



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista



MATHEUS DA SILVA ARAÚJO

TOLERÂNCIA E FISIOLOGIA DE JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO
(*Oreochromis niloticus*) EXPOSTOS À DIFERENTES SALINIDADES

SÃO VICENTE

2024



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista



MATHEUS DA SILVA ARAÚJO

TOLERÂNCIA E FISIOLOGIA DE JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO
(*Oreochromis niloticus*) EXPOSTOS À DIFERENTES SALINIDADES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Biociências da UNESP – Campus do Litoral Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título bacharel em Ciências Biológicas, com habilitação em Gerenciamento Costeiro.

Orientadora: Profa Dra. Alessandra da Silva Augusto

Co-orientadora: Me. Emanuelle Pereira Borges

SÃO VICENTE

2024

A663t

Araújo, Matheus da Silva

TOLERÂNCIA E FISILOGIA DE JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO
(*Oreochromis niloticus*) EXPOSTOS À DIFERENTES SALINIDADES /
Matheus da Silva Araújo. -- São Vicente, 2024

32 p. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, São
Vicente

Orientadora: Alessandra Augusto

Coorientadora: Emanuelle Pereira Borges

1. Metabolismo. 2. Mortalidade. 3. Osmorregulação. 4. Peixe. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente aos meus pais, Roseli da Silva e Everaldo de Araújo, por todo o apoio que me forneceram durante esses cinco anos de graduação, o apoio de vocês foi e continua fundamental para mim.

Agradeço à professora Alessandra Augusto por ter me orientado neste segundo TCC e também por ter me apresentado esse projeto incrível, além dos ensinamentos e conselhos durante a realização deste trabalho.

À Secretaria do Meio Ambiente de Santos pela autorização para que pudéssemos realizar as coletas nos canais.

Agradeço a todos os meus amigos do Laboratório de Aquicultura Sustentável: Beatriz, Ana Carolina Louzã, Héllen, Juliana, Lucilly e Bárbara por toda a ajuda e todo o apoio durante os experimentos, estar ao lado de vocês sempre torna os dias melhores. Agradeço em especial à Emanuelle, que além de ser minha amiga no laboratório também foi minha co-orientadora, muito obrigado por ter aceitado me co-orientar e por toda a ajuda durante as coletas, os experimentos, as discussões sobre os resultados e na escrita deste TCC, você foi uma peça fundamental para a realização deste trabalho.

Agradeço às Panteras, vulgo Ana Caroline, Ana Luiza e Gabriela Villalobo, e ao nosso agregado Matheus Vale, por todos os desabafos, confortos e motivações. Tenho um carinho enorme por vocês e sou muito grato por ter tido a oportunidade de viver com vocês.

Agradeço também aos amigos da minha turma XIX: Ana Carolina, Annick, Bruno, Carlos, Diana, Eduardo, Gustavo, Laena, Pietra e Sabrina Vargas. Conviver com vocês foi uma das melhores partes da graduação, muito obrigado por todo o carinho e apoio. Agradeço especialmente ao Thomas, que ajudou durante as coletas e também me ensinou a jogar tarrafa, sua ajuda foi muito importante para esse projeto.

Aos meus amigos que conheci durante a graduação: Andressa Ramaglia, Guilherme Nadai, Murilo Lopes, Sophia Gomes, Marisa e Gustavo Cassamassimo.

Ao Professor Teodoro Vaske Junior e ao Mestre João Henrique Alliprandini da Costa pelo empréstimo das tarrafas.

E por fim, gostaria de agradecer ao Instituto de Biociências do Câmpus Litoral Paulista da UNESP por fornecer toda a estrutura necessária ao Laboratório de Aquicultura Sustentável, onde esse trabalho foi realizado.

1. RESUMO

A tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* é um dos ciclídeos mais cultivados no mundo. Apesar de ser nativa de regiões dulcícolas da África, apresenta melhor performance e crescimento em água salobra entre 8 e 10S, salinidades próximas do seu ponto isosmótico. No entanto, sua homeostase é prejudicada em água salobra com maiores concentrações de sal (>16S), sendo que em água de 24S ocorre 100% de mortalidade de indivíduos adultos. Apesar disso, a presença de tilápias vêm sendo registradas em regiões marinhas ao longo da costa brasileira. Não se sabe se sua presença no mar é temporária ou se as tilápias têm desenvolvido mecanismos de adaptação às salinidades mais elevadas. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a fisiologia de tilápias-do-nilo coletadas nos canais da cidade de Santos, local de desagüe de água doce, proveniente das chuvas, no mar e onde há uma grande variação de salinidade, principalmente em períodos de ressaca. As coletas foram realizadas em dois períodos distintos, com e sem ressaca do mar. Em laboratório, as tilápias foram expostas a três salinidades (0, 20 e 35S) durante 72 horas, após uma transferência direta. Ao final desse período foi avaliado a mortalidade, o consumo de oxigênio, a excreção nitrogenada, o substrato energético oxidado, a osmolalidade do plasma, o índice hepatossomático e o grau de hidratação do músculo. Os peixes coletados fora do período de ressaca e expostos à 35S sofreram mortalidade de 80%, mas aqueles coletados durante a ressaca e expostos à 20S não sofreram mortalidades. O consumo de oxigênio das tilápias não variou em função da salinidade de exposição, apenas em função do período de coleta, sendo 38% menor nas tilápias coletadas durante a ressaca. A osmolalidade do plasma aumentou 18% nos animais coletados em período com ressaca quando expostos a 20S. Os demais parâmetros fisiológicos analisados, como a excreção nitrogenada ($\sim 0,04 \mu\text{g mg}^{-1}$ massa seca h^{-1}), substrato energético oxidado (proteínas), índice hepatossomático ($\sim 2,36\%$) e o grau de hidratação do músculo (79%) não foram alterados em função da ressaca ou salinidade em que os animais foram expostos ao laboratório. Os resultados obtidos indicam que as respostas em laboratório são dependentes da exposição prévia à salinidade elevada na natureza que, aqui, ocorreu durante a ressaca. Portanto, a sobrevivência das tilápias em água de 35S na natureza pode ser possível se a espécie passar por um período de aclimação previamente. Estudos futuros devem avaliar a exposição crônica de tilápias à água do mar após exposições graduais à água salobra, o que poderá refletir o que realmente ocorre na natureza.

2. ABSTRACT

The Nile tilapia *Oreochromis niloticus* is one of the most cultivated cichlid in the world. Despite being native to freshwater environments in Africa, this species exhibits a better performance and growth in brackish water between 8 and 10S, salinities close to its isosmotic point. However, its homeostasis is impaired in brackish water with higher salt concentrations (>16S) and in 24S there is 100% mortality of adult individuals. However, tilapia specimens have been observed in marine regions throughout the Brazilian coast. It is still not clear if its presence on the sea is temporary or if tilapia have developed mechanisms that allowed it to adapt to higher salinities. Therefore, the present study aimed to analyze the physiology of Nile tilapia collected in the 4th Channel of Santos city, which drains freshwater from the rains into the sea and where salinity variation is very high, especially during storm surges. For that matter, the fish were collected in two distinct periods, during storm surge and no storm surge. In the laboratory, tilapia were exposed to three salinities (0, 20 and 35S) during 72 hours. At the end of this term, we analyzed the mortality, the oxygen consumption, the nitrogen excretion, the oxidized energetic substrate, the plasma osmolality, the hepatosomatic index and the muscle water content. The fish collected outside of the storm surge period had 80% mortality. The oxygen consumption did not suffer alterations due to salinity exposure, but it did due to collection period. Tilapia collected during storm surge lowered their oxygen consumption by 38%. The plasma osmolality was 18,27% higher in tilapia collected during storm surge when exposed to 20‰. The remaining physiological parameters such as nitrogen excretion (around 0,04 $\mu\text{g mg}^{-1}$ dry weight h^{-1}), oxidized energetic substrate (proteins), hepatosomatic index (around 2,36%) and muscle water content (79%) did not suffer alterations due to storm surge or salinity which animals had been exposed in the laboratory. These results indicate that the responses observed in the laboratory depend on the previous exposure to elevated salinity in their natural environment, which in this case, occurred during a storm surge. Therefore, tilapia survival to 35S water may be possible if the animal is acclimated for a certain period. Future studies need to evaluate the chronic exposure of tilapia to seawater after gradual exposure to brackish water, which can reflect what truly occurs in nature.

