar até aqui. Gratidão.

A minha querida avó Maria Palheta pelo exemplo de força, determinação, Fé, descontração e alegria. Muito obrigado.

A minha querida, chic e maravilhosa mãe Sandra Aurora por ser exemplo de garra, coragem, sabedoria, alegria plena e amor a vida.

As minhas irmãs Tatiana Vasconcelos e Alexsandra Trindade por me inspirar a ser determinado e sempre ajudar o próximo.

A minha amiga e companheira Ângela Ferreira por todo apoio durante essa jornada.

Por fim, agradeço à agência de fomento CAPES pelo apoio essencial para realização deste estudo através da concessão de bolsa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, processo nº 88887.495536/2020-00.

SUMÁRIO

Dedicatória	
Agradecimentos	
Preâmbulo.....	2
Capítulo 1: Efeito do transporte com dose calmante de óleo-de-cravo no comportamento alimentar e agressivo de tilápia-do-Nilo.	4
Resumo.	4
Abstract.....	5
1. Introdução	6
2. Experimento 1: indução anestésica de tilápia-do-Nilo	9
2.1. Materiais e métodos.....	9
2.2. Resultados	11
3. Experimento 2: Concentrações potencialmente calmantes de óleo-de-cravo para o transporte: efeitos na reatividade natatória e alimentar.	12
3.1. Materiais e Métodos.....	12
3.2. Resultados	15
4. Experimento 3: Efeito da concentração calmante de óleo-de-cravo no comportamento alimentar e agressivo de tilápia-do-Nilo exposta ao transporte. ...	18
4.1. Materiais e Métodos.....	18
4.2. Resultados	20
5. Discussão.....	26
Referências	30
Capítulo 2: Efeitos dos anestésicos sintéticos e herbais no comportamento e fisiologia de peixes	36
Resumo.	36
Abstract.....	37
1. Introdução	38
2. Métodos	39
3. Anestésicos sintéticos.....	39
3.1. Benzocaína	39
3.2. MS-222	46
3.3. Metomidato.....	55
3.4. 2-Fenoxietanol	59
3.5. Propofol.....	62
4. Anestésicos herbais.....	66
4.1. Verbenaceae	66
4.2. Lamiaceae	74
4.3. Lauraceae	81
4.4. Myrtaceae	85
4.5. Outras famílias	94
5. Conclusões	104
6. Referências	111

Capítulo 1: Efeito do transporte com dose calmante de óleo-de-cravo no comportamento alimentar e agressivo de tilápia-do-Nilo.

RESUMO

O transporte pode causar estresse e alterações comportamentais em peixes; sendo recomendado o uso de baixas concentrações de anestésicos, visando promover bem-estar. O óleo-de-cravo promove efeito calmante, mas não sabemos se reatividade ao alimento e motivação agressiva são alteradas após o transporte. Como anestésicos deprimem o sistema nervoso central, é possível considerar tais possibilidades. Assim, o objetivo do estudo foi verificar se o óleo-de-cravo pode minimizar possíveis alterações negativas após o transporte de tilápia-do-Nilo. Para isso, tilápias foram expostas a 50 mg/L ou 100 mg/L de óleo-de-cravo até atingirem anestesia (estágio II). Posteriormente, definimos a concentração calmante para o transporte. Para tal, peixes foram expostos por 2 h a 0 mg/L, 0,5 mg/L ou 5 mg/L de óleo-de-cravo. A reatividade ao toque leve foi classificada em: fuga, deslocamento e sem reação. Baseado em avaliação anterior, o transporte de tilápia foi realizado em 10 sacos plásticos (n = 6 cada) contendo 0 mg/L ou 5 mg/L de óleo-de-cravo. Após o transporte, os peixes (n = 15 / tratamento) foram mantidos individualmente em aquários de vidro para quantificação da mortalidade, comportamento alimentar e agressivo. A latência e ingestão alimentar foram avaliadas nos 4 primeiros dias; enquanto, o comportamento agressivo foi analisado no 2º dia (latência e ataques), utilizando o teste do espelho. O óleo-de-cravo não prejudicou o comportamento agressivo, porém, afetou positivamente o comportamento alimentar dos animais, pois mostraram maior motivação para se alimentar. Portanto, nossas evidências corroboram o uso seguro desse óleo, mitigando os efeitos colaterais e mantendo os comportamentos adaptativos.

PALAVRAS-CHAVE

aquicultura, criação de peixe, comportamento animal, cravo-da-Índia

ABSTRACT

The transport It can cause stress and behavioral changes in fishes; The use of low concentrations of anesthetics is recommended to promote well-being. Clove oil promotes calming effect, but we do not know whether food reactivity and aggressive motivation are altered after transport. Since anesthetics depress the central nervous system, it is possible to consider such possibilities. Thus, the objective of the study was to verify whether clove oil can minimize possible negative changes after transporting Nile tilapia. For this, tilapia were exposed to 50 mg/L or 100 mg/L of clove oil until they reached anesthesia (stage II). Afterwards, we set the calming concentration for transport. To this end, fish were exposed for 2 h to 0 mg/L, 0.5 mg/L or 5 mg/L of clove oil. Reactivity to light touch was classified as: escape, displacement and no reaction. Based on a previous evaluation, tilapia was transported in 10 plastic bags (n = 6 each) containing 0 mg/L or 5 mg/L of clove oil. After transport, fish (n = 15/treatment) were kept individually in glass aquaria to quantify mortality, feeding and aggressive behavior. Latency and food intake were assessed in the first 4 days; while, aggressive behavior was analyzed on the 2nd day (latency and attacks), using the mirror test. Clove oil did not harm aggressive behavior, however, it positively affected the animals' eating behavior, as they showed greater motivation to eat. Therefore, our evidence supports the safe use of this oil, mitigating side effects and maintaining adaptive behaviors.

KEY-WORDS

aquaculture, fish farm, animal behaviour, clove tree.

1. Introdução

A produção aquícola vem crescendo anualmente e contribuindo com a segurança alimentar global. Com isso, o gerenciamento dos cultivos deve ser direcionado para a produção com o mínimo de impacto nos sistemas aquáticos e no bem-estar dos organismos cultivados (FAO, 2022). Neste sentido, é recomendado que o manejo dos peixes seja realizado visando minimizar possíveis ameaças ao bem-estar (Huntingford e Kadri, 2014). O transporte de peixes é uma etapa fundamental para a aquicultura, sendo utilizado com o objetivo de fornecer juvenis para os sistemas de cultivo (Azambuja et al., 2011; Brandão et al., 2022; Gomes et al., 2006). Nesse tipo de procedimento, os peixes são comumente transportados em alta densidade. Um procedimento possível para transporte é por meio do uso de sacos plásticos, com uma parte de água, insuflados com oxigênio puro e selados (Berka, 1986). Nessas condições, os peixes são expostos a choques mecânicos (Huntingford e Kadri, 2014), aumento da concentração de dióxido de carbono e redução dos níveis de oxigênio (Berka, 1986) e outros estressores em potencial. Devido a tais condições, respostas de estresse foram observadas em peixes durante e após o transporte, evidenciadas pelo aumento dos níveis de cortisol e glicose plasmáticos (Saccol et al., 2018; Urbinati et al., 2004); perda de íons (Urbinati et al., 2004; Parodi et al., 2014); aumento da pressão parcial de dióxido de carbono, redução de oxigênio sanguíneos (Barbas et al., 2020) e redução de hematócrito (Becker et al., 2012). O conhecimento do comportamento de peixes em contextos com e sem estresse é necessário, tendo em vista, que estímulos estressantes tem relação com alterações comportamentais potencialmente mal-adaptativas (Conte, 2004).

