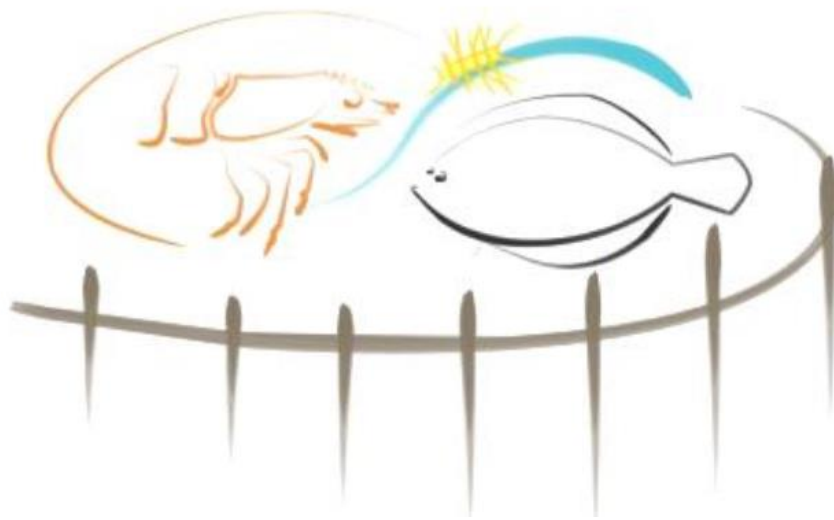




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



ANESTESIA E TRANSPORTE DE JUVENIS DE TAINHA *Mugil liza*

Reinaldo da Silva Braz

Rio Grande, RS

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

ANESTESIA E TRANSPORTE DE JUVENIS DE TAINHA *Mugil liza*

Reinaldo da Silva Braz

Orientador: Dr. Ricardo Vieira Rodrigues

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Aquicultura no Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Rio Grande, RS

Julho, 2017

Dedicatória

Dedico este trabalho a toda minha família, amigos e colegas que de alguma forma contribuíram para realização desse sonho.

Agradecimentos

Ao professor e amigo Dr. Ricardo Rodrigues pela orientação, paciência e colaboração fornecida durante a produção dos experimentos e escrita dessa dissertação.

Aos órgãos CAPES e o CNPq pela bolsa durante o período de estudos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação pelo aprendizado fornecido durante minha passagem pelo programa.

Aos meus amigos Dr. Plínio Furtado, Dr. Gabriel Martins e Dr. Alessandro Cardozo pelos momentos de conselhos e aprendizado durante o preparo das refeições diárias.

Aos meus amigos Juan Jetro, Lucas Maltez (Luquinhas), Gabriel Neves (Blade), Rafael Buitrago (Colômbia), Mário Castro (Junim), Mário Davi, Victor Lira, Lucas Pellegrin (Pelagres) e Manuel Cezar (Pumbera), Denis Caneshiro, Glauce Oliveira, Natália Brenda, Andreline Mendocha, Francianny Costa, Daniela Lemes, Anastácia Damasceno, Alan Carvalho, Hébio Carvalho e Adriano Rayol pelos bons momentos de convívio, brincadeiras, conversas e principalmente amizade.

A toda equipe do Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha, em especial, Dra. Janaína Pedrón, Dr. Marcelo Okamoto e Msc. Ivanildo Oliveira pela ajuda e contribuições para produção dos experimentos e dissertação.

Aos colegas Anderson (motora), Django, seu Lidio, Elisandra, Sandro Fabres (técnico do laboratório de qualidade de água) e todas as outras pessoas que trabalham na manutenção, limpeza e segurança da Estação Marinha de Aquicultura FURG.

A Lorena Karoline, Denise Vieira, Jéssica Silva, Jhenifer Costa e Jackson Andrade, amigos que mesmo longe mostraram sempre preocupação com meu bem estar e me apoiaram desde o início dessa caminhada.

A toda minha família, em especial a minha mãe Geilda Garcia e ao meu pai Francisco Braz por terem sempre priorizado o meu acesso à educação e por acreditarem no meu potencial como estudante, como profissional e como pessoa.

A minha tia Joelma Garcia pelo incentivo para minha vinda para o Rio Grande do Sul e pela ajuda fornecida nos momentos difíceis durante o mestrado.

A minha namorada Maria Eugenia Lubara pelo apoio, carinho, paciência e amor. Ela que sempre esteve ao meu lado, sendo meu porto seguro durante os momentos difíceis e minha companheira nos vários momentos felizes vividos em Rio Grande.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO GERAL	6
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO GERAL	8
REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO 1: Benzocaína, ms-222, eugenol e mentol como anestésicos para juvenis de tainha <i>Mugil liza</i>	24
CAPÍTULO 2: Transporte de juvenis de tainha <i>Mugil liza</i> em diferentes salinidades	42
CONCLUSÕES	53

1 RESUMO GERAL

2 A tainha *Mugil liza* é uma espécie de peixe marinha que tem demonstrado
3 potencial para aquicultura e tem sido estudada com a finalidade de desenvolvimento do
4 seu pacote tecnológico de produção. Entretanto, não existem estudos relatando o uso de
5 anestésicos para a espécie. Uma das principais características dessa espécie é o fato dela
6 ser eurialina, podendo ser criada em água doce sendo uma alternativa para produção
7 longe da costa. Porém não há informações sobre o transporte de *M. liza*. Portanto, o
8 primeiro estudo teve como objetivo determinar as concentrações eficientes de quatro
9 anestésicos em juvenis de tainha. Os peixes ($6,9 \pm 1,4$ g) foram expostos
10 individualmente (N=10 por concentração) a quatro concentrações de benzocaína (30,
11 40, 50 e 60 mg L⁻¹), MS-222 (100, 125, 150 e 175 mg L⁻¹), eugenol (50, 70, 90 e 110
12 mg L⁻¹) e mentol (175, 200, 225 e 250 mg L⁻¹). A avaliação das melhores concentrações
13 foi realizada com base na faixa de tempo máxima de anestesia (3 minutos) e
14 recuperação (5 minutos). As concentrações mais eficientes encontradas para os
15 anestésicos foram: Benzocaína 50 mg L⁻¹, MS-222 150 mg L⁻¹, eugenol 70 mg L⁻¹ e
16 mentol 225 mg L⁻¹. O segundo estudo teve o objetivo de realizar o transporte de juvenis
17 de tainhas em diferentes salinidades. Para a realização do experimento os peixes foram
18 transportados em 18 sacos com 10 L de água e 20 L de oxigênio cada. Os peixes ($1,6 \pm$
19 $0,6$ g e $5,2 \pm 0,7$ cm) foram estocados mantendo uma densidade em 27 g L⁻¹. Após,
20 foram transportados durante 24 h em 3 salinidades: 5 (baixa salinidade), 13 (próximo ao
21 ponto isosmótico) e 35 (salinidade tipicamente marinha). Em cada salinidade testada, 3
22 sacos continham tamponante (1g de NaHCO₃ por litro de água), e 3 sacos sem adição de
23 tamponante. Foi observado que nos tratamentos com adição de NaHCO₃ os valores de
24 pH sofreram menor redução em comparação aos tratamentos sem adição de tamponante.
25 Apesar disso, nos tratamentos em baixa salinidade (5 e 13) foi verificada a elevação dos
26 valores de dióxido de carbono na água. A sobrevivência dos animais foi afetada
27 significativamente pela adição de NaHCO₃ nos transportes nas salinidades 5 e 13.
28 Portanto recomenda-se utilização de 1 g NaHCO₃ L⁻¹ por litro de água para transporte de
29 *M. liza* apenas quando realizado em salinidade 35, não sendo indicado a utilização desse
30 tamponante para transporte de juvenis dessa espécie em salinidades baixas.

31

32 **ABSTRACT**

33 The mullet *Mugil liza* is a marine species has demonstrated potential for
34 aquaculture and has been studied for the purpose of develop their standard production
35 protocols. However, there are no studies reporting the use of anesthetics for this species.
36 One of the main characteristics of this species is the fact that it is eurialin and can be
37 grown in fresh water being an alternative for production far from the coast. However,
38 there are also no studies on the transport of *M. liza*. Therefore the first study aimed to
39 determine the efficient concentrations of four drugs for anesthesia in *M. liza* juveniles.
40 The fish (6.9 ± 1.4 g) were individually exposed (N = 10 per concentration) at four
41 concentrations of benzocaine (30, 40, 50 e 60 mg L⁻¹), MS-222 (100, 125, 150 e 175 mg
42 L⁻¹), eugenol (50, 70, 90 e 110 mg L⁻¹) e menthol (175, 200, 225 e 250 mg L⁻¹) The best
43 concentrations were evaluated based on the maximum time of anesthesia (3 minutes)
44 and recovery (5 minutes). The most efficient concentrations for anesthetics were:
45 Benzocaine 50 mg L⁻¹, MS-222 150 mg L⁻¹, eugenol 70 mg L⁻¹ and menthol 225 L⁻¹.
46 The second study had the objective to carry out the transport of juveniles in different
47 salinities. For the experiment the fish were transported in 18 bags with 10 L of water
48 and 20 L of oxygen each. The fish (1.6 ± 0.6 g and 5.2 ± 0.7 cm) were stored
49 maintaining a density in 27 g L⁻¹. They were transported (duration 24 h) in 3 salinities: 5
50 (low salinity), 13 (near the isosmotic point) and 35 (typically marine salinity). In each
51 salinity tested, 3 bags contained (1g de NaHCO₃ Per liter of water) and 3 bags without
52 addition of buffer. It was observed that in the treatments with addition of NaHCO₃ the
53 values of pH were reduced less in comparison to the treatments without addition of
54 buffer. Nevertheless, in the low salinity treatments (5 and 13), the elevation of carbon
55 dioxide values in water was verified. The survival of the animals was significantly
56 affected by the addition of NaHCO₃ in the transports at salinities 5 and 13. Therefore, it
57 is recommended to use 1 g NaHCO₃ L⁻¹ per liter of water for transporting *M. liza* only
58 when carried out in salinity 35, and it is not recommended to use this buffer to transport
59 juveniles of this species at low salinity.

60

61 1. INTRODUÇÃO GERAL

62 1.1. *Tainha Mugil liza*

63 O Brasil tem grande potencial para a prática da piscicultura marinha no seu
64 território (FAO, 2016). Porém, questões de licenciamento ambiental, carência de mão
65 de obra qualificada e ausência de insumos especializados são alguns dos principais
66 problemas para o desenvolvimento da atividade (CAVALLI *et al.*, 2011). Outro ponto
67 que prejudica a atividade é a ausência de um pacote tecnológico para a produção das
68 espécies marinhas nativas. A *M. liza* é uma das espécies que apresenta potencial
69 produtivo e vem sendo investigada na tentativa de se obter mais informações que
70 permitam a sua produção em cativeiro, com propósito de torná-la uma opção para
71 prática da piscicultura em ambientes estuarinos e marinhos onde essa atividade ainda é
72 incipiente apesar do grande potencial a ser explorado.

73 A tainha *Mugil liza* (Figura 1) é uma espécie de peixe que pertence a Classe
74 Actinopterygii, Ordem Mugiliformes, Família Mugilidae. Essa espécie possui hábito
75 alimentar zooplancctófago no estágio larval e a partir de juvenil é considerada iliófaga,
76 devido à utilização do filme superficial dos sedimentos como alimento (VIEIRA, 1991).



85 Figura 1. Juvenil de tainha *Mugil liza*. Fonte: Arquivo pessoal

86

87 No ambiente natural já foram encontrados exemplares da espécie pesando
88 cerca de 4 kg e medindo até 60 cm de comprimento (VIEIRA e SCALABRINI, 1991).
89 Anteriormente *M. liza* e *M. platanus* eram caracterizadas como duas espécies diferentes
90 (MENEZES, 1983), porém recentemente, estudos realizados utilizando características
91 merísticas e morfométricas demonstraram que se tratam de uma única espécie
92 (MENEZES *et al.*, 2010). Posteriormente, SICCHA-RAMIREZ *et al.* (2014) com

93 utilização de estudos de DNA em grupos de peixes coletados desde a Argentina até a
94 Venezuela, identificaram que a espécie *M. liza* pode ser encontrada por toda costa oeste
95 da América do Sul até o sul do Mar do Caribe (Figura 2).

96

97

98

99

100

101

102

103

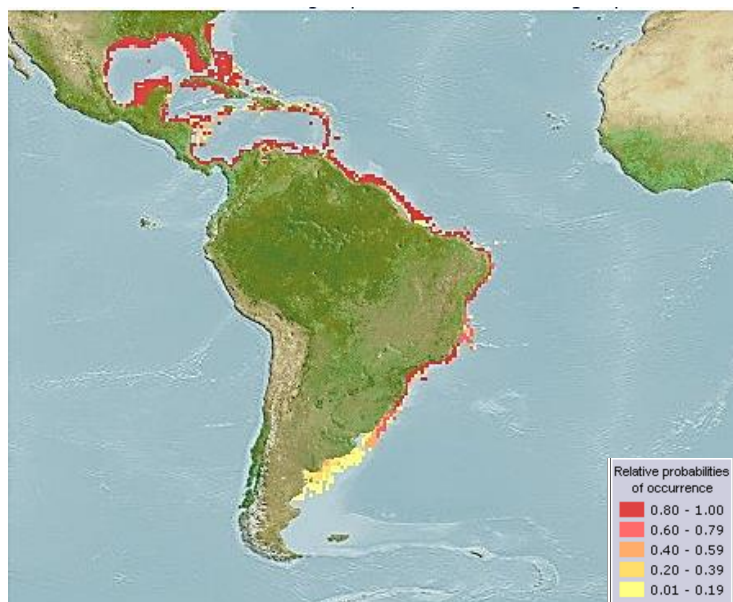
104

105

106

107

108



109 Figura 2. Distribuição geográfica e probabilidade relativa de ocorrência da tainha *Mugil*
110 *Liza*. Fonte: FishBase – www.fishbase.org

111

112 Alguns Mugilideos já são produzidos em cativeiro em determinadas regiões do
113 mundo, por exemplo, *Liza ramada* e *Mugil cephalus* são espécies produzidas através da
114 aquicultura no Egito (SALEH, 2008). No Brasil os Mugilideos tem grande
115 representatividade na produção pesqueira ocupando o sétimo lugar considerando a
116 média de produção de espécies ou grupo de espécies mais importantes da pesca marinha
117 e estuarina nacional. De 1980 a 2010 a produção média anual de *M. liza* nas regiões Sul
118 e Sudeste através da pesca foi de 5.035 toneladas, possuindo grande importância
119 comercial nestas regiões (MPA e MMA, 2015).