1. RESUMO.....	6
2. ABSTRACT.....	7
3. INTRODUÇÃO.....	9
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
4.1. Aprovação do Comitê de Ética.....	11
4.2. Caracterização do Local de Coleta.....	12
4.3. Coleta dos Animais.....	12
4.4. Exposição dos Animais a Diferentes Salinidades.....	13
4.5. Avaliação da Taxa de Mortalidade.....	13
4.6. Avaliação do Consumo de Oxigênio, Excreção de Amônia e Substrato Energético Oxidado (Razão O:N).....	14
4.7. Avaliação da Osmolalidade do Plasma.....	14
4.8. Análise do Índice Hepatossomático.....	15
4.9. Análise do Grau de Hidratação do Músculo.....	15
4.10. Análise Estatística.....	15
5. RESULTADOS.....	15
5.1. Mortalidade.....	15
5.2. Consumo de Oxigênio e Excreção de Amônia.....	16
5.3. Osmorregulação.....	17
5.4. Índice Hepatossomático, Substrato Energético Oxidado (Razão O:N) e Grau de Hidratação do Músculo.....	18
7. CONCLUSÃO.....	22
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

3. INTRODUÇÃO

A tilápia é um dos organismos mais cultivados no mundo, sendo *Oreochromis niloticus*, a tilápia-do-nilo, o segundo peixe mais cultivado no ano de 2022 (FAO, 2024). No Brasil, as tilápias representam cerca de 64% dos peixes cultivados (Peixe BR, 2022). A tilápia-do-nilo é popular na aquicultura por conta de seu avançado pacote tecnológico para seu cultivo (EMBRAPA, 2018) e de diversas características da biologia deste organismo, como rápido crescimento, dieta diversificada característica de onívoros, que inclui alimentos de origem animal e vegetal, adaptabilidade à diversas condições ambientais, como salinidade e temperatura, maturação sexual precoce, desova frequente e alta sobrevivência da prole (El-Sayed, 2020; Forneck et al., 2020). Essas são características vantajosas para a aquicultura, mas que também facilitam a colonização dessa espécie em novos ambientes. A aquicultura consiste no cultivo de espécies aquáticas e é considerada um setor com crescente importância global, sendo muito importante para a segurança alimentar (Barría et al., 2021; Tigchelaar et al., 2022; Debnath et al., 2023), reposição de estoques naturais (Braithwaite & Salvanes 2010) e redução da sobrepesca (Bogmans & Van Soest, 2021). O Brasil é um dos países com maior potencial para o cultivo de organismos aquáticos devido a suas características ambientais que incluem região costeira extensa, temperaturas quentes e também por possuir uma das maiores bacias hidrográficas do mundo (Valenti et al., 2021).

Embora a aquicultura seja indiscutivelmente importante, ela é uma das responsáveis pelo escape e introdução de espécies exóticas no meio ambiente, inclusive de tilápias (Birck et al., 2019). Tilápias *O. niloticus* já estão bem estabelecidas em ambientes de água doce do Brasil mas de acordo com Franco et al., 2023 espécimes deste peixe têm sido observadas ao longo da costa do litoral brasileiro, em praias e lagoas costeiras. As tilápias do gênero *Oreochromis* apresentam capacidades osmorregulatórias distintas, o que está intrinsecamente associado à sua distribuição natural (Trewavas, 1983; Yamaguchi et al., 2018). A tilápia-de-Moçambique (*Oreochromis mossambicus*) vive em uma variedade de ambientes no sudeste africano, como estuários e lagoas hipersalinas (Trewavas, 1983) e apresentam uma capacidade de se adaptar a salinidades mais altas e excessivas de até 70S (Kültz et al., 1992; Uchida et al., 2000; Chourasia et al., 2018) Já a tilápia-do-nilo *O. niloticus* é encontrada em ambientes de água doce na região norte e oeste da África, sendo uma espécie muito menos tolerante a altas salinidades (Trewavas, 1983; Watanabe et al., 1985; Yamaguchi et al., 2018). A osmolalidade do plasma de *O. niloticus* pode chegar a $604,9 \pm 11$ mOsm/kg em até 24h em água salobra (salinidade 20), sendo similar à osmolalidade deste meio (603 mOsm/kg). Em

contrapartida, a osmolalidade de *O. mossambicus* também aumenta de $325,1 \pm 4,3$ mOsm/kg para $382,5 \pm 4,8$ mOsm/kg em água salobra, mas permanece muito menor do que a de *O. niloticus* (Yamaguchi et al., 2018), indicando sua forte capacidade osmorregulatória.

Além disso, a performance da tilápia-do-nilo é comprometida quando ela é cultivada em salinidades a partir de 16S, evidenciado por alterações em sua fisiologia como aumento dos níveis de glicose e diminuição de hemoglobina e hematócritos no sangue (De Souza et al., 2019). A exposição à 10S e 15S causam aumentos nos níveis de cortisol, um hormônio utilizado como indicador de estresse (Mohamed et al., 2021). Salinidades acima de 20S causam mortalidades em *O. niloticus* (Schofield et al., 2011). Withyachumnarnkul et al., 2017 já observaram que *O. niloticus* sofre mortalidade de aproximadamente 50% em 30S durante exposição crônica.

Tilápias *O. niloticus* já foram registrados no litoral sul de São Paulo, nas cidades de Itanhaém e Santos (Franco et al., 2023; Vasques, 2024). A cidade de Santos possui canais de drenagem que foram construídos no início do século XX para o escoamento das águas da chuva (Neves, 2013). Os canais estão representados geograficamente na Figura 1. Os canais de Santos apresentam uma vasta presença de animais aquáticos, incluindo espécimes de tilápia (Vasques, 2024). Estudos apontam que tilápias não possuem comportamento de migração por longas distâncias (Kolding, 1993; Forneck et al., 2020) e a origem das tilápias nos canais de Santos é incerta, embora possa ser originária de tanques de aquicultura (Franco et al., 2023) ou introduzidas diretamente pela população. Os canais foram projetados a fim de compor um sistema onde o esgoto sanitário seguisse para tratamento em encanamentos inclinados enterrados no solo usando o efeito da gravidade, e as águas pluviais seguissem para o mar em galerias a céu aberto (Oliveira & Santos, 2015; Carriço, 2016). Estes canais se estendem até a praia, onde existem comportas que ficam fechadas para evitar a entrada de areia nos canais e também para diminuir a emissão de poluição nas praias de Santos, uma vez que os canais possuem diversas ligações irregulares de esgoto doméstico. Durante os períodos de chuva as comportas são abertas para o escoamento de água pluvial, isso pode levar à entrada de água do mar nos canais, aumentando a salinidade. A entrada de água do mar também ocorre durante períodos de ressaca. Dados preliminares do nosso laboratório mostram que a salinidade do canal 4 pode variar entre 0S e 20S.