Os procedimentos rotineiros da aquicultura devem ser realizados visando a manutenção de condições adequadas para promover a saúde e bem-estar, evitando, portanto, efeitos deletérios em processos centrais para produção animal como o crescimento e a reprodução, que dependem das manifestações comportamentais de modo adaptativo (Sneddon et al., 2016). Nesse sentido, como a aquisição de nutrientes para manutenção da saúde e do crescimento depende da ingestão alimentar, tal variável é uma medida que contribui para se inferir sobre o

estado de bem-estar em peixes cultivados (Huntingford e Kadri, 2014). No entanto, peixes expostos a condições de cultivo podem apresentar crescimento heterogêneo, devido a interações agressivas onde peixes subordinados tem menos acesso ao alimento comparativamente aos dominantes (Huntingford e Adams, 2005; Volpato e Fernandes, 1994). Assim, se o estressor de transporte exacerbar a agressividade da tilápia-do-Nilo, o crescimento heterogêneo pode aumentar também. De fato, peixes platys (*Xiphophorus variatus*) apresentaram aumento no número de mordidas a coespecíficos após o transporte (Vanderzwalmen et al., 2020), o que reforça a possibilidade de exacerbação da agressividade em outras espécies, especialmente a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) que é uma espécie territorial e agressiva (Barreto et al., 2009; Fernandes e Volpato, 1993; Giaquinto e Volpato, 1997). Em relação ao comportamento alimentar, peixes expostos a estímulos estressantes podem apresentar redução do apetite e consequentemente menor consumo de alimento (Huntingford et al., 2006), indicando comprometimento do bem-estar. Especificamente, peixes expostos ao transporte apresentaram alterações no comportamento alimentar, como redução da motivação para ingerir alimentos (Vanderzwalmen et al., 2021).

Nesse sentido, o uso de anestésicos sintéticos durante o manuseio para pesagem (Da Silva et al., 2023; Jacobsen et al., 2019; Liu et al., 2022; Witeska et al., 2015) e transporte (Barbas et al., 2017a; Darmawan et al., 2023; Failaman et al., 2022) tem sido uma prática frequente, visando atenuar o efeito estressor de tais procedimentos. No entanto, anestésicos sintéticos não minimizaram a resposta ao estresse em peixes expostos a anestesia ou transporte. Por exemplo, o MS-222 não aliviou a resposta ao estresse após anestesia profunda em carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), evidenciado pelo aumento de cortisol plasmático (Gause et al., 2012) e da glicose sanguínea em 'walleyes' (*Sander vitreus*) (Trushenski et al., 2018). Anestesia profunda com 2-fenoxietanol não promoveu atenuação dos indicadores bioquímicos de estresse, particularmente, elevação do nível de glicocorticoide (Weber et al., 2011) e hiperglicemia em *Rhandia quelen* (Da Silva et al., 2023). Kenter et al., (2019) observaram aumento do cortisol plasmático em 'striped bass' (*Morone saxatilis*) transportados por 1 h com 25 mg/L de MS-222. Assim, esperasse aumento de glicemia em juvenis de tambaqui (*Colossoma*

macropomum) após o transporte por 2 h com 20 mg/L de MS-222 (Barbas et al., 2017a).

Alternativamente, o óleo essencial de cravo-da-Índia *Eugenia caryophyllus* tem ganhado destaque devido ao seu efeito anestésico e sedativo para procedimentos comumente realizados em peixes (Javahery et al., 2012; Priborsky e Velisek, 2018). O óleo-de-cravo tem demonstrado efeito anestésico na tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*) (da Silva et al., 2021; Simões et al., 2011) e em outras espécies de peixes (Adel et al., 2016; Inoue et al., 2003; Hajek, 2011; Keene et al., 1998; Mitjana et al., 2018), sendo frequentemente utilizado nas concentrações de 50 mg/L e 100 mg/L e com tempos de indução da sedação variando de 30 a 220 s, aproximadamente. Apesar do uso frequente de óleo-de-cravo como anestésico em peixes, a avaliação de efeitos comportamentais tem se restringindo a observação dos estágios de anestesia e poucos estudos avaliaram possíveis alterações de comportamentos essenciais como a alimentação, a atividade agressiva e a reprodução. Dos poucos estudos existentes nessa linha de pensamento, observou-se que o óleo essencial de cravo não alterou os componentes motivacionais e a reatividade a estímulos relevantes, ilustrados pela avaliação dos componentes apetitivos e consumatórios dos comportamentos alimentar e agressivo na tilápia-do-Nilo (da Silva et al., 2021). Essa constatação é positiva, pois indica a segurança do uso do óleo em não gerar alterações mal-adaptativas em comportamentos típicos da tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*). Contudo, os pacotes tecnológicos do uso de óleos essenciais devem ser continuamente aprimorados; sendo necessário avaliar se tais substâncias afetam negativamente comportamentos essenciais após o transporte, ou se atenuam consequências estressantes de tal procedimento.

Em relação ao transporte, de fato óleos essenciais em concentrações baixas vêm sendo usadas sem causar sedação profunda (Barbas et al., 2017b; Becker et al., 2012) e consequente mortalidade (Almeida et al., 2018; Barbas et al., 2017b). O uso de óleo-de-cravo promoveu efeito calmante durante o transporte, o qual é caracterizado por reduzida reatividade, equilíbrio normal e taxa respiratória levemente reduzida (Cooke et al., 2004). A concentração de 9 mg/L de óleo-de-cravo promoveu reatividade reduzida em juvenis de tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*) (Simões et al., 2011). Salmão do atlântico (*Salmo salar*) transportados com 4 mg/L

de óleo-de-cravo demonstraram recuperação dos níveis de magnésio no plasma e menor mortalidade após o transporte (Iversen et al., 2009). Truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) expostas a 40 µL/L de óleo-de-cravo para sedação leve demonstraram 100% de sobrevivência após o transporte por 10 h (Rajesh et al., 2023) ou 40 h (Kamalam et al., 2017).

Tendo em vista que, o óleo-de-cravo promove efeito depressor do sistema nervoso central (Javahery et al., 2012); demonstrado pelo tempo de meia-vida de 8 h no linguado japonês (Tago et al., 2018) e 12 h na truta-arco íris (Guénette et al., 2007), é possível inferir efeitos negativos de concentração baixa de óleo-de-cravo em comportamentos de peixes frente a estímulos relevantes, como o alimento ou um oponente. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar se, a aplicação de uma concentração calmante de óleo-de-cravo pode atenuar as consequências negativas causadas pelo transporte nos comportamentos alimentar e agressivo de tilápia-do-Nilo. Além disso, avaliamos se o uso de óleo-de-cravo afeta a ingestão, motivação alimentar e agressividade.