120

121

122

123

124

Apesar de não ser produzida comercialmente no Brasil, a tainha tem sido alvo de
vários estudos que objetivam o desenvolvimento do seu pacote tecnológico de
produção. Esta espécie possui várias características favoráveis para sua utilização na
aquicultura, dentre elas a sua rusticidade, resistência ao manejo, suporta condições de
confinamento, além de aceitar facilmente alimento inerte (MIRANDA-FILHO *et al.*,

125 2010). Além disso, tolera elevadas concentrações de amônia, nitrito (SAMPAIO *et al.*,
126 2002) e nitrato (POERSH *et al.*, 2007). É uma espécie euritérmica, mas possui maior
127 crescimento em temperatura próxima a 30° C (OKAMOTO *et al.*, 2006). Por ser uma
128 espécie eurialina, a *M. liza* tolera tanto a água marinha como a água totalmente doce
129 (LISBOA *et al.*, 2015a). LISBOA *et al.* (2015b) estimaram o ponto isosmótico da tainha
130 em 412,7 mOsmol Kg⁻¹, o que corresponde a salinidade 13,5 ‰. Nessa salinidade é
131 observada a redução dos gastos energéticos com o processo de osmorregulação.

132 Sua produção pode ser realizada em sistemas de monocultivo ou em sistema de
133 policultivo com outras espécies de peixes (BENETTI e FAGUNDES NETTO, 1991) ou
134 com crustáceos, como o camarão branco *Litopenaeus vannamei* (COSTA *et al.*, 2013).
135 Diversas estruturas podem ser utilizadas para sua produção, inclusive viveiros
136 escavados com água doce (SCORVO FILHO *et al.*, 1992), permitindo que a criação da
137 tainha seja uma alternativa, mesmo longe da costa.

138 Essa espécie possui desova total (ROMAGOSA *et al.*, 2000) e estudos
139 demonstram a possibilidade de indução à reprodução através do uso de hormônios
140 (GODINHO *et al.*, 1993), técnica de indução recentemente relatada por CERQUEIRA
141 *et al.* (2017).

142 Em relação a estudos nutricionais, foi determinado em 35% a quantidade ideal
143 de proteína na dieta dessa espécie (CARVALHO *et al.*, 2010). Além disso, foi avaliado
144 os benefícios e níveis de inclusão adequados de dextrina como fonte de carboidrato
145 (ZAMORA-SILLERO *et al.*, 2013) e diferentes fibras alimentares na dieta de *M. liza*
146 (RAMOS *et al.*, 2015a; RAMOS *et al.*, 2015b). Quanto à alimentação, a utilização de
147 apenas 72 % da quantidade de ração fornecida até a saciedade aparente dos peixes
148 promove bom crescimento e ainda reduz custos relacionados à alimentação da tainha
149 (SILVA *et al.*, 2013).

150

151 1.2. Anestesia

152 A aquicultura é uma atividade que tem se intensificado com o passar dos anos,
153 devido ao aumento da demanda mundial por alimentos. Em razão dessa intensificação
154 procedimentos como vacinação, indução a desova, transporte, marcação, biometria,
155 dentre outros, são alguns exemplos das práticas rotineiras envolvendo a manipulação
156 dos animais criados (KING *et al.*, 2005; ROSS e ROSS, 2008). Como consequência, a

157 realização desses procedimentos acaba gerando estresse nos animais, desencadeando
158 uma série de alterações fisiológicas no organismo, que podem causar prejuízos à saúde,
159 aspectos reprodutivos e o crescimento, além de afetar a sobrevivência dos peixes
160 (WENDELAAR BONGA, 1997).

161 Neste contexto, a anestesia surge como uma alternativa para que o estresse
162 originado em virtude da realização destes procedimentos de manejo seja minimizado
163 (GRESSLER *et al.*, 2014; BERLINSKY *et al.*, 2016). Assim, à anestesia pode ser
164 definida como um estado de insensibilidade ou redução da sensibilidade. Durante o
165 procedimento de anestesia os peixes passam por estágios que são identificados de
166 acordo com as características apresentadas. A sedação é o estágio primário em que a
167 percepção sensorial e o equilíbrio são afetados de forma mais leve do que na anestesia
168 (ROSS e ROSS, 2008). Nesse estágio os peixes apresentam dentre outras
169 características, perda de resposta a estímulos externos e mudança no tônus muscular. A
170 narcose é um estágio intermediário, onde se visualiza a perda total do equilíbrio e
171 redução da taxa respiratória. Enquanto a anestesia é um estágio posterior que apresenta
172 dentre outras características, a perda da capacidade de locomoção na coluna d'água e
173 redução acentuada da taxa de respiração dos peixes (BROWN, 1985). A indução
174 anestésica pode ser realizada utilizando diferentes agentes e métodos como temperatura
175 (hipotermia), descargas elétricas (eletroanestesia) e fármacos anestésicos (ROSS e
176 ROSS, 2008).

177 Em relação ao uso de substâncias anestésicas, existem algumas características
178 que são essenciais para sua utilização, como ser seguro para o peixe e para o
179 manipulador, apresentar baixo custo, ser eficiente em baixas concentrações e de fácil
180 utilização e aquisição (ROSS e ROSS, 1999). Além disso, é preconizado que o
181 anestésico deve induzir os peixes ao estado desejado de anestesia em até 3 minutos,
182 sendo que a recuperação não deve ultrapassar 5 minutos (MARKING e MAYER,
183 1985). Estudos anteriores verificaram que alguns anestésicos tem a capacidade de
184 minimizar as respostas de estresse nos peixes, como é o caso do óleo essencial de
185 *Lippia alba*, o qual foi eficiente para a minimizar as respostas de estresse em *Rhamdia*
186 *quelen* (CUNHA *et al.*, 2010); e do óleo de cravo para juvenis de *Epinephelus bruneus*
187 (PARK *et al.* 2008).

188 Várias são as substâncias utilizadas como anestésicos em peixes. Dentre as
189 substâncias existentes o MS-222 (tricaína metanosulfonato) é a única substância
190 aprovada pela United States Food and Drug Administration (FDA) e Health Canada
191 para anestesia de peixes e outros animais aquáticos pecilotérmicos em seus respectivos
192 territórios (TRUSHENSKI *et al.*, 2013). O MS-222 é uma substância sintética, isômero
193 da benzocaína (outra substância anestésica), que atua bloqueando o envio de sódio
194 (Na^+) ao tecido nervoso, limitando a excitabilidade celular, e consequentemente
195 causando a supressão no sistema nervoso central (CARMICHAEL, 1985; BURKA *et*
196 *al.*, 1997; CARTER *et al.*, 2011). Um ponto negativo a respeito do uso do MS-222 nos
197 peixes é o período de depuração necessário para o consumo dos animais anestesiados
198 com esta substância. O FDA recomenda que este período deva ser de no mínimo 21 dias
199 (ROSS e ROSS, 1999). Além disso, o MS-222 é produzido nos Estados Unidos, o que
200 acaba gerando um aumento de custos para sua utilização em outros países.

201 Outra substância anestésica bastante utilizada para anestesia em peixes no
202 Brasil é a benzocaína (p-aminobenzoato de etila), uma vez que pode ser adquirida
203 facilmente a baixo custo (GOMES *et al.*, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2009). É uma
204 substância sintética, insolúvel em água, portanto deve ser dissolvida em acetona ou
205 etanol antes de ser utilizada (NEIFFER e STAMPER, 2009). Não é considerada tóxica
206 aos humanos nas concentrações que são necessárias para anestesia nos peixes (ROSS e
207 ROSS, 1999) e sua ação ocorre sobre o sistema nervoso central e cardiovascular,
208 alterando a permeabilidade celular, impedindo assim a ação de estímulos nervosos
209 (CARTER *et al.*, 2011).

210 Substâncias derivadas de plantas também tem demonstrado propriedade
211 anestésica em peixes (FAÇANHA e GOMES, 2005; GRESSLER *et al.*, 2014). O
212 eugenol (4-Alil-2-metoxifenol) é um destes anestésicos de origem natural, derivado do
213 óleo de cravo, geralmente extraído de árvores do gênero *Eugenia* (JAVAHERY *et al.*,
214 2012, HOSEINI *et al.*, 2015). Esse anestésico atua na medula oblonga causando a
215 inibição do complexo respiratório, e consequentemente reduzindo a taxa respiratória do
216 organismo, diretamente relacionada com a depressão no sistema nervoso central
217 (HIKASA *et al.*, 1986). Uma das características favoráveis a sua utilização é que o
218 eugenol é eliminado do organismo dos peixes em até 24 horas (TRUSHENSKI *et al.*,
219 2013).

220 O mentol (2-isopropil-5-metil-ciclohexanol) é outro anestésico de origem
221 natural que tem demonstrado potencial como anestésico em peixes (PEREIRA-DA-
222 SILVA *et al.*, 2016; SEPULCRHO *et al.*, 2016). Esse composto pode ser extraído de
223 plantas do gênero *Mentha* (LORENZO *et al.*, 2002), e pode ser facilmente adquirido
224 com baixo custo (FAÇANHA e GOMES 2005). A ação desse anestésico estimula a
225 ativação de receptores de GABA_A, largamente distribuídos no tecido nervoso e que são
226 responsáveis pela inibição dos neurotransmissores no sistema nervoso central (KASAI
227 *et al.*, 2014).

228 Entretanto, é fundamental mencionar que a ação dos anestésicos é espécie-
229 específica (CHAMBEL *et al.*, 2015), além de ser afetada pelo método de utilização e
230 condições de realização do procedimento (ROSS e ROSS, 2008). A delimitação das
231 concentrações dos anestésicos para anestesia é importante no sentido de se evitar o uso
232 de concentrações que demorem a levar os peixes ao estado de anestesia pretendido ou a
233 utilização de concentrações que possam causar a morte dos animais (PEREIRA-DA-
234 SILVA *et al.*, 2016), também reduzindo os custos envolvidos nesse procedimento.
235 Estudos que avaliam o uso de substâncias anestésicas e determinem as concentrações
236 adequadas para a espécie *M. liza* ainda não foram realizados.

237

238 1.2. Transporte de peixes

239 O transporte de peixes vivos pode ser realizado com diversos propósitos, desde
240 o transporte de juvenis para as fazendas de engorda, até o deslocamento da produção
241 viva para comercialização (GOMES *et al.*, 2003). A realização do transporte de peixes
242 vivos é possível em dois sistemas básicos, o sistema fechado (Figura 3a) e o sistema
243 aberto (Figura 3b). No sistema fechado, os peixes são acondicionados em sacos
244 plásticos preenchidos com água e injeção de oxigênio puro. No sistema aberto, são
245 utilizadas caixas próprias de transporte com inserção de oxigênio via aeração de forma
246 constante (BERKA, 1986). O transporte é um procedimento estressor, que acaba
247 alterando a homeostase dos organismos e influenciando negativamente os aspectos
248 fisiológicos dos animais. Esse estresse pode ser originado por uma sucessão de
249 estímulos adversos que incluem a captura, a exposição a altas densidades e a condições
250 de baixa qualidade de água durante todo o processo de transporte (CARNEIRO *et al.*,
251 2007).

252

253

254

255

256

257

258

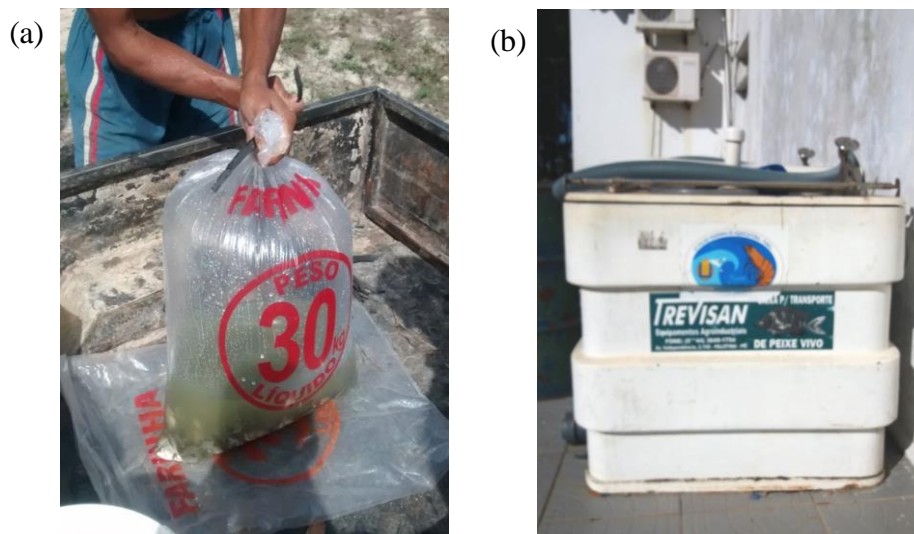
259

260

261

262

263



264 Figura 3. Sistema de transporte fechado em sacos plásticos (a) e sistema de transporte
265 aberto em caixas de transportes (b). Fonte: arquivo pessoal

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

Ao transportar peixes utilizando o sistema fechado existem alguns fatores limitantes característico desse tipo de sistema como: o acúmulo de amônia, diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido na água e aumento na concentração de CO_2 e consequente redução das concentrações de pH, acarretando na deterioração da qualidade da água (AMEND *et al.*, 1982). A amônia, principal produto excretado pelos peixes é um dos compostos que acumulam durante o transporte e que é tóxica para os organismos aquáticos (RANDALL e TSUI, 2002). A amônia pode ser encontrada em duas formas NH_3 (amônia não ionizada ou gasosa) e NH_4^+ (amônia ionizada ou íon amônio) a somatória dessas duas formas é denominada de nitrogênio amoniacal total (NAT). A proporção das formas de amônia depende de parâmetros como salinidade, temperatura e sobretudo do pH da água. O percentual de NH_3 tende aumentar com a elevação do pH e temperatura, e com a diminuição da salinidade (BOYD e TUCKER, 2012).

280

281

282

283

Devido a sua característica lipofílica a amônia na sua forma não ionizada adentra ao organismo dos peixes através das brânquias por difusão (IP e CHEW, 2010). O aumento da concentração de amônia não ionizada na água também compromete a excreção dos peixes, acarretando no acúmulo desse composto no plasma e tecidos. O

284 mecanismo primário de toxicidade desse composto no organismo ocorre devido ao seu
285 efeito despolarizante no músculo branco e neurônios e outras reações químicas que
286 podem ocasionar a morte dos animais (RANDALL e TSUI, 2002).