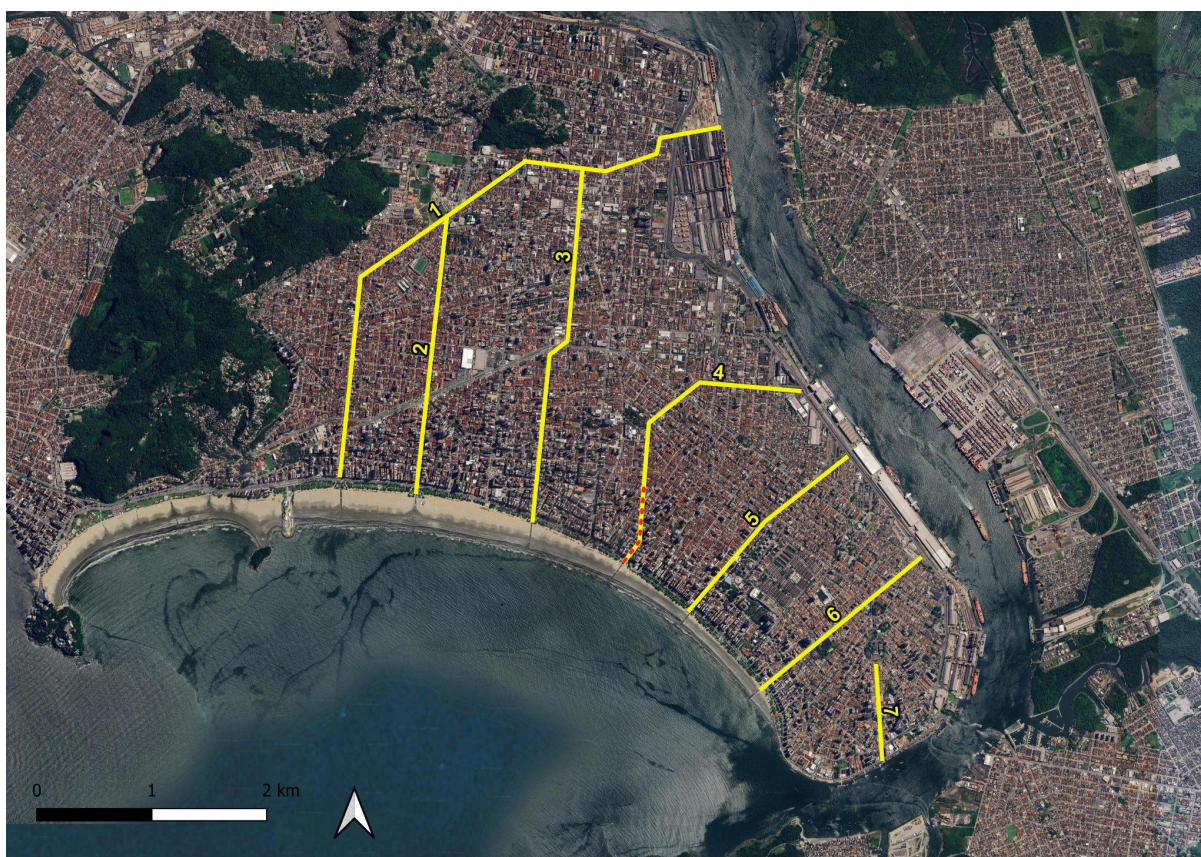


Figura 1. Mapa da cidade de Santos mostrando seus canais. As linhas amarelas representam os canais da cidade, enquanto o traço pontilhado vermelho representa a área de estudo no canal 4. Fonte: De autoria própria.

Visto que *O. niloticus* é uma espécie de água doce e trabalhos anteriores têm mostrado que a espécie tem seu desenvolvimento comprometido em salinidades acima de 16S por um longo período de exposição, mas que há relatos desta espécie no mar (Franco et al., 2023), este projeto tem como objetivo analisar a resiliência e mecanismos de adaptação de *O. niloticus* presente nos canais de Santos. Para isso, os peixes foram coletados em períodos com ressaca e sem ressaca e expostos à salinidades de 0S (água doce), 20S (água salobra) e 35S (água marinha) durante 72h em laboratório. Foi analisado um conjunto de respostas fisiológicas (mortalidade, consumo de oxigênio, excreção nitrogenada, substrato energético oxidado, capacidade osmorregulatória, grau de hidratação dos tecidos, índice hepatossomático) na espécie.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Aprovação do Comitê de Ética

Todos os procedimentos experimentais realizados neste trabalho foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais - CEUA da Universidade Estadual Paulista “Júlio

de Mesquita Filho” - UNESP, Câmpus do Litoral Paulista, sob o protocolo de número 02/2024.

4.2. Caracterização do Local de Coleta

As coletas foram realizadas no canal 4 da cidade de Santos. Imagens do local de coleta e da comporta do canal estão apresentados na Figura 2. Anteriormente à coleta dos animais e durante períodos de ressaca, foram feitas amostragem de água em três diferentes pontos do canal 4 próximos à praia para monitorar a variação de salinidade do local. As coletas foram realizadas mensalmente a partir do mês de Fevereiro de 2024 até o mês de Junho de 2024. Foram feitas pelo menos duas coletas de amostra de água por mês. A água do canal 4 pode ser classificada como salobra (Coelho et al., 2013) e dados do nosso laboratório mostram que a salinidade deste canal varia entre 0S e 20S.



Figura 2. Imagens do canal 4. À esquerda, onde foi feita a coleta dos animais e à direita a comporta que conecta o canal à praia.

4.3. Coleta dos Animais

Juvenis de *O. niloticus* foram coletados com o uso de tarrafas e covo no canal 4 no município de Santos, SP. Os peixes possuíam um peso médio de $31,59 \text{ g} \pm 5,96$. A salinidade, temperatura e pH do local de coleta foram verificados e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos do canal 4 durante as coletas.

	Salinidade (S)	Temperatura (°C)	pH
Com ressaca	17	23°C	7.2
Sem ressaca	3	25°C	7.4

Os animais foram transportados em caixas de poliestireno contendo água do local de coleta para o Laboratório de Aquicultura Sustentável do Instituto de Biociências, campus da UNESP, em São Vicente, SP. Foram aclimatados às condições laboratoriais na mesma salinidade do local de coleta em caixas de polipropileno, com uma densidade de até três animais por caixa, durante um período de 7 dias antes de iniciar os experimentos. Foram alimentados com ração para peixes (Amicil, 42% de proteína bruta) *ad libitum* duas vezes ao dia e mantidos em fotoperíodo natural de 12h luz:12h escuro.

4.4. Exposição dos Animais a Diferentes Salinidades

Após o período de aclimação ao laboratório, os animais foram transferidos diretamente e submetidos a uma exposição aguda (72h) às salinidades experimentais de 0, 20 e 35S (N = 10) com uma densidade de até três animais por caixa.

Para a água doce foi usada água da torneira sem cloro. A salinidade 20S foi obtida através da diluição de água do mar fornecida pelo Aquário de Santos com água doce sem cloro, enquanto a salinidade 35S foi obtida através do congelamento de água salgada para aumentar a salinidade. A salinidade foi monitorada diariamente. Para monitorar a salinidade foi usado um refratômetro manual (Kasvi K52-100). Os animais foram alimentados diariamente com ração (Amicil, 42% de proteína bruta), exceto no último dia para evitar o efeito calorigênico no consumo de oxigênio (Augusto & Masui, 2014).