5. Conclusões

Anestesia para breve manuseio

A benzocaína e o MS-222 são estruturalmente similares em suas estruturas químicas (Ross e Ross, 2009), e de fato, tais anestésicos promoveram efeitos comportamentais semelhantes quando utilizados em concentrações de 25 a 80 mg L⁻¹. A indução anestésica ocorreu em menos de 3 minutos, com rápida recuperação (em menos de 4 minutos). Por outro lado, esses anestésicos não eliminaram totalmente a responsividade ao manuseio após pesagem e reflexo ao aperto na nadadeira caudal. Com relação ao metomidato, peixes expostos à 2,9 e 6 mg L⁻¹ alcançaram anestesia em menos de 3 minutos, com recuperação, geralmente, obtida em tempos acima de 6 minutos. Em relação a 2-fenoxietanol, as concentrações de 0,25 e 0,60 mL L⁻¹ promoveram rápida indução e recuperação anestésicas com tempos inferiores a 3 minutos. Comparativamente aos anestésicos sintéticos, as concentrações de 20, 50 e 100 mg L⁻¹ de óleo-de-cravo também promoveram indução a anestesia, para breve manuseio, em tempos abaixo de 3 minutos, porém a recuperação anestésica foi um pouco demorada (< 7 minutos) em relação aqueles expostos a anestésicos sintéticos. Decerto, peixes expostos ao óleo-de-cravo podem demonstrar maior tempo de recuperação, provavelmente, por motivo do efeito persistente do eugenol nos tecidos (Priborsky e Velisek, 2015).

Anestesia profunda e sedação

Anestésicos sintéticos promoveram anestesia profunda e estagio 4 de sedação em menos de 3 minutos, em peixes expostos a benzocaína; MS-222; 2-fenoxietanol ou propofol. De maneira geral, o tempo de recuperação e retorno do equilíbrio foram rápidos e não ultrapassaram 5 minutos em peixes expostos a benzocaína ou MS-222; porém, a recuperação anestésica foi acima de 6 minutos em peixes expostos ao 2-fenoxietanol. Similarmente, peixes expostos a 2,5 mg L⁻¹ de propofol demonstraram recuperação em tempos acima de 8 minutos; em alguns

casos, a recuperação pode alcançar 14 e 31 minutos, dependendo do sexo em guppies (*P. reticulata*). Em relação aos anestésicos herbais, nós observamos uma ampla faixa de concentrações utilizadas. Os óleos herbais promoveram rápida indução anestésica; sendo que, tempos de indução inferiores a 3 minutos foram comuns em peixes expostos a concentrações de 40 a 600 $\mu\text{L L}^{-1}$. Com relação aos tempos de recuperação, os óleos essenciais não promoveram excessivo tempo de recuperação em peixes expostos às concentrações de 40 a 600 $\mu\text{L L}^{-1}$. Geralmente, tais tempos de recuperação foram inferiores a 5 minutos, sendo que, em alguns casos abaixo de 7 minutos.

Anestesia cirúrgica

Anestésicos sintéticos promoveram anestesia para procedimentos potencialmente dolorosos em peixes. A benzocaína promoveu rápida indução e recuperação anestésicas. Contudo, peixes expostos ao MS-222, metomidato, 2-fenoxietanol ou propofol não promoveram tempos de indução anestésicas similares aos expostos a benzocaína. Anestésicos herbais promoveram anestesia cirúrgica para procedimentos invasivos na aquicultura. O óleo essencial de manjerição (*O. gratissimum*, 200 $\mu\text{L L}^{-1}$) promoveu indução anestésica em 232 s no bagre sul-americano. Por outro lado, a concentração 200 mg L^{-1} de óleo essencial de gengibre (*Z. officinale*) não promoveu eficiente tempo de indução a anestesia cirúrgica no bagre sul-americano.

Efeitos fisiológicos da exposição a concentrações anestésicas e sedativas

Cortisol

A Benzocaína ou o MS-222 não minimizaram o aumento de cortisol após sedação (estágio 4). Além disso, a liberação de cortisol não foi minimizada quando peixes foram expostos ao 2-fenoxietanol ou propofol. Diferentemente, concentrações baixas de metomidato (1,5 mg L^{-1} e 8 ppm) bloquearam a liberação de cortisol após exposição a estressores na aquicultura (redução do volume de

água, confinamento, baixo O₂ e etc.). Por outro lado, óleos herbais demonstraram efeito benéfico e minimizaram a liberação de cortisol após manuseio em peixes expostos a concentrações anestésicas de *L. alba*; *M. sylvatica*, *A. triphylla* e *C. longa*.

Glicose

As concentrações de benzocaína (100 ppm, 60 e 120 mg L⁻¹) não promoveram aumento de glicose após exposição. Diferentemente, o MS-222; metomidato; 2-Fenoxietanol ou Propofol não causaram significantes alterações nos níveis glicêmicos após exposição. As concentrações anestésicas de *O. gratissimum*, *L. Alba*, *Z. officinale* ou *C. longa* também não promoveram aumento de glicose em peixes.

Lactato

As concentrações baixas de metomidato não causaram aumento dos níveis de lactado, após exposição a estressores comuns na aquicultura. Diferentemente, a concentração anestésica de propofol reduz o lactato após exposição. Por outro lado, concentrações de 150 mg L⁻¹ de benzocaína e MS-222 não evitaram o aumento lactato após sedação ao estágio 4. Distintivamente ao propofol e metomidato, óleos herbais promoveram metabolismo anaeróbico em peixes após exposição. Especificamente, *M. sylvatica* e *L. alba* promoveram aumento dos níveis de lactado no plasma. Além disso, maiores concentrações de *Aloysia triphylla*, *C. longa* e *N. Megapotamica* também não evitaram o aumento de lactato

Hematologia

Anestésicos sintéticos causaram alterações hematológicas em peixes, após sedação (estágio 4) com benzocaína ou MS-222; e após anestesia com propofol. Um anestésico deve ter como propriedade não causar efeitos carcinogênicos (Ross e Ross, 2009). Nesse sentido, anestésicos sintéticos tais como, propofol e MS-222

não demonstraram efeitos genotóxicos nos eritrócitos de tilápia-do-Nilo após exposição anestésica para breve manuseio. Em relação aos efeitos fisiológicos de óleos herbais, o óleo essencial de manjerição (*O. gratissimum*) não teve efeito nos valores de hematócrito e hemoglobina de bagre sul-americano após anestesia cirúrgica. No entanto, uma concentração anestésica de jambú reduziu hematócrito e hemoglobina em tambaqui.

Concentração íons e osmolaridade

A sedação (estágio 4) com benzocaína reduziu a osmolaridade no plasma de 'hybrid striped bass' após exposição. Diferentemente, o MS-222, propofol ou metomidato não promoveram alterações osmorregulatórias após exposição. A concentração anestésica de *N. megapota mica* também não causaram alterações relevantes nos valores de íons plasmáticos de 'fat snook' (*C. parallelus*) após exposição. Além disso, o extrato de jambú também não promoveu alterações osmorregulatórias em juvenis de tambaqui.