287 Como resultado do processo de respiração dos peixes transportados, o gás
288 carbônico acaba reagindo com o carbonato e bicarbonato dando origem ao ácido
289 carbônico, proporcionando a redução do pH da água (MATUO e MATUO, 1995). Essa
290 redução pode provocar perturbação no equilíbrio ácido-base (CLAIBORNE *et al.*,
291 2002), além de prejudicar a respiração devido a alterações bioquímicas e fisiológicas
292 geradas pelos efeitos Bohr e Root no organismo dos peixes (SOUZA e BOLINA-
293 RODRIGUES, 2007). As oscilações de pH tendem a ser maiores em água com baixa
294 salinidade devido a menor concentração dos íons carbonatos e bicarbonatos que ajudam
295 no tamponamento da água. Portanto, a utilização de alguns agentes tamponantes
296 (bicarbonato de sódio e TRIS) na água de transporte são eficientes para minimizar a
297 flutuação dos valores pH (TREASURER, 2012).

298 Diversos são os tipos de manejos realizados no transporte dos peixes na
299 tentativa de se reduzir o estresse e melhorar a sobrevivência dos animais durante esse
300 procedimento (GOLOMBIESKI *et al.*, 2003; GOMES *et al.*, 2006). STIEGLITZ *et al.*,
301 (2012) verificaram que a utilização da salinidade marinha para 12 (próximo ao ponto
302 isomótico) durante o transporte de bijupirá *Rachycentron canadum* melhorou a
303 sobrevivência dos peixes. Esses autores atribuíram esse resultado ao fato de que quando
304 mantidos nessas condições os peixes tem uma redução na taxa metabólica devido à
305 diminuição dos gastos energéticos realizados com a osmorregulação.

306 A tainha em razão da sua característica eurialina pode ser produzida em baixa
307 salinidade e até em água doce (LISBOA *et al.*, 2015a). Assim, o estudo do transporte da
308 tainha em diferentes salinidades poderá avaliar o esse efeito da realização desse
309 procedimento em condições de salinidade da água próxima ao seu ponto isomótico e
310 nas diferentes salinidades que essa espécie pode ser produzida. Contudo, até o momento
311 não existem informações sobre o transporte de *M. liza* o que dificultando a utilização
312 dessa espécie na piscicultura

313

314

315

316 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 317 AMEND, N.F.; CROV, T.R.; GOVEN, B.A.; JOHNSON, K.A.; MCCARTHY, D.H.
318 1982 Transportation of fish in closed systems: methods to control ammonia, carbon
319 dioxide, pH and bacterial growth. *Transactions of the American Fisheries Society*, 11:
320 603-611.
- 321 BENETTI, D.D.; FAGUNDES-NETTO, E.B. 1991 Preliminary results on growth of
322 mullets (*Mugil liza* and *Mugil curema*) fed artificial diets. *World Aquaculture*, 22: 115-
323 122.
- 324 BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. 2012 Pond aquaculture water quality management.
325 Springer Science & Business Media, New York.
- 326 BURKA, J.F.; HAMMEL, K.L.; HORSBERG, T.E.; JOHNSON, G.R.; RAINNIE, D.J.;
327 SPEARS, D.J. 1997 Drugs in salmonid aquaculture—a review. *Journal of Veterinary*.
328 *Pharmacology and Therapeutics*, 20(5): 333–349.
- 329 CARMICHAEL, F.J. 1985 General anaesthetics and local anaesthetics. In: KALANT,
330 H., ROSCHLAU, W.H.E.; SELLERS, E.M. (eds.) Principles of medical pharmacology,
331 4^a ed. Department of Pharmacology, University of Toronto, Toronto, Ontario, pp 265–
332 289.
- 333 CARNEIRO, P.C.F.; URBINATI, E.C.; BENDHACK, F. 2007 Osmoregulation and
334 fish transport. pp. 237-248. In: BALDISSEROTTO, B.; MANCERA, J.M.; KAPOOR,
335 B. G. (Eds). Fish Osmoregulation. India, Science Publishers. 527p.
- 336 CARTER, K.M.; WOODLEY, C.M.; BROWN, R.S. 2011 A review of tricaine
337 methanesulfonate for anesthesia of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21(1):
338 51-59.
- 339 CARVALHO, C.V.A.; BIANCHINI, A.; TESSER, M.B.; SAMPAIO, L.A. 2010 The
340 effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile
341 mullet *Mugil platanus* (Gunther). *Aquaculture Research*, 41(4): 511-518.

- 342 CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. 2011 Desenvolvimento da
343 produção de 5 peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. *Revista*
344 *Brasileira de Zootecnia*, 40(especial): 155-164.
- 345 CERQUEIRA, V.R.; CARVALHO, C.V.A.; SANCHES, E.G.; PASSINI, G.; BALOI,
346 M.; RODRIGUES, R.V. 2017 Manejo de reprodutores e controle da reprodução de
347 peixes marinhos da costa brasileira. *Revista Brasileira de Produção Animal*, 41(1): 94-
348 102.
- 349 CHAMBEL, J.R.; PINHO, R.; SOUSA, R.; FERREIRA, T.; BAPTISTA, T.;
350 SEVERIANO, V.; MENDES, S.; PEDROSA, R. 2015 The efficacy of MS-222 as
351 anaesthetic agent in four freshwater aquarium fish species. *Aquaculture Research*,
352 46(7): 1582-1589.
- 353 CLAIBORNE, J.B.; EDWARDS, S.L.; MORRISON-SHETLAR, A.I. 2002 Acid-base
354 regulation in fishes: cellular and molecular mechanisms. *Journal of Experimental*
355 *Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 293(3): 302-319.
- 356 COSTA, L.C.; XAVIER, J.A.A.; NEVES, L.F.M.; AZAMBUJA, A.M.V.;
357 WASIELESKY Jr., W.; FIGUEIREDO, M.R.C. 2013 Polyculture of *Litopenaeus*
358 *vannamei* shrimp and *Mugil platanus* mullet in earthen ponds. *Revista Brasileira de*
359 *Zootecnia*, 42(9): 605-611.
- 360 CUNHA, M.A.; BARROS, F.M.C.; GARCIA, L.O.; VEECK, A.P.L.; HEINZMANN,
361 B.M.; LORO, V.L.; EMANUELLI, T.; BALDISSEROTTO B. 2010 Essential oil of
362 *Lippia alba*: A new anesthetic for silver catfish, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*, 306(1-
363 4): 403-406.
- 364 FAÇANHA, M.F.; GOMES, L.C. 2005 A eficácia do mentol como anestésico para
365 tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characiformes: Characidae). *Acta Amazônica*,
366 35(1): 71-75.
- 367 FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016 The State of
368 World Fisheries and Aquaculture – Contributing to food security and nutrition for all.
369 Roma. 200 p.

370 GODINHO, H.M.; KAVAMOTO, E.T.; ANDRADE-TALMELLI, E.F.;
371 SERRALHEIRO, P.C.S.; PAIVA, P.; FERRAZ, E.M. 1993 Induced spawning of the
372 mullet *Mugil platanus* Günther, 1880 in Cananéia, São Paulo, Brazil. *Boletim do*
373 *Instituto de Pesca*, 20(único): 59-66.

374 GOLOMBIESKI, J.I.; SILVA, L.V.F.; BALDISSEROTTO, B.; DA SILVA, J.H.S.
375 2003 Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load
376 densities, and temperatures. *Aquaculture*, 216(1-4): 95-102.

377 GOMES, L.C.; CHIPARRI-GOMES, R.A.; LOPES, N.P.; ROUBACH, R.; ARAÚJO-
378 LIMA, C.A.R.M. 2001 Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui
379 *Colossoma macropomum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32(4): 426-431.

380 GOMES, L.C.; ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; ROUBACH, R.; URBINATI, E.C. 2003
381 Avaliação dos efeitos da adição de sal e da densidade no transporte de tambaqui.
382 *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(2): 283-290.

383 GRESSLER, L.T.; RIFFEL, A.P.K.; PARODI, T.V.; SACCO, E.M.H.; KOAKOSKI,
384 G.; COSTA, S.T.; PAVANATO, M.A.; HEINZMANN, B.M.; CARON, B.;
385 SCHMIDT, D.; LLESUY, S.F.; BARCELLOS, L.J.G.; BALDISSEROTTO, B. 2014.
386 Silver catfish *Rhamdia quelen* immersion anaesthesia with essential oil of *Aloysia*
387 *triphylla* (L'Hérit) Britton or tricaine methanesulfonate: effect on stress response and
388 antioxidant status. *Aquaculture Research*, 45(6): 1061–1072.

389 HICKMAN JR., C.P.; ROBERTS, L.S.; LARSON, A. 2004 Princípios integrados de
390 zoologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 846 p.

391 HIKASA, Y.; TAKASE, K.; OGASAWARA, T.; OGASAWARA, S. 1986 Anesthesia
392 and recovery with tricaine methanesulfonate, eugenol and thiopental sodium in the
393 carp, *Cyprinus carpio*. *Journal of Veterinary Medical Science*, 48(2): 341–351.

394 HOSEINI, S.M.; RAJABIESTERABADI, H.; TARKHANI, R. 2015 Anaesthetic
395 efficacy of eugenol on iridescent shark, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) in
396 different size classes. *Aquaculture Research*, 46(2): 405-412.

- 397 IP, Y.K.; CHEW, S.F. 2010 Ammonia production, excretion, toxicity, and defense in
398 fish: A review. *Frontiers in Physiology*, 1(1): 134.
- 399 JAVAHERY, S.; NEKOUBIN, H.; MORADLU, A.H. 2012 Effect of anaesthesia with
400 clove oil in fish (review). *Fish Physiology and Biochemistry*, 38: 1545-1552.
- 401 KASAI, M.; HOSOSHIMA, S.; YUN-FEI, L. 2014 Menthol Induces Surgical
402 Anesthesia and Rapid Movement in Fishes. *The Open Neuroscience Journal*, 8: 1-8.
- 403 KING, W.V.; HOOPER, B.; HILLSGROVE, S.; BENTON, C.; BERLINSKY, D.L.
404 2005 The use of clove oil, metomidate, tricaine methanesulphonate and 2-
405 phenoxyethanol for inducing anaesthesia and their effect on the cortisol stress response
406 in black sea bass (*Centropristis striata* L.). *Aquaculture Research*, 36(14): 1442-1449.
- 407 LISBOA, V.; BACARCAROLLI, I.F.; SAMPAIO, L.A.; BIANCHINI, A. 2015a Effect of
408 salinity on survival, growth and biochemical parameters in juvenile lebranch mullet *Mugil*
409 *liza* (Perciformes: Mugilidae). *Neotropical Ichthyology*, 13(2): 447-452.
- 410 LISBOA, V.; BACARCAROLLI, I.F.; SAMPAIO, L.A.; BIANCHINI, A. 2015b
411 Acclimation of juvenile *Mugil liza* Valenciennes, 1836 (Mugiliformes: Mugilidae) to different
412 environmental salinities. *Neotropical Ichthyology*, 13(3): 591-598.
- 413 LORENZO, D.; PAZ, D.; DELLACASSA, E.; DAVIES, P.; VILA, R.;
414 CANIGUERAL, S. 2002 Essential oils of *Mentha pulegium* and *Mentha rotundifolia*
415 from Uruguay. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(4):1-6.
- 416 MIRANDA-FILHO, K.C.; TESSER, M.B.; SAMPAIO, L.A.; GODINHO, H.M. 2010
417 Tainha, In: BALDISSEROTTO, B., GOMES, L.C. (Eds.), Espécies nativas para
418 piscicultura no Brasil, segunda ed. Editora UFSM, Santa Maria, pp. 559-587.
- 419 MIRGHAED, A.T.; GHELICHPOUR, M.; HOSEINI, S.M. 2016 Myrcene and linalool
420 as new anesthetic and sedative agents in common carp, *Cyprinus carpio* - Comparison
421 with eugenol. *Aquaculture*, 464(único): 165-170.

422 MPA; MMA. Ministério da Pesca e Aquicultura e Ministério do Meio Ambiente. 2015
423 PLANO DE GESTÃO PARA O USO SUSTENTÁVEL DA TAINHA, *Mugil liza*
424 Valenciennes, 1836, NO SUDESTE E SUL DO BRASIL. Brasília, 232p.

425 NEIFFER, D.L.; STAMPER, M.A. 2009 Fish Sedation, Anesthesia, Analgesia, and
426 Euthanasia: Considerations, Methods, and Types of Drugs. *Institute for Laboratory*
427 *Animal Research Journal*, 50(4): 343-360.

428 OKAMOTO, M.H.; SAMPAIO, L.A.; MAÇADA, A.P. 2006 Efeito da temperatura
429 sobre o crescimento e sobrevivência de juvenis de tainha *Mugil platanus* Günther, 1880.
430 *Atlântica*, 28(1): 61-66.

431 PARK, M.O.; HUR, W.J.; IM, S.Y.; SEOL, D.W.; LEE, J.; PARK, I.S. 2008
432 Anaesthetic efficacy and physiological responses to clove oil-anaesthetized kelp
433 grouper *Epinephelus bruneus*. *Aquaculture Research*, 39(8): 877-884.

434 PEREIRA-DA-SILVA, E.M.; OLIVEIRA, R.H.F.; DEL NERO, B. 2016 Menthol as
435 anaesthetic for lambari *Astyanax altiparanae* (Garutti & Britski 2000): attenuation of
436 stress responses. *Aquaculture Research*, 47(5): 1413-1420.

437 POERSCH, L.H.; SANTOS, M.H.S.; MIRANDA-FILHO, K.; WASIELESKY JR., W.
438 2007 Efeito agudo do nitrato sobre alevinos da tainha *Mugil platanus* (Pisces:
439 Mugilidae). *Boletim do Instituto de Pesca*, 33: 247-252.

440 RAMOS, L.R.V.; MONSERRAT, J.M.; ROMANO, L.A.; SAMPAIO, L.A.; ABREU,
441 P.C.; TESSER, M.B. 2015a Effects of supplementing the diets of *Mugil liza*
442 Valenciennes, 1836 juveniles with citrus pectin. *Journal Applied Ichthyology*, 31: 362-
443 369.