4.5. Avaliação da Taxa de Mortalidade

Durante a exposição, os animais foram verificados três vezes ao dia para avaliar possíveis mortalidades. Em caso de mortalidades, eram anotadas juntamente com o horário. Ao final do período de exposição foi analisada a taxa de mortalidade dos animais expostos às diferentes salinidades por meio do cálculo: número de indivíduos vivos ao final do

experimento x 100 / número de indivíduos no início do experimento (Young et al., 2022).

4.6. Avaliação do Consumo de Oxigênio, Excreção de Amônia e Substrato Energético Oxidado (Razão O:N)

No último dia de experimento, os animais foram colocados individualmente em câmaras respirométricas fechadas (Li et al., 2007; Augusto et al., 2016, Ramaglia et al., 2018) para a medição do consumo de oxigênio. As câmaras continham água nas mesmas salinidades em que os animais estavam submetidos nas caixas. Foram mantidos durante 30 minutos sob aeração, com o intuito de reduzir o estresse ocasionado pela manipulação. Após esse período, a aeração foi retirada e a concentração de oxigênio inicial foi mensurada com o auxílio de um oxímetro (monitor e probe YSI, modelos 53 e 5905, respectivamente). A concentração de oxigênio foi medida novamente após 2 horas e 30 minutos. Câmaras respirométricas controle, sem animais, foram mantidas nas mesmas condições experimentais e as variações nas concentrações de oxigênio foram calculadas pela diferença entre os valores obtidos no início e no final do experimento. Após a determinação do consumo de oxigênio, os animais presentes em cada câmara respirométrica foram eutanasiados por imersão em água com uma solução de eugenol (10 ml/L), secos em estufa e pesados (massa seca).

Foram retiradas amostras com 10 ml de água das câmaras respirométricas ao final da determinação do consumo de oxigênio para a mensuração da concentração de amônia. A concentração de amônia nas amostras foi determinada através de triplicatas por colorimetria (Koroleff, 1976). O substrato energético oxidado foi calculado pela relação atômica O:N dividindo-se o oxigênio consumido (mol) pela amônia excretada (mol) (Mayzaud, 1988). A relação atômica O:N é utilizada para indicar o tipo de substrato energético que o animal está consumindo (proteína, carboidrato e lipídio). Taxas entre 3 e 16 indicam o uso de proteínas, taxas entre 16 e 60 indicam uma mistura de proteínas e lipídios e taxas acima de 60 indicam o uso predominante de oxidação de lipídios (Mayzaud & Conover, 1988; Mantoan et al., 2021). Estes parâmetros fisiológicos indicam a taxa metabólica dos animais.

4.7. Avaliação da Osmolalidade do Plasma

Após a eutanásia por meio de imersão em uma solução de eugenol, foram retiradas amostras de sangue da veia caudal através de punção com o uso de uma seringa e agulha #25-7. As amostras foram centrifugadas (5 minutos a 10,000 rpm) para obtenção e retirada do plasma e armazenadas em freezer para as análises. A osmolalidade do plasma foi medida em amostras de 10 µl em um osmômetro de pressão a vapor (Wescor, Modelo 5500) no Instituto de

Biociências, campus da UNESP, em São Vicente, SP. Os resultados são apresentados em mOsm/Kg água.

4.8. Análise do Índice Hepatosomático

O fígado dos animais foi retirado para avaliação do índice hepatossomático. O índice hepatossomático é calculado através da razão:

$$\text{IHS} = (\text{massa seca do fígado} \times 100) / \text{massa seca do corpo do animal}$$

4.9. Análise do Grau de Hidratação do Músculo

Foram retiradas amostras de tecido muscular dos animais já eutanasiados. Estas amostras foram secas de maneira padronizada com papel e pesadas em placas de alumínio com peso já determinado. As amostras foram colocadas em estufa e secas a 60°C durante 48h, resfriadas em um dessecador para evitar o ganho de umidade e foram pesadas novamente (peso seco). O grau de hidratação foi calculado através da seguinte fórmula: $[(\text{peso úmido inicial} - \text{peso seco}) / \text{peso úmido}] \times 100$ (McNamara et al., 2004).

4.10. Análise Estatística

O efeito da salinidade sobre a fisiologia dos animais foi avaliado por ANOVA de dois fatores (salinidade de exposição e período de coleta). Em casos de diferenças significativas, as análises foram seguidas pelo teste de médias múltiplas de Student Newman-Keuls (SNK), a qual localiza as médias estatisticamente diferentes. Essas análises são realizadas após as análises das condições de normalidade de distribuição e igualdade de variância, utilizando o programa Sigma Stat e empregando um nível mínimo de significância de $P \leq 0,05$. As figuras foram apresentadas através dos dados inseridos no programa Graphpad 5.

5. RESULTADOS

5.1. Mortalidade

A taxa de mortalidade é mostrada na Figura 3. Em geral, não houve mortalidade dos animais expostos em água doce e salinidade 20 durante 72 horas, independentemente do período de coleta. Entretanto, as tilápias coletadas em período sem ressaca e expostas à salinidade de 35 sofreram 80% de mortalidade em 12 horas.

5.2. Consumo de Oxigênio e Excreção de Amônia

O consumo de oxigênio e a excreção de amônia dos animais são apresentados nas Figuras 4 e 5, respectivamente. O consumo de oxigênio não apresentou diferenças significativas entre água doce e salinidade de 20S. No entanto, o consumo de oxigênio dos animais expostos à 20S coletados durante o período de ressaca foi 38% menor comparado aos animais coletados em período sem ressaca nessa mesma salinidade. Em salinidade 35S não foi possível analisar o consumo de oxigênio e a excreção de amônia dos animais por conta da alta mortalidade. Não houve diferenças significativas na excreção de amônia.

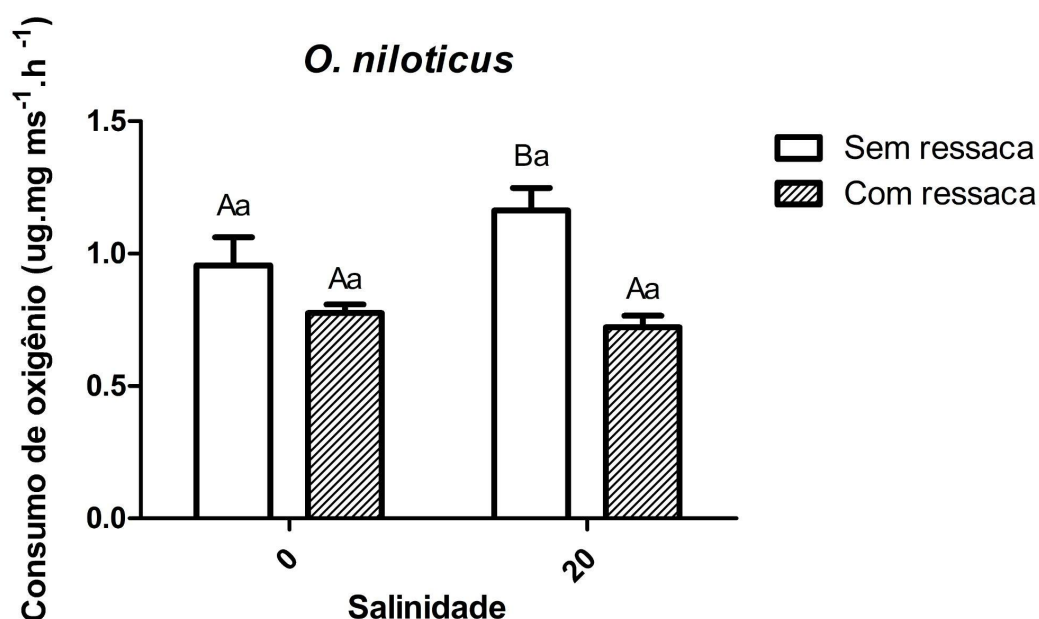


Figura 4. Consumo de oxigênio ($\mu\text{g mg}^{-1}$ massa seca h^{-1}) de *O. niloticus* mantidos em diferentes salinidades (0 e 20S) e coletados em períodos sem ressaca e com ressaca. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre os animais expostos a mesma salinidade. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre diferentes salinidades no mesmo período de coleta. (Média $\pm$ Erro padrão, $P \leq 0,05$).