Eletromiografia

Os óleos essenciais promoveram acentuada perda de tônus muscular durante anestesia de peixes. A concentração anestésica de 600 $\mu\text{L L}^{-1}$ de óleo essencial de *C. nardus* promoveu significativa redução da amplitude dos registros eletromiográficos durante indução, mas com aumento gradual da amplitude dos registros na recuperação de tambaqui. O óleo essencial de *P. divaricatum* também promoveu acentuada redução da amplitude dos registros eletromiográficos durante indução anestésica com 40 $\mu\text{L L}^{-1}$, porém o retorno do relaxamento muscular foi gradual na recuperação. Portanto, tais evidências demonstram que concentrações anestésicas desses óleos causam relaxamento muscular.

Transporte

Cortisol

O transporte é um procedimento que promove alterações imediatas e possivelmente persistentes na composição bioquímica sanguínea de peixes expostos a esse manejo (Berka, 1986). Decerto, as concentrações de anestésicos sintéticos minimizaram o efeito estressor do transporte. A benzocaína ou o MS-222 aliviaram o aumento de cortisol no plasma após o transporte simulado. Os óleos essenciais demonstraram tal efeito, pois, aliviaram a resposta primária ao estresse após o transporte com óleo-de-cravo ou *A. triphylla*. De fato, óleos herbais não promovem aumento dos níveis de cortisol em peixes, especificamente, as concentrações baixas de *L. alba*; *M. sylvatica* ou *C. longa*.

Glicose

A glicose aumenta em peixes, geralmente, em função da resposta a um estímulo estressor; tais como despesca, pesagem e transporte (Wendelaar Bonga, 1997). Nesse sentido, anestésicos sintéticos promoveram hiperglicemia após o transporte com benzocaína, metomidato ou MS-222. Por outro lado, encontramos que diferentes tipos de óleos essenciais não causam aumento de glicose, por exemplo, o extrato das flores de jambú, o óleo essencial de *O. basilicum* e de *N. grandiflora*.

Lactato

Uma substância anestésica pode promover redução da taxa ventilatória e possivelmente causar hipóxia, por consequência de prolongada exposição (Ross e Ross, 2009), tal situação pode causar o uso anaerobicamente da glicose para o fornecimento de anergia sob situação de estresse (Ribeiro et al., 2019). No entanto, o MS-222 não promoveu aumento de lactato após o transporte simulado. Nesse

contexto, os óleos essenciais também não promoveram uso anaeróbio de glicose após o transporte, especificamente, *Aloysia triphylla* e *O. basilicum*.

Hematologia

O MS-222 pode promover alterações nos parâmetros bioquímicos no plasma e nos índices hematológicos de peixes (Priborsky e Velisek, 2018). De fato, MS-222 aumentou hematócrito e hemoglobina após o transporte de tambaqui (*C. macropomum*). Em relação aos óleos essenciais, as baixas concentrações não promoveram significantes alterações hematológicas (hematócrito e hemoglobina) durante o transporte com jambú (*S. acmella*), manjerição (*O. basilicum*) ou ‘canela-amarela’ (*N. grandiflora*).

Concentração de íons e osmolaridade

O MS-222 não evitou alterações osmorregulatórias durante o transporte de peixes por 6 ou 10 h. Diferentemente a esse anestésico, os óleos essenciais não causaram perda de íons após o transporte por 4 - 36 h, com óleo essencial de cidreira (*L. alba*); lemon verbena (*A. triphylla*); ‘canela-amarela’ (*N. grandiflora*); ‘tea tree’ (*M. alternifolia*) ou óleo-de-cravo.

Parâmetros antioxidantes

Os óleos herbais promovem efeito anestésico para diferentes tipos de manejo em peixes, por exemplo, pesagem e transporte. Por isso, tem sido verificado suas possíveis propriedades antioxidantes durante curtos ou longos tempos de exposição. Decerto, os óleos essenciais promoveram melhora na condição antioxidante após o transporte de peixes, particularmente, a concentração de 1,0 mg L⁻¹ de extrato de flores de jambú; o óleo essencial de ‘canela-amarela’ (30 µL L⁻¹) ou de cidreira (*L. alba*) (20 µL L⁻¹). Além de jambú, cidreira e canela-amarela, outras espécies herbais também promoveram melhora na resposta ao

estresse oxidativo, por exemplo, 'tea tree' (*M. alternifolia*); cúrcuma (*C. longa*) ou 'murtinha' (*M. sylvatica*).

Os anestésicos sintéticos foram utilizados para anestésiar peixes para diferentes finalidades na aquicultura, tais como procedimentos de pesagem; medição; punção com agulha para amostra de sangue; biopsia de ovário e transporte. Nós observamos que, anestésicos sintéticos foram, frequentemente, usados para indução a anestesia profunda e cirúrgica. Os anestésicos sintéticos promoveram rápida indução e recuperação anestésicas, mas de maneira geral, não minimizaram a resposta ao estresse em peixes, em alguns casos, ele próprio pode ser um estressor.

Tais substâncias não possuem registro no Ministério da agricultura e pecuária - MAPA para utilização como anestésicos para peixes e camarões no Brasil. Nos Estados Unidos, o MS-222 é permitido para uso em peixes destinados ao consumo humano e animal, sendo necessário 21 dias de carência após seu uso. Esse anestésico é vendido com o nome de 'syncaïne' em frascos de 10 g e valor de 73,00 \$ cada. O metomidato é comercializado com o nome de Aquacalm, sendo recomendado apenas para uso em peixes ornamentais. Além desses aspectos, os anestésicos sintéticos possuem difícil disponibilidade e com preços mais elevados quando comparado com óleos herbais. Contudo, nós recomendamos que estudos sejam realizados com concentrações baixas de benzocaína, MS-222 e 2-fenoxietanol, e se tais concentrações promovem eficientes tempos de anestesia profunda ou cirúrgica sem causar resposta ao estresse em peixes de água doce e salgada. Esses estudos podem focar em peixes nativos do Brasil de ambientes marinhos e dulcícola, pois a maioria dos estudos encontrados nesta revisão foram com espécies de clima frio.

Por outro lado, os óleos herbais promoveram sedação para o transporte com concentrações baixas, comparativamente às concentrações utilizadas com os anestésicos sintéticos. De fato, óleos essenciais mostraram ter efeito positivo durante o transporte de peixes, pois promoveram efeito calmante e minimizaram as consequências estressantes desse tipo de manejo. Em vários casos, os óleos essenciais foram eficientes em promover anestesia profunda para procedimentos que necessitem de algum nível de analgesia. Outra vantagem dos óleos essenciais,

é a sua disponibilidade e preços mais baratos comparativamente aos sintéticos. O óleo essencial de cravo, melaleuca e menta são comercializados em frascos de 10 mL, com preços de variando de 38 a 52 reais.

Com isso, consideramos que, os óleos essenciais são potenciais substitutos aos anestésicos sintéticos para realização de procedimentos rotineiros na aquicultura. Porém, assim como anestésicos sintéticos, ainda não há óleos essenciais registrados no MAPA para anestesia ou sedação de peixes. Nós recomendamos que, novos estudos sejam realizados com concentrações maiores de óleos herbais, verificando se, ocorre analgesia para procedimentos invasivos e seus efeitos na fisiologia de peixes. Tais estudos, podem abordar a avaliação dos estágios de anestesia com exames eletromiográficos, cardiográficos e eletroencefalogramas; bem como os efeitos dessas concentrações nos parâmetros hematológicos, estresse oxidativo, genotoxicidade e histologia de importantes órgãos.

