



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Naiara Pinho Alves

**Efeito da densidade de estocagem sobre os índices hematológicos  
e bioquímicos de alevinos de piavas, *Megaleporinus obtusidens*,  
durante o transporte**

Florianópolis  
2024

Naiara Pinho Alves

**Efeito da densidade de estocagem sobre os índices hematológicos  
e bioquímicos de alevinos de piavas, *Megaleporinus obtusidens*,  
durante o transporte**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Aquicultura e Recursos Pesqueiros.

Orientador(a): Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr

Florianópolis

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.  
Dados inseridos pelo próprio autor.

Alves, Naiara Pinho

Efeito da densidade de estocagem sobre os índices hematológicos e bioquímicos de alevinos de piavas, *Megaleporinus obtusidens*, durante o transporte / Naiara Pinho Alves ; orientador, Alex Pires de Oliveira Nuñez, 2024.

48 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. homeostase. 3. bem-estar. 4. espécie nativa. I. Nuñez, Alex Pires de Oliveira . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Aquicultura. III. Título.

Naiara Pinho Alves

**Efeito da densidade de estocagem sobre os índices hematológicos  
e bioquímicos de alevinos de piavas, *Megaleporinus obtusidens*,  
durante o transporte**

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 18 de dezembro de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Elissandra Ulbricht Winkaler, Dra.  
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Leonardo José Gil Barcellos, Dr.  
Universidade de Passo Fundo

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Aquicultura

Insira neste espaço a  
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a  
assinatura digital

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.  
Orientador

Florianópolis

2024

## **Dedicatória**

A todos (as) que me apoiaram na finalização desta etapa.

## AGRADECIMENTOS

À UFSC por toda infraestrutura necessária à execução das atividades.

Ao CNPq e CAPES pela bolsa dos outros alunos envolvidos (mestrado e doutorado).

Ao corpo docente, discente e técnico do Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD) e do programa de Pós-Graduação em Aquicultura (PPGAQI/UFSC) por toda ajuda para realização dessa etapa, vocês contribuíram para a minha formação acadêmica, profissional e pessoal. Em especial, quero agradecer ao meu orientador Dr Alex Pires de Oliveira Nuñer, pela oportunidade, confiança, incentivo e aprendizado. Não apenas para realização dos deveres acadêmicos, mas na finalização dessa etapa. Eternamente grata!

Aos colegas e amigos: Creuza, Jackellynne Fernandes, José Antônio de Oliveira Júnior, Luciano Weiss, Maurício Machado, Ronaldo da Silva, Virian Coradini Brutti, Winnícus Muniz dos Santos Sá e Weldon Ribeiro Santos. Obrigada por todo apoio.

Ao Laboratório de Fisiologia de Peixes (UPF) pela ajuda e contribuição na realização das análises de cortisol.

À banca, Dr<sup>a</sup> Elissandra Ulbricht Winkaler e Dr Leonardo José Gil Barcellos, pela disponibilidade e contribuição para a melhoria do trabalho.

Aos meus familiares, obrigada por tudo. Vocês são muito especiais. A força que tenho para realização dos meus objetivos vêm de vocês.

À Carla Cattabriga (psicóloga), que proporcionou importantes reflexões, que me ajudaram nos momentos desafiadores. Muito obrigada!

Ao Divino, obrigada! Sou grata por todos os ensinamentos, por toda experiência, por todas as pessoas que estiveram em algum momento nessa caminhada. Sei que tudo tem um propósito.

Aho!

No fundo, todos temos necessidades de dizer quem somos e o que é que estamos a fazer e a necessidade de deixar algo feito porque esta vida não é eterna e deixar coisas feitas pode ser uma forma de eternidade.

(José Saramago, 1997)

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da densidade de estocagem durante o transporte de *Megaleporinus obtusidens* sobre os índices hematológicos e bioquímicos do sangue. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, composto por tratamentos de densidades de estocagem de 33, 50, 66 e 83 g/L, com quatro repetições. Os juvenis de *M. obtusidens* ( $13,77 \pm 3,27$  g;  $11,52 \pm 0,9$  cm) foram estocados em sacos plásticos com volume útil de 3,0 L, considerados como unidades experimentais, que foram colocados na caçamba de uma caminhonete para o transporte. Após quatro horas de transporte, os sacos plásticos foram retirados da caminhonete, e uma amostra de animais foi selecionada para a realização das análises sanguíneas. Posteriormente ao transporte, os parâmetros físicos e químicos da água permaneceram estáveis nos tanques de recuperação, sem registro de diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). O aumento da densidade de estocagem reduziu a qualidade da água imediatamente após o transporte, com aumento significativo das concentrações de amônia total ( $p < 0,05$ ). Além disso, foi registrado aumento da temperatura ambiente durante o transporte. Em relação às análises sanguíneas, apenas o cortisol apresentou uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) após o transporte e 24 horas de recuperação. O presente estudo mostrou que a densidade indicada para o transporte terrestre de *M. obtusidens* é a de 83 g/L.

**Palavras-chave:** Aquicultura; homeostase; bem-estar; espécie nativa.



## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of storage density during the transport of *Megaleporinus obtusidens* on the hematological and biochemical indices of the blood. The completely randomized experimental design was used, consisting of treatments with storage densities of 33, 50, 66, and 83 g/L, with four replications. *M. obtusidens* juveniles ( $13.77 \pm 3.27$  g;  $11.52 \pm 0.9$  cm) were stored in plastic bags with a useful volume of 3.0 L, considered experimental units, which were placed in the back of a pickup truck for transport. After four hours of transport, the plastic bags were removed from the truck, and a sample of animals was selected for blood analysis. After transport, the physical and chemical parameters of the water were obtained in the recovery tanks, with no significant differences recorded ( $p > 0.05$ ). Increasing storage density impairs water quality immediately after transport, significantly increasing total ammonia concentrations ( $p < 0.05$ ). Furthermore, an increase in ambient temperature was recorded during transport. Moreover, about blood tests, only cortisol showed a significant difference ( $p < 0.05$ ) after transport and 24 hours of recovery. The present study showed that the density indicated for land transport of *M. obtusidens* is 83 g/L.

**Keywords:** Aquaculture; homeostasis; native species; animal welfare.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Juvenil de *Megaleporinus obtusidens* ..... 19
- Figura 2.** Concentrações de TAN e nitrito após o transporte de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem.....28
- Figura 3.** Análise hematológica de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem ao final do transporte. ....30
- Figura 4.** Análises bioquímicas do sangue de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem ao final do transporte. ....30
- Figura 5.** Concentração de cortisol plasmático de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem ao final do transporte. ....31
- Figura 6.** Análises hematológicas de *Megaleporinus obtusidens* no período de 24 h de recuperação após o transporte em diferentes densidades de estocagem.....32
- Figura 7.** Análises bioquímicas de *Megaleporinus obtusidens* no período de 24h de recuperação após o transporte em diferentes densidades de estocagem. ....32
- Figura 8.** Análises hematológicas de *Megaleporinus obtusidens* no período de 48h de recuperação após o transporte em diferentes densidades de estocagem.....32
- Figura 9.** Análises bioquímicas de *Megaleporinus obtusidens* no período de 48h de recuperação após o transporte em diferentes densidades de estocagem.....33
- Figura 10.** Concentração do cortisol plasmático de *Megaleporinus obtusidens* no período de 24 e 48 h de recuperação após o transporte em diferentes densidades de estocagem.....34
- Figura 11.** Índice hepatossomático (IHS) de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem ao final do transporte e durante os períodos de recuperação de 24 e 48 h.....34

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Temperatura média durante o transporte de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem. ....29
- Tabela 2.** Peso, comprimento e sobrevivência de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem ao final do transporte.....29
- Tabela 3.** Concentrações iniciais das variáveis hematológicas e bioquímicas em juvenis de *Megaleporinus obtusidens* no pré-transporte. ....29
- Tabela 4.** Peso, comprimento e sobrevivência de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem durante os períodos de de recuperação (24 e 48 h) após o transporte.....31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACTH - Hormônio Adrenocorticotrófico
- CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CAs - Catecolaminas
- CEUA - Comissão de Comitê de Ética no Uso de Animais
- CP - Comprimento Padrão
- EDTA - Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético
- HHI - Hipotálamo-Hipófise-Interrenal
- HSC - Hipotálamo-Sistema Nervoso Simpático
- LAPAD - Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce
- PeixeBR - Associação Brasileira de Piscicultura
- SRA - Sistema De Recirculação De Água
- TAN - Amônia total
- UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>13</b>
1.1	ESTRESSE EM PEIXES .....	14
1.2	FISIOLOGIA DA RESPOSTA AO ESTRESSE EM PEIXES .....	15
1.3	ALTERAÇÃO TECIDUAL APÓS O ESTRESSE .....	16
1.4	PRÁTICA BIOMÉTRICA E TRANSPORTE DE PEIXES VIVOS .....	17
1.5	MEGALEPORINUS OBTUSIDENS .....	19
1.6	OBJETIVOS .....	20
<b>1.6.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>20</b>
<b>1.6.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>ARTIGO CIENTÍFICO: DENSIDADE DE ESTOCAGEM DE JUVENIS DE PIAVAS, <i>MEGALEPORINUS OBTUSIDENS</i>, DURANTE O TRANSPORTE: EFEITO SOBRE OS ÍNDICES HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS.....</b>	<b>22</b>
2.1	INTRODUÇÃO .....	23
2.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	25
<b>2.2.1</b>	<b>Aclimação dos Juvenis .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Delineamento Experimental.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Índices .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Análises Sanguíneas.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Análise Estatística.....</b>	<b>27</b>
2.3	RESULTADOS .....	28
<b>2.3.1</b>	<b>Transporte.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Recuperação .....</b>	<b>31</b>
2.4	DISCUSSÃO .....	34
2.5	CONCLUSÃO .....	37
2.6	REFERÊNCIAS .....	39
	<b>REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

No ano de 2022, a produção de peixes no Brasil cresceu 2,3% em comparação ao ano anterior, ultrapassando a marca de 860 mil toneladas, conforme o levantamento da Associação Brasileira de Piscicultura (Peixe BR, 2023). A produção de espécies de peixes nativos, retomou a rota de crescimento após alguns anos de queda, com produção de 267.060 toneladas em 2022, representando um aumento de 1,8% quando comparado ao ano anterior (Peixe BR, 2023).

Considerando esse aumento na produção de peixes, principalmente para o consumo humano, os sistemas de produção aquícola, necessitam monitorar o andamento do cultivo dos animais, através de manejos rotineiros como biometria, monitoramento da qualidade de água, despescas e transporte. (Adamante et al., 2008; Gressler et al., 2012).

O transporte de peixes vivos é uma operação delicada e de alto risco, que demanda equipe técnica com treinamento necessário para lidar com os equipamentos necessários dentro da logística do transporte (Zuanazzi et al., 2018). Ademais, devido ao tempo de duração das viagens, práticas de manejo responsáveis são fundamentais para evitar condições que conduzam a consequências indesejáveis, como o comprometimento do sistema imunológico e do desempenho animal (Adamante et al., 2008).

Para otimizar o resultado do transporte, o adensamento é uma prática comum na aquicultura, pois permite o aproveitamento mais eficiente das estruturas disponíveis e o aumento da produtividade (Brandão et al., 2022). Contudo, ele deve ser adequado, mitigando os efeitos deletérios do estresse nos animais (Souza-Filho e Cerqueira, 2003).

Algumas pesquisas foram realizadas para analisar os efeitos do estresse no transporte de peixes. Avaliando a qualidade de água em função da duração do transporte (Sampaio e Freire, 2016), sob diferentes densidades de estocagens (Abreu et al., 2008), em condições de estresse reduzidas (Oliveira et al., 2015) etc. Porém, na literatura, não foram encontrados estudos sobre os efeitos do estresse na prática de transporte de piavas (*Megaleporinus obtusidens*).

## 1.1 ESTRESSE EM PEIXES

O ambiente aquático apresenta uma dinâmica intensa, caracterizada por alterações rápidas ou extremas. Essas alterações podem produzir estresse, e reduzir a habilidade na manutenção da homeostase dos animais (Oba; Mariano e Dos Santos, 2009). O termo “estressor” é empregado para descrever qualquer elemento capaz de alterar a homeostase dos peixes, sendo que a resposta fisiológica e comportamental a este estressor é denominada de resposta ao estresse (Smith, 1982). Dentre os estressores, existem os de natureza química como a variação na concentração de oxigênio dissolvido, concentração elevada de amônia e nitrito (Da Costa et al., 2004), e a presença de poluentes orgânicos e inorgânicos (Jorgensen; Lokkeborg e Soldal, 2002; Carvalho e Fernandes, 2006). Entre os de natureza física, podem ser citados o manuseio, alta densidade populacional, confinamento, captura ou transporte (Urbinati e Carneiro, 2004).