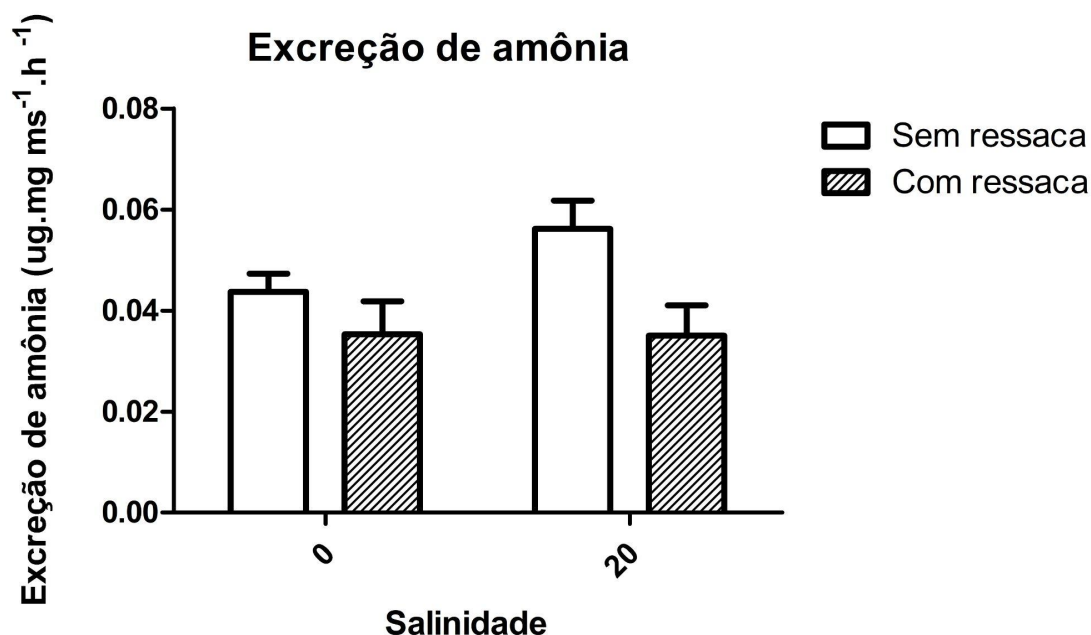


Figura 5. Excreção de amônia ($\mu\text{g mg}^{-1}$ massa seca h^{-1}) de *O. niloticus* mantidos em diferentes salinidades (0 e 20S) e coletadas em períodos sem ressaca e com ressaca. (Média $\pm$ Erro padrão, $P \leq 0,05$).

5.3. Osmorregulação

A osmolalidade do plasma é apresentada na Figura 6. A osmolalidade foi medida apenas nos animais coletados durante o período de ressaca. Em água doce, a osmolalidade foi 312 ± 8 mOsm/kg de água, mas em 20S houve um aumento de 18% (369 ± 11 mOsm/kg). O animal é um forte osmorregulador e sua capacidade osmorregulatória foi de 0,10.

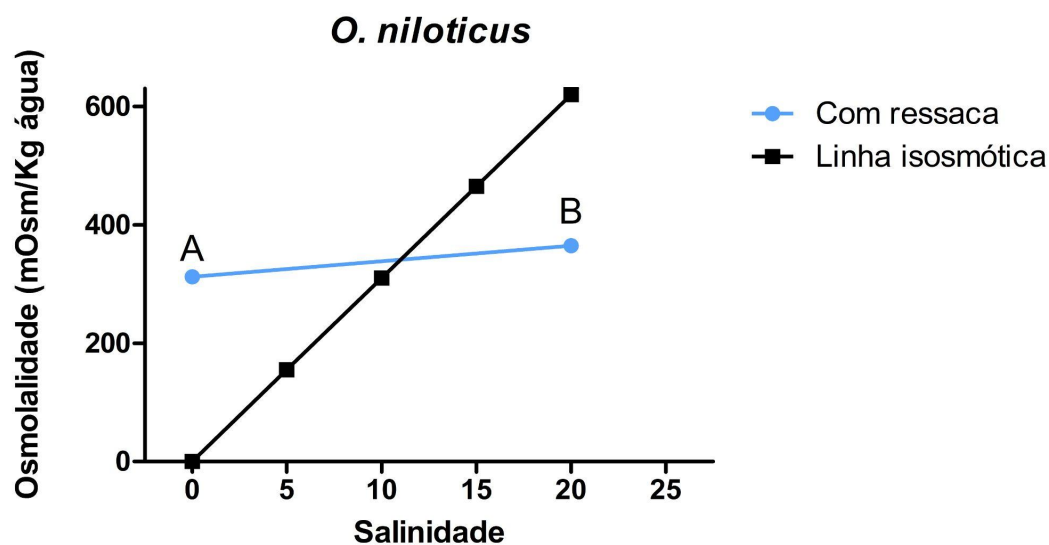


Figura 6. Osmolalidade do plasma (mOsm/Kg de água) de *O. niloticus* mantidos em diferentes salinidades (0 e 20S) e com ressaca. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre as salinidades.

(Média $\pm$ Erro padrão, $P \leq 0,05$).

5.4. Índice Hepatossomático, Substrato Energético Oxidado (Razão O:N) e Grau de Hidratação do Músculo

O índice hepatossomático, o substrato energético oxidado e o grau de hidratação do músculo são apresentados na Tabela 2. Não houve diferenças significativas no índice hepatossomático (cerca de 2,36%), no principal substrato energético oxidado (proteínas) e no grau de hidratação dos animais ($\sim 79\%$).

Tabela 2. Índice hepatossomático (%), substrato energético oxidado (O:N) e grau de hidratação do músculo (%) de *O. niloticus* mantidos em diferentes salinidades (0 e 20S) e coletadas em períodos sem ressaca e com ressaca. (Média $\pm$ Erro Padrão ($P \leq 0,05$)).

Sem ressaca			Com ressaca	
	0S	20S	0S	20S
IHS (%)	2,0 $\pm$ 0,5	3,4 $\pm$ 0,5	1,9 $\pm$ 0,4	2,0 $\pm$ 0,4
O:N	13,31 $\pm$ 5,0 (P)	11,25 $\pm$ 3,5 (P)	14,14 $\pm$ 3,3 (P)	16,0 $\pm$ 2,9 (P)
Grau de hidratação (%)	80,3 $\pm$ 1,4	79,6 $\pm$ 1,3	78,3 $\pm$ 1,2	79,4 $\pm$ 1,2

* P = Proteína.