Por fim, esperamos que essa sistematização dos efeitos comportamentais e fisiológicos de anestésicos sintéticos e herbais possa contribuir para o meio acadêmico e aquícola. Tais informações, da utilização desses anestésicos podem ser utilizadas para escolha de uma substância para uma determinada finalidade; levando em consideração facilidade de aquisição, preço, legislação, efeitos indesejáveis e/ou prejudiciais no comportamento e fisiologia.

Referências

- AĆIMOVIĆ, M. *et al.* *Nepeta cataria*—cultivation, chemical composition and biological activity. **Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management (JATEM)**, v.4, n. 4, p. 620-634, 2021. URL: <http://fiver.ifvcns.rs/handle/123456789/2344>
- ADEL, M. *et al.* Anesthetic efficacy of clove oil, propofol, 2-phenoxyethanol, and ketamine hydrochloride on Persian Sturgeon, *Acipenser persicus*, juveniles. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.47, n. 6, p. 812-819, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12286>
- ALMEIDA, A. P. G. *et al.* Essential oils and eugenol as anesthetics for *serrasalmus rhombeu*. v.44, n. 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2018.195>

- 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20190021>
- ARGYROPOULOU, C. *et al.* Chemical composition of the essential oil from leaves of *Lippia citriodora* HBK (Verbenaceae) at two developmental stages. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.35, n. 12, p. 831-837, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bse.2007.07.001>
- 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.
- BAITELLO, J.B. *Nectandra Rol.* ex Rottb. p.167 In: WANDERLEY, M. D. G. L. *et al.* Flora fanerogâmica do estado de São Paulo Online. **Instituto de Botânica, São Paulo**. 441p. 2003.
- BALDISSEROTTO, B. *et al.* Anesthesia of tambaqui *Colossoma macropomum* (Characiformes: Serrasalminidae) with the essential oils of *Aniba rosaeodora* and *Aniba parviflora* and their major compound, linalool. **Neotropical Ichthyology**, v.16, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170128>
- BARATA, M. *et al.* Efficiency of 2-phenoxyethanol and clove oil for reducing handling stress in reared meagre, *Argyrosomus regius* (Pisces: Sciaenidae). **Journal of the World Aquaculture Society**, v.47, n. 1, p. 82-92, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12245>
- BARBAS, L. A. L. *et al.* Anaesthesia and transport of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) with tricaine methane-sulphonate: Implications on secondary and oxidative stress responses. **Journal of Applied Ichthyology**, v.33, n. 4, p. 720-730, 2017b. DOI: <https://doi.org/10.1111/jai.13382>
- 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, 2017c. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.05.027>
- BARBAS, L. A. L. *et al.* Jambu, *Spilanthes acmella* as a novel anaesthetic for juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*: secondary stress responses during recovery. **Aquaculture**, v.456, p. 70-75, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.01.026>
- BARBAS, L. A. L. *et al.* Properties of two plant extractives as anaesthetics and antioxidants for juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. **Aquaculture**, v.469, p. 79-87, 2017a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.12.012>
- BARBAS, L. A. L. *et al.* Stress relieving potential of two plant-based sedatives in the transport of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. **Aquaculture**, v.520, p. 734681, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734681>

BARBOSA, L. C. A.; FILOMENO, C. A.; TEIXEIRA, R. R. Chemical variability and biological activities of *Eucalyptus spp.* essential oils. **Molecules**, v.21, n. 12, p. 1671, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21121671>

BARRETO, R. E. et al. MS222 does not induce primary DNA damage in fish. **Aquaculture International**, v.15, p. 163-168, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-007-9073-6>

BECKER, A. G. et al. Can the essential oil of *Aloysia triphylla* have anesthetic effect and improve the physiological parameters of the carnivorous freshwater catfish *Lophosilurus alexandri* after transport? **Aquaculture**, v.481, p. 184-190, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.007>

BECKER, A. G. et al. Efficacy of eugenol and the methanolic extract of *Condalia buxifolia* during the transport of the silver catfish *Rhamdia quelen*. **Neotropical Ichthyology**, v.11, p. 675-681, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-62252013000300021>

BECKER, A. G. et al. Transportation of silver catfish, *Rhamdia quelen*, in water with eugenol and the essential oil of *Lippia alba*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.38, p. 789-796, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10695-011-9562-4>

BECKER, A. J. et al. Ventilatory frequency and anesthetic efficacy in silver catfish, *Rhamdia quelen*: a comparative approach between different essential oils. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.47, p. e20170185, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbz4720170185>

BERKA, R. The transport of live fish: a review. Rome, Italy: **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, v. 48, p. 1-52, 1986.

BOLASINA, S. N.; DE AZEVEDO, A.; PETRY, A. C. Comparative efficacy of benzocaine, tricaine methanesulfonate and eugenol as anesthetic agents in the guppy *Poecilia vivipara*. **Aquaculture Reports**, v.6, p. 56-60, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.04.002>

BOSWORTH, B. G. et al. Effects of rested-harvest using the anesthetic AQUI-S™ on channel catfish, *Ictalurus punctatus*, physiology and fillet quality. **Aquaculture**, v.262, n. 2-4, p. 302-318, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.035>

BRAZ, R. S. et al. Benzocaína, MS-222, eugenol e mentol como anestésicos para juvenis de tainha *Mugil liza*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.43, n. 4, p. 605-613, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n4p605>

CARSON, C. F.; HAMMER, K. A.; RILEY, T. V. *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. **Clinical microbiology reviews**, v.19, n. 1, p. 50-62, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1128/cmr.19.1.50-62.2006>

CARVALHO, P. E. R. Canela-imbuia: *Nectandra megapotamica*. In: CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação

Tecnológica; **Colombo: Embrapa Florestas**, v. 2, p. 149-156, 2006. URL: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/232358/1/Especies-Arboreas-Brasileiras-vol-2-Canela-Imbuia.pdf>

COLLYMORE, C. *et al.* Efficacy and safety of 5 anesthetics in adult zebrafish (*Danio rerio*). **Journal of the American Association for Laboratory Animal Science**, v.53, n. 2, p. 198-203, 2014. URL: <https://www.ingentaconnect.com/content/aalas/jaalas/2014/00000053/00000002/art00012#>

COSTA, J. S. D. *et al.* Essentials oils from Brazilian *Eugenia* and *Syzygium* species and their biological activities. **Biomolecules**, v.10, n. 8, p. 1155, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom10081155>

COYLE, S. D. *et al.* **Anesthetics in aquaculture**. Texas: Southern Regional Aquaculture Center, 2004.