O estresse é um estado desencadeado pelo ambiente e/ou por outros fatores que promovem respostas adaptativas além da faixa normal de funcionamento do organismo, resultando em significativa redução das chances de sobrevivência (Brett, 1985). A resposta ao estresse, portanto, é uma forma de adaptação que melhora as perspectivas de sobrevivência diante de situações de medo ou ansiedade, permitindo a alocação mais eficiente de recursos e favorecendo a sobrevivência nessas circunstâncias. No entanto, quando o agente estressor é crônico, o valor adaptativo da resposta pode ficar comprometido, e os efeitos deletérios podem se manifestar (Oba; Mariano e Dos Santos, 2009).

A resposta ao estresse engloba três níveis, primário, secundário e terciário, sendo iniciada no sistema endócrino e escalando sucessivamente até atingir o nível global do organismo. As respostas primárias surgem pela ativação dos centros cerebrais, desencadeando a liberação de catecolaminas (CAs) e corticosteroides. As respostas secundárias compreendem aumentos no débito cardíaco, na capacidade de transporte de oxigênio ( $O_2$ ), na mobilização de substratos energéticos e em distúrbios no balanço hidromineral. Já as respostas terciárias se estendem até o nível de organismo e população, manifestando efeitos como a inibição do crescimento, da reprodução e da resposta imune, além da redução da capacidade de tolerância a agentes estressores adicionais (Oba; Mariano e Dos Santos, 2009).

## 1.2 FISILOGIA DA RESPOSTA AO ESTRESSE EM PEIXES

Embora, existam algumas definições para a “resposta ao estresse”, há um consenso quanto ao fato desta representar uma reação a um estímulo capaz de modificar o estado de homeostase dos peixes (Barton e Iwama, 1991). Quando os peixes são expostos a um agente estressor, ocorre a ativação de dois eixos neuroendócrinos: o eixo hipotálamo-sistema nervoso simpático - células cromafins (HSC), que resulta na liberação de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) como produtos, e o eixo hipotálamo-hipófise-interrenal (HHI) que libera corticosteroides (cortisol e cortisona).

Van Der Boon et al. (1991) indicaram que o principal órgão alvo do cortisol parece ser o fígado. Os estímulos causados pelos estressores ao hipotálamo desencadeiam a liberação do fator liberador de corticotrofina, que por sua vez, estimula a glândula hipófise a liberar o ACTH (hormônio adrenocorticotrófico). Este hormônio, ao circular na corrente sanguínea, chega ao tecido inter-renal, promovendo a liberação do cortisol (McLeay, 1973). As catecolaminas, adrenalina e noradrenalina são secretadas pelas células cromafínicas localizadas na parte anterior do rim, sob estímulo direto do sistema nervoso simpático. Tanto o cortisol quanto as catecolaminas são responsáveis por desencadear alterações na fisiologia do animal (Smith, 1982).

Nos peixes teleósteos, o aumento nos níveis plasmáticos do cortisol é amplamente reconhecido como a principal resposta hormonal ao estresse, sendo frequentemente utilizada como indicador da presença desta resposta (Wendelaar Bonga e Van Der Meij, 1989). Meinetl et al. (2008) destacaram o manejo como uma das causas mais comuns de estresse agudo e/ou crônico em peixes.

Porém, Barton e Iwama (1991) destacaram o fato de que algumas substâncias tóxicas prejudiciais à saúde dos peixes não ocasionam aumento nos níveis de cortisol plasmático, o que pode conduzir a uma conclusão equivocada de que tais substâncias não são maléficas. Um exemplo, é o MS222 (tricafina), um anestésico que foi utilizado antigamente em manejos na aquicultura. Barton e Iwama (1991) relataram que o anestésico alterava o nível do cortisol plasmático, apresentando uma reação análoga a estressores agudos. Entretanto, Maule et al. (1989) observaram que as doses de MS222 entre 125-100 mg/L não provocaram respostas ao estresse. Portanto, verifica-se que as curvas de liberação do cortisol são variáveis em relação ao tempo e magnitude (Pottinger e Pottinger, 1995).



Salmonídeos, por exemplo, geralmente apresentam pico de liberação do cortisol uma hora após a ocorrência de um estressor, e necessitam de cerca de 24 h para que as concentrações plasmáticas retornem a valores próximos aos iniciais (Barton; Weiner e Shreck, 1985). Isso foi observado para o jundiá (*Rhamdia quelen*), com pico de níveis de cortisol plasmático uma hora após a exposição ao estressor (transferência de tanques), com valores máximos oscilando entre 158,0 (machos) e 207,0 ng/mL (fêmeas) (Barcellos; Souza e Woehl, 2000). Provavelmente, a relação entre duração e a intensidade da resposta ao estresse está vinculada à severidade e ao tempo de exposição dos peixes ao agente estressor (Barton; Peter e Paulencu, 1980; Sumpter; Pickering e Pottinger, 1985; Pickering e Pottinger, 1985).

### **1.3 ALTERAÇÃO TECIDUAL APÓS O ESTRESSE**

A liberação de CAs e de cortisol é um preditor das respostas secundárias ao estresse, tendo como consequências alterações bioquímicas como efeitos metabólicos a hiperglicemia, hiperlactacemia, depleção das reservas glicogênicas, lipólise e inibição da síntese proteica (Oba; Mariano e Dos Santos, 2009). Acredita-se que os níveis elevados de glicemia iniciados durante a resposta ao estresse são mantidos pelo cortisol, que começa a agir em ação subsequente a adrenalina. O cortisol estimula a gliconeogênese, representada pela produção da glicose a partir de outras fontes de carboidratos, e regula a demanda de açúcar na circulação periférica ao antagonizar os efeitos da insulina (Vijayan e Moon, 1994). Leach e Taylor (1980) observaram que o cortisol tem a função de manter os elevados níveis de glicose após a reposta inicial provocada pelas CAs, tanto para estimular a glicogênese, quanto para regular a parte periférica de glicose.

Desta maneira, as respostas provocadas pelas CAs exercem influência significativa sobre o sistema cardiovascular, resultando em modificações no fluxo sanguíneo, aumento da perfusão branquial, alteração na capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue. Esses efeitos são particularmente relevantes durante o período de recuperação do estresse, quando o peixe busca manter o suprimento de oxigênio para os tecidos e restaurar o equilíbrio osmótico e iônico. Por outro lado, os corticosteroides estimulam os mecanismos de transporte iônico presentes nas brânquias e nos rins (Oba; Mariano e Dos Santos, 2009).

Compilando todos esses dados, é possível postular que o cortisol desempenha um papel importante na adaptação metabólica dos peixes a alta

demanda energética que ocorre em situações de reposta crônica ao estresse (Barcellos; Souza e Woehl, 2000). Portanto, é crucial compreender os mecanismos subjacentes às condições fisiológicas em peixes, que podem ser desencadeadas pelo estresse agudo ou crônico associado às práticas aquícolas. Essa compreensão é fundamental para assegurar a sobrevivência dos peixes de cultivo e promover o desenvolvimento sustentável da indústria aquícola (Cheyadmi et al., 2022).

#### **1.4 PRÁTICA BIOMÉTRICA E TRANSPORTE DE PEIXES VIVOS**

Na aquicultura, notadamente em sistema de produção intensiva, práticas rotineiras como a biometria (medição de comprimento e peso) e o transporte (Chowdhury e Saikia, 2020) podem desencadear respostas fisiológicas nos peixes, impactando diretamente sua saúde e bem-estar (Boaventura et al., 2021). Entretanto, essas atividades são fundamentais para o acompanhamento e avaliação do crescimento e saúdes dos peixes durante o ciclo de cultivo (Lima et al., 2013) e comercialização de alevinos e reprodutores (Gomes et al., 2003a). Desta forma, tanto a biometria, quanto o transporte, devem ser aplicados de forma cuidadosa e rápida, a fim de não causar lesões físicas aos animais (Lima et al., 2013).

No transporte de organismos aquáticos, a suspensão do alimento é uma prática fundamental que tem o propósito de mitigar os efeitos negativos sobre a qualidade de água, e conseqüentemente, sobre a homeostase desses animais, que resulta em estímulos estressores (Ju et al., 2020) devido a nova condição submetida. O período da suspensão do alimento ou jejum, deve ser suficiente para esvaziar o trato digestório do peixe. Essa prática reduz o metabolismo, e conseqüentemente o consumo de oxigênio, garantindo a qualidade da água durante o transporte, em razão da diminuição da quantidade de amônia produzida.

Em razão disso, alguns fatores como período de jejum (Kubitza, 1997), densidade de estocagem (Espinoza-Ramos et al., 2021), duração de transporte (Luz et al., 2013) e as concentrações de oxigênio e dióxido de carbono (Sampaio e Freire, 2016), devem ser considerados para que de fato o transporte seja realizado corretamente, evitando sérios danos ao ciclo de produção e até mesmo à morte desses animais.

Para o transporte, existem dois tipos de sistemas básicos, de acordo com Berka (1986), o sistema fechado e o sistema aberto, sendo que a principal diferença entre eles está no suprimento de oxigênio. No sistema fechado, os peixes são

acondicionados em sacos plásticos, parcialmente preenchidos com água, que recebem a injeção de oxigênio comercial puro, enquanto no sistema aberto, os peixes são acondicionados em caixas próprias de transporte, com alimentação de oxigênio ou ar constante. Considerando o transporte terrestre, com ou sem suprimento de oxigênio, observa-se que as taxas de mortalidade de peixes ainda são mais elevadas em comparação com o transporte aéreo, devido ao maior tempo de duração da viagem (Vanderzwalmen et al. 2020). Desta forma, a atividade demanda de uma equipe técnica especializada, em virtude de ser considerada de alto risco (Zuanazzi et al., 2019).

No transporte de peixes, a utilização de sacos plásticos pode comprometer o desempenho biológico dos animais, devido ao acúmulo de metabólitos, como a amônia (Amend et al., 1982). A amônia promove a liberação de hormônios corticosteroides na circulação sanguínea dos peixes, desencadeado em respostas metabólicas, iônicas e hematológicas características do estresse (Golombieski et al., 2003). Na água, a amônia está presente em duas formas: ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) e não ionizada ( $\text{NH}_3$ ), sendo sua toxicidade associada a forma não ionizada (Foss; Vollen e Oiestad, 2003). O equilíbrio entre essas formas de amônia está associado a temperatura, pH e salinidade da água (Handy e Poxton, 1993).

Desta forma, a qualidade de água é considerada um fator importante durante o transporte. A temperatura da água é um parâmetro bastante relevante, visto que, o metabolismo dos peixes é regulado pelas condições térmicas do ambiente (Zeni e Ostrensky, 2016; Islam et al., 2019). De acordo com Pereira et al. (2018), níveis de saturação de oxigênio, combinados com temperaturas distintas afetam o metabolismo de *Geophagus brasilienses* em condições de hipoxia, fazendo com que a espécie utilize vias anaeróbias para suprir as demandas energéticas. A temperatura deve ser monitorada e controlada durante o transporte, pois, além da tolerância específica de cada espécie, em temperaturas mais baixas, o metabolismo dos peixes diminui, criando um ambiente favorável para o transporte (Berka, 1986).

A fim de evitar que as variáveis de qualidade de água atinjam níveis indesejados durante o período de transporte e resultem na mortalidade dos animais (Berka, 1986), a taxa de carregamento ou capacidade de carga devem ser consideradas para que os peixes sejam transportados em segurança (Barcellos, 2022). Desta forma, é fundamental considerar a espécie, fase de vida, condição do animal, temperatura da água e do ambiente, duração do transporte, para estabelecer

a quantidade de peixes a ser estocada por litro (Barcellos, 2022). Uma quantidade elevada aliada a um período de transporte muito longo pode produzir respostas estressoras, comprometendo a eficiência do transporte, e efeitos negativos no desempenho pós-transporte desses animais (Amend et al., 1982). Contudo, mesmo o transporte de curta duração (até 8h de duração) serem comuns na aquicultura, há poucos estudos publicados com espécies nativas (Carneiro e Urbinatti, 2022; Acerete et al., 2004; Urbinatti et al., 2004; Urbinatti e Carneiro, 2006; Abreu et al., 2008; Manuel et al., 2014; Parodi et al., 2014; Zeppefeld et al., 2014).

Assim, devido os fatores já mencionados, não há o estabelecimento de um protocolo padrão para o transporte de peixes vivos. Porém, com o aumento das atividades comerciais aquícolas, há uma exigência em relação aos efeitos fisiológicos provocados pelo transporte nesses animais (Sampaio e Freire, 2016).