444 RAMOS, L.R.V.; ROMANO, L.A.; MONSERRAT, J.M.; ABREU, P.C.; VERDE,
445 P.E.; TESSER, M.B. 2015b Biological responses in mullet *Mugil liza* juveniles fed with
446 guar gum supplemented diets. *Aquaculture*, 205: 98-105.

447 RANDALL, D.J.; TSUI, T.K.N. 2002 Ammonia toxicity in fish. *Marine Pollution*
448 *Bulletin*, 45(1-12): 17-23.

- 449 ROMAGOSA, E.; TALMELLI, E.F.A.; NARAHARA, M.Y.; GODINHO, H.M. 2000
450 Tipo de desova e fecundidade da *Mugil platanus* da região estuarino-lagunar de
451 Cananéia, SP. *Atlântica*, 22(único): 5-12.
- 452 ROSS, L.G.; ROSS, B. 1999 Anesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals,
453 2ª ed. Institute of Aquaculture. University of Stirling. Stirling, Scotland, UK. Blackwell
454 Science, Oxford, UK, 159p.
- 455 ROSS, L.G.; ROSS, B. 2008 Anesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals,
456 3ª ed. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 222p.
- 457 ROUBACH, R.; GOMES, L.C.; FONSECA, F.A.L.; VAL, A.L. 2005 Eugenol as an
458 efficacious anaesthetic for tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture*
459 *Research*, 36(11): 1056-1061.
- 460 SALEH, M. 2008 Capture-based aquaculture of mullets in Egypt. In: LOVATELLI, A.;
461 HOLTHUS, P.F. (eds). Capture-based aquaculture. Global overview. *FAO Fisheries*
462 *Technical Paper*. No. 508. Rome, FAO. pp. 109–126.
- 463 SAMPAIO, L.A.; WASIELESKY, W.; MIRANDAFILHO, K.C. 2002 Effects of
464 salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. *Bulletin of*
465 *Environmental Contamination and Toxicology*, 68(5): 668-674.
- 466 SCHMIDT-NIELSEN, K. 1996 Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente. 5ª ed.
467 São Paulo: Santos, 546p.
- 468 SEPULCHRO, L.C.O.R.; CARVALHO, M. A. G.; GOMES, L.C. 2016 Salinity does
469 not alter the effectiveness of menthol as an anesthetic and sedative during the handling
470 and transport of juvenile fat snook (*Centropomus parallelus*). *Brazilian Journal of*
471 *Biology*, 76(3): 757-763.
- 472 SICCHA-RAMIREZ, R.; MENEZES, N.A.; NIRCHIO, M.; FORESTI, F.; OLIVEIRA,
473 C. 2014 Molecular identification of mullet species of the Atlantic South Caribbean and
474 South America and the phylogeographic analysis of *Mugil liza*. *Reviews in Fisheries*
475 *Science*, 22(1): 86-96.

- 476 SOUZA, P.C.; BONILLA-RODRIGUEZ, G.O. 2007 Fish hemoglobins. *Brazilian*
477 *Journal of Medical and Biological Research*, 40(6): 769-778.
- 478 STIEGLITZ, J.D.; BENETTI, D.D.; SARAFY, J.E. 2012 Optimizing transport of live
479 juvenile cobia (*Rachycentron canadum*): Effects of salinity and shipping biomass.
480 *Aquaculture*, 364-365: 293-297.
- 481 TREASURE, J. W. 2010 Remediation of ammonia accumulation during live transport
482 of juvenile cod, *Gadus morhua* L., and the effects of fast period on ammonia levels and
483 water quality. *Aquaculture*, 308(3-4):190-195.
- 484 TREASURER, J.W. 2012 Changes in pH during transport of juvenile cod *Gadus*
485 *morhua* L. and stabilisation using buffering agents. *Aquaculture*, 330–333: 92–99.
- 486 VIEIRA, J.P. 1991 Juvenile mullets (Pisces: Mugilidae) in estuary of Lagoa dos Patos,
487 RS, Brasil. *Copeia*, 2: 409-418.
- 488 VIEIRA, J.P.; SCALABRINI, S. 1985 Migração reprodutiva da tainha *Mugil platanus*
489 Gunther 1880 no sul do Brasil. *Atlântica*, 13(único): 131-141.
- 490 WENDELAAR BONGA, S.E. 1997 The stress response in fish. *Physiological Review*,
491 77(3): 591-625.
- 492 ZAMORA-SILLERO, J.; RAMOS, L.R.V.; ROMANO, L.A.; MONSERRAT, J.M.;
493 TESSER, M.B. 2013 Effect of dietary dextrin levels on the growth performance, blood
494 chemistry, body composition, hepatic triglycerides and glycogen of Lebranche mullet
495 juveniles (*Mugil liza* Valenciennes 1836, Mugilidae). *Journal Applied of Ichthyology*,
496 29(6): 1342-1347.
497
498

499 **2. OBJETIVO GERAL**

500 Avaliar a utilização de diferentes anestésicos e o transporte em diferentes
501 salinidades com e sem adição de tamponante de juvenis de tainha *Mugil liza*.

502 *2.1 Objetivos Específicos*

503 - Definir as concentrações ideais de benzocaína, MS-222, eugenol e mentol para
504 anestesia de juvenis de *Mugil liza*;

505 - Avaliar o efeito de diferentes salinidades e da adição de bicarbonato de sódio
506 nos parâmetros de qualidade de água e na sobrevivência de juvenis de *M. liza* durante o
507 transporte.

508

509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539

Capítulo I

BENZOCAÍNA, MS-222, EUGENOL E MENTOL COMO ANESTÉSICOS PARA JUVENIS DE TAINHA *Mugil liza*

Artigo submetido à Revista Boletim do Instituto de Pesca

540 **BENZOCAÍNA, MS-222, EUGENOL E MENTOL COMO ANESTÉSICOS**
541 **PARA JUVENIS DE TAINHA *Mugil liza****

542

543 Reinaldo da Silva BRAZ¹, Ivanildo de Oliveira SILVA², Marcelo Borges TESSER^{1,3},
544 Luís André SAMPAIO^{1,2}, Ricardo Vieira RODRIGUES^{1,2}

545

546 ¹Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Universidade Federal do Rio Grande -
547 FURG

548 ²Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha (LAPEM), Instituto de Oceanografia,
549 Universidade Federal do Rio Grande - FURG, CP 474, Rio Grande, RS, Brasil - CEP:
550 96201-900. E-mail: vr.ricardo@gmail.com (autor para correspondência)

551 ³Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA), Instituto de
552 Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, CP 474, Rio Grande, RS,
553 Brasil - CEP: 96201-900.

554 *Apoio Financeiro: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
555 (CNPq - Projeto Universal)

556

557 **RESUMO**

558 A anestesia tem sido utilizada como uma técnica na aquicultura para facilitar a
559 manipulação dos animais e amenizar o estresse causado devido à realização de
560 procedimentos de manejo. O presente estudo teve como objetivo determinar a eficiência
561 anestésica de quatro fármacos em juvenis de tainha *Mugil liza*. Os peixes ($6,9 \pm 1,4$ g)
562 foram submetidos individualmente (N=10 por concentração) a anestesia utilizando
563 quatro concentrações de benzocaína (30, 40, 50 e 60 mg L⁻¹), MS-222 (100, 125, 150 e
564 175 mg L⁻¹), eugenol (50, 70, 90 e 110 mg L⁻¹) e mentol (175, 200, 225 e 250 mg L⁻¹).
565 O critério utilizado para avaliação das melhores concentrações foi a faixa de tempo
566 máximo de 3 e 5 minutos para anestesia e recuperação dos peixes, respectivamente. As
567 concentrações mais eficientes foram: Benzocaína 50 mg L⁻¹, MS-222 150 mg L⁻¹,
568 eugenol 70 mg L⁻¹ e mentol 225 mg L⁻¹.

569

570 **Palavras-chave:** Anestesia, sedação, peixe, aquicultura

571

604 animais, desencadeando uma série de alterações fisiológicas no organismo, podendo
605 chegar a causar prejuízos à saúde, reprodução, crescimento e sobrevivência
606 (WENDELAAR BONGA, 1997). A anestesia surge como uma alternativa, no sentido
607 de facilitar a realização de procedimentos rotineiros na aquicultura e minimizar danos
608 causados pelo manejo, minimizando o estresse desencadeado pela manipulação
609 (WEBER *et al.*, 2009).

610 Um anestésico deve atender critérios importantes para que seu uso seja
611 aprovado. Dentre eles estão a fácil utilização, apresentar baixa toxicidade nas
612 concentrações necessárias para anestesia dos peixes, oferecendo segurança aos animais
613 e ao manipulador (ROSS e ROSS, 2008). Dentre os anestésicos sintéticos existentes, o
614 MS-222 (tricaina metanosulfonato) é o único composto aprovado pela U.S. Food and
615 Drug Administration (FDA) para anestesia de peixes e demais animais aquáticos
616 pecilotérmicos nos Estados Unidos (TRUSHENSKI *et al.*, 2013). Outro anestésico, a
617 benzocaína (p-aminobenzoato de etila), é uma substância bastante utilizada no Brasil
618 devido a seu baixo custo e fácil aquisição (GOMES *et al.*, 2001; OLIVEIRA *et al.*,
619 2009).

620 Produtos oriundos de plantas também têm demonstrado potencial para
621 anestesia em peixes (FAÇANHA e GOMES, 2005; GRESSLER *et al.*, 2014). O
622 eugenol (4-Alil-2-metoxifenol), derivado do óleo de cravo, geralmente extraído de
623 árvores do gênero *Eugenia* é um dos anestésicos de origem natural utilizado no Brasil
624 (JAVAHERY *et al.*, 2012; HOSEINI *et al.*, 2015). Pesquisas utilizando o eugenol
625 demonstram efeito anestésico em peixes (ROUBACH *et al.*, 2005; MIRGHAED *et al.*,
626 2016), e sua eliminação do organismo ocorre em até 24 horas, característica favorável a
627 sua utilização (TRUSHENSKI *et al.*, 2013). Enquanto o mentol (2-isopropil-5-metil-
628 ciclohexanol) é um óleo essencial extraído de plantas do gênero *Mentha* (LORENZO *et*
629 *al.*, 2002) que também apresenta efeito anestésico em peixes (SIMÕES e GOMES,
630 2009; SEPULCRHO *et al.*, 2016). Essa substância pode ser facilmente encontrada e
631 apresenta baixo custo (FAÇANHA e GOMES, 2005).

632 A concentração ideal para anestesia de cada produto, seja ele sintético ou
633 natural, varia de acordo com a espécie de peixe (CHAMBEL *et al.*, 2015), além do
634 método de utilização e condições de uso (ROSS e ROSS, 2008). Como não existem
635 informações sobre a anestesia em juvenis de tainha, o presente estudo teve como

636 objetivo determinar as concentrações mais eficientes de MS-222, benzocaína, eugenol e
637 mentol para anestesia desta espécie.

638

639 MATERIAL E METÓDOS

640 Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética em uso animal da Universidade
641 Federal do Rio Grande - FURG (Pq N° 034/2016). Previamente a realização do
642 experimento, os peixes (~1g) foram aclimatados ao laboratório durante 45 dias em um
643 sistema de recirculação de água constituído de 5 tanques de 1000 L (densidade 16 g L⁻¹
644 ¹). O fotoperíodo artificial foi mantido em 12 h claro – 12 h escuro (período de luz 7:00
645 às 19:00 h). A alimentação foi fornecida três vezes ao dia até a saciedade aparente, com
646 ração comercial peletizada (38% de proteína bruta e 8% de lipídeos, Guabi, Brasil). Os
647 peixes foram mantidos em jejum 24 h antes dos procedimentos experimentais.

648 Para a realização dos experimentos foram utilizados dois aquários de vidro
649 retangulares com capacidade para 35 L preenchidos com 25 L de água. Os parâmetros
650 de qualidade da água foram mantidos nas mesmas condições do sistema em que os
651 peixes foram aclimatados. Os parâmetros foram mensurados sempre antes do início dos
652 procedimentos experimentais, onde o oxigênio dissolvido permaneceu em $5,70 \pm 0,30$
653 mg L⁻¹ e a temperatura da água em $23,8 \pm 0,5$ °C (oxímetro digital YSI Model 550A -
654 Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH, USA); o pH permaneceu em $7,77 \pm$
655 $0,05$ (pHmetro digital de bancada - METTLER TOLEDO Five Easy FE20, Suíça); a
656 salinidade em $26 \pm 0,57$ ‰ (refratômetro digital - ATAGO, PAL-06S, Japão); a
657 alcalinidade em $173,75 \pm 3,39$ mg CaCO₃ L⁻¹, amônia total $0,16 \pm 0,01$ mg L⁻¹ e o nitrito
658 em $0,12 \pm 0,06$ mg L⁻¹ (BAUMGARTEN *et al.*, 2010).

659

660 *Soluções anestésicas*

661 A benzocaína (Henrifarma Produtos Químicos e Farmacêuticos LTDA, Brasil)
662 utilizada foi dissolvida em acetona, de acordo com NEIFFER e STAMPER (2009), na
663 proporção de 1:9. O eugenol (Asfer Indústria Química LTDA, Brasil) foi diluído em
664 álcool etílico (96%) obtendo-se solução na proporção 1:2. O mentol puríssimo
665 cristalizado (Vetec Química Final LTDA, Brasil) foi dissolvido em uma solução com
666 100 mg para cada mL de diluente, ambos foram preparados em álcool etílico (96%). A
667 triclaína (MS-222, Western Chemical Inc., EUA) foi dissolvida diretamente na água

668 juntamente com o bicarbonato de sódio, na mesma quantidade das concentrações de
669 MS-222 (proporção 1:1), para evitar variação no pH (CARTER *et al.*, 2011).

670

671 *Desenho experimental*

672 Foram utilizados os seguintes anestésicos e concentrações: benzocaína (30, 40,
673 50 e 60 mg L⁻¹), MS-222 (100, 125, 150 e 175 mg L⁻¹), eugenol (50, 70, 90 e 110 mg L⁻¹)
674 e mentol (175, 200, 225 e 250 mg L⁻¹). Foram utilizados 160 peixes (8,4 ± 0,07 cm e
675 6,9 ± 0,18 g)(N=10 peixes para cada concentração de cada anestésico). As soluções
676 utilizadas para anestesia e a água para recuperação dos animais foram renovadas a cada
677 cinco procedimentos, para evitar variação nas concentrações de anestesia e acúmulo de
678 metabólitos no aquário de recuperação. Os estágios de anestesia e recuperação foram
679 modificados da descrição de BROWN (1985), que podem ser observados na Tabela 1.