CROSBY, T. C. *et al.* Effects of metomidate hydrochloride sedation on blood glucose and marketability of transported threespot gourami *Trichogaster trichopterus*. **Journal of aquatic animal health**, v.24, n. 2, p. 73-80, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/08997659.2012.675923>

CUNHA, J. A. da *et al.* Essential oils of *Cunila galioides* and *Origanum majorana* as anesthetics for *Rhamdia quelen*: efficacy and effects on ventilation and ionoregulation. *Neotropical Ichthyology*, v.15, p. e160076, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20160076>

CUNHA, M. A. *et al.* Anesthetic induction and recovery of *Hippocampus reidi* exposed to the essential oil of *Lippia alba*. **Neotropical Ichthyology**, v.9, p. 683-688, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-62252011000300022>

Da SILVA, D. R. D. *et al.* Effects of clove oil on behavioral reactivity and motivation in Nile tilapia. **Aquaculture**, v.532, p. 736045, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736045>

DAVIS, K. B.; GRIFFIN, B. R. Physiological responses of hybrid striped bass under sedation by several anesthetics. **Aquaculture**, v.233, n. 1-4, p. 531-548, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.09.018>

DIAS, A. M. A. *et al.* Spilanthol from *Spilanthes acmella* flowers, leaves and stems obtained by selective supercritical carbon dioxide extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, v.61, p. 62-70, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2011.09.020>

Dos SANTOS, A. C. *et al.* Anesthesia and anesthetic action mechanism of essential oils of *Aloysia triphylla* and *Cymbopogon flexuosus* in silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Veterinary anaesthesia and analgesia**, v.44, n. 1, p. 106-113, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/vaa.12386>

ECHEVERRIGARAY, S. *et al.* Essential oil composition of south Brazilian populations of *Cunila galioides* and its relation with the geographic

distribution. **Biochemical systematics and ecology**, v.31, n. 5, p. 467-475, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(02\)00175-8](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(02)00175-8)

FRACARO, F.; ECHEVERRIGARAY, S. Micropropagation of *Cunila galioides*, a popular medicinal plant of south Brazil. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.64, p. 1-4, 2001. URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1010626200045>

FRAZIER, D. T.; NARAHASHI, T. Tricaine (MS-222): effects on ionic conductances of squid axon membranes. **European journal of pharmacology**, v.33, n. 2, p. 313-317, 1975. DOI: [https://doi.org/10.1016/0014-2999\(75\)90175-2](https://doi.org/10.1016/0014-2999(75)90175-2)

GANJEWALA, D.; GUPTA, A. K. Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* Steud.) Wats essential oil: overview and biological activities. **Recent Progress in Medicinal Plants**, v.37, p. 235-271, 2013. URL: <https://www.researchgate.net/publication/308293166>

GAUSE, B. R. *et al.* Efficacy and physiological responses of grass carp to different sedation techniques: I. Effects of various chemicals on sedation and blood chemistry. **North American Journal of Aquaculture**, v.74, n. 4, p. 560-566, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/15222055.2012.690830>

GLEN, J. B. Animal studies of the anaesthetic activity of ICI 35 868. **British Journal of Anaesthesia**, v.52, n. 8, p. 731-742, 1980. DOI: <https://doi.org/10.1093/bja/52.8.731>

GONCALVES, B.; GIAQUINTO, P. C. Propofol and benzocaine anesthetics responses profiles in Nile tilapia. **International Aquatic Research**, v.12, n. 3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22034/IAR.2020.1895923.1026>

GONTIJO, A. M. M. C. *et al.* Anesthesia of fish with benzocaine does not interfere with comet assay results. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v.534, n. 1-2, p. 165-172, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(02\)00276-0](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(02)00276-0)

GRESSLER, L. T. *et al.* Hematological, morphological, biochemical and hydromineral responses in *Rhamdia quelen* sedated with propofol. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.41, p. 463-472, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10695-014-9997-5>

GRESSLER, L. T. *et al.* Histological and antioxidant responses in *Rhamdia quelen* sedated with propofol. **Aquaculture research**, v.47, n. 7, p. 2297-2306, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.12682>

GULLUCE, M. *et al.* Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia* L. ssp. *longifolia*. **Food chemistry**, v.103, n. 4, p. 1449-1456, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.061>

HAJEK, G. J. The anaesthetic-like effect of tea tree oil in common carp *Cyprinus carpio* L. **Aquaculture Research**, v.42, n. 2, p. 296-300, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02625.x>

- HENNEBELLE, T. *et al.* Ethnopharmacology of *Lippia alba*. **Journal of ethnopharmacology**, v.116, n. 2, p. 211-222, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.11.044>
- HEO, G. J.; SHIN, G. Efficacy of benzocaine as an anaesthetic for Crucian carp (*Carassius carassius*). **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v.37, n. 2, p. 132-135, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2009.00510.x>
- HUANG, W.C. *et al.* Combined use of MS-222 (tricaine) and isoflurane extends anesthesia time and minimizes cardiac rhythm side effects in adult zebrafish. **Zebrafish**, v.7, n. 3, p. 297-304, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1089/zeb.2010.0653>
- IVERSEN, M. H. *et al.* The efficacy of A qui-S vet (iso-eugenol) and metomidate as anaesthetics in European eel (*Anguilla anguilla* L.), and their effects on animal welfare and primary and secondary stress responses. **Aquaculture Research**, v.44, n. 8, p. 1307-1316, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03140.x>
- IVERSEN, M.; ELIASSEN, R. A.; FINSTAD, B. Potential benefit of clove oil sedation on animal welfare during salmon smolt, *Salmo salar* L. transport and transfer to sea. **Aquaculture Research**, v.40, n. 2, p. 233-241, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02091.x>
- JACOBSEN, J. V.; STEEN, K.; NILSEN, K. J. Anaesthetic efficacy of A qui-S, Benzoak, and MS-222 on lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) fries. Impact from temperature, salinity, and fasting. **Plos one**, v.14, n. 1, p. e0211080, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211080>
- JARAMILLO, M. A.; MANOS, P. S. Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (Piperaceae). **American journal of botany**, v.88, n. 4, p. 706-716, 2001. DOI: <https://doi.org/10.2307/2657072>
- JAVAHERY, S.; NEKOUBIN, H.; MORADLU, A. H. Effect of anaesthesia with clove oil in fish. **Fish physiology and biochemistry**, v.38, p. 1545-1552, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10695-012-9682-5>
- JEREZ-CEPA, I. *et al.* Transport and recovery of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) sedated with clove oil and MS-222: Effects on stress axis regulation and intermediary metabolism. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 612, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00612>
- JOHNSTON, M. C. Revision of *Condalia* including *Microrhamnus* (Rhamnaceae). **Brittonia**, v.14, n. 4, p. 332-368, 1962. URL: <https://link.springer.com/article/10.2307/2805251>
- KING, W. *et al.* The use of clove oil, metomidate, tricaine methanesulphonate and 2-phenoxyethanol for inducing anaesthesia and their effect on the cortisol stress response in black sea bass (*Centropristis striata* L.). **Aquaculture Research**, v.36, n. 14, p. 1442-1449, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01365.x>

KOSTERMANS, A. J. G. H. Revision of the Lauraceae V.A monograph of the genera: *Anaueria*, *Beilschmiedia* (American species) and *Aniba*. **Recueil des travaux botaniques néerlandais**, v.35, n. 2, p. 834-931, 1938. URL: <https://natuurtijdschriften.nl/pub/552263/RTBN1938035002001.pdf>