### 1.5 *Megaleporinus obtusidens*

A fauna de peixes de água doce na região neotropical possivelmente é a mais diversificada do planeta. A família *Anostomidae* tem uma ampla distribuição na América do Sul, englobando cerca de 150 espécies descritas e distribuídas em 14 gêneros (Garavello e Britski, 2003; Sidlauskas e Vari, 2008). Nela, *Megaleporinus* é o segundo gênero mais diversificado em termos de espécies, contando com aproximadamente 17,65% do total de espécies válidas (Ramirez et al., 2017), com uma abrangente riqueza morfológica, especialmente na forma do focinho, posição da boca e dentição (Sidlauskas, 2007; Sidlauskas e Vari, 2008). A espécie *Megaleporinus obtusidens* está entre as maiores espécies de peixes migratórios, podendo atingir o tamanho corporal de até 600 mm de comprimento padrão (CP) (Garavello e Britski, 2003) e 7,5 kg (Taitson; Chami e Godinho, 2008).

**Figura 1:** Juvenil de *Megaleporinus obtusidens*



*Megaleporinus obtusidens*, vulgarmente conhecido como piava, é uma espécie de peixe nativa do Sul do Brasil, sendo encontrada em populações geneticamente distintas ao longo do sistema hidrográfico do Rio da Prata (Ramirez et al., 2016; 2017). Apresenta hábito alimentar onívoro, alimentando-se de insetos, restos de peixes e vegetais (Santos, 2000). Sua grande importância comercial se deve à qualidade e sabor da sua carne, sendo bastante explorada na pesca comercial e de subsistência em toda América do Sul. Para a piscicultura, apresenta características favoráveis como o bom desempenho, aceitação de dietas artificiais, além de se destacar na pesca esportiva (Castagnolli, 1992).

Contudo, em comparação as outras regiões do Brasil, o cultivo de espécies nativas da região Sul é bastante reduzido. E essa baixa produção pode estar relacionada a limitação do conhecimento sobre o cultivo dessas espécies (Baldisserotto e Gomes, 2010), visto que os estudos caminham, a priori, com o objetivo de conservação.

A ausência de informações sobre os efeitos das densidades de estocagem no transporte de piava, torna desafiador o estabelecimento de critérios para condições adequadas de cultivo, pois é sabido que a exposição prolongada a situações estressantes pode afetar os processos fisiológicos desses peixes (Karim; Sekine e Ukita, 2002).

Assim, considerando todas as características promissoras desta espécie para o desenvolvimento da sua produção, e a necessidade de se definir tecnologias que caracterizam a resposta ao estresse nesses animais (Gomes et al. 2003a), este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da densidade de estocagem sobre os índices hematológicos, de bioquímica do sanguínea e hepatossomático durante o transporte de *Megaleporinus obtusidens*.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **1.6.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar se a densidade de estocagem durante o transporte de *Megaleporinus obtusidens* afeta os índices hematológicos, de bioquímica sanguínea e hepatossomático.

### 1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os índices hematológicos, de bioquímica sanguínea e hepatossomático dos juvenis de *M. obtusidens* antes e após o transporte;
- Avaliar a temperatura, pH, condutividade elétrica, TAN e nitrito, antes e após o transporte dos juvenis de *M. obtusidens*;
- Determinar a densidade adequada para o transporte dos juvenis de *M. obtusidens*.

## 2 ARTIGO CIENTÍFICO:

### DENSIDADE DE ESTOCAGEM DE JUVENIS DE PIAVAS, *MEGALEPORINUS OBTUSIDENS*, DURANTE O TRANSPORTE: EFEITO SOBRE OS ÍNDICES HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS

#### RESUMO

Com o objetivo avaliar os efeitos da densidade de estocagem durante o transporte de *Megaleporinus obtusidens* sobre os índices hematológicos e bioquímicos do sangue, o presente estudo teve como delineamento experimental utilizado o inteiramente ao acaso, composto por tratamentos de densidades de estocagem de 33, 50, 66 e 83 g/L, com quatro repetições. Juvenis de *M. obtusidens* ( $13,77 \pm 3,27$  g;  $11,52 \pm 0,9$  cm) foram estocados em sacos plásticos com volume útil de 3,0 L, considerados como unidades experimentais, colocados na caçamba de uma caminhonete para o transporte, simulando a transferência dos animais do local de produção para as cidades do entorno. Após quatro horas de transporte, os sacos plásticos foram retirados da caminhonete, e uma amostra de animais foi selecionada para a realização das análises sanguíneas. Além disso, foi registrado aumento da temperatura ambiente durante o transporte. Em relação às análises sanguíneas, apenas o cortisol apresentou uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) após o transporte e 24 horas de recuperação. O aumento da densidade de estocagem reduziu a qualidade da água imediatamente após o transporte, com aumento significativo das concentrações de amônia total ( $p < 0,05$ ). Posteriormente ao transporte, os parâmetros físicos e químicos da água permaneceram estáveis nos tanques de recuperação, sem registro de diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). Não foi registrado mortalidade durante o experimento. Assim, o presente estudo mostrou que a densidade indicada para o transporte terrestre de *M. obtusidens* é a de 83 g/L.

**Palavras-chave:** Aquicultura; análise sanguínea; estresse; espécie nativa.

#### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of storage density during the transport of *Megaleporinus obtusidens* on the hematological and biochemical indices of the blood. The completely randomized experimental design was used, consisting of treatments with storage densities of 33, 50, 66, and 83 g/L, with four replications. *M. obtusidens* juveniles ( $13.77 \pm 3.27$  g;  $11.52 \pm 0.9$  cm) were stored in plastic bags with a useful

volume of 3.0 L, considered experimental units, which were placed in the back of a pickup truck. for transportation. After four hours of transportation, the plastic bags were removed from the truck, and a sample of animals was selected for blood analysis. After transport, the physical and chemical parameters of the water were obtained in the recovery tanks, with no significant differences recorded ( $p > 0.05$ ). Increasing storage density impairs water quality immediately after transport, significantly increasing total ammonia concentrations ( $p < 0.05$ ). Furthermore, an increase in ambient temperature was recorded during transport. Furthermore, about blood tests, only cortisol showed a significant difference ( $p < 0.05$ ) after transport and 24 hours of recovery. The present study showed that the density indicated for land transport of *M. obtusidens* is 83 g/L.

**Keywords:** Aquaculture; blood analysis; stress; animal welfare.

## 2.1 Introdução

O transporte de organismos vivos é uma atividade contínua e essencial na aquicultura, caracterizada por elevado risco (Zuanazzi et al., 2018). Nesse contexto, as práticas de manejo prévias, durante e após o transporte desempenham papel crucial para sua efetivação (Boaventura et al. 2021). Ademais, durante o trajeto, a atividade demanda equipe técnica, com treinamento necessário para lidar com os equipamentos necessários dentro da logística do transporte (Zuanazzi et al., 2018).

Portanto, o melhor resultado no transporte depende do ajuste entre a maior densidade de peixes e o menor volume de água possível, sem que se produza estresse nos peixes e redução da qualidade de água (Grottum; Staurnes e Sigholt 1997). O adensamento é uma prática comum na aquicultura, pois permite o aproveitamento mais eficiente das estruturas disponíveis e o aumento da produtividade (Brandão et al., 2022). Contudo, ele deve ser adequado para que não ocorra mortalidade dos animais (Souza-Filho e Cerqueira, 2003).

De modo geral, observa-se uma maior taxa de taxa de mortalidade no transporte terrestre quando comparado ao transporte aéreo (Vanderzwalmen et al., 2020), decorrente do maior tempo de duração das viagens. Portanto, práticas de manejo responsáveis são essenciais para prevenir condições que possam resultar em efeitos indesejáveis, tais como comprometimento do sistema imunológico, impacto sobre o desempenho dos animais (Adamante et al., 2008), problemas de saúde e aumento da mortalidade (Ross e Ross, 2009), o que acarretaria a redução dos ganhos de produção.



Geralmente, o transporte de peixes é realizado em sacos plásticos fechados, o que pode causar alterações nos parâmetros físicos e químicos da água (Grottum; Staurnes e Sigholt, 1997). Em virtude disso, a qualidade de água é considerada um fator importante durante o transporte. (Can et al., 2018). Desta forma, utiliza-se a restrição alimentar pré-transporte para tentar minimizar o consumo de oxigênio e a excreção de amônia e gás carbônico (Grottum; Staurnes e Sigholt 1997), pois a ausência de suprimento de oxigênio dissolvido na água durante o transporte, gera um aumento na concentração de metabólitos tóxicos na água, como a amônia (agente estressante). A amônia promove a liberação de hormônios corticosteroides na circulação sanguínea dos peixes, desencadeando respostas metabólicas, iônicas e hematológicas características do estresse (Golombieski et al., 2003).

O estresse promove alterações bioquímicas e fisiológicas como resposta da adaptação do peixe para suportar a nova condição introduzida. Essas respostas são divididas em primárias, secundárias e terciárias (Pottinger e Pickering, 1995; Barton, 1981). As respostas primárias são hormonais, caracterizadas pela liberação e aumento inicial dos níveis plasmáticos de catecolaminas e cortisol para a circulação (Pankhurst, 2011). As secundárias são caracterizadas pelos efeitos da ação dos hormônios liberados, que causam aumento dos batimentos cardíacos, absorção de oxigênio e desequilíbrio no balanço hidromineral (Wendelaar Bonga, 1997). As respostas terciárias ocorrem por períodos prolongados de estresse, e se caracterizam por comprometer o desempenho, a reprodução e o sistema imunológico dos peixes (Urbinati e Carneiro, 2004).

Algumas pesquisas foram realizadas para analisar os efeitos do estresse no transporte de peixes, avaliando a qualidade de água em função da duração do transporte (Sampaio e Freire, 2016), diferentes densidades de estocagens (Abreu et al., 2008), e em condições de estresse reduzidas (Oliveira et al., 2015). Porém, na literatura, não foram encontrados estudos sobre os efeitos do estresse na prática de transporte de piavas, *Megaleporinus obtusidens*.

A piava, que pertence à família Anostomidae, e é a única espécie de *Megaleporinus* que ocorre no estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil (Reis et al., 2003), sendo que populações geneticamente distintas são encontradas ao longo do sistema hidrográfico do Rio da Prata (Ramirez et al., 2016; 2017). Essa espécie apresenta hábito alimentar onívoro, alimentando-se de insetos, restos de peixes e vegetais (Santos, 2000). No baixo rio Uruguai, é uma espécie de importância

comercial e recreativa. Na região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul é muito apreciada por consumidores locais e de regiões adjacentes, devido à alta qualidade da carne, ao tamanho e sabor, o que indica a importância de estudos sobre seu potencial de consumo e comercialização (Wurts, 2000).

Considerando todas as características promissoras desta espécie, como bom desempenho, aceitação de dietas artificiais (Santos, 2000), e a necessidade de se definir tecnologias para o desenvolvimento da sua produção, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da densidade de estocagem durante o transporte de *Megaleporinus obtusidens* sobre os índices hematológicos e bioquímicos do sangue.

## **2.2 Material e Métodos**

O estudo foi realizado em julho de 2023, no Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), após a aprovação pela Comissão de Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA - 2283200723).

### **2.2.1 Aclimação dos Juvenis**

Para o período de aclimação, juvenis de piava ( $n = 212$ ;  $13,77 \pm 3,27$  g;  $11,52 \pm 0,9$  cm), obtidos por reprodução induzida no LAPAD, foram transferidos de viveiros escavados para quatro tanques de fibra (500 L) conectados a um sistema de recirculação de água (SRA), formado por decantador, filtros biológicos, filtro mecânico, e reatores de luz ultravioleta, na densidade de 53 juvenis/tanque ( $106$  juvenis/ $m^3$ ). Os juvenis foram mantidos em fotoperíodo 12:12, e alimentados com ração comercial (45 % de proteína bruta; 8% de extrato etéreo – 1,0 mm) na razão de 1,0 % da biomassa, durante quatorze dias.

Durante o período de aclimação, foram mensuradas as concentrações de amônia total (UNESCO, 1983) e de nitrito (MONTEIRO et al., 2003). Também foram determinadas as variáveis de temperatura, pH, condutividade elétrica e a concentração de oxigênio dissolvido (OD) da água, com auxílio de sonda multiparâmetro (HANNA, AK87).

### 2.2.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, composto por tratamentos de densidades de estocagem de 33, 50, 66 e 83 g/L, com quatro repetições. Essas densidades foram estabelecidas a partir do estudo de Gonçalves et al. (2010), no qual *Prochilodus lineatus*, uma outra espécie migradora da ordem Characiformes, foi avaliada. Todavia, para obter informações sobre os efeitos do estresse em relação ao transporte em *M. obtusidens*, foi necessário utilizar menores densidades no presente estudo.

Imediatamente antes do transporte, os animais foram capturados aleatoriamente, pesados e distribuídos, conforme os tratamentos, em sacos plásticos com volume útil de 3,0 L, considerados como unidades experimentais. Antes da estocagem os juvenis passaram por jejum de 24 h, para esvaziamento do trato digestório.