680

681 **Tabela 1.** Critérios de anestesia e recuperação utilizando MS-222, benzocaína, eugenol
682 e mentol em juvenis de tainha *Mugil liza*.

ESTÁGIO	CARACTERÍSTICAS
Sedação	A1 – Perda do equilíbrio e apresentação natação errática
Narcole	A2 – Redução dos movimentos natatórios cessa natação e permanência dos peixes no fundo do aquário
Anestesia	A3 – Diminuição dos batimentos operculares e perda da resposta a estímulos externos
RECUPERAÇÃO	
Recuperação inicial	R1 – Retorno visível da movimentação opercular normal
Recuperação parcial	R2 – Retorno da locomoção na coluna d'água
Recuperação total	R3 - Retorno do equilíbrio e resposta a estímulos externos

683 Para a avaliação anestésica, os peixes foram colocados individualmente no
684 aquário de anestesia, e o tempo de cada estágio foi mensurado com o auxílio de um
685 cronômetro digital. Após atingirem o estágio A3 de anestesia, os peixes foram retirados
686 dos aquários, pesados, medidos e colocados no aquário de recuperação (livre de
687 anestésico), onde o tempo foi verificado até os peixes atingirem o estágio R3. Todos os
688 peixes de cada anestésico e concentração testada foram colocados em tanques de 50 L,
689 onde foi observada sua sobrevivência por um período de 24 h.

690 A verificação das melhores concentrações no estudo dose-resposta foi realizada
691 adotando como critério o tempo ideal para indução à anestesia de no máximo 3 minutos
692 e 5 minutos para recuperação total dos animais (MARKING e MAYER, 1985).

693

694 *Análise estatística*

695 Todos os dados apresentados no presente estudo estão expressos como média \pm
696 erro padrão. Os dados do tempo de anestesia e recuperação foram submetidos aos testes
697 de homocedasticidade de Cochran e normalidade de Shapiro-Wilk e analisados com
698 Análise de Variância (ANOVA) uma-via. Quando verificadas diferenças significativas
699 foi aplicado o teste de Tukey. Os dados que não atenderam as premissas da ANOVA
700 foram analisados com a utilização do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, e as
701 diferenças verificadas através da comparação múltipla de médias. Análises de regressão
702 foram realizadas para o tempo de anestesia e de recuperação de cada anestésico em
703 função do tempo. O nível de significância de 5% ($p < 0,05$) foi considerado para todas as
704 análises de acordo com BHUJEL (2008).

705

706 **RESULTADOS**

707 Não foram observadas mortalidades durante os procedimentos de anestesia, nem
708 24h após a manipulação dos peixes. Todos os anestésicos testados apresentaram uma
709 redução do tempo de anestesia das tainhas com o aumento da concentração dos
710 anestésicos utilizados. O tempo de recuperação dos peixes foi diretamente proporcional
711 ao aumento da concentração de anestésico testada para a benzocaína e MS-222.
712 Entretanto, para o mentol o tempo de recuperação foi independente da concentração
713 utilizada ($r=0,55$) e para o eugenol o tempo de recuperação dos peixes anestesiados
714 reduziu com o aumento da concentração de anestésico ($r= -0,80$) (Figura 1).

715 As concentrações de 50 e 60 mg L⁻¹ de benzocaína foram eficientes para induzir
716 a anestesia dos juvenis de tainha aos estágios A3 e R3 dentro de 3 e 5 minutos,
717 respectivamente, não apresentando diferença significativa entre as concentrações nesses
718 estágios (Tabela 2).

719 A utilização de MS-222 não apresentou diferença significativa entre os tempos
720 de anestesia das concentrações 150 e 175 mg L⁻¹ (158,7 e 161 s), sendo as únicas
721 concentrações dessa substância que anestesiaram os peixes antes de 3 minutos.
722 Entretanto, o tempo de recuperação dos animais expostos à concentração 175mg L⁻¹
723 (351,4 s) foi superior a cinco minutos (Tabela 2).

724 Três concentrações de eugenol (70, 90 e 110 mg L⁻¹) anestesiaram os juvenis de
725 tainha com um tempo inferior a três minutos. Porém, o tempo de anestesia com eugenol
726 da concentração 110 mg L⁻¹ (119,7 s) foi menor do que o obtido na concentração 70 mg
727 L⁻¹ (170,1 s). Contudo, os tempos de recuperação dos peixes em todas as concentrações
728 testadas de eugenol foram superiores à cinco minutos, não apresentando diferenças
729 significativas no estágio R3 (Tabela 2).

730 O tempo de anestesia da concentração de mentol de 250 mg L⁻¹ (102,3 s) foi
731 menor quando comparada a concentração 225 mg L⁻¹ (153,7 s). Essas duas
732 concentrações foram as únicas de mentol que anestesiaram os animais dentro da faixa
733 ideal. Porém, não foram observadas diferenças entre as concentrações no tempo de
734 recuperação R3 dos peixes, sendo que todas as concentrações de mentol induziram a
735 recuperação total dos peixes em menos de 5 minutos (Tabela 2).

736

737

738

739

740

741

742

743

744

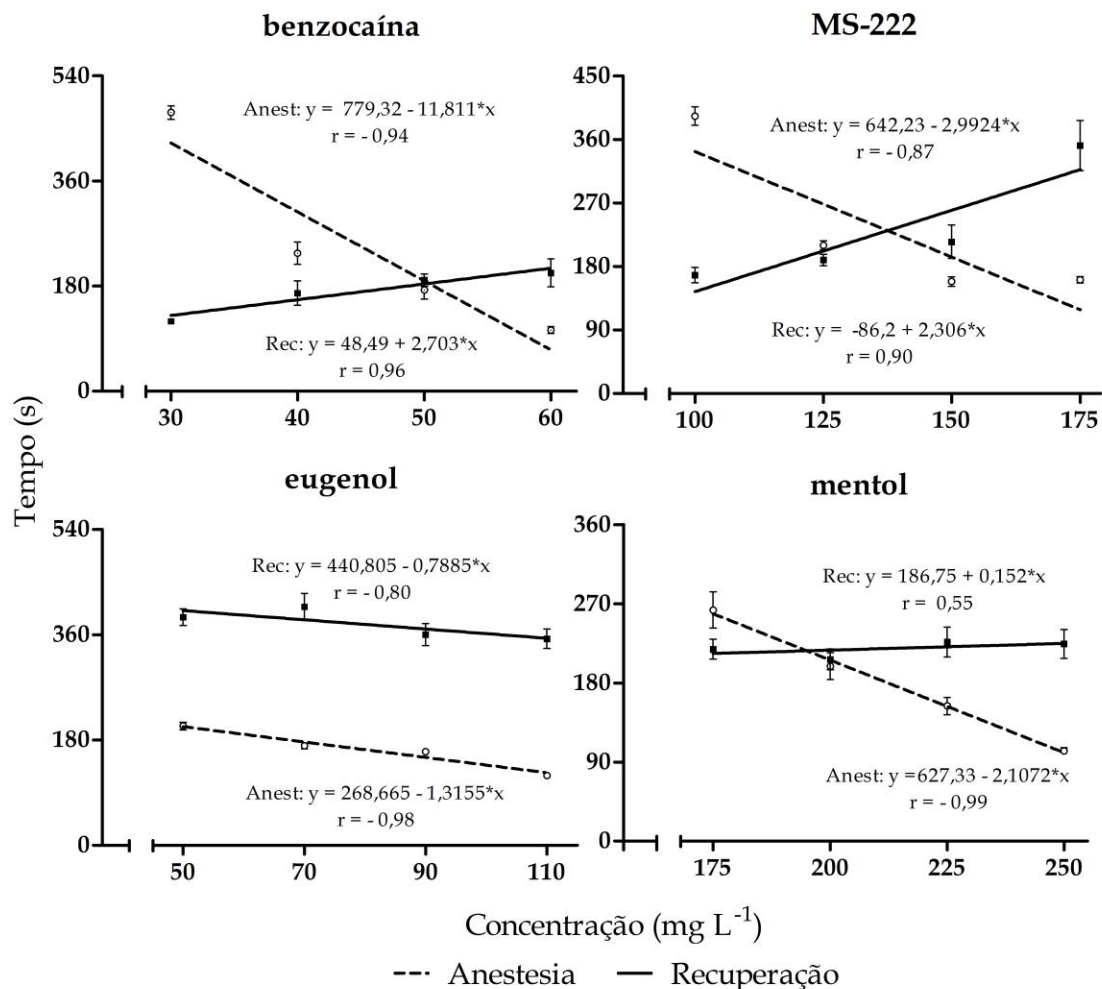
745

746 **Tabela 2.** Tempo (segundos; média \pm erro padrão) de anestesia e recuperação dos
 747 juvenis de tainha *Mugil liza* expostos aos diferentes anestésicos.

Concentração (mgL ⁻¹)	Anestesia (s)			Recuperação (s)			
	A1	A2	A3	R1	R2	R3	
Benzocaína	30	145,9 \pm 6,73 ^a	354 \pm 13,91 ^a	477,1 \pm 12,25 ^a	9,6 \pm 1,06 ^b	37 \pm 1,93 ^b	119,8 \pm 3,67 ^b
	40	70,5 \pm 6,11 ^a	184,9 \pm 15,65 ^{ab}	236,5 \pm 20,13 ^{ab}	56,8 \pm 15,49 ^b	100,6 \pm 17,16 ^b	168 \pm 22,07 ^b
	50	38,2 \pm 1,80 ^b	95,6 \pm 13,25 ^{bc}	173,2 \pm 16,66 ^{bc}	37 \pm 9,63 ^{ab}	99,5 \pm 7,77 ^b	190,2 \pm 11,04 ^{ab}
	60	38,3 \pm 1,58 ^b	61 \pm 4,16 ^c	104,5 \pm 6,03 ^c	84,3 \pm 21,5 ^a	142,3 \pm 22,79 ^a	202,5 \pm 25,09 ^a
MS-222	100	72,3 \pm 4,70 ^a	202,2 \pm 12,55 ^a	393,2 \pm 13,26 ^a	10,2 \pm 1,13 ^c	76,6 \pm 7,58 ^b	167,9 \pm 10,9 ^b
	125	52,8 \pm 3,55 ^{ab}	96 \pm 11,62 ^{ab}	210,2 \pm 6,36 ^a	21,4 \pm 4,85 ^{bc}	107,5 \pm 9,34 ^{ab}	189,1 \pm 8,07 ^{ab}
	150	41 \pm 1,38 ^{bc}	64,7 \pm 3,6 ^b	158,7 \pm 6,51 ^b	34,3 \pm 6,64 ^{ab}	123,3 \pm 21,66 ^{ab}	215,1 \pm 23,8 ^a
	175	33,4 \pm 1,47 ^c	70,5 \pm 4,78 ^b	161 \pm 4,62 ^b	144,8 \pm 26,71 ^a	198,2 \pm 26,76 ^a	351,4 \pm 35,47 ^a
Eugenol	50	33,6 \pm 0,85 ^a	64 \pm 1,44 ^a	204 \pm 6,46 ^a	108,4 \pm 9,05	201,6 \pm 11,47 ^b	389,9 \pm 14,03
	70	32,1 \pm 0,86 ^{ab}	57,1 \pm 3,81 ^{ab}	170,1 \pm 5,18 ^{ab}	74,9 \pm 10,64	265,85 \pm 17,15 ^a	407,7 \pm 23,27
	90	26,4 \pm 0,88 ^{bc}	48,8 \pm 1,92 ^{bc}	159,9 \pm 3,14 ^{bc}	67,6 \pm 10,28	265,6 \pm 22,46 ^a	360,1 \pm 18,95
	110	21,1 \pm 0,56 ^c	33,9 \pm 1,08 ^c	119,7 \pm 4,81 ^c	66,9 \pm 9,86	247,2 \pm 10,78 ^{ab}	353,2 \pm 16,36
Mentol	175	33,4 \pm 1,15 ^a	90,3 \pm 2,13 ^a	263 \pm 20,77 ^a	13,7 \pm 1,64	107,6 \pm 9,53 ^b	218,4 \pm 11,38
	200	31 \pm 1,21 ^a	71,6 \pm 5,16 ^b	199 \pm 15,23 ^b	10,6 \pm 0,68	100,9 \pm 7,73 ^b	206,8 \pm 11,62
	225	24,8 \pm 0,96 ^b	64,4 \pm 2,52 ^b	153,7 \pm 9,71 ^c	14,8 \pm 2,4	120 \pm 5,08 ^{ab}	226,5 \pm 16,93
	250	17,1 \pm 1,14 ^c	34,9 \pm 3,86 ^c	102,5 \pm 3,44 ^d	12 \pm 1,41	153,6 \pm 14,6 ^a	224,5 \pm 16,31

748

749 Comparações foram realizadas entre os tempos das diferentes concentrações de cada
 750 anestésico obtidos em cada estágio. Dados de eugenol foram analisados através de
 751 Anova uma- via, seguido do teste de Tukey ($p < 0,05$). Para benzocaína, MS-222 e mentol
 752 foi utilizado o teste de Kruskal-wallis e a identificação das diferenças foi realizada
 753 através de uma comparação múltipla de médias ($n=10$ peixes por concentração).



754

755 **Figura 1.** Regressões dos tempos de anestesia e de recuperação dos anestésicos
 756 utilizados em juvenis de *Mugil liza*. (n=10 por concentração). ($Y=a + bx$).

757

758 DISCUSSÃO

759 O aumento das concentrações dos anestésicos benzocaína e MS-222 reduziu o
 760 tempo de anestesia dos peixes. Segundo BOWKER *et al.* (2015) a concentração está
 761 entre os principais fatores que influenciam o tempo de anestesia e recuperação dos
 762 animais. A maior disponibilidade das substâncias no meio provoca uma rápida
 763 assimilação pelos peixes. Essa redução do tempo de anestesia com o aumento da
 764 concentração anestésica também foi verificada para outras espécies de peixes utilizando
 765 os mesmos anestésicos do presente estudo (GOMES *et al.*, 2001; BERLINSKY *et al.*,

766 2016; PEREIRA-DA-SILVA *et al.*, 2016). CHAMBEL *et al.* (2015) avaliaram o efeito
767 anestésico de MS-222 em quatro diferentes espécies de peixe, e constataram que o
768 aumento da concentração do anestésico ampliou o tempo de recuperação do "zebra fish"
769 *Danio rerio*, "guppy" *Poecilia reticulata* e acará disco *Symphysodon discus*. Porém, o
770 mesmo não foi observado para o peixe espada *Xiphophorus helleri*, onde o aumento da
771 concentração reduziu o tempo de recuperação dos peixes, atribuindo esses resultados as
772 característica molecular do anestésico e as diferenças fisiológicas e metabólicas
773 existentes entre as diferentes espécies.