6. DISCUSSÃO

Verificamos que tilápias coletadas em períodos de ressaca são mais resilientes à exposição à água salobra (20S) em laboratório. Isto sugere que a exposição prévia às salinidades elevadas na natureza pode afetar as respostas fisiológicas da espécie no laboratório e, também, permitir sua invasão no mar. Os mecanismos fisiológicos afetados pela exposição à salinidade elevada (consumo de oxigênio e osmorregulação) são importantes para manter a homeostase do animal, crescimento, reprodução e ocupação de diferentes ambientes.

Já foi mostrado que *O. niloticus* sofre mortalidade de 100% em um período de 12 horas após exposição aguda à salinidade de 24S (Kombat et al., 2021). Considerando que não foram observadas mortalidades nos animais expostos à 20S, as tilápias presentes nos canais podem estar se tornando mais tolerantes à água salobra por conta da constante variação da salinidade. Nesse sentido, populações expostas a salinidades mais altas durante longos períodos de tempo podem desenvolver maior tolerância comparado a populações da mesma espécie que foram expostas a menores salinidades (James et al., 2003; Alkhamis et al., 2022). No entanto, as tilápias não são tolerantes à exposição aguda à água salgada (35S), o que pode sugerir que sua permanência no mar é temporária caso não passe por uma aclimação prévia.

O consumo de oxigênio serve como um indicador da taxa metabólica dos animais, sendo uma ferramenta importante para avaliar os efeitos da exposição a diferentes salinidades por conta do custo energético com a osmorregulação. Contudo, estudos que avaliem o metabolismo energético de tilápias durante exposições ao estresse de salinidade são pouco comuns (Evans et al., 2020; Norstog et al., 2022). Sabe-se que os efeitos da salinidade no consumo de oxigênio em teleosteos eurialinos podem ser variados (Ern et al., 2014). Já foi observado que a tilápia-do-nilo tende a aumentar seu consumo de oxigênio quando exposta a diferentes salinidades (Kombat et al., 2021). No entanto, Mathai et al., 2021 observaram que o consumo de oxigênio de *O. niloticus* diminui em salinidades acima de 10S, atribuindo esse resultado a uma diminuição na atividade do animal. A tilápia vermelha (*Oreochromis* sp.), é considerada mais tolerante a altas salinidades por conta de sua linhagem genética com *O. mossambicus*. Já foi evidenciado que esta espécie mantém seu consumo de oxigênio estável até 12S, mas sofre aumento em salinidades acima de 16S (Rahmah et al., 2020). Esses aumentos estão associados à uma maior demanda energética por conta da osmorregulação.

No nosso trabalho, a redução do consumo de oxigênio dos animais expostos à 20S e coletados em ressaca pode estar associada ao período de aclimação dos animais antes da exposição às salinidades experimentais. O choque osmótico após a transferência para 20S pode não ter ocorrido, considerando que os animais foram aclimatados durante uma semana em 17S. Desta forma, os animais não precisaram aumentar sua demanda energética. O consumo de oxigênio dos animais foi igual em água doce e salobra. Este resultado contraria trabalhos anteriores como Kombat et al., 2021 e Mathai et al., 2021, que atribuem as alterações no consumo de oxigênio à reorganizações metabólicas. Desta forma, as tilápias coletadas nos canais de Santos podem estar habituadas a variações constantes na salinidade e não precisaram ajustar seu metabolismo.

A amônia é a principal excreta nitrogenada do catabolismo de proteínas, de forma que uma maior excreção de amônia está associada a alta utilização de proteínas (Liew et al., 2012; Rahmah et al., 2020). Neste trabalho, a excreção de amônia de *O. niloticus* não apresentou diferença em nenhum dos tratamentos. De acordo com Kombat et al., 2021, informações sobre a excreção nitrogenada de tilápias são escassas, com ainda menos informações relacionadas à razão O:N em estudos sobre salinidade. Neste mesmo trabalho, foi observado que a excreção de amônia de *O. niloticus* tende a diminuir conforme o aumento de salinidade (Kombat et al., 2021). O mesmo resultado foi observado no peixe *Galaxias maculatus*, um teleósteo de água doce, mas que também é eurialino (Urbina & Clover, 2015). A diminuição na excreção de amônia nestes casos está associada à uma diminuição do catabolismo de aminoácidos e preferência do uso de lipídios como substrato energético. O uso de lipídios está muito associado ao estresse da variação de salinidade. Bioenergeticamente, oxidar lipídios libera duas vezes mais energia do que é necessário para catabolizar proteínas (Gan et al., 2016; Angadi 2024). Considerando que no nosso trabalho os animais continuaram oxidando proteínas como substrato energético e que não houve diferença da razão O:N, é esperado que não houvessem alterações na excreção de amônia.

Apesar de serem animais eurialinos, as tilápias-do-nilo são consideradas como uma das espécies menos tolerantes à salinidades altas entre os gêneros de tilápia por conta de sua capacidade osmorregulatória. Ao contrário de outros trabalhos, a osmolalidade de *O. niloticus* coletada em período de ressaca e exposta a 20S não ultrapassou 400 mOsm/kg (Tabela 3). A capacidade osmorregulatória dos peixes analisados neste trabalho (0,10) mostra que esses animais possuem uma forte capacidade osmorregulatória, uma vez que valores mais próximos de 0 indicam forte osmorregulação, enquanto valores mais próximos de 1 indicam fraca osmorregulação.

Tabela 3. Comparação da osmolalidade do plasma de diferentes espécies de peixes expostas a diferentes salinidades.

Espécie	Salinidade	Osmolalidade (mOsm/kg)	Referência
<i>O. niloticus</i>	0/20	312/369	Presente trabalho
<i>O. niloticus</i>	0/20	302,08/604,9	Yamaguchi et al., 2018
<i>O. mossambicus</i>	0/20	325,1/382,5	Yamaguchi et al., 2018
<i>O. niloticus</i>	0/20	346/410	Qiang et al., 2013
<i>O. aureus</i>	0,3/20	316,2/345	Abimbola et al., 2020
<i>O. niloticus</i>	0/10/20	354/379/475	Lim et al., 2006
<i>O. niloticus</i>	0/20	~300/~400	Handayani et al., 2020
<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>	0/21	270/489	Phuong et al., 2023
<i>Labeo rohita</i>	0/14	299,9/350,2	Patel et al., 2022

O grau de hidratação pode refletir a osmorregulação dos animais (Norstog et al., 2022), pois serve como um indicador da perda de água caso os animais estejam sofrendo desidratação por conta da variação na salinidade. No atual estudo, as tilápias coletadas em período sem ressaca e mantidas em água doce apresentam um grau de hidratação semelhante ao já observado em *O. niloticus* também mantidas em água doce por Uehara et al., 2021, de aproximadamente 80,3%. No entanto, este mesmo estudo demonstra que *O. niloticus* sofre desidratação conforme é submetida a um aumento de salinidade, perdendo 3% de água em salinidade 21. O mesmo padrão foi observado em *O. aureus* exposta à 20S e 24S. Não foram observadas alterações significativas no grau de hidratação de *O. niloticus* coletadas nos canais de Santos, independente da salinidade e do período de coleta, o que pode indicar uma forte manutenção osmorregulatória, pois não houve perda ou ganho de água. Uma outra hipótese é de que os animais podem ter sofrido desidratação após a transferência, mas se recuperado até o período de avaliação 72 horas depois, uma vez que já foi observado que o

peixe *Apeltes quadracus* sofre desidratação um dia após ser transferido para uma salinidade maior, mas se recupera em cerca de três dias (Norstog et al., 2022). No entanto, considerando que este estudo associa a desidratação com as mortalidades sofridas por *A. quadracus*, esse resultado é bem improvável no nosso trabalho, uma vez que não foram observadas mortalidades em 20S.