Após a estocagem, as unidades experimentais foram infladas com oxigênio puro (3 partes de oxigênio: 1 parte de água), lacradas com tiras de borrachas e acondicionadas na caçamba coberta de uma caminhonete (Toyota Hillux CD4X4) para realização do transporte. O transporte foi realizado por quatro horas em estrada pavimentada, simulando a transferência dos animais do local de produção para as cidades do entorno.

Após as quatro horas de transporte, os sacos plásticos foram retirados da caminhonete conforme os blocos, e uma amostra de animais (n = 4 juvenis por tratamento) retirada para realização das análises sanguíneas. Os animais restantes foram acondicionados nos respectivos tanques de aclimação conforme os tratamentos, para posterior avaliação da recuperação após 24 e 48 h do transporte.

Os juvenis de *Megaleporinus obtusidens* foram pesados em balança de precisão (0,01 g; AD5002 Marte) no pré-transporte (T0), ao final do transporte (T1), e com 24 (T2) e 48 h (T3) de recuperação após o transporte.

### 2.2.3 Índices

A avaliação dos índices biométricos foi realizada de acordo com as seguintes fórmulas: biomassa (g) = número total de peixes x peso final; fator de condição alo métrico =  $(\text{peso} / \text{comprimento}^3) \times 100$  e sobrevivência (%) =  $(\text{número de peixes ao final do experimento} / \text{número de peixes no início do experimento}) \times 100$ .

Ao final de cada coleta de sangue foi realizada a remoção do fígado ( $n=12$  juvenis por tratamento), após eutanásia (285 mg de eugenol  $L^{-1}$ , Mattioli et al., 2017), para avaliação do índice hepatossomático ( $IHS = (\text{peso fígado} / \text{peso corporal}) \times 100$ ).

#### **2.2.4 Análises Sanguíneas**

Após a biometria, foi realizado a coleta de sangue para determinação dos marcadores hematológicos e bioquímicos do sangue. Antes do transporte, um grupo de peixes foi amostrado aleatoriamente para constituir o basal relacionado às respostas hematológicas e bioquímicas. O sangue ( $n = 3$  juvenis/UE) foi coletado por meio de punção caudal com seringas para insulina (1,0 mL – Solidor) contendo EDTA 6,0 g/dL e KF 12,0 g/dL (Labtest® Brazil). Alíquotas de sangue foram utilizadas para a determinação do hematócrito pelo método do micro-hematócrito em tubos capilares (GOLDENFARB et al., 1971). Para análise da hemoglobina, 2,5 mL de reagente colorimétrico foram adicionados a 10  $\mu$ L de sangue (Labtest® Brazil), e homogeneizados. A proteína plasmática foi determinada por leitura em refratômetro manual (RHC 200-ATC, Huake Instrument Co).

As análises bioquímicas de glicose, lactato, triglicerídeos e colesterol foram realizadas no plasma, obtido pela centrifugação do sangue a 4.000 rpm por 10 minutos, com dosagens em kits comerciais (Labtest® Brazil). Todas as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (KASVI; K37 – UVVIS).

Para o procedimento de extração de cortisol do plasma, foi realizado ensaio de solvente imune ligado a enzimas (teste EIA CORTISOL, BioChem ImmunoSystems).

#### **2.2.5 Análise Estatística**

Os resultados foram submetidos à análise de regressão, para avaliação do efeito da densidade de estocagem sobre as variáveis analisadas, utilizando o nível de significância de 0,05, sendo que apenas modelos significativos serão apresentados. As premissas para utilização dos modelos foram testadas, tendo sido utilizado o software JASP 0.18.1.

## 2.3 Resultados

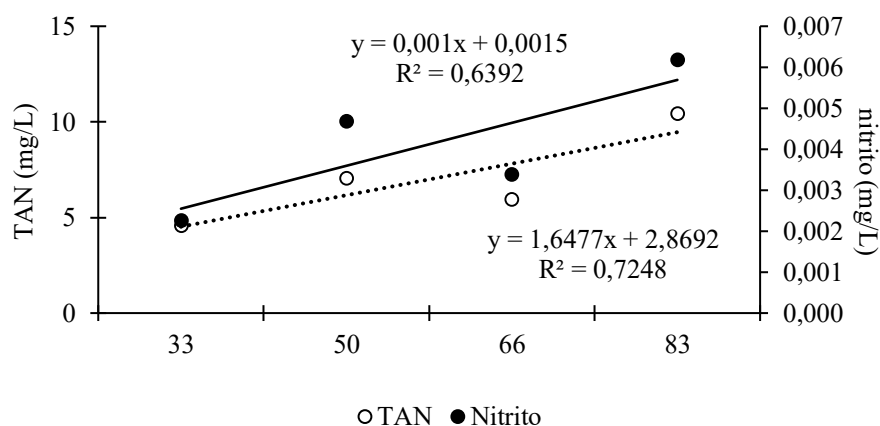
### 2.3.1 Transporte

Os valores médios iniciais da concentração de oxigênio dissolvido (7,01 mg/L), do pH (7,85) e da condutividade elétrica (1.216  $\mu$ S/cm) da água das unidades experimentais não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). Após o transporte, os parâmetros físicos e químicos da água permaneceram constantes nos tanques de recuperação (6,63 mg/L de oxigênio dissolvido; pH =7,04; condutividade elétrica = 1.211  $\mu$ S/cm), sem registro de diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre as densidades. Estes resultados eram esperados, pois os tanques estavam acoplados ao sistema de recirculação água.

As concentrações iniciais de amônia total (TAN) e de nitrito foram iguais a  $0,34 \pm 0,15$  mg/L e zero, respectivamente. Logo após o transporte o aumento da densidade de estocagem reduziu a qualidade de água, uma vez que propiciou aumento significativo das concentrações de TAN (Figura 2).

A temperatura da água no pré-transporte e ao final do transporte foi monitorada, tendo sido registrado o aumento da temperatura ambiente durante o transporte (Tabela 1).

Os índices biométricos iniciais de *M. obtusidens* foram iguais a  $13,77 \pm 3,27$ g e  $11,53 \pm 0,91$ cm, e não apresentaram diferenças estatísticas ao final do transporte ( $p > 0,05$ ) (Tabela 2).



**Figura 2.** Concentrações de TAN e nitrito após o transporte de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem.

As concentrações iniciais das variáveis hematológicas e bioquímicas em juvenis de *M. obtusidens* estão apresentadas na Tabela 3. Ao final do transporte não foram encontradas diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ) nessas variáveis (Figura 3 e Figura 4).

As concentrações iniciais de cortisol plasmático não apresentaram diferenças entre as densidades testadas ( $p > 0,05$ ). Contudo, ao final do transporte, os níveis de cortisol reduziram, em média, 0,39 ng/mL a cada grama de *M. obtusidens* estocada por litro (Figura 5).

**Tabela 1.** Temperatura média durante o transporte de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem.

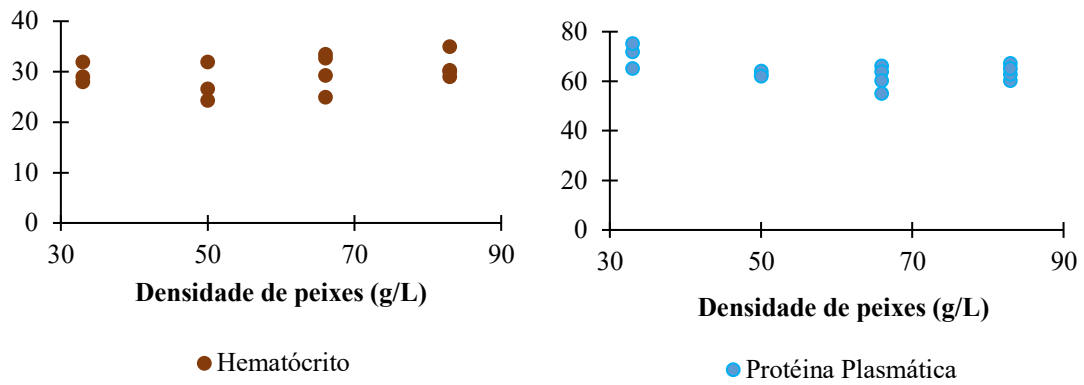
Etapa	Temperatura (°C)	
	No transporte	Ambiente
Pré-transporte	24,4	24,5
Durante o transporte	27,8 ± 0,9	26,4 ± 1,7
Pós-transporte	29,3	28,5

**Tabela 2.** Peso, comprimento e sobrevivência de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem ao final do transporte.

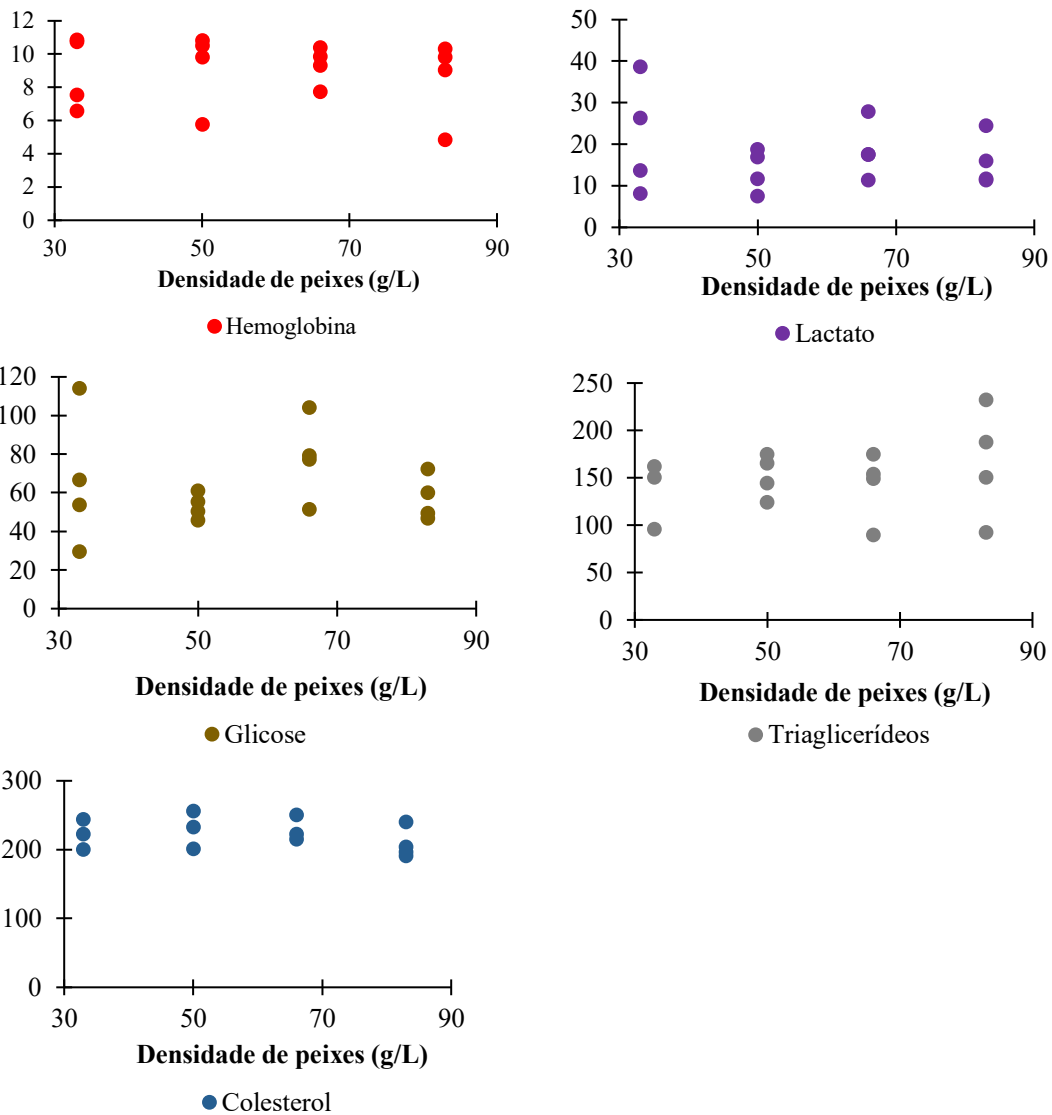
	Densidade (g/L)			
	33	50	66	83 g/ L
Peso (g)				
pós-transporte	13,84±3,36	15,37±3,35	15,65±2,19	13,37±3,10
Comprimento (cm)				
pós-transporte	11,52±0,96	11,74±0,91	11,70±0,60	11,30±,98
Sobrevivência (%)	100	100	100	100

**Tabela 3.** Concentrações iniciais das variáveis hematológicas e bioquímicas em juvenis de *Megaleporinus obtusidens* no pré-transporte.