774 Assim, os resultados do tempo de recuperação dos peixes anestesiados com
775 mentol e eugenol possivelmente estão relacionados às características farmacocinéticas
776 dos anestésicos e a metabolização destes pelos peixes (Z AHL *et al.*, 2009). A
777 recuperação lenta dos juvenis de *Mugil liza* anestesiados com eugenol pode estar
778 relacionada às características físicas do anestésico. Por ser um óleo, acaba se aderindo a
779 superfície branquial, dificultando assim as trocas gasosas realizadas por este órgão, o
780 que retarda a recuperação dos animais (SLADKY *et al.*, 2001). Contudo, a influência
781 das substâncias anestésicas na recuperação dos peixes pode variar de acordo com a
782 espécie (PEREIRA-DA-SILVA *et al.*, 2016).

783 Com base no critério de tempo de MARKING e MAYER (1985) adotado
784 neste estudo, duas concentrações (50 e 60 mg L⁻¹) de benzocaína foram eficientes para
785 anestésias juvenis de tainha. Nesse caso indica-se a menor concentração (50 mg L⁻¹) que
786 resultará na redução da quantidade de anestésico necessário para efetuar a anestesia dos
787 peixes. A concentração de benzocaína identificada no presente estudo para a tainha é
788 menor que a concentração indicada para anestesia de piraputanga *Brycon hillari* (100
789 mg L⁻¹) (FABIANI *et al.*, 2013) e igual a concentração recomendada para carpa
790 *Ctenopharyngodon idella* (SHAKERI *et al.*, 2016) e pampo *Trachinotus marginatus*
791 (OKAMOTO *et al.*, 2009).

792 Apenas uma concentração de MS-222 (150 mg L⁻¹) foi eficiente para induzir os
793 juvenis de *M. liza* à anestesia dentro da faixa de tempo utilizada como critério neste
794 estudo. Em outros estudos realizados com a mesma substância anestésica indicaram que
795 a anestesia para o linguado *Solea senegalensis* (WEBER *et al.*, 2009) e savelha do
796 mediterrâneo *Alosa pseudoharengus* (BERLINSKY *et al.*, 2016) é recomendada na
797 concentração de 75 mg L⁻¹ e na faixa de 75 a 100 mg L⁻¹, respectivamente.

798 Três concentrações de eugenol (70, 90 e 110 mg L⁻¹) foram eficientes para
799 anestesiarem os juvenis de *M. liza* abaixo de três minutos. No entanto, em todas as
800 concentrações utilizadas no presente estudo, o tempo para recuperação total (R3) dos
801 animais foi superior a cinco minutos. Estes resultados são semelhantes aos encontrados
802 por OKAMOTO *et al.* (2009), onde nenhuma das concentrações de eugenol utilizadas
803 (entre 25 e 75 mg L⁻¹) para anestesia de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*
804 induziu a recuperação dos peixes em um tempo de até cinco minutos. Contudo, os
805 tempos de recuperação para o eugenol no presente estudo permaneceram entre 6 e 7
806 minutos, abaixo de 10 minutos que é considerado um período crítico para recuperação
807 total dos peixes (MARKING e MEYER, 1985). Contudo, para juvenis de robalo-peva
808 *Centropomus paralellus* (SOUZA *et al.*, 2012) e do ariacó *Lutjanus synagris* (SOUZA
809 *et al.*, 2015) nas concentrações de a concentração de 37,5 e 50 mg L⁻¹ de eugenol,
810 respectivamente, foi eficiente para efetuar a anestesia.

811 Duas concentrações de mentol foram eficientes (225 e 250 mg L⁻¹) na anestesia
812 dos juvenis de *Mugil liza*. Essas concentrações são superiores as concentrações de 100,
813 75 e 50 mg L⁻¹, as quais são eficientes para anestesia de tambaqui *Colossoma*
814 *macropomum* (FAÇANHA e GOMES, 2005), robalo-peva *Centropomus parallelus*
815 (SOUZA *et al.*, 2012) e lambari *Astyanax paranae* (PEREIRA-DA-SILVA *et al.*, 2016),
816 respectivamente.

817

818 CONCLUSÃO

819 Podemos concluir com o presente estudo que as concentrações de 50 mg L⁻¹ de
820 benzocaína, 150 mg L⁻¹ de MS-222 e 225 mg L⁻¹ de mentol são eficientes para anestesia
821 de juvenis de tainha *Mugil liza*.

822

823 AGRADECIMENTOS

824 Os autores agradecem ao Professor Vinícius Ronzani Cerqueira (LAPMAR-
825 UFSC) pelos juvenis de tainha utilizados no presente estudo. A CAPES pela bolsa de
826 mestrado concedida a R S Braz e ao CNPq pela bolsa de apoio técnico a IO Silva. RV
827 Rodrigues, LA Sampaio e MB Tesser são bolsistas de produtividade em pesquisa do
828 CNPq.

829

830 **REFERÊNCIAS**

- 831 AYDIN, I.; AKBULUT, B.; KÜÇÜK, E.; KUMLU, M. 2015 Effects of temperature,
832 fish size and dosage of clove oil on anaesthesia in turbot (*Psetta maxima* Linnaeus,
833 1758). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(4): 899-904.
- 834 BAUMGARTEN, M.G.Z.; WALLNER-KERSANACH, M.; NIENCHESKI, L.F.H.
835 2010 *Manual de análises em oceanografia química*. 2. ed. Rio Grande: FURG. 132p.
- 836 BERLINSKY, D.L.; WATSON, M.T; DIMAGGIO, M.A; BRETON, T.S. 2016 The
837 Use of tricaine methanesulfonate, clove oil, metomidate, and 2-phenoxyethanol for
838 anesthesia induction in alewives. *North American Journal of Aquaculture*, 78(1): 84-91.
- 839 BHUJEL, R.C. 2008 *Statistics for aquaculture*. Wiley-Blackwell, Estados Unidos, 222p.
- 840 BOWKER, J.D.; TRUSHENSKI, J.T.; GLOVER, D.C.; CARTY, D.G. 2015 Sedative
841 options for fish research: a brief review with new data on sedation of warm-, cool-, and
842 coldwater fishes and recommendations for the drug approval process. *Reviews in Fish*
843 *Biology and Fisheries*, 25(1): 147-163.
- 844 BROWN, L.A. 1985 Anesthesia and Restraint. In: STOKOPF M. *Manual for the*
845 *Aquatic Workshop*. American Association for Laboratory Animal Science. National
846 Capital Area Branch, Washington, DC. p. 79-86.
- 847 CARTER, K.M.; WOODLEY, C.M.; BROWN, R.S. 2011 A review of tricaine
848 methanesulfonate for anesthesia of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21(1):
849 51-59.
- 850 CARVALHO, C.V.A.; BIANCHINI, A.; TESSER, M.B.; SAMPAIO, L.A. 2010 The
851 effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile
852 mullet *Mugil platanus* (Gunther). *Aquaculture Research*, 41(4): 511-518.
- 853 CHAMBEL, J.R.; PINHO, R.; SOUSA, R.; FERREIRA, T.; BAPTISTA, T.;
854 SEVERIANO, V.; MENDES, S.; PEDROSA, R. 2015 The efficacy of MS-222 as

855 anaesthetic agent in four freshwater aquarium fish species. *Aquaculture Research*,
856 46(7): 1582-1589.

857 COSTA, L.C.; XAVIER, J.A.A.; NEVES, L.F.M.; AZAMBUJA, A.M.V.;
858 WASIELESKY JR, W.; FIGUEIREDO, M.R.C. 2013 Polyculture of *Litopenaeus*
859 *vannamei* shrimp and *Mugil platanus* mullet in earthen ponds. *Revista Brasileira de*
860 *Zootecnia*, 42(9): 605-611.

861 FABIANI, B.M.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; DIEMER, O.; BITTENCOURT, F.;
862 NEU, D.H. 2013 Benzocaine and eugenol as anesthetics for *Brycon hilarii*. *Acta*
863 *Scientiarum Animal Sciences*, 35(2): 113-117.

864 FAÇANHA, M.F.; GOMES, L.C. 2005 Efficacy of menthol as an anesthetic for
865 tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characiformes: Characidae). *Acta Amazonica*,
866 35(1): 71-75.

867 GODINHO, H.M.; KAVAMOTO, E.T.; ANDRADE-TALMELLI, E.F.;
868 SERRALHEIRO, P.C.S.; PAIVA, P.; FERRAZ, E.M. 1993 Induced spawning of the
869 mullet *Mugil platanus* Günther, 1880 in Cananéia, São Paulo, Brazil. *Boletim do*
870 *Instituto de Pesca*, 20(único): 59-66.

871 GOMES, L.C.; CHIPARRI-GOMES, R.A.; LOPES, N.P.; ROUBACH, R.; ARAÚJO-
872 LIMA, C.A.R.M. 2001 Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui
873 *Colossoma macropomum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32(4): 426-431.

874 GRESSLER L.T.; RIFFEL, A.P.K.; PARODI, T.V.; SACCO, E.M.H.; KOAKOSKI,
875 G.; COSTA, S.T.; PAVANATO, M.A.; HEINZMANN, B.M.; CARON, B.;
876 SCHMIDT, D.; LLESUY, S.F.; BARCELLOS, L.J.G.; BALDISSEROTTO, B. 2014
877 Silver catfish *Rhamdia quelen* immersion anaesthesia with essential oil of *Aloysia*
878 *triphylla* (L'Hérit) Britton or tricaine methanesulfonate: effect on stress response and
879 antioxidant status. *Aquaculture Research*, 45(6): 1061-1072.

880 HOSEINI, S.M.; RAJABIESTERABADI, H.; TARKHANI, R. 2015 Anaesthetic
881 efficacy of eugenol on iridescent shark, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) in
882 different size classes. *Aquaculture Research*, 46(2): 405-412.

- 883 JAVAHERY, S.; NEKOUBIN, H.; MORADLU, AH. 2012 Effect of anaesthesia with
884 clove oil in fish (review) *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(6): 1545-1552.
- 885 LISBOA, V.; BACARCAROLLI, I.F.; SAMPAIO, L.A.; BIANCHINI, A. 2015 Effect of
886 salinity on survival, growth and biochemical parameters in juvenile lebranch mullet *Mugil*
887 *liza* (Perciformes: Mugilidae). *Neotropical Ichthyology*, 13(2): 447-452.
- 888 LORENZO, D.; PAZ, D.; DELLACASSA, E.; DAVIES, P.; VILA, R.;
889 CANIGUERAL, S. 2002 Essential oils of *Mentha pulegium* and *Mentha rotundifolia*
890 from Uruguay. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(4): 519-524.
- 891 MARKING, L.L.; MEYER, F. P. 1985 Are better anesthetics needed in fisheries?
892 *Fisheries*, 10(6): 2-5.
- 893 MENEZES M.A. 1983 Guia prático para conhecimento e identificação das tainhas e
894 paratis (pisces, Mugilidae) do litoral brasileiro. *Revista Brasileira de Zoologia*, 2(1): 1-
895 12.
- 896 MIRGHAED, A.T.; GHELICHPOUR, M.; HOSEINI, S.M. 2016 Myrcene and linalool
897 as new anesthetic and sedative agents in common carp, *Cyprinus carpio* - Comparison
898 with eugenol. *Aquaculture*, 464(único): 165-170.
- 899 NEIFFER, D.L.; STAMPER, M.A. 2009 Fish sedation, anesthesia, analgesia, and
900 euthanasia: Considerations, methods, and types of drugs. *ILAR Journal*, 50(4): 343-360.
- 901 OKAMOTO M.H., TESSER, M.B.; LOUZADA, L.R.; SANTOS, R.A.; SAMPAIO,
902 L.A. 2009 Benzocaine and eugenol as anaesthetics for pompano juvenile *Trachinotus*
903 *marginatus*. *Ciência Rural*, 39(3): 866-870.
- 904 OKAMOTO M.H.; SAMPAIO, L.A.; MAÇADA, A.P. 2006 Effect of temperature on
905 growth and survival of juvenile mullet *Mugil platanus* Günther, 1880. *Atlântica*, 28(1):
906 61-66.

- 907 OLIVEIRA, J.R.; CARMO, J.L.; OLIVEIRA, K.K.C.; SOARES, M.C.F. 2009 Sodium
908 chloride, benzocaine and clove oil in tilapia transport water. *Revista Brasileira de*
909 *Zootecnia*, 38(7): 1163-1169.
- 910 PEREIRA-DA-SILVA, E.M.; OLIVEIRA, R.H.F.; DEL NERO, B. 2016 Menthol as
911 anaesthetic for lambari *Astyanax altiparanae* (Garutti & Britski 2000): attenuation of
912 stress responses *Aquaculture Research*, 47(5): 1413-1420.
- 913 POERSCH L.H.; SANTOS, M.H.S.; MIRANDA-FILHO, K.; WASIELESKY JR, K.
914 2007 Efeito agudo do nitrato sobre alevinos da tainha *Mugil platanus* (Pisces:
915 Mugilidae). *Boletim do Instituto de Pesca*, 33(2): 247-252.
- 916 ROSS L.G.; ROSS, B. 2008 Anesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals,
917 3^a ed. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 222p.
- 918 ROUBACH, R.; GOMES, L.C.; FONSECA, F.A.L.; VAL, A.L. 2005 Eugenol as an
919 efficacious anaesthetic for tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture*
920 *Research*, 36(11): 1056- 1061.
- 921 SAMPAIO, L.A.; WASIELESKY, W.; MIRANDA-FILHO, K.C. 2002 Effects of
922 salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. *Bulletin*
923 *of Environmental Contamination and Toxicology*, 68(5): 668-674.
- 924 SEPULCHRO, L.C.O.R.; CARVALHO, M. A. G.; GOMES, L.C. 2016 Salinity does
925 not alter the effectiveness of menthol as an anesthetic and sedative during the handling
926 and transport of juvenile fat snook (*Centropomus parallelus*) *Brazil Journal of Biology*,
927 76(3): 757-763.
- 928 SHAKERI, M.; SADEGHPOUR, A.; KHARA, H. 2016 Anesthetic effect of xylazine
929 and benzocaine on hematological parameters and stress indicators of juvenile grass
930 carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844). *Comparative Clinical Pathology*,
931 25(2): 357-362.
- 932 SICCHA-RAMIREZ, R.; MENEZES, N.A.; NIRCHIO, M.; FORESTI, F.; OLIVEIRA,
933 C. 2014 Molecular identification of mullet species of the Atlantic South Caribbean and

934 South America and the phylogeographic analysis of *Mugil liza*. *Reviews in Fisheries*
935 *Science & Aquaculture*, 22(1): 86-96.