KRUP, V.; PRAKASH, L. H.; HARINI, A. Pharmacological activities of turmeric (*Curcuma longa* Linn): a review. **J Homeop Ayurv Med**, v.2, n. 133, p. 2167-1206, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2167-1206.1000133>

LANGLEY, M. S.; HEEL, R. C. Propofol: a review of its pharmacodynamic and pharmacokinetic properties and use as an intravenous anaesthetic. **Drugs**, v. 35, p. 334-372, 1988. <https://doi.org/10.2165/00003495-198835040-00002>

LIMMA-NETTO, J. D.; OLIVEIRA, R. S. M; COPATTI, C. E. Efficiency of essential oils of *Ocimum basilicum* and *Cymbopogon flexuosus* in the sedation and anaesthesia of Nile tilapia juveniles. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v.89, p. 2971-2974, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170001>

LIMMA-NETTO, J. D.; SENA, A. C.; COPATTI, C. E. Essential oils of *Ocimum basilicum* and *Cymbopogon flexuosus* in the sedation, anesthesia and recovery of tambacu (male *Piaractus mesopotamicus* x female *Colossoma macropomum*). **Bulletin of the Fisheries Institute**, v.42, no. 3, p. 727-733, 2016.

LUCAS, E. J. *et al.* Phylogenetics, morphology, and evolution of the large genus *Myrcia* s.l (Myrtaceae). **International Journal of Plant Sciences**, v.172, n. 7, p. 915-934, 2011. URL: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1086/660913>

MEDEIROS JUNIOR, E. F. *et al.* Effectiveness of benzocaine as anesthetic at different water temperatures for early juvenile curimba (*Prochilodus lineatus* Valenciennes, 1836), a neotropical fish species. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.45, n. 3, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2019.45.3.474>

MIMICA-DUKIC, N.; BOZIN, B. *Mentha* L. species (Lamiaceae) as promising sources of bioactive secondary metabolites. **Current Pharmaceutical Design**, v.14, n. 29, p. 3141-3150, 2008. DOI: <https://doi.org/10.2174/138161208786404245>

MITJANA, O. *et al.* Simultaneous effect of sex and dose on efficacy of clove oil, tricaine methanesulfonate, 2-phenoxyethanol and propofol as anaesthetics in guppies, *Poecilia reticulata* (Peters). **Aquaculture Research**, v.49, n. 6, p. 2140-2146, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.13668>

MOREL, A. F. *et al.* Antibacterial cyclopeptide alkaloids from the bark of *Condalia buxifolia*. **Phytochemistry**, v.61, n. 5, p. 561-566, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00287-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00287-X)

MUßHOFF, U. *et al.* Effects of 2-phenoxyethanol on N-methyl-D-aspartate (NMDA) receptor-mediated ion currents. **Archives of toxicology**, v.73, p. 55-59, 1999. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s002040050586>

NAKATANI, N.; NAGASHIMA, M. Pungent alkalamides from *Spilanthes acmella* L. var. *oleracea* Clarke. **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v.56, n. 5, p. 759-762, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1271/bbb.56.759>

OKAMURA, D. *et al.* Influência da concentração de benzocaína e do comprimento dos peixes na anestesia e na recuperação de tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p. 971-976, 2010. URL: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/57813>

OLIVEIRA, D. R., *et al.* "Ethnopharmacological studies of *Lippia organoides*." **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.24, p. 206-214, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjp.2014.03.001>

OSTRENSKY, A.; PEDRAZZANI, A. S.; VICENTE, A. L. Use of MS-222 (tricaine methanesulfonate) and propofol (2, 6-diisopropylphenol) as anaesthetics for the tetra *Astyanax altiparanae* (Teleostei, Characidae). **Aquaculture Research**, v.47, n. 11, p. 3477-3488, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.12797>

PARODI, T. V. *et al.* Anesthetic activity of the essential oil of *Aloysia triphylla* and effectiveness in reducing stress during transport of albino and gray strains of silver catfish, *Rhamdia quelen*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.40, p. 323-334, 2014. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10695-013-9845-z>

PARODI, T. V. *et al.* Anesthetic induction and recovery time of *Centropomus parallelus* exposed to the essential oil of *Aloysia triphylla*. **Ciência Rural**, v.46, p. 2142-2147, 2016. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/331/33147755011.pdf>

PEDRON, J. S. *et al.* Stress response in transport of juvenile cobia *Rachycentron canadum* using the anesthetic benzocaine. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v.44, n. 3, p. 638-642, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3856/vol44-issue3-fulltext-22>

PEDROSO, L. Silvicultura do pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Duckei). **Simpósio do Trópico Úmido**, v.1, p. 313-324, 1984.

TOPIC POPOVIC, N. *et al.* Tricaine methane-sulfonate (MS-222) application in fish anaesthesia. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 28, n. 4, p. 553-564, 2012. DOI: [10.1111/j.1439-0426.2012.01950.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2012.01950.x)

PRABHU, K. S. *et al.* *Ocimum gratissimum*: A review of its chemical, pharmacological and ethnomedicinal properties. **The open Complementary medicine journal**, v. 1, n. 1, 2009.

PRAMOD, P. K. *et al.* Comparative efficacy of MS-222 and benzocaine as anaesthetics under simulated transport conditions of a tropical ornamental fish *Puntius filamentosus* (Valenciennes). **Aquaculture Research**, v.41, n. 2, p. 309-314, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02333.x>

PRIBORSKY, J.; VELISEK, J. A review of three commonly used fish anesthetics. **Reviews in fisheries science & aquaculture**, v.26, n. 4, p. 417-442, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/23308249.2018.1442812>

PRYSTAY, T. S. *et al.* Comparison of the behavioral consequences and recovery patterns of Largemouth Bass exposed to MS-222 or electrosedation. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.146, n. 3, p. 556-566, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/00028487.2017.1285354>

PURUSHOTHAMAN, B. *et al.* A comprehensive review on *Ocimum basilicum*. **Journal of Natural Remedies**, p. 71-85, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18311/jnr/2018/21324>

REINER, G. N. *et al.* GABAergic pharmacological activity of propofol related compounds as possible enhancers of general anesthetics and interaction with membranes. **Cell biochemistry and biophysics**, v.67, p. 515-525, 2013. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12013-013-9537-4>

REZENDE, F. P. *et al.* Sedation of Nile tilapia with essential oils: tea tree, clove, eucalyptus, and mint oils. **Revista Caatinga**, v.30, p. 479-486, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n223rc>

RIBEIRO, P. A. P. *et al.* Eugenol and benzocaine as anesthetics for *Lophiosilurus alexandri* juvenile, a freshwater carnivorous catfish. **Aquaculture International**, v.27, p. 313-321, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0326-3>

ROSS, L. G. *et al.* Anaesthesia, sedation and transportation of juvenile *Menidia estor* (Jordan) using benzocaine and hypothermia. **Aquaculture Research**, v.38, n. 9, p. 909-917, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01642.x>

ROSS, L. G.; ROSS, B. Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals. **John Wiley & Sons**, 2009.