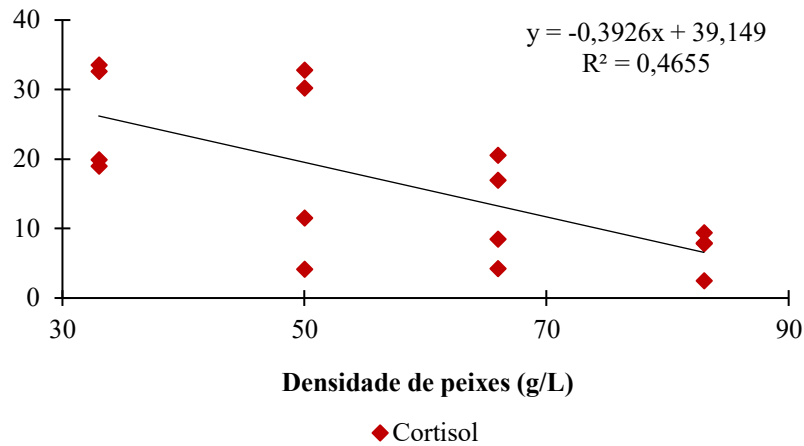
Pré-transporte	
Hematócrito (g/dL)	31,60±7,68
Proteína Plasmática (g/dL)	66,30±6,70
Hemoglobina (g/dL)	10,04±2,70
Lactato (g/dL)	25,72±6,64
Glicose (g/dL)	46,75±9,84
Triglicerídeos (g/dL)	272,01±98,99
Colesterol (g/dL)	226,16±30,027
Cortisol (ng/mL)	37,83 ± 11,69



**Figura 3.** Análise hematológica de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem ao final do transporte.



**Figura 4.** Análises bioquímicas do sangue de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem ao final do transporte.



**Figura 5.** Concentração de cortisol plasmático de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem ao final do transporte.

### 2.3.2 Recuperação

Durante os períodos de recuperação houve variação dos índices biométricos, exceto da mortalidade (Tabela 4).

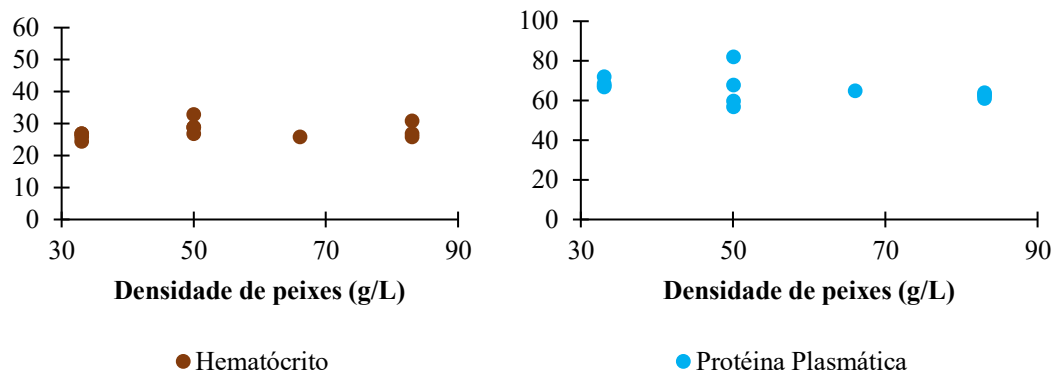
As concentrações de TAN e de nitrito mantiveram-se estáveis durante a recuperação (24 e 48 h).

No período de recuperação de 48 h as análises sanguíneas de juvenis de *M. obtusidens* mostraram que o hematócrito, a proteína plasmática, a hemoglobina, o lactato e a glicose (Figuras 6, 7 e 8) não foram alteradas pelo aumento da densidade de estocagem ( $p > 0,05$ ). Entretanto, para os triglicerídeos e o colesterol o aumento da densidade propiciou redução de suas concentrações (Figura 9).

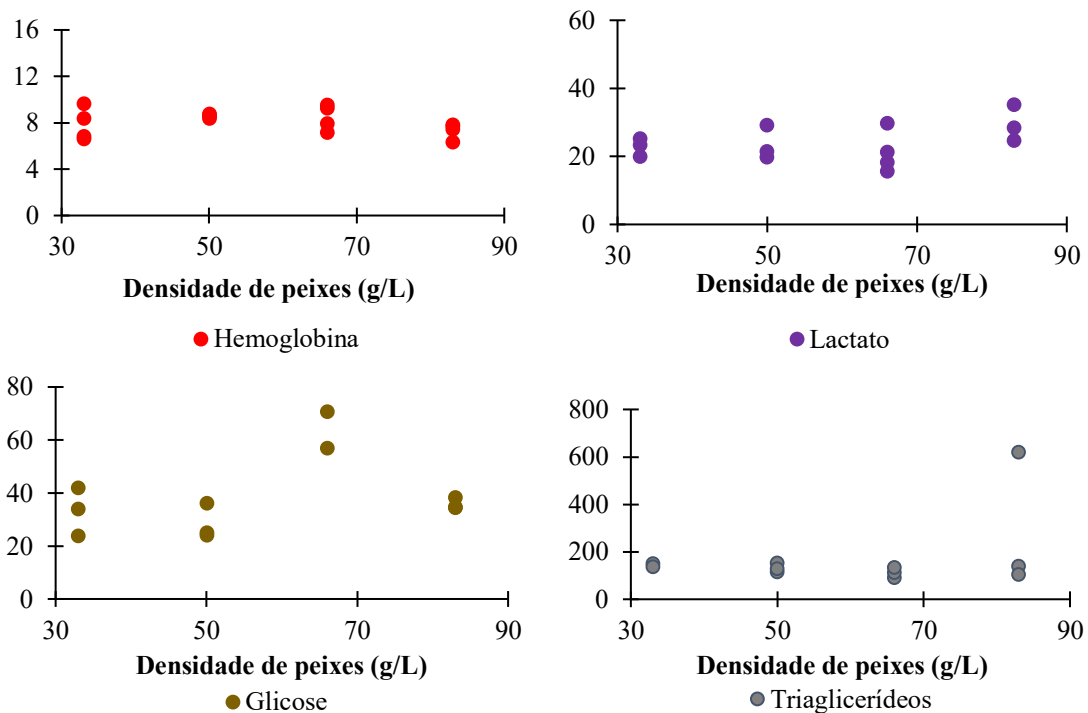
**Tabela 4.** Peso, comprimento e sobrevivência de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem durante os períodos de recuperação (24 e 48 h) após o transporte.

Recuperação	33 g/L	50 g/L	66 g/L	83 g/L
Peso (g)				
24 h	11,05±2,75	11,49±2,27	11,04±2,90	14,34±1,51
48h	12,26±3,49	12,42±1,26	12,11±2,90	14,64±2,91
Comprimento (cm)				
24 h	10,79±1,02	11,03±1,75	10,40±1,72	11,49±0,41
48 h	11,17±1,21	11,54±0,88	11,40±0,93	10,74±1,0
Sobrevivência (%)				
	100	100	100	100

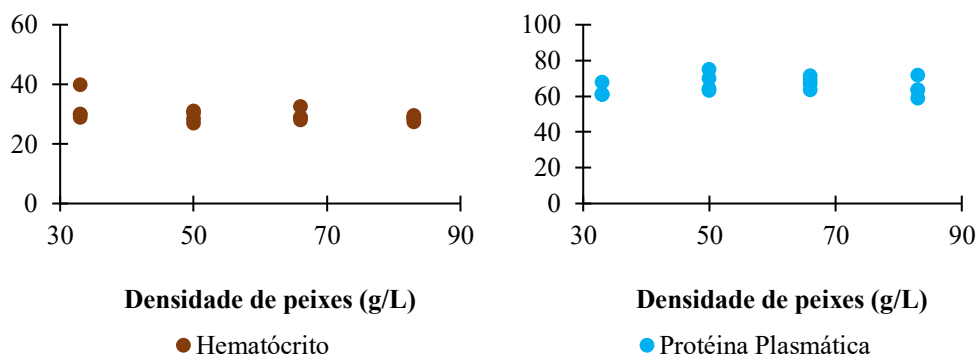




**Figura 6.** Análises hematológicas de *Megaleporinus obtusidens* no período de 24 h de recuperação após o transporte em diferentes densidades de estocagem.



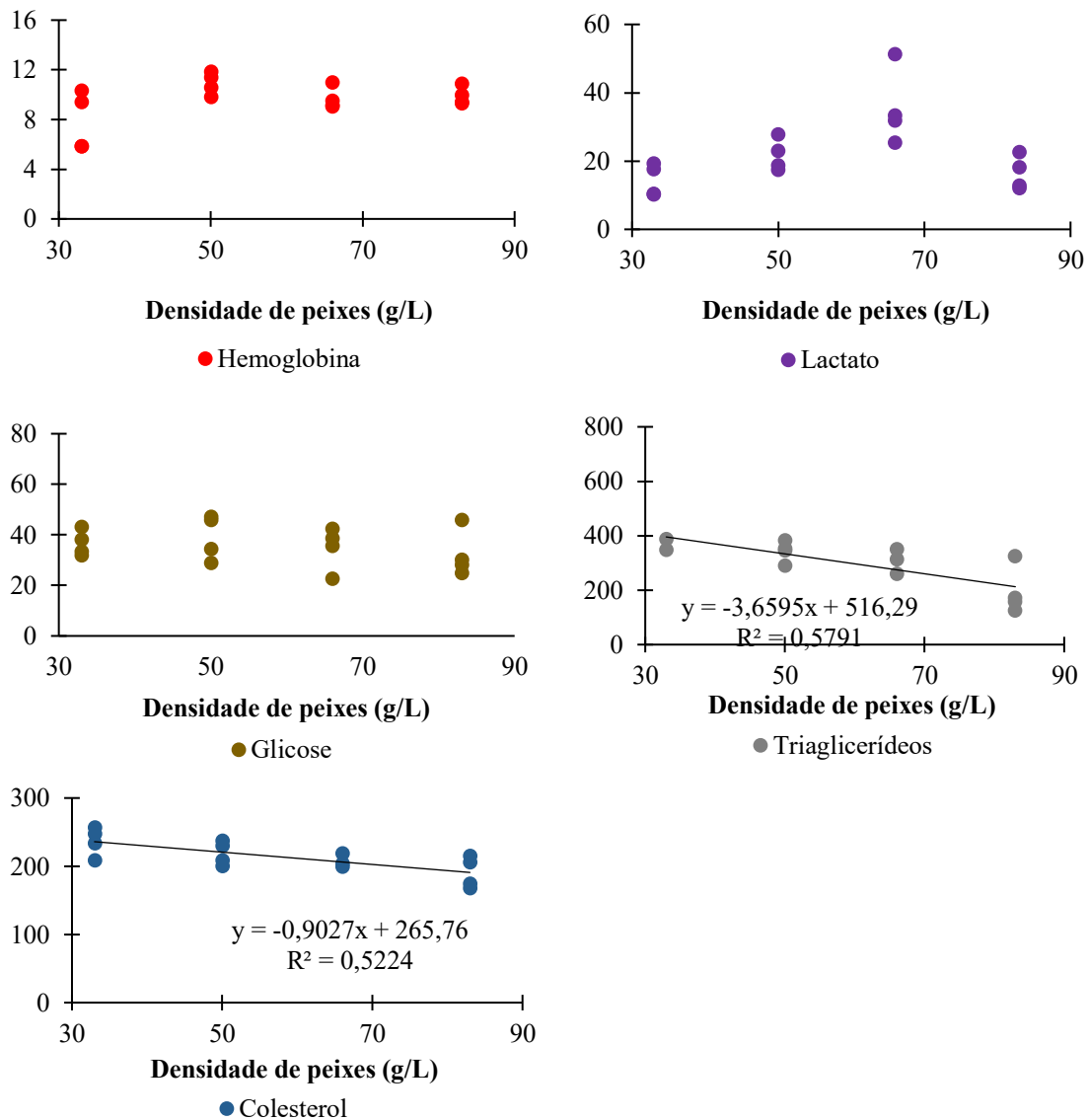
**Figura 7.** Análises bioquímicas de *Megaleporinus obtusidens* no período de 24h de recuperação após o transporte em diferentes densidades de estocagem.