O índice hepatossomático também não sofreu alterações. O fígado é um órgão importante que desempenha funções como secreção de enzimas, absorção de nutrientes, detoxificação e armazenamento de reservas energéticas (Cleetus & Rebello, 2017; Muhammad et al., 2021). Já foi observado por Refaey et al., 2023, que a exposição da tilápia vermelha ($\sigma O. niloticus \times \text{fêmea } O. mossambicus$) a temperaturas baixas como 13,3°C causou reduções no índice hepatossomático. O aumento da salinidade também causou reduções no IHS em *O. niloticus* (Uehara et al., 2022). Durante situações de estresse os animais podem começar a utilizar suas reservas energéticas, no entanto, o uso excessivo dessas reservas energéticas pode causar uma diminuição no índice hepatossomático (Rahmi et al., 2021). Tendo em vista que não foram observadas alterações no índice hepatossomático de *O. niloticus* no nosso estudo, isso pode indicar que os animais não precisaram utilizar suas reservas energéticas para lidar com o estresse da variação de salinidade.

7. CONCLUSÃO

Podemos concluir que *O. niloticus* pode tolerar a exposição à água salobra em laboratório quando coletada em períodos de ressaca e sem ressaca. A exposição prévia a salinidades elevadas deve permitir um processo de adaptação estrutural e funcional da espécie à água de 35S. Portanto, uma exposição prévia a diferentes gradientes salínicos deve permitir a invasão da água do mar por tilápias, assim como ocorre nos canais de Santos. Nós também vimos que a salinidade afeta o metabolismo e a osmolalidade do plasma dos animais, sugerindo fluxos de sal pelas membranas semi-permeáveis do corpo. Estudos futuros devem avaliar exposições crônicas de *O. niloticus* às salinidades elevadas após aclimação gradual a diferentes salinidades. Além disso, estágios ontogenéticos iniciais também devem ser avaliados a fim de entendermos se a ocupação do mar é possível durante todo o ciclo de vida destes animais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMBOLA JK, EDWARDS JM & LEMA SC (2020). Expression profiles of genes encoding arginine vasotocin and isotocin receptors and the leucyl-cystinyl aminopeptidase (LNPEP) nonapeptide degradation enzyme in blue tilapia (*Oreochromis aureus*) during high salinity acclimation. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 53(4), 163–191.

ALKHAMIS YA, MONDAL B, MATHEW RT, NAGARAJAN G, RAHMAN SM, RAHMAN MM, ALHAJII A & RAHMAN MM (2022). Periodic Effects of Salinity on Compensatory Expression of Phenotypic Traits in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Pakistan Journal of Zoology*, 55(5).

ANGADI P (2024). The physiological adaptations during salinity stress in Tilapia fish: A review. *Acta Entomology and Zoology*, 5(2), 54–57.

AUGUSTO A, MASUI DC (2014). Sex and reproductive stage differences in the growth, metabolism, feed, fecal production, excretion and energy budget of the Amazon River prawn (*Macrobrachium amazonicum*). 47(6), 373–388.

AUGUSTO A, VALENTI WC (2016). Are there any physiological differences between the male morphotypes of the freshwater shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Caridea: Palaemonidae). *Journal of Crustacean Biology*, 36(5): 716–723.

BARRÍA A, TRINH TQ, MAHMUDDIN M, PENÃLOZA C, PAPADOPOULOU A, GERVAIS O, CHADAG V, BENZIE JAH, HOUSTON RD (2021). A major quantitative trait locus affecting resistance to Tilapia lake virus in farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Heredity*, 127(3), 334–343.

BIRCK T, MESSAGE HJ, BAUMGARTNER G, SEBASTIÉN NY, BAUMGARTNER D (2019). Foraging behavior interactions between the invasive Nile Tilapia (*Cichliformes: Cichlidae*) and three large native predators. *Neotropical Ichthyology*, 17(3).

BLONDEAU-BIDET E, TINE M, GONZALEZ A, GUINAND B & LORIN-NEBEL C (2024). Coping with salinity extremes: Gill transcriptome profiling in the black-chinned tilapia (*Sarotherodon melanotheron*). *The Science of the Total Environment*, 929, 172620.

BOGMANS C, VAN SOEST D (2021). Can global aquaculture growth help to conserve wild fish stocks? Theory and empirical analysis. *Natural Resource Modeling*, 35(1).

BRAITHWAITE V, SALVANES AGV (2010). Aquaculture and restocking: implications for conservation and welfare. *Animal Welfare*, 19(2), 139–149.

CARRIÇO JM (2016). O Plano de Saneamento de Saturnino de Brito para Santos: construção e crise da cidade moderna. *Risco: Revista De Pesquisa Em Arquitetura E Urbanismo*, 22, 30–46.

CHOURASIA T, D'COTTA H, BAROILLER J, SLOSMAN T, CNAANI A. (2018). Effects of the acclimation to high salinity on intestinal ion and peptide transporters in two tilapia species that differ in their salinity tolerance. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part a, Molecular & Integrative Physiology*, 218, 16–23.

COELHO FR (2013). Caracterização físico-química, microbiológica e ecotoxicológica das águas dos canais de drenagem urbana de Santos (São Paulo, Brasil). Tese (Mestrado em Ecossistemas Costeiros e Marinhos). Universidade Santa Cecília, 69.

CUNILLERA-MONTCUSÍ D, BEKLIOGLU M, CAÑED-ARGÜELLES M, JEPPESEN E, PTACNIK R, AMORIM CA, ARNOTT SE, BERGER SA, BRUCET S, DUGAN HA, GERHARD M, HORVÁTH Z, LANGENGEDER S, NEJSTGAARD JC, REINIKAINEN M, STRIEBEL M, URRUTIA-CORDERO P, VAD CF, ZADEREEV E & MATIAS M (2022). Freshwater salinisation: a research agenda for a saltier world. *Trends in Ecology & Evolution*, 37(5), 440–453.

DADZIE S (1992). An overview of aquaculture in eastern Africa. *Hydrobiologia*, 232(1), 99–110.

DEBNATH SC, MCMURTRIE J, TEMPERTON B, DELAMARE-DEBOUTTEVILLE J, MOHAN CV, TYLER CR (2023). Tilapia aquaculture, emerging diseases, and the roles of the skin microbiomes in health and disease. *Aquaculture International*, 31(5), 2945–2976.

DE MAGALHÃES ALB, JACOBI CM (2013). Invasion risks posed by ornamental freshwater fish trade to southeastern Brazilian rivers. *Neotropical Ichthyology*, 11(2) 433–441.

DE SOUZA RL, DE LIMA ECR, DE MELO FP, FERREIRA MGP & DE SOUZA CORREIA E (2019). The culture of Nile tilapia at different salinities using a biofloc system. *Ciência Agronômica/Revista Ciência Agronômica*, 50(2).

EL-SAYED AFM (2020). *Tilapia Culture*. 2ed. Alexandria, Egypt, Academic Press, 293.

EL-SAYED AFM, FITZSIMMONS K (2023). From Africa to the world—The journey of Nile tilapia. *Reviews in Aquaculture*, 15(S1), 6–21.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA (2018). Brasil inicia o maior projeto de pesquisa já elaborado.