936 SILVA, E.M.; SAMPAIO, L.A.; MARTINS, G.B.; ROMANO, L.A.; TESSER, M.B.
937 2013 Growth performance and feeding costs of juvenile mullet subjected to feed
938 restriction. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(8): 906-912.

939 SIMÕES, L.N.; GOMES, L.C. 2009 Menthol efficiency as anesthetic for juveniles Nile
940 tilapia *Oreochromis niloticus*. *Brazilian Journal of Veterinary and Animal Science*,
941 61(3): 613-620.

942 SLADKY, K.K.; SWANSON, C.R.; STOSKOPF, M.K.; LOOMIS, M.R.; LEWBART,
943 G.A. 2001 Comparative efficacy of tricaine methanesulfonate and clove oil for use as
944 anesthetics in red pacu (*Piaractus brachypomus*). *American*
945 *Journal of Veterinary Research*, 62(3): 337-342.

946 SOUZA, R.A.R.; CARVALHO, C.V.A.; NUNES, F.F.; SCOPEL, B.R.; GUARIZI,
947 J.D.; TSUZUKI, M.Y. 2012 Comparative effect of benzocaine, menthol and eugenol as
948 anesthetics for juvenile fat snook. *Boletim do Instituto de Pesca*, 38(3): 247-255.

949 SOUZA, R.L.M.; VETTORAZZI, M.B.; KOBAYASHI, R.K.; NETO, M.A.F. 2015
950 Eugenol as an anaesthetic in the management of farmed lane snapper, *Lutjanus synagris*
951 (Linnaeus, 1758), *Revista Ciência Agronômica*, 46(3): 532-538.

952 TRUSHENSKI, J.T.; BOWKER, J.D.; COOKE, S.J.; ERDAHL, D.; BELL, T.;
953 MACMILLAN, J.R.; YANONG, R.P.; HILL, J.E.; FABRIZIO, M.C.; GARVEY, J.E.;
954 SHARON, S. 2013 Issues regarding the use of sedatives in fisheries and the need for
955 immediate-release options. *Transactions of the American Fisheries Society*, 142(1):
956 156-170.

957 WEBER, R.A.; PELETEIRO, J.B.; GARCIA-MARTIN, L.O.; ALDEGUNDE, M.
958 2009. The efficacy of 2-phenoxyethanol, metomidate, clove oil and MS-222 as
959 anaesthetic agents in the Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858). *Aquaculture*,
960 288(1-2): 147-150.

961 ZAHL, I.H.; KIESSLING, A.; SAMUELSEN, O.B.; HANSEN, M.K. 2009 Anaesthesia
962 of Atlantic cod (*Gadus morhua*): effect of preanaesthetic sedation, and importance of
963 body weight, temperature and stress. *Aquaculture*, 295(1-2): 52-59.

964 ZAMORA-SILLERO, J.; RAMOS, L.R.V.; ROMANO, L.A.; MONSERRAT, J.M.;
965 TESSER, M.B. 2013 Effect of dietary dextrin levels on the growth performance, blood
966 chemistry, body composition, hepatic triglycerides and glycogen of lebranche mullet
967 juveniles (*Mugil liza* Valenciennes 1836, Mugilidae). *Journal Applied of Ichthyology*,
968 29(6): 1342-1347.

969

970 **Capítulo II**

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982 **TRANSPORTE DE JUVENIS DE TAINHA *Mugil liza* EM DIFERENTES**
983 **SALINIDADES COM ADIÇÃO DE BICARBONATO DE SÓDIO COMO**
984 **TAMPONANTE NA ÁGUA**

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997 Artigo redigido nas normas da Revista Aquaculture International no formato short
998 communication

999 **TRANSPORTE DE JUVENIS DE TAINHA *Mugil liza* EM DIFERENTES**
1000 **SALINIDADES COM ADIÇÃO DE BICARBONATO DE SÓDIO COMO**
1001 **TAMPONANTE NA ÁGUA**

1002
1003 **Resumo**

1004 A tainha *Mugil liza* é uma espécie eurialina que pode ser produzida tanto em
1005 água salgada quanto doce. Portanto, o presente estudo teve o objetivo de realizar o
1006 transporte de juvenis de tainha em diferentes salinidades e adição de NaHCO₃. Para a
1007 realização do experimento os peixes foram transportados em 18 sacos plásticos com 10
1008 L de água e 20 L de oxigênio cada. Foram estocados 167 peixes por saco (1,6 ± 0,6 g e
1009 5,2 ± 0,7 cm) mantendo uma densidade de 26,7 g L⁻¹. Os peixes foram transportados
1010 durante 24 h em 3 salinidades: 5 (baixa salinidade), 13 (próximo ao ponto isosmótico) e
1011 35 (salinidade tipicamente marinha). Para cada salinidade testada, 3 sacos continham 1g
1012 de NaHCO₃ para cada litro de água, enquanto que os outros 3 não possuíam adição de
1013 NaHCO₃. Foi observado que nos tratamentos com adição de NaHCO₃ os valores de pH
1014 sofreram menor redução em comparação aos tratamentos sem adição desse tamponante
1015 devido a elevação da alcalinidade da água. Contudo, nos tratamentos em baixa
1016 salinidade (5 e 13) ocorreu a elevação dos valores de dióxido de carbono na água.
1017 Porém, a sobrevivência dos animais transportados nas salinidades foi afetada
1018 significativamente pela adição de NaHCO₃ nos transportes nas salinidades 5 e 13.
1019 Provavelmente a adição do bicarbonato de sódio em baixas salinidades interferiu na
1020 relação de regulação de equilíbrio ácido-base, prejudicando o processo de transporte de
1021 oxigênio no organismo dos peixes. Portanto recomenda-se utilização de 1 g NaHCO₃ L⁻¹
1022 de água apenas para transporte de *M. liza* em salinidade 35.

1023 Palavras-chave: piscicultura, maricultura, aquicultura, eurialino

1024

1025 A tainha *Mugil liza* distribui-se desde o sul do mar do Caribe até a Argentina
1026 (Siccha-Ramires *et al.* 2014). Devido a sua importância econômica tem sido alvo de
1027 vários estudos para viabilização de sua produção em cativeiro (Sampaio *et al.* 2001;
1028 Sampaio *et al.* 2002; Okamoto *et al.* 2006; Carvalho *et al.* 2010; Silva *et al.* 2013).
1029 Devido à sua característica eurialina (Lisboa *et al.* 2015a) e euritérmica (Okamoto *et al.*

1030 2006), a espécie poderá constituir-se em nova alternativa de cultivo para as regiões
1031 tropicais e temperadas. Devido à característica eurialina, a tainha tolera tanto variações
1032 abruptas de salinidade (Fonseca e Spach, 1999), podendo ser produzida tanto em água
1033 marinha como doce (Lisboa *et al.* 2015a). Dessa forma, surge à necessidade transportá-
1034 la já aclimatada as condições de salinidade onde será produzida.

1035 O sistema fechado com a utilização de sacos plásticos é o sistema mais
1036 utilizado para transporte de peixes (Azambuja *et al.* 2011), porém quando transportados
1037 nesse sistema os peixes ficam expostos a situações como, limitada concentração de
1038 oxigênio dissolvido e acúmulo de metabolitos como amônia e CO₂ na água (Parodi *et*
1039 *al.* 2013; Garcia *et al.* 2015). O acúmulo do CO₂ pode ocasionar acidificação do meio,
1040 sendo que o decréscimo do pH da água pode trazer efeitos como perturbação do balanço
1041 ácido-base e prejuízos na respiração dos animais (Claiborne *et al.* 1986, Claiborne e
1042 Heisler, 2002). A utilização de substâncias tamponantes é uma alternativa eficiente para
1043 evitar a redução dos níveis de pH durante o transporte de peixes vivos. Dentre as
1044 substâncias tamponantes o bicarbonato de sódio é uma substância de fácil aquisição e
1045 baixo custo e sua eficiência em manter o pH durante o transporte de peixes é eficiente
1046 (Treasurer 2012).

1047 A redução da salinidade para peixes marinhos durante o transporte para
1048 próximo ao ponto isosmótico da espécie também é uma estratégia para redução de
1049 estresse e melhora da sobrevivência ao final do transporte, como foi demonstrado para o
1050 bijupirá *Rachycentron canadum* (Stieglitz *et al.* 2012). Portanto, o objetivo do trabalho
1051 foi avaliar o transporte de juvenis de *M. liza* em diferentes salinidades, com adição de
1052 bicarbonato de sódio na água como tamponante.

1053 Os juvenis de *M. liza* foram mantidos antes da realização do transporte em
1054 tanques de 5000 L (densidade 10 g L⁻¹, salinidade 35 ‰, oxigênio dissolvido 7,1 ± 0,53
1055 mg L⁻¹, pH 8 e temperatura de 25 °C) em sistema de fluxo contínuo. A alimentação foi
1056 fornecida três vezes ao dia com ração comercial para peixes (Aquaxcel, 0,8 mm e 50%
1057 de proteína bruta) até a saciedade aparente. Antes do transporte, parte dos peixes foram
1058 aclimatadas nas salinidades de 5 e 13 ‰. A alimentação foi suspensa 24 h antes do
1059 transporte.

1060 O experimento foi aprovado pelo comitê de ética em uso animal (CEUA) da
1061 Universidade Federal do Rio Grande - FURG (certificado número P028/2017). Para a

1062 realização do transporte, os juvenis de *M. liza* ($1,6 \pm 0,6$ g e $5,2 \pm 0,7$ cm) foram
1063 distribuídos em 18 sacos plásticos contendo 10 L de água e 20 L de oxigênio, em uma
1064 densidade de $26,7 \text{ g L}^{-1}$ em cada saco (167 peixes saco⁻¹). O transporte foi realizado
1065 utilizando três salinidades: 5 ‰ (S5) salinidade baixa, 13 ‰ (S13) salinidade próxima ao
1066 ponto isosmótico (13,5 ‰)(Lisboa *et al.* 2015b) e 35 ‰ (S35) salinidade tipicamente
1067 marinha. Foram realizados tratamentos com as mesmas salinidades (S5B, S13B e S35B
1068 respectivamente), porém com a adição de bicarbonato de sódio (concentração 1 g L^{-1}),
1069 totalizando 6 tratamentos realizados em triplicatas.

1070 Para a realização do transporte todos os sacos foram acondicionados em caixas
1071 de isopor para manutenção da temperatura em torno de 20 °C. O transporte foi realizado
1072 via terrestre e teve duração de 24 h. Os parâmetros de qualidade de água foram
1073 monitorados antes do início e ao final do transporte. A salinidade foi mensurada com
1074 refratômetro portátil (modelo S-Mill-E, Atago, Japão), a temperatura e o oxigênio foram
1075 verificados com a utilização de oxímetro digital (modelo 550A, YSI, EUA), o pH com
1076 pHmetro de bancada (modelo Five Easy FE20, Mettler Toledo, Suíça). A alcalinidade
1077 foi determinada por titulação segundo os métodos descritos em Baumgarten (2010) e a
1078 amônia total de acordo com UNESCO (1983). N-NH₃ calculado com valores de NAT,
1079 temperatura, salinidade e pH utilizando equações de Ostrensky *et al.* (1992) adaptado de
1080 Whitfield (1974) e Bower e Bidwell (1978). O CO₂ foi calculado com a utilização do
1081 software CO₂ Analysis Salt[®] (Timmons e Ebeling, 2010). Ao final do transporte foi
1082 verificada a sobrevivência dos peixes em todos os tratamentos e os peixes foram
1083 aclimatados e acondicionados em tanques com capacidade de 1000 L acoplados em
1084 sistemas de recirculação de água na mesma salinidade onde foram transportados, onde
1085 permaneceram durante 24 h para observação da sobrevivência.

1086 A análise estatística dos parâmetros de qualidade de água e sobrevivência dos
1087 peixes foram avaliadas por ANOVA duas vias, considerando os efeitos da salinidade, da
1088 adição de bicarbonato e a interação em ambos os fatores. Para verificação das diferenças
1089 entre os tratamentos foi utilizado o teste *post-hoc* de Tukey com nível mínimo de
1090 significância de 5 % ($P < 0,05$).

1091 A sobrevivência dos peixes foi afetada significativamente pela adição do
1092 bicarbonato e salinidade, apresentando interação entre essas variáveis. A redução da

1093 salinidade e principalmente a adição de bicarbonato em baixas salinidades reduziram a
1094 sobrevivência dos juvenis de tainha (Figura 1).

1095 A redução da salinidade para próximo do seu ponto isosmótico em peixes
1096 marinhos foi uma ferramenta eficaz para transporte de juvenis de bijupirá durante 24 h
1097 em sistema fechado (Stieglitz et al. 2012). Esses autores concluíram que com esse
1098 manejo da salinidade é possível inclusive aumentar a densidade de estocagem durante o
1099 transporte devido a redução do gasto energético com a osmorregulação. Foi estimado o
1100 ponto isosmótico da tainha em *M. liza* em 413 mOsmol Kg⁻¹ o que representa a
1101 salinidade 13,5 (Lisboa et al. 2015b) e no seu ponto isosmótico a tainha reduza os
1102 gastos com sua osmorregulação (Lisboa et al. 2015a). Contudo, seu transporte na
1103 salinidade próxima a salinidade correspondente ao seu ponto isosmótico não melhorou a
1104 sobrevivência da tainha.

1105 Os dados de qualidade de água do experimento estão sumarizados na Tabela 1.
1106 Nos tratamentos com adição de bicarbonato de sódio os valores de pH e alcalinidade
1107 foram mais elevados quando comparados aos tratamentos sem tamponante independente
1108 da salinidade. Tanto pH quanto alcalinidade foram afetados significativamente pela
1109 salinidade e adição de bicarbonato de sódio, havendo interação significativa entre esses
1110 parâmetros. Nos tratamentos utilizando bicarbonato de sódio, foi verificado que as
1111 concentrações de CO₂ na água dos sacos de transportes realizados com salinidades 5 e
1112 13 ‰ foram significativamente ($P < 0,05$) superiores as concentrações encontradas nos
1113 com salinidade de 35 ‰.