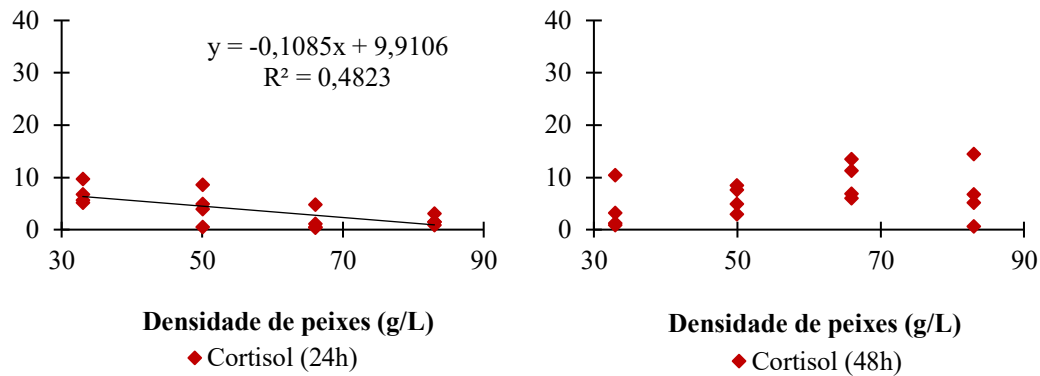
**Figura 8.** Análises hematológicas de *Megaleporinus obtusidens* no período de 48h de recuperação após o transporte em diferentes densidades de estocagem

Com relação ao cortisol plasmático, no período de 24h de recuperação as concentrações apresentaram padrão semelhante ao registrado no pós-transporte, com redução das concentrações conforme o aumento da densidade ( $p < 0,05$ ). Com 48h de recuperação, não foram registradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) (Figura 10).

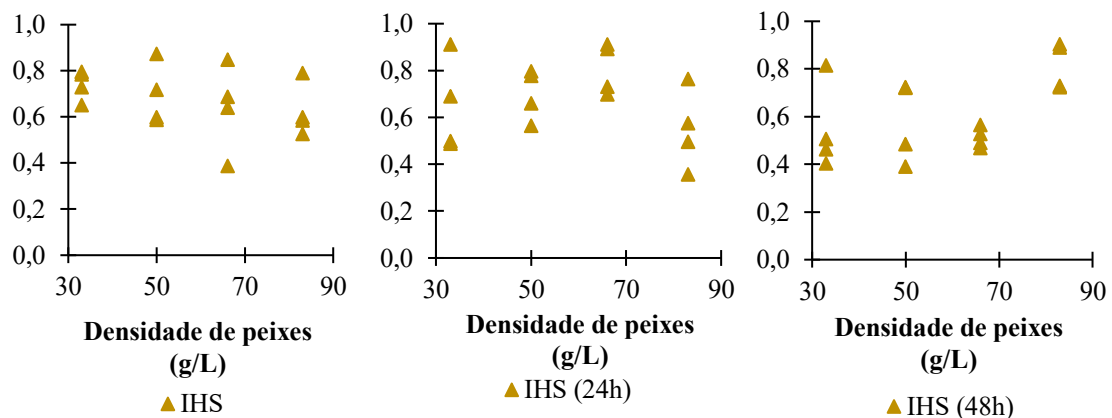
O valor inicial do índice hepatossômico (IHS) de *Megaleporinus obtusidens* foi igual a  $0,73 \pm 0,18$  %. Ao final do transporte e durante o período de recuperação (24 e 48h) o IHS não foi influenciado ( $p > 0,05$ ) pelas densidades de estocagem (Figura 11).



**Figura 9.** Análises bioquímicas de *Megaleporinus obtusidens* no período de 48h de recuperação após o transporte em diferentes densidades de estocagem



**Figura 10.** Concentração do cortisol plasmático de *Megaleporinus obtusidens* no período de 24 e 48 h de recuperação após o transporte em diferentes densidades de estocagem.



**Figura 11.** Índice hepatossomático (IHS) de *Megaleporinus obtusidens* em diferentes densidades de estocagem ao final do transporte e durante os períodos de recuperação de 24 e 48 h.

## 2.4 Discussão

As variáveis físicas e químicas da água analisadas no pré-transporte e na recuperação permaneceram dentro da faixa aceitável para a produção de peixes tropicais (Gonçalves et al., 2010).

Por outro lado, durante o transporte, o aumento da temperatura da água no presente estudo deveu-se à transferência de calor. Igual condição foi observada por Serra et al. (2011) no transporte de *Leporinus friderici* durante quatro horas. A temperatura é um estressor que afeta o comportamento e/ou estado fisiológico dos peixes. Altas temperaturas ocasionam o aumento do metabolismo, e, como resultado, ocorre um maior consumo de oxigênio e excreção de TAN e gás carbônico na água (Barcellos, 2022).

A concentração de TAN causa preocupação, pois, como agente estressor, promove a liberação de hormônios corticosteroides na circulação sanguínea dos peixes, desencadeado em respostas metabólicas, iônicas e hematológicas características do estresse (Golombieski et al., 2003). No presente estudo, o aumento da densidade de estocagem propiciou aumento significativo de 1,65 mg/L de TAN por grama de *M. obtusidens* estocada após quatro horas de transporte em todas as densidades, corroborando que altas densidades de estocagem tem como consequência altas concentrações de resíduos nitrogenados, principalmente a amônia ( $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ ) e de nitrito.

Concentrações superiores a 0,5 mg/L de TAN são consideradas prejudiciais aos peixes (Golombieski et al., 2005). Contudo, os níveis de TAN verificados no presente estudo estão em faixa semelhante à de outros estudos sobre transporte de peixes. Urbinati e Carneiro (2004), registraram, durante o transporte de juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*) por quatro horas, que na densidade de 125 g/L, as concentrações de amônia foram iguais a 5,7 mg/L. Golombieski et al. (2003), analisando o transporte de alevinos do jundiá (*Rhamdia quelen*) transportados por até 24 horas em densidades de até 168 g/L, registraram concentrações de TAN na água que atingiram 7,5 mg/L, enquanto Serra et al. (2011) mostraram que a TAN nos tanques de estocagem com juvenis de piau (*Leporinus friderici*) foi de 6,23 mg/L, e que ao longo do transporte a concentração aumentou gradativamente, de 2,73 para 7,23 mg/L.

Após manejos estressantes, alterações das respostas fisiológicas podem causar diminuição no peso e aumento da susceptibilidade a doenças, levando à mortalidade imediata ou posterior ao manejo (Urbinati e Carneiro, 2004). Entretanto, neste estudo, o aumento significativo do peso ( $p < 0,05$ ) após 24h do transporte, está relacionado a distúrbio osmorregulatório nesses animais (Oba et al., 2009).

Gomes et al. (2003a), Urbinati e Carneiro (2004) relataram natação errática em tambaquis, e Gonçalves et al. (2010) observaram lesões necróticas dérmicas, ausência de escama pelo atrito, e mortalidade em curimatás. Entretanto, no presente trabalho, através da observação visual, não foram observadas lesões nem natação errática após o transporte dos peixes, evidenciando que as densidades testadas, embora tenham prejudicado a qualidade da água, não afetaram a taxa de sobrevivência.

Ao final do transporte, em todas as densidades testadas, os peixes apresentaram concentrações de glicose mais elevadas do que as registradas no pré-transporte. A atividade de transporte, como agente estressor de peixes, pode promover o aumento das concentrações da glicose hepática e muscular, na tentativa de fornecer energia extra para o organismo enfrentar as ameaças (Oliveira et al., 2013). Ao mesmo tempo, os marcadores nutricionais sanguíneos, como proteína total, colesterol total e triglicerídeos, têm o potencial de oferecer *insights* sobre a alimentação recente e os níveis presentes de reservas de energia mobilizada em peixes de cultivo (Oliveira et al., 2013). Todavia, neste estudo, provavelmente a diminuição do colesterol e do triglicerídeos ( $p < 0,05$ ) esteja relacionada ao período de jejum no pré-transporte, ocasionando a mobilizando das reservas energéticas pela glicogênese. Já as concentrações dos parâmetros sanguíneos como hematócrito, proteína plasmática, hemoglobina, lactato, e glicose não sofreram alterações em relação às densidades de estocagem utilizadas ( $p > 0,05$ ), indicando que, como agente estressor, o transporte de *M. obtusidens*, com duração de quatro horas, não resultou em respostas secundárias ao estresse.

A análise do cortisol para avaliar os níveis de estresse associados ao transporte tem sido utilizada em muitas espécies de peixes, porém pouco se sabe sobre a ação do cortisol durante a ocorrência de estresse em espécies nativas. Alguns estudos sobre a respostas ao estresse foram realizadas para o *Rhamdia quelen* (Barcellos et al., 2001; Barcellos et al., 2003) *Colossoma macropomum* (Gomes et al., 2003a; Gomes et al., 2003b), *Piaractus mesopotamicus* x *Colossoma macropomum* (Carneiro e Urbinati, 2002), *Brycon cephalus* (Carneiro e Urbinati, 1998; Carneiro e Urbinati, 2002) e *Piaractus mesopotamicus* (Martins et al., 2000).

No presente estudo, as concentrações de cortisol mostraram relação inversa com o aumento da densidade após o transporte. Provavelmente essa relação deveu-se ao comportamento da espécie, visto que, o aumento da densidade de estocagem proporciona a formação de densos cardumes (Copatti et al., 2008), diminuindo os confrontos agonísticos, e conseqüentemente, produzindo níveis menos elevado de cortisol. Esse tipo de relação também foi registrada por Urbinati e Carneiro (2004) para *Brycon cephalu* e por Serra et al. (2011), para *Leporinus friderici*.

Como os níveis de cortisol ao final do transporte foram menores quando comparadas ao pré-transporte, ficou evidenciado que a transferência dos animais dos tanques de aclimação para os sacos plásticos de transporte, produziu em uma

maior mobilização das respostas estressoras. Segundo Barcellos et al. (2001), a transferência de *Rhamdia quelen* entre tanques de cultivo propiciou o aumento do cortisol plasmático após uma hora, assim como Gomes et al. (2003a) observaram o aumento de cortisol inicial em juvenis de *Colossoma macropomum* durante o transporte.

Após 24 de recuperação, as concentrações de cortisol apresentaram padrão semelhante ao registrado ao final do transporte, conforme o aumento da densidade de *M. obtusidens*. Isso aponta que os animais, neste estudo, atingiram um desequilíbrio orgânico no período de captura e transferência. Carneiro e Urbinati (2002) também observaram redução do cortisol após 24 h durante o transporte de *Brycon cephalus*, enquanto Gonçalves et al. (2010), analisando curimatás, apresentaram resultados contrários.

Os níveis plasmáticos de cortisol costumam retornar ao normal dentro de um período de seis horas após a exposição a um estressor agudo de intensidade moderada. (Barton; Peter e Paulencu, 1980; Pickering e Pottinger, 1989). No entanto, o arrasto e o transporte parecem demandar uma recuperação mais longa, em torno de 24 h em diversas espécies (Nikinmaa, 1983; Robertson e Duke, 1987; Schreck et al., 1989). No presente estudo, após 48h de recuperação, o cortisol plasmático retornou aos níveis basais, indicando que, esse período foi suficiente para que as piavas atingissem o equilíbrio homeostático.

No transporte de *Megaleporinus obtusidens* não houve mobilização do fígado em relação as reservas energéticas, mesma condição observada por Ferreira e Nuñez (2015) em juvenis desta espécie, submetidos à privação alimentar.

## 2.5 Conclusão

O presente estudo mostrou que a densidade de 83 g/L (densidade mais alta avaliada) pode ser utilizada para o transporte terrestre de piavas, considerando que o aumento da TAN não resultou em prejuízos.

A ausência de mortalidade neste estudo mostrou que o limiar crítico de estresse, no qual ocorreria a morte dos indivíduos, não foi atingido, sugerindo que a espécie poderia suportar densidades de estocagem mais elevadas durante o transporte.

O período de recuperação de 24 h foi suficiente para que os níveis de cortisol plasmático dos juvenis de *M. obtusidens* retornassem ao normal, atingindo o equilíbrio homeostático.