SACCOL, E. M. *et al.* Anaesthetic and antioxidant effects of *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. and *Curcuma longa* L. essential oils on tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture Research**, v.48, n. 5, p. 2012-2031, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.13034>

SACCOL, E. M. *et al.* *Myrcia sylvatica* essential oil mitigates molecular, biochemical and physiological alterations in *Rhamdia quelen* under different stress events associated to transport. **Research in veterinary science**, v.117, p. 150-160, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.12.009>

SALBEGO, J. *et al.* Biochemical parameters of silver catfish (*Rhamdia quelen*) after transport with eugenol or essential oil of *Lippia alba* added to the water. **Brazilian Journal of Biology**, v.77, p. 696-702, 2017. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28492807/>

SANDRI, I. G. *et al.* Antimicrobial activity of the essential oils of Brazilian species of the genus *Cunila* against foodborne pathogens and spoiling bacteria. **Food**

chemistry, v.103, n. 3, p. 823-828, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.032>

SANTOS, C.B. *et al.* Welfare in Nile Tilapia Production: Dorsal Fin Erection as a Visual Indicator for Insensibility. **Animals**, v.11, n. 10, p. 3007, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11103007>

SANTOS, E. L. R.; REZENDE, F. P.; MORON, S. E. Stress-related physiological and histological responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to transportation in water with tea tree and clove essential oil anesthetics. **Aquaculture**, v.523, p. 735164, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735164>

SENA, A. C. *et al.* Essential oil from *Lippia alba* has anaesthetic activity and is effective in reducing handling and transport stress in tambacu (*Piaractus mesopotamicus* × *Colossoma macropomum*). **Aquaculture**, v.465, p. 374-379, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.033>

SHUKLA, Y.; SINGH, M. Cancer preventive properties of ginger: a brief review. **Food and chemical toxicology**, v.45, n. 5, p. 683-690, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.11.002>

SILVA, F. K. S. *et al.* Levantamento das espécies conhecidas como pedra-ume-caá (Myrtaceae), com ênfase nas comercializadas na cidade de Belém, Pará, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v.5, n. 1, p. 7-15, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n1p7-15>

SILVA, L. A. D. *et al.* Essential oils of *Ocimum gratissimum* and *Zingiber officinale* as anesthetics for the South American catfish *Pseudoplatystoma reticulatum*. **Aquaculture**, v.528, p. 735595, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735595>

SILVA, L. L. *et al.* Essential oil of *Ocimum gratissimum* L.: Anesthetic effects, mechanism of action and tolerance in silver catfish, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v.350, p. 91-97, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.012>

SILVA, L. L. *et al.* Sedative and anesthetic activities of the essential oils of *Hyptis mutabilis* (Rich.) Briq. and their isolated components in silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.46, p. 771-779, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-431X20133013>

SILVA-LUZ, C. L. D. *et al.* Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Lamiaceae. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, p. 109-155, 2012. URL: <https://www.jstor.org/stable/42871753>

SINK, T. D.; NEAL, J. W. Stress response and posttransport survival of hybrid striped bass transported with or without clove oil. **North American Journal of Aquaculture**, v.71, n. 3, p. 267-275, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1577/A08-040.1>

SMALL, B. C. Effect of isoeugenol sedation on plasma cortisol, glucose, and lactate dynamics in channel catfish *Ictalurus punctatus* exposed to three

stressors. **Aquaculture**, v.238, n. 1-4, p. 469-481, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.05.021>

SOUTO, R. N. P. *et al.* Insecticidal activity of *Piper* essential oils from the Amazon against the fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, v.41, p. 510-517, 2012. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-012-0080-6>

SOUZA, A. da S. L. D. *et al.* Propofol and essential oil of *Nepeta cataria* induce anaesthesia and marked myorelaxation in tambaqui *Colossoma macropomum*: implications on cardiorespiratory responses. **Aquaculture**, v.500, p. 160-169, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.017>

SOUZA, C. F. *et al.* Is monoterpene terpinen-4-ol the compound responsible for the anesthetic and antioxidant activity of *Melaleuca alternifolia* essential oil (tea tree oil) in silver catfish? **Aquaculture**, v.486, p. 217-223, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.025>

STRINGARO, A.; COLONE, M.; ANGIOLELLA, L. Antioxidant, antifungal, antibiofilm, and cytotoxic activities of *Mentha spp.* essential oils. **Medicines**, v.5, n. 4, p. 112, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicines5040112>

TEIXEIRA, R. R. *et al.* Essential oil of *Aloysia triphylla* in Nile tilapia: anaesthesia, stress parameters and sensory evaluation of fillets. **Aquaculture Research**, v.48, n. 7, p. 3383-3392, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.13165>

TERBLANCHÉ, F. C.; KORNELIUS, G. Essential oil constituents of the genus *Lippia* (Verbenaceae) a literature review. **Journal of essential oil research**, v.8, n. 5, p. 471-485, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.1996.9700673>

TONDOLO, J. S. M. *et al.* Anesthesia and transport of fat snook *Centropomus parallelus* with the essential oil of *Nectandra megapota* (Spreng.) Mez. **Neotropical Ichthyology**, v.11, p. 667-674, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-62252013000300020>

TRUSHENSKI, J. T. *et al.* Chemical and electrical approaches to sedation of cobia: induction, recovery, and physiological responses to sedation. **Marine and Coastal Fisheries**, v.4, n. 1, p. 639-650, 2012a. DOI: <https://doi.org/10.1080/19425120.2012.728182>

TRUSHENSKI, J. T. *et al.* Induction, recovery, and hematological responses of largemouth bass to chemo-and electro-sedation. **North American Journal of Aquaculture**, v.74, n. 2, p. 214-223, 2012b. DOI: <https://doi.org/10.1080/15222055.2012.675990>

TRUSHENSKI, J. T.; JOHNSON, J.; BOWKER, J. D. Efficacy and Hematological Responses of Walleyes to Chemosedation and Electro-sedation. **North American Journal of Aquaculture**, v.80, n. 4, p. 355-362, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/naaq.10040>

VALENÇA-SILVA, G. *et al.* Low dose of the anesthetic propofol does not induce genotoxic or mutagenic effects in Nile tilapia. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.143, n. 2, p. 414-419, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/00028487.2013.856814>

VASUDEVA, N. *Origanum majorana* L. Phyto-pharmacological review. 2015. DOI: <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/33655>

VENTURA, A. S. *et al.* Natural anesthetics in the transport of Nile tilapia: Hematological and biochemical responses and residual concentration in the fillet. **Aquaculture**, v.526, p. 735365, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735365>

VILHENA, C. S. *et al.* Essential oil of *Piper divaricatum* induces a general anaesthesia-like state and loss of skeletal muscle tonus in juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*. **Aquaculture**, v.510, p. 169-175, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.057>

WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological reviews**, v.77, n. 3, p. 591-625, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1152/physrev.1997.77.3.591>

ZAHL, I. H. *et al.* Anaesthesia of Atlantic cod (*Gadus morhua*) effect of pre-anaesthetic sedation, and importance of body weight, temperature and stress. **Aquaculture**, v.295, n. 1-2, p. 52-59, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.06.019>

ZAHL, I. H. *et al.* Anaesthesia of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) Effect of pre-anaesthetic sedation, and importance of body weight and water temperature. **Aquaculture Research**, v.42, n. 9, p. 1235-1245, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02711.x>