1114 O CO₂ é um dos principais produtos acumulados no transporte de peixes em
1115 sistema fechado. Originado devido a respiração dos peixes, CO₂ na água se transforma
1116 em Ácido carbônico (H₂CO₃) liberando íons H⁺ para água causando a redução do pH do
1117 meio (Amend et al. 1982). A redução do pH foi observada em todos os tratamentos,
1118 porém essa redução foi maior nos tratamentos sem a utilização de bicarbonato de sódio
1119 como tamponante. Treasure et al. (2011) verificaram a efetividade do bicarbonato de
1120 sódio em evitar a redução dos níveis de pH no transporte *Gadhus mormua*, contudo,
1121 devido ao aumento da alcalinidade da água nos tratamentos com adição do bicarbonato
1122 de sódio resultou em elevação das concentrações de dióxido de carbono, principalmente
1123 nos tratamentos com baixa salinidade onde ocorreu a maior mortalidade dos peixes.

1124 Em sistemas de produção de organismos aquáticos é recomendado que as
1125 concentrações de CO₂ permaneçam inferiores a 20 mg L⁻¹ para espécies pouco
1126 tolerantes como salmonídeos e abaixo de 60 mg L⁻¹ para espécie bastante tolerantes ao
1127 dióxido de carbono (Timmons e Ebeling, 2010). Enquanto a toxicidade aguda CL50-48h
1128 do CO₂ para juvenis do robalo europeu *Dicentrarchus labrax* foi estimada em 115 mg
1129 L⁻¹ (Grøttum e Sigholt, 1996), para juvenis de tainha não existem informações
1130 referentes a toxicidade do dióxido de carbono.

1131 Considerando que o mecanismo de toxicidade do CO₂ em peixes é devido a
1132 redução do pH que acaba perturbando o equilíbrio ácido-base e o transporte de gases no
1133 organismo dos peixes (Souza e Bolina-Rodriguez, 2007). Desta forma, o principal
1134 mecanismo de regulação ácido-base nos peixes é realizada pelos trocadores Cl⁻/HCO₃⁻ e
1135 Na⁺/H⁺ (Perry e Gilmours, 2006) e que a regulação iônica é importante para essa
1136 regulação ácido-base (Grøttum e Sigholt, 1996). Assim, nossa hipótese é que o aumento
1137 do CO₂ e do bicarbonato com reduzida disponibilidade iônica tenha resultado na
1138 mortalidade dos peixes em salinidade abaixo de 35.

1139 Portanto, é recomendada a utilização de 1 g de bicarbonato de sódio na água
1140 apenas para transportes de juvenis de *M. liza* realizados em salinidade de 35 ‰, pois
1141 manteve os valores de pH da água próximo do neutro.

1142

1143 **Referências**

1144 Amend NF, Crov TR, Goven BA et al (1982) Transportation of fish in closed systems:
1145 methods to control ammonia, carbon dioxide, pH and bacterial growth. Trans Am Fish
1146 Soc 11: 603-611

1147 Azambuja CR, Mattiazzi J, Riffel APK et al (2011) Effect of the essential oil of *Lippia*
1148 *alba* on oxidative stress parameters in silver catfish (*Rhamdia quelen*) subjected to
1149 transport. Aquaculture 319: 156-161

1150 Baumgarten MG, Rocha JMB, Niencheski LFH (2010) Manual de Análises em
1151 Oceanografia Química. Furg, Rio Grande

- 1152 Bower CE, Bidwell J (1978) Ionization of ammonia in seawater: effects of temperature,
1153 pH, and salinity. J Fish Res Board Can 35: 1012-1016
- 1154 Carvalho CVA, Bianchini A, Tesser MB et al (2010) The effect of protein levels on
1155 growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus*
1156 (Gunther). Aquacult Res 41: 511-518
- 1157 Cerqueira, VR, Carvalho, CVA, Sanches et al (2017) Manejo de reprodutores e controle
1158 da reprodução de peixes marinhos da costa brasileira. Rev Bras Reprod Anim 41: 94-
1159 102
- 1160 Claiborne JB, Edwards SL, Morrison-Shetlar AI (2002) Acid-base regulation in
1161 fishes: cellular and molecular mechanisms. J Exp Zool 293: 302-319
- 1162 Claiborne JB, Heisler N (1986) Acid-base regulation and ion transfers in the carp
1163 (*Cyprinus carpio*): pH compensation during graded long- and short-term
1164 environmental hypercapnia, and the effect of bicarbonate infusion. J Exp Biol
1165 126: 41-61
- 1166 Cooper CA, Regan MD, Brauner CJ et al (2014) Osmoregulatory bicarbonate secretion
1167 exploits H⁺-sensitive haemoglobins to autoregulate intestinal O₂ delivery in euryhaline
1168 teleosts. J Comp Physiol B 184: 865-876
- 1169 Cooper CA, Whittamore JM, Wilson RW (2010) Ca²⁺ driven intestinal HCO₃ secretion
1170 and CaCO₃ precipitation in the European flounder in vivo: influences on acid-base
1171 regulation and blood gas transport. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 298: 870-
1172 876
- 1173 Fonseca Neto JC, Spach HL (1999) Sobrevivência de juvenis de *Mugil platanus*
1174 Günther, 1880 (Pisces, Mugilidae) em diferentes salinidades. Bol. Inst. Pesca 25: 13-17
- 1175 Garcia LO, Barcellos LJJ, Baldisserotto B (2015) Net ion fluxes and ammonia
1176 excretion during transport of *Rhamdia quelen* juveniles. 1854 Cienc Rural 45: 1854-
1177 1858

- 1178 GrØttum JA, Sigholt T (1996) Acute toxicity of carbon Dioxide on european seabass
1179 (*Dicentrarchus labrax*): Mortality and effects on Plasma Ions. *Comp Biochem Physiol*
1180 *B Biochem Mol Biol* 115: 323-327
- 1181 Lisboa V, Bacarcarolli IF, Sampaio, LA et al (2015a) Effect of salinity on survival,
1182 growth and biochemical parameters in juvenile lebranch mullet *Mugil liza* (Perciformes:
1183 Mugilidae). *Neotrop Ichthyol* 13: 447-452
- 1184 Lisboa V, Bacarcarolli IF, Sampaio, LA et al (2015b) Acclimation of juvenile *Mugil*
1185 *liza* Valenciennes, 1836 (Mugiliformes: Mugilidae) to different environmental salinities. *Neotrop*
1186 *Ichthyol*, 13: 591-598
- 1187 Okamoto MH, Sampaio LA, Maçada AP (2006) Efeito da temperatura sobre o
1188 crescimento e a sobrevivência de juvenis da tainha *Mugil platanus* günther, 1880.
1189 *Atlântica* 28: 61-66
- 1190 Ostrensky A, Marchiori MA, Poersch LH (1992) Toxicidade aguda
1191 da amônia no processo produtivo de pós-larvas de *Penaeus paulensis*,
1192 Pérez-Farfante, 1967. *An Acad Bras Ciên* 64: 383-389
- 1193 Parodi TV, Cunha MA, Becker AG et al (2013) Anesthetic activity of the essential oil
1194 of *Aloysia triphylla* and effectiveness in reducing stress during transport of albino and
1195 gray strains of silver catfish, *Rhamdia quelen* *Fish Physiol Biochem* 40: 323-334
- 1196 Perry SF, Gilmour KM (2006) Acid–base balance and CO₂ excretion in fish:
1197 Unanswered questions and emerging models. *Respir Physiol Neurobiol* 154: 199-215
- 1198 Sampaio LA, Bianchini A (2002) Salinity effects on osmoregulation and growth of the
1199 euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *J Mar Bio* 269: 187-196
- 1200 Sampaio LA, Ferreira AH, Tesser MB (2001) Effect of stocking density on laboratory
1201 rearing of mullet fingerlings, *Mugil platanus* (Gunther, 1880). *Acta sci* 23: 471-475

1202 Siccha-Ramirez R, Menezes NA, Nirchio M, et al (2014) Molecular identification of
1203 mullet species of the Atlantic South Caribbean and South America and the
1204 phylogeographic analysis of *Mugil liza*. Rev Fish Sci Aqua 22: 86-96

1205 Silva EM, Sampaio LA, Martins GB et al (2013) Growth performance and feeding costs
1206 of juvenile mullet subjected to feed restriction. Pesq Agropec Bras 48: 906-912

1207 Souza PC, Bolina-Rodriguez (2006) Fish hemoglobins. Braz J Med Biol Res 40: 769-
1208 778

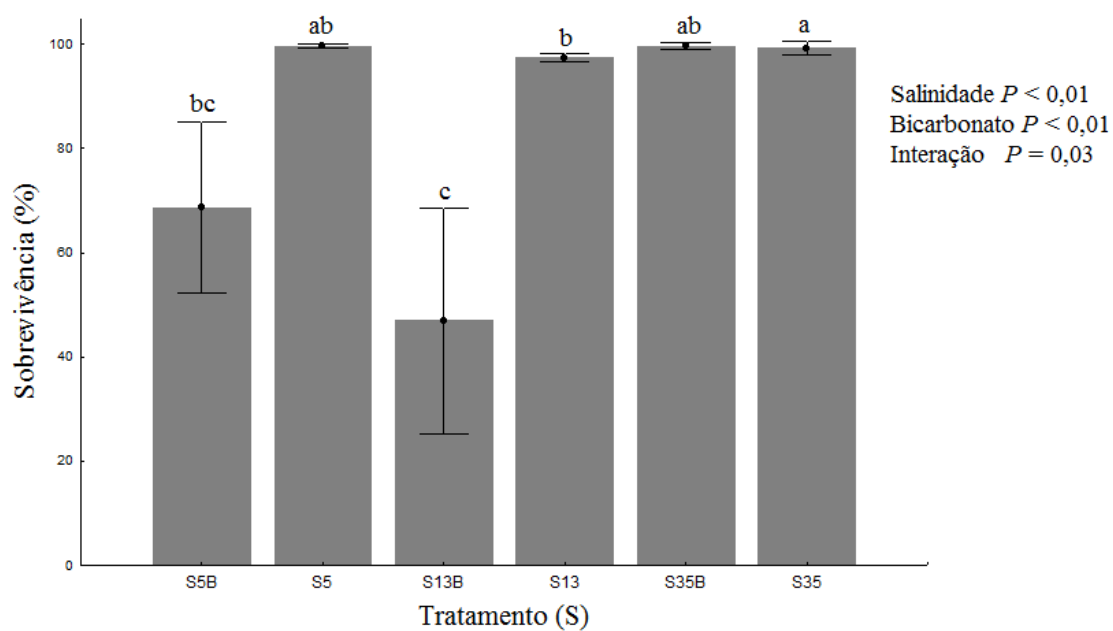
1209 Stieglitz JD, Benetti DD, Serafy JE (2012) Optimizing transport of live juvenile cobia
1210 (*Rachycentron canadum*): Effects of salinity and shipping biomass. Aquaculture 364-
1211 365: 293-297

1212 Timmons MB, Ebeling JM (2010) Water quality. In: Recirculating aquaculture 2nd
1213 edn. NRAC, New York

1214 Treasurer JW (2012) Changes in pH during transport of juvenile cod *Gadus morhua* L.
1215 and stabilisation using buffering agents. Aquaculture 330-333: 92-99

1216 Unesco (1983) Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual
1217 and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission

1218 Whitfield M (1974) The hydrolysis of ammonium ions in sea water —
1219 a theoretical study. J Mar Biol UK 54: 565-580
1220



1221

1222 Figura 1. Sobrevivência (%) de juvenis de tainha *Mugil liza* transportados em diferentes
 1223 salinidades (S) e adição de bicarbonato de sódio (B).

Tabela 1: Parâmetros de qualidade de água (média ± erro padrão) após o transporte de juvenis de *Mugil liza* em diferentes salinidades com e sem adição de bicarbonato de sódio. Letras diferentes na mesma linha representam diferenças estatísticas significativas (ANOVA duas-vias; Teste de Tukey; $P < 0,05$).

Transporte	Antes					Depois					Valor de p ANOVA duas vias -				
	Salinidade (%)			Bicarbonato (1g L ⁻¹)		Salinidade (%)			Bicarbonato (1g L ⁻¹)						
	5	13	35	Com	Sem	5	13	35	Com	Sem	Com	Sem	Salinidade	Bicarbonato	Interação
Temperatura (°C)	19,9	20,4	19,7	20.2±0.3	20,3±0.1	20.3±0.1	20.3±0.1	19.6±0.6	20,1±0.1	0.04	0.19	0.44			
Oxigênio (mg L ⁻¹)	8,2	7,8	7,12	3.42±1.26	3.02±0.49	3.42±0.7	3.51±1.20	3.08±0.91	2.97±0.22	0.69	0.74	0.89			
pH	7,44	8,5	8,2	6.94±0.07 ^a	5.91±0.06 ^d	6.81±0.04 ^b	6.10±0.05 ^c	6.90±0.02 ^{ab}	6.16±0.03 ^c	< 0.01	< 0.01	< 0.01			
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	25	50	120	660±35 ^b	50±10 ^d	640±5 ^b	110±15 ^c	720±5 ^a	140±10 ^c	< 0.01	< 0.01	< 0.01			
NAT [NH ₃ + NH ₄ ⁺] (mg L ⁻¹)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.38±0.07	0.64±0.05	-----	-----	-----			
NH ₃ (mg L ⁻¹)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,01 ±0,01	0,01±0,01	-----	-----	-----			
Dióxido de carbono (mg L ⁻¹)	1	0	0	115.7±16.8 ^{ab}	94±14 ^{abc}	121.3±10.4 ^a	103.3±7.8 ^{abc}	78.7 ± 4.7 ^c	86.7±9.6 ^{bc}	< 0.01	0.70	0.83			

ND = não detectado pelo método utilizado

CONCLUSÕES

A benzocaína, MS-222, eugenol e mentol foram eficientes para anestesia dos juvenis de *M. liza*, sendo que as melhores concentrações encontradas com base no tempo de anestesia e recuperação dos peixes foram respectivamente: 50, 150, 70 e 225 mg L⁻¹.

A adição de bicarbonato de sódio como estratégia para amenização da redução do pH da água durante o transporte de juvenis *M. liza* foi eficiente em salinidade 35. Contudo, não é recomendada quando o transporte de juvenis de tainha é realizado em salinidades baixas ou em salinidade próxima ao ponto isosmótico.