## 2.6 Referências

- ABREU, J. S. D., SANABRIA-OCHOA, A. I., GONÇALVES, F. D., & URBINATI, E. C. 2008. Stress responses of juvenile matrinxã (*Brycon amazonicus*) after transport in a closed system under different loading densities. **Ciência Rural**. n. 38, p. 1413-1417.
- ADAMANTE, W. B.; NUÑER, A. P. O.; BARCELLOS, L. J. G.; SOSO, A. B.; FINCO, J. A. Stress in *Salminus brasiliensis* fingerlings due to different densities and times of transportation. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 2008. v. 60, p. 755-761.
- BARCELLOS, L.J.G.; WOEHLE, V.M.; WASSERMANN, G.F.; QUEVEDO, R.M.; Ittze´S, I.; KRIEGER, M.H. Plasma levels of cortisol and glucose in response to capture and tank transference in *Rhamdia quelen* (Quoy and Gaimard), a South American Catfish. **Aquaculture Research**. 2001. v. 32, p. 123–125.
- BARCELLOS, L.J.G.; KREUTZ, L.C.; RODRIGUES, L.B.; FIOREZE, I.; QUEVEDO, R.M.; CERICATO, L.; CONRAD, J.; SOSO, A.B.; FAGUNDES, M.; LACERDA, L.A.; TERRA, S. Haematological and biochemical characteristics of male jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard Pimelodidae): changes after acute stress. **Aquaculture Research**. 2003. v. 34, p. 1465–1469.
- BARCELLOS, José Gil L. **Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo**. 2022
- BARTON, B. A.; PETER, R. E.; PAULENCU, C. R. Plasma cortisol levels of fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri*) at rest, and subjected to handling, confinement, transport, and stocking. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 1980. 37 ed, v. 5, p. 805-811.
- BARTON, B. A.; HELFRICH, H. Time-dose responses of juvenile rainbow trout to 2-phenoxyethanol. **The Progressive Fish-Culturist**. 1981. 43 ed, v. 4, p. 223-223.
- BRANDÃO, R. F., DE MELO SOUZA, D. C., DE ALEXANDRE SEBASTINO, F., MAIA CHAVES, F. C., RIBEIRO BIZZO, H., DE ALMEIDA O'SULLIVAN, F. L., & CAMPOS CHAGAS, E. 2022. Essential oils as anaesthetics and sedatives in native Brazilian fish, with a special emphasis on *Colossoma macropomum*: A review. **Aquaculture Research**. n. 53, v. 3, p. 767-781.
- CAN, E.; KIZAK, V.; CAN, S.S.; ÖZÇIÇEK, E. Anesthetic potential of geranium (*Pelargonium graveolens*) oil for two cichlid species, *Sciaenochromis fryeri* and *Labidochromis caeruleus*. **Aquaculture**. 2018. v. 491, p. 59–64.
- CARNEIRO, P. C. F.; URBINATI, E. C. Alterações metabólicas, hematológicas e osmorregulatórias do matrinxã *Brycon cephalus* causadas pelo estresse de transporte. **Aqüicultura Brasil**. 1998. v. 98, p. 609-620.



- CARNEIRO, P. C. F.; URBINATI, E. C. Transport stress in matrinxã, *Brycon cephalus* (Teleostei: *Characidae*), at different densities. **Aquaculture International**. 2002. v. 10, p. 221-229.
- COPATTI, C. E.; DOS SANTOS, T. A.; DOS SANTOS G., SIMONE de F. Densidade de estocagem e frequência alimentar de juvenis de piava *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1836 (Characiformes: *Anostomidae*). **Current Agricultural Science and Technology**. 2008. v. 14, n. 4.
- FERREIRA, L. S. B. P.; NUÑER, A. P. D. O. Food deprivation and compensatory growth in juvenile piava, *Leporinus obtusidens*. **Boletim do Instituto de Pesca**. 2015. 41 ed. v. 3, p. 471-478.
- GOLOMBIESKI, J. I.; SILVA, L. V. F.; BALDISSEROTTO, B.; DA SILVA, J. H. S. Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities, and temperatures. **Aquaculture**. 2003. 216 ed, v. 1-4, p. 95-102.
- GOLOMBIESKI, J. I.; MARCHEZAN, E.; MONTI, M. B.; STORCK, L.; CAMARGO, E. R.; SANTOS, F. M. D. Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado. **Ciência Rural**. 2005. v. 35, p. 1263-1268.
- GOMES, L. C.; ROUBACH, R.; ARAUJO-LIMA, C. A.; CHIPPARI-GOMES, A. R.; LOPES, N. P.; URBINATI, E. C. Effect of fish density during transportation on stress and mortality of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of the World Aquaculture Society**. 2003a. 34 ed, v. 1, p. 76-84.
- GOMES, L. D. C.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M.; ROUBACH, R.; URBINATI, E. C. Assessment on the effect of salt and density on tambaqui fish transportation. 2003b. v. 38, n 2, p. 283-290.
- GONÇALVES, A. F. N.; TAKAHASHI, L. S.; URBINATI, E. C.; BILLER, J. D.; FERNANDES, J. B. K. Transporte de juvenis de curimatã *Prochilodus lineatus* em diferentes densidades. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. 2010. ed 32, v. 2, p. 205 - 211.
- GROTTUM, J. A.; STAURNES, M.; SIGHOLT, T. Effect of oxygenation, aeration and pH control on water quality and survival of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), kept at high densities during transport. **Aquaculture Research**. 1997. 28 ed, v. 2, p. 159-164.
- MARTINS, M. L.; DE MORAES, F. R.; DE MORAES, J. R. E.; MALHEIROS, E. B. Falha na resposta do cortisol ao estresse por captura e por carragenina em *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (*Osteichthyes: Characidae*). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. 2000. v. 22, p. 545-552.
- NIKINMAA, M. Adrenergic regulation of haemoglobin oxygen affinity in rainbow trout red cells. **Journal of comparative physiology**. 1983. 152 ed, v. 1, p. 67-72.
- OLIVEIRA, C. C.; APARÍCIO, R.; BLANCO-VIVES, B.; CHEREGUINI, O.; MARTÍN, I.; JAVIER SÁNCHEZ-VAZQUEZ, F. Endocrine (plasma cortisol and glucose) and

behavioral (locomotor and self-feeding activity) circadian rhythms in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858) exposed to light/dark cycles or constant light. **Fish physiology and biochemistry**. 2013. v. 39, p. 479-487.4

OLIVEIRA, B. e BAROILLER, J.F. Teleost manejo e transporte de peixes sob condições de estresse reduzidas. In: **Técnicas Citogenéticas de Peixes**. 2015, p. 1–10.

PANKHURST, N.W. The endocrinology of stress in fish: an environmental perspective. **General and Comparative Endocrinology**. 2011. v. 170, p. 265-275.

PICKERING, A. D.; POTTINGER, T. G. Biochemical effects of stress. **Biochemistry and molecular biology of fishes**. 1985. v. 5, p. 349-379.

PICKERING, A. D.; POTTINGER, T. G. Stress responses and disease resistance in salmonid fish: effects of chronic elevation of plasma cortisol. **Fish physiology and biochemistry**. 1989. v. 7, p. 253-258.

RAMIREZ, J. L.; CARVALHO-COSTA, L. F.; VENERE, P. C.; CARVALHO, D. C.; TROY, W. P.; GALETTI JR, P. M. Testing monophyly of the freshwater fish *Leporinus* (*Characiformes, Anostomidae*) through molecular analysis. **Journal of Fish Biology**. 2016. 88 ed, v. 3, p. 1204-1214.

RAMIREZ, J. L.; BIRINDELLI, J. L.; CARVALHO, D. C.; AFFONSO, P. R.; VENERE, P. C.; ORTEGA, H.; GALETTI JR, P. M. Revealing hidden diversity of the underestimated neotropical ichthyofauna: DNA barcoding in the recently described genus *Megaleporinus* (*Characiformes: Anostomidae*). **Frontiers in Genetics**. 2017. 149 p.

ROBERTSON, A. I.; DUKE, N. C. Mangroves as nursery sites: comparisons of the abundance and species composition of fish and crustaceans in mangroves and other nearshore habitats in tropical Australia. **Marine biology**. 1987. v. 96, p. 193-205.

ROSS, L.G.; ROSS, B., Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals. **Blackwell Science**. 2009.

SAMPAIO, F. D.; FREIRE, C. A. An overview of stress physiology of fish transport: changes in water quality as a function of transport duration. **Fish and Fisheries**. 2016. 17 ed, v. 4, p. 1055-1072.

SCHRECK, C. B.; SOLAZZI, M. F.; JOHNSON, S. L.; NICKELSON, T. E. Transportation stress affects performance of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. **Aquaculture**. 1989. 82 ed, v. 1-4, p. 15-20.

SEIDELIN, M.; MADSEN, S. S. Endocrine control of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase and chloride cell development in brown trout (*Salmo trutta*): Interaction of insulin-like growth factor-1 with prolactin and growth hormone. **Journal of Endocrinology**. 1999. 162 ed, v. 1, p. 127-136.

SERRA, M.; WOLKERS, C. P. B.; HOSHIBA, M. A.; URBINATI, E. C. Physiological responses of piau (*Leporinus friderici*, Bloch 1794) to transportation. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 2011. v. 40, p. 2641-2645.

SANTOS, G.O. Aspectos importantes para a piscicultura do gênero *Leporinus* sp, uma revisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. 2000. v.6, n.1, p.151-156,

SOUZA-FILHO, J. J. D.; CERQUEIRA, V. R. Influence of stocking density on the rearing of juvenile common snook in laboratory. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2003. v. 38, p. 1317-1322.

URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura intensiva. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropicas intensiva. 2004. p. 171-194.

VANDERZWALMEN, M.; EDMONDS, E.; CAREY, P.; SNELLGROVE, D.; SLOMAN, K. A. Effect of a water conditioner on ornamental fish behaviour during commercial transport. **Aquaculture**. 2020. v. 514.

ZUANAZZI, J. S. G.; LARA, J. A. F. D.; GOES, E. S. D. R.; ALMEIDA, F. L. A. D.; OLIVEIRA, C. A. L. D.; RIBEIRO, R. P. Anoxia stress and effect on flesh quality and gene expression of tilapia. **Food Science and Technology**. 2018. v. 39, p. 195-202.

WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological reviews**. 1997. 77 ed, v. 3, p. 591-625.

## REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- ABREU, J. S. D., SANABRIA-OCHOA, A. I., GONÇALVES, F. D., & URBINATI, E. C. 2008. Stress responses of juvenile matrinxã (*Brycon amazonicus*) after transport in a closed system under different loading densities. **Ciência Rural**. n. 38, p. 1413-1417.
- ADAMANTE, W. B.; NUÑER, A. P. O.; BARCELLOS, L. J. G.; SOSO, A. B.; FINCO, J. A. Stress in *Salminus brasiliensis* fingerlings due to different densities and times of transportation. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 2008. v. 60, p. 755-761.
- AMEND, D. F.; CROY, T. R.; GOVEN, B. A.; JOHNSON, K. A.; MCCARTHY, D. H. Transportation of fish in closed systems: methods to control ammonia, carbon dioxide, pH, and bacterial growth. **Transactions of the American Fisheries Society**. 1982. Society, 111 ed, v. 5, p. 603-611.
- BALDISSEROTTO, B., & GOMES, L. D. C. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. **Editora da Universidade Federal de Santa Maria**. 2010.
- BARCELLOS, L.J.G.; SOUZA, S.M.G.; WOEHL, V.M. Estresse em peixes: Fisiologia da Resposta ao Estresse, Causas e Consequências (Revisão). **Boletim do Instituto de Pesca**. 2000. v. 26, p. 99–11.
- BARCELLOS, José Gil L. Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo. 2022
- BARTON, B. A.; PETER, R. E.; PAULENCU, C. R. Plasma cortisol levels of fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri*) at rest, and subjected to handling, confinement, transport, and stocking. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 1980. 37 ed, v. 5, p. 805-811.
- BARTON, B. A.; HELFRICH, H. Time-dose responses of juvenile rainbow trout to 2-phenoxyethanol. **The Progressive Fish-Culturist**. 1981. 43 ed, v. 4, p. 223-223.
- BARTON, B. A.; WEIRTER, G. S.; SCHRECK, C. B. Effect of prior acid exposure on physiological responses of juvenile rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to acute handling stress. **Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 1985. 42 ed, v. 4, p. 710-717.
- BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review of fish diseases**. 1991. v.1, p. 3-26.
- BARTON, B.A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative and Comparative Biology**. 2002. v. 42, p. 517-525.
- BERKA, R. The transport of live fish: a review. Rome, Italy: **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Italy. 1986. v. 48, p. 1 -52.

- BOAVENTURA, T.P.; SOUZA, C.F.; FERREIRA, A.L.; FAVERO, G.C.; BALDISSERA, M.D.; HEINZMANN, B.M.; BALDISSEROTTO, B.; LUZ, R.K. The use of *Ocimum gratissimum* L. essential oil during the transport of *Lophiosilurus alexandri*: Water quality, hematology, blood biochemistry and oxidative stress. **Aquaculture**. 2021.
- BRANDÃO, F. R.; GOMES, L. D. C.; CHAGAS, E. C.; ARAÚJO, L. D. D.; SILVA, A. L. F. D. Densidade de estocagem de matrinxã (*Brycon amazonicus*) na recria em tanque-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2005. v. 40, p. 299-303.
- BRANDÃO, R. F., DE MELO SOUZA, D. C., DE ALEXANDRE SEBASTINO, F., MAIA CHAVES, F. C., RIBEIRO BIZZO, H., DE ALMEIDA O'SULLIVAN, F. L., & CAMPOS CHAGAS, E. Essential oils as anaesthetics and sedatives in native Brazilian fish, with a special emphasis on *Colossoma macropomum*: A review. **Aquaculture Research**. 2022. n. 53, v. 3, p. 767-781.
- BRETT, J. R.; HOLLANDS, M.; ALDERDICE, D. F. The effect of temperature on the cruising speed of young sockeye and coho salmon. **Journal of the Fisheries Board of Canada**. 1985. 15 ed. v. 4, p. 587-605.
- CARMICHAEL, G. J.; TOMASSO, J. R. Communications: Survey of fish transportation equipment and techniques. **The Progressive Fish-Culturist**. 1988. 50 ed, v. 3, p. 155-159.
- CARVALHO, C. S.; FERNANDES, M. N. Effect of temperature on copper toxicity and hematological responses in the neotropical fish *Prochilodus scrofa* at low and high pH. **Aquaculture**. 2006. 251 ed, v. 1, p. 109-117.
- CASTAGNOLLI, N. Piscicultura de água doce. Jaboticabal: 1992. v. 189, p. 181-195.
- CHEYADMI, S.; CHADLI, H.; NHHALA, H.; EI YAMLAHI, B.; EI MAADOUDI, M., KOUNNOUN, A.; CHAIRI, H. Primary and Secondary Physiological Stress Responses of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Due to Rearing Practices under Aquaculture Farming Conditions in M'diq Bay, Moroccan Mediterranean: **The Case of Sampling Operation for Size and Weight Measurement**. 2022. 13 ed, v. 1, 110 p.
- CHOWDHURY, S., & SAIKIA, S. K. Oxidative Stress in Fish: A Review. **Journal of Scientific Research**. 2020. n. 12, v.1.
- DA COSTA, O. T. F.; DOS SANTOS, D. J. F.; MENDONÇA, F. L. P.; FERNANDES, M. N. Susceptibility of the Amazonian fish, *Colossoma macropomum* (*Serrasalminae*), to short-term exposure to nitrite. **Aquaculture**. 2004. 232 ed, v. 1-4, p. 627-636.
- ESPINOZA-RAMOS, L.A.; PEPE-VICTORIANO, R.; HUANACUNI, J. I.; NANDE, M. Effect of transportation time and stocking density on seawater quality and survival of *Anisotremus 53 scapularis* (Perciformes: *Haemulidae*). **Journal of the World Aquaculture Society**. 2021. p. 1-9.

FOSS, A.; VOLLEN, T.; OIESTAD, V. Growth and oxygen consumption in normal and O<sub>2</sub> supersaturated water, and interactive effects of O<sub>2</sub> saturation and ammonia on growth in spotted wolffish (*Anarhichas minor* Olafsen). **Aquaculture**. 2003. 224 ed, v. 1-4, p. 105-116.

GARAVELLO J.C.; BRITSKI H.A. Family *Anostomidae*. In: Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ, eds **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: EDIPUCRS. 2003. p.71–84

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

GOMES, L. C.; ROUBACH, R.; ARAUJO-LIMA, C. A.; CHIPARI-GOMES, A. R.; LOPES, N. P.; URBINATI, E. C. Effect of fish density during transportation on stress and mortality of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of the World Aquaculture Society**. 2003. 34 ed, v. 1, p. 76-84.

GRESSLER, L.T.; PARODI, T.V.; RIFFEL, A.P.K.; DA COSTA, S.T.; BALDISSEROTTO, B. Immersion anaesthesia with tricaine methanesulphonate or propofol on different sizes and strains of silver catfish *Rhamdia quelen*. **Journal of Fish Biology**. 2012. v. 81, p. 1436-1445.

HANDY, R. D.; POXTON, M. G. Nitrogen pollution in mariculture: toxicity and excretion of nitrogenous compounds by marine fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**. 1993. v. 3, p. 205-241.

ISLAM, M. R.; KUNDA, M.; PANDIT, D.; RASHID, A. H. A. Assessment of the ichthyofaunal diversity in the Juri River of Sylhet district. **Archives of Agriculture and Environmental Science**. 2019. 4 ed, v. 4, p. 488-496.

JORGENSEN, T.; LOKKEBORG, S.; SOLDAL, A. V. Residence of fish in the vicinity of a decommissioned oil platform in the North Sea. **Journal of Marine Science**. 2002. v. 59, p. 288-S293.

JU, P.; TIAN, Y.; CHEN, M.; YANG, S.; LIU, Y.; XING, Q.; SUN, P. Evaluating stock status of 16 commercial fish species in the coastal and offshore waters of Taiwan using the CMSY and BSM methods. **Frontiers in Marine Science**. 2020. v. 7, 618 p.

KARIM, M. R.; SEKINE, M.; UKITA, M. Simulation of eutrophication and associated occurrence of hypoxic and anoxic condition in a coastal bay in Japan. **Marine Pollution Bulletin**. 2002, 45 ed, v. 1-12, p. 280-285.

KUBITZA, F. Transporte de peixes vivos. 1997. Parte, v. 1, p. 20-26.

LEACH, G. J.; TAYLOR, M. H. The role of cortisol in stress-induced metabolic changes in *Fundulus heteroclitus*. **General and Comparative Endocrinology**. 1980. 42 ed, v. 2, p. 219-227.

LIMA, A.F.; SILVA, A.P.; RODRIGUES, A.P.O.; BERGAMIN, G.T.; TORATI, L.S.; PEDROZA FILHO, M.X.; MACIEL, P.O. Biometria de peixes: piscicultura familiar. **Embrapa Pesca e Aquicultura**. 2013.

LUZ, R.K; COSTA, L.S.; RIBEIRO, P.A.P.; SILVA, R.F.; ROSA, P.V. Influência do tempo de transporte para juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 2013. v. 65, p. 1895-1898.

MAULE, A. G. TRIPP, R. A.; KAATTARI, S. L.; SCHRECK, C. B. Stress alters immune function and disease resistance in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). **Journal of Endocrinology**, 1989. 120 ed, v. 1, p. 135-142.

MCLEAY, D. J. Effects of cortisol and dexamethasone on the pituitary-interrenal axis and abundance of white blood cell types in juvenile coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. **General and Comparative Endocrinology**. 1973. 21 ed, v. 3, p. 441-450.

MISHRA, J., & SRIVASTAVA, A. K. Malathion induced hematological and biochemical changes in the Indian catfish *Heteropneustes fossilis*. **Environmental research**. 1983. 30 ed, v. 2, p. 393-398.

OBA, E. T.; MARIANO, W. D. S.; DOS SANTOS, L. R. B. Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. 2009

Peixe BR. Anuário peixe BR da piscicultura. Associação Brasileira de Piscicultura. 2023

PETER, R. E.; PAULENCU, C. R. Involvement of the preoptic region in gonadotropin release-inhibition in goldfish, *Carassius auratus*. **Neuroendocrinology**. 1980. 31 ed, v. 2, p. 133-141.

PEREIRA, L. F.; PEIXOTO, M. J.; CARVALHO, P.; SANSUWAN, K.; SANTOS, G. A.; GONÇALVES, J. F. M.; OZÓRIO, R. O. A. Cross-effects of dietary probiotic supplementation and rearing temperature on growth performance, digestive enzyme activities, cumulative mortality and innate immune response in seabass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture Nutrition**. 2018. 24 ed, v. 1, p. 453-460.

PICKERING, A. D.; POTTINGER, T. G. Biochemical effects of stress. **Biochemistry and molecular biology of fishes**. 1985. v. 5, p. 349-379.

POTTINGER, T. G.; PICKERING, A. D. The effects of 11-ketotestosterone and testosterone on the skin structure of brown trout, *Salmo trutta* L. **General and comparative endocrinology**. 1995. 59 ed, v. 3, p. 335-342.

RAMIREZ, J. L.; CARVALHO-COSTA, L. F.; VENERE, P. C.; CARVALHO, D. C.; TROY, W. P.; GALETTI JR, P. M. Testing monophyly of the freshwater fish *Leporinus* (*Characiformes, Anostomidae*) through molecular analysis. **Journal of Fish Biology**. 2016. 88 ed, v. 3, p. 1204-1214.

RAMIREZ, J. L.; BIRINDELLI, J. L.; CARVALHO, D. C.; AFFONSO, P. R.; VENERE, P. C.; ORTEGA, H.; GALETTI JR, P. M. Revealing hidden diversity of the underestimated neotropical ichthyofauna: DNA barcoding in the recently described

- genus *Megaleporinus* (*Characiformes: Anostomidae*). **Frontiers in Genetics**. 2017. 149 p.
- REIS, R.E. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre (Brazil), Edipucrs. 2003. 183 p.
- SAMPAIO, F. D.; FREIRE, C. A. An overview of stress physiology of fish transport: changes in water quality as a function of transport duration. **Fish and Fisheries**. 2016. 17 ed, v. 4, p. 1055-1072.
- SANTOS, G.O. Aspectos importantes para a piscicultura do gênero *Leporinus* sp, uma revisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. 2000. v.6, n.1, p.151-156,
- SIDLAUSKAS, B. Testing for unequal rates of morphological diversification in the absence of a detailed phylogeny: a case study from characiform fishes. **Evolution**. 2007. 61 ed, v. 2, p. 299-316.
- SIDLAUSKAS, B. L.; VARI, R. P. Phylogenetic relationships within the South american fish family anostomidae (Teleostei, *Ostariophysi*, *Characiformes*). **Zoological Journal of the Linnean Society**. 2008. 154 ed, v. 1, p. 70-210.
- SMITH, L. S. Decreased swimming performance as a necessary component of the smolt migration in salmon in the Columbia River. **Aquaculture**. 1982. 28 ed, v. 1-2, p. 153-161.
- SOUZA-FILHO, J. J. D.; CERQUEIRA, V. R. Influence of stocking density on the rearing of juvenile common snook in laboratory. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2003. v. 38, p. 1317-1322.
- SUMPTER, J. P.; PICKERING, A. D.; POTTINGER, T. G. Stress-induced elevation of plasma  $\alpha$ -MSH and endorphin in brown trout, *Salmo trutta* L. **General and Comparative Endocrinology**. 1985. 59 ed, v. 2, p. 257-265.
- TAITSON, P. F.; CHAMI, E.; GODINHO, H. P. Gene banking of the neotropical fish *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1836): A protocol to freeze its sperm in the field. **Animal reproduction Science**. 2008.105 ed, v. 3-4, p. 283-291.
- TOMASSO, J. R.; DAVIS, K. B.; PARKER, N. C. Plasma corticosteroid and electrolyte dynamics of hybrid striped bass (white bass x striped bass) during netting and hauling. **Proceedings of the World Mariculture Society**. 1980. v. 11, n 1-4, p. 303-310.
- URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura intensiva. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropicas intensiva. 2004. p. 171-194.
- VAN DER BOON, J.; VAN DEN THILLART, G. E.; ADDINK, A. D. The effects of cortisol administration on intermediary metabolism in teleost fish. **Comparative Biochemistry and Physiology**. 1991. 100 ed, v. 1, p. 47-53.



VANDERZWALMEN, M.; EDMONDS, E.; CAREY, P.; SNELLGROVE, D.; SLOMAN, K. A. Effect of a water conditioner on ornamental fish behaviour during commercial transport. **Aquaculture**. 2020. v. 514.

VIJAYAN, M. M., & MOON, T. W. The stress response and the plasma disappearance of corticosteroid and glucose in a marine teleost, the sea raven. **Canadian Journal of Zoology**. 1994. 72 ed, v. 3, p. 379-386.

ZUANAZZI, J. S. G.; LARA, J. A. F. D.; GOES, E. S. D. R.; ALMEIDA, F. L. A. D.; OLIVEIRA, C. A. L. D.; RIBEIRO, R. P. Anoxia stress and effect on flesh quality and gene expression of tilapia. **Food Science and Technology**. 2018. v. 39, p. 195-202.

ZUANAZZI, J. S. G.; GOES, E. S. D. R., ALMEIDA, F. L. A. D., GOES, M. D., LARA, J. A. F. D., & RIBEIRO, R. P. Effects of freezing and thawing cycles on the quality of Nile tilapia fillets. **Food Science and Technology**. 2019. v. 40, p. 300-304.

ZENI, T. O.; OSTRENSKY, A. Respostas adaptativas de peixes a alterações ambientais de temperatura e de oxigênio dissolvido. **Archives of Veterinary Science**. 2016. 21 ed. v. 3.

WEINER, N. Atropine, scopolamine, and related antimuscarinic drugs. In: Gilman, A. D., Goodman, L. S., Rall, T. W., Murad, F. The pharmacological basis of therapeutics. **MacMillan Publishing**, 1985. p. 130–144

WENDELAAR BONGA, S. E.; VAN DER MEIJ, C. J. M. Degeneration and death, by apoptosis and necrosis, of the pavement and chloride cells in the gills of the teleost *Oreochromis mossambicus*. 1989.

WURTS, W. A. Sustainable aquaculture in the twenty-first century. **Reviews in fisheries Science**. 2000. 8 ed, v. 2, p. 141-150.