ERN R, HUONG DTT, CONG NV, BAYLEY M & WANG T (2014). Effect of salinity on oxygen consumption in fishes: a review. *Journal of Fish Biology*, 84(4), 1210–1220.

ESMAEILI HR, TEIMORI A, OWFI F, ABBASI K, COAD BW (2014). Alien and invasive freshwater fish species in Iran: Diversity, environmental impacts and management. *Iranian Journal of Ichthyology*, 1(2), 61–72.

EVANS TG & KÜLTZ D (2020). The cellular stress response in fish exposed to salinity fluctuations. *Journal of Experimental Zoology Part a Ecological and Integrative Physiology*, 333(6), 421–435.

FAO, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The State of World Fisheries and Aquaculture (2024).

FRANCO ACS, AZEVEDO-SANTOS VM, NOGUEIRA MA, GIARRIZZO T, HAUSER-DAVIS RA, GUIMARÃES EC, DALCIN RH, SOETH M, FREITAS, MO, BERTONCINI ÁA, ABILHÔA V, CUNICO AM, ADELIR-ALVES J, BENTES B, NOVAES JLC, HOSTIM-SILVA M, LEITE JR, SANTOS VLMD, VITULE JRS (2023). Tilapia venturing into high-salinity environments: A cause for concern? Aquatic Ecology.

FORNECK SC, DUTRA FM, DE CAMARGO MP, VITULE JRS, CUNICO AM (2020). Aquaculture facilities drive the introduction and establishment of non-native *Oreochromis niloticus* populations in Neotropical streams. Hydrobiologia, 848(9), 1955–1966.

GAN L, XU ZX, J J MA, XU C, WANG XD, CHEN K, CHEN LQ & LI EC (2016c). Effects of salinity on growth, body composition, muscle fatty acid composition, and antioxidant status of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Journal of Applied Ichthyology, 32(2), 372–374.

GÜNER Y, ÖZDEN O, ÇARGIGAN H, ALTUNOK M, KIZAK V (2005). Effects of Salinity on the Osmoregulatory Functions of the Gills in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences. 29(6).

HANDAYANI KS, SOEGianto A, CHANG C (2020). Effect of Salinity on Osmoregulation and Histopathology in Gills of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Asian Journal of Water, Environment and Pollution, 17(3), 7–11.

JAMES KR, CANT B & RYAN T (2003). Responses of freshwater biota to rising salinity levels and implications for saline water management: a review. Australian Journal of Botany, 51(6), 703.

KOLDING J. (1993). Population dynamics and life-history styles of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in Ferguson's Gulf, Lake Turkana, Kenya. Environmental Biology of Fishes, 37(1), 25–46.

KOMBAT EO, ZHAO J, ABAKARI G, OWUSU-AFRIYIE G, BİRTEEB PT & ALHASSAN EH (2021). Metabolic cost of acute and chronic exposure of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to different levels of salinity. *Aquaculture Research*, 52(12), 6152–6163.

KOROLEFF F (1976). Determination of nutrients. *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie Weinheim 1-3.

KÜLTZ D, BASTROP R, JÜRSS K, SIEBERS D (1992). Mitochondria-rich (MR) cells and the activities of the and carbonic anhydrase in the gill and opercular epithelium of *Oreochromis mossambicus* adapted to various salinities. *Comparative Biochemistry and Physiology. B. Comparative Biochemistry*, 102(2), 293–301.

LI E, CHEN L, ZENG C, CHEN X, YU NA, LAI Q, QIN JG (2007). Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture*, 265, 385–390.

LIEW HJ, SINHA AK, MAURO N, DIRICX M, BLUST R & DE BOECK G (2012). Fasting goldfish, *Carassius auratus*, and common carp, *Cyprinus carpio*, use different metabolic strategies when swimming. *Comparative Biochemistry and Physiology Part a Molecular & Integrative Physiology*, 163(3–4), 327–335.

LIM C, YILDIRIM-AKSOY M, WELKER T & VEVERICA K (2006). Effect of Feeding Duration of Sodium Chloride-Containing Diets on Growth Performance and Some Osmoregulatory Parameters of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, After Transfer to Water of Different Salinities. *Journal of Applied Aquaculture*, 18(4), 1–17.

LUKAS JAY, JOURDAN J, KALINKAT G, EMDE S, MIESEN FW, JÜNGLING H, COCCHIARARO B, BIERBACH D (2017). On the occurrence of three non-native cichlid species including the first record of a feral population of *Pelmatolapia* (Tilapia) *mariae* (Boulenger, 1899) in Europe. *Royal Society Open Science*, 4(6), 170160.

MANTOAN P, BALLESTER E, RAMAGLIA AC & AUGUSTO A. (2021). Diet containing 35% crude protein improves energy balance, growth, and feed conversion in the Amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum*. Aquaculture Reports, 21, 100962.

MATHAI, R., ARUN, A., HRISHITHA, G., SOMAN, S., REVATHY, R., & RAJAN, B. (2021). Respiratory stress of salinity on *Oreochromis niloticus*. Uttar Pradesh Journal of Zoology, 42(17), 117–122.

MAYZAUD P, CONOVER R (1988). O:N atomic ratio as a tool to describe zooplankton metabolism. Marine Ecology Progress Series, 45, 289–302.

MCNAMARA JC, ROSA JC, GREENE LJ, AUGUSTO A (2004). Free amino acid pools as effectors of osmotic adjustment in different tissues of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii* (crustacea, decapoda) during long-term salinity acclimation. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, 37(3), 193-208.

MOHAMED NA, SAAD MF, SHUKRY M, EL-KEREDY AM, NASIF O, VAN DOAN H & DAWOOD MA (2020). Physiological and ion changes of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under the effect of salinity stress. Aquaculture Reports, 19, 100567.

MUHAMMAD UA, YASID NA, DAUD HM & SHUKOR MY (2021). Glyphosate Herbicide Induces Changes in the Growth Pattern and Somatic Indices of Crossbred Red Tilapia (*O. niloticus* × *O. mossambicus*). Animals, 11(5), 1209.

NEVES, PDM (2013). Canais de Santos: Um marco na engenharia sanitária. Uningá Review. 14(1), 65-71.

NORSTOG JL, MCCORMICK SD & KELLY JT (2022b). Metabolic costs associated with seawater acclimation in a euryhaline teleost, the fourspine stickleback (*Apeltes quadracus*). Comparative Biochemistry and Physiology Part B Biochemistry and Molecular Biology, 262, 110780.

OLIVEIRA CJ, SANTOS MA (2015). Os Canais de Saturnino: documentário conta história de um projeto pioneiro. *Revista de pesquisa em arquitetura e urbanismo*, 22(2), 120-132.

PATEL RK, VERMA A, KRISHNANI K, SREEDHARAN K & CHANDRAKANT M (2022). Growth performance, physio-metabolic, and haemato-biochemical status of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) juveniles reared at varying salinity levels using inland saline groundwater. *Aquaculture*, 559, 738408.

PEIXE BR, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PISCICULTURA (2022). *Anuário 2022*.

PHUONG N, HA N & HUONG D (2023). Growth and feed intake of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings reared in different salinities. *AACL Bioflux*, 16(1), 496–507.

QIANG J, WANG H, KPUNDEH M, HE J & XU P (2013). Effect of water temperature, salinity, and their interaction on growth, plasma osmolality, and gill Na⁺, K⁺-ATPase activity in juvenile GIFT tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Thermal Biology*, 38(6), 331–338.

RAMAGLIA AC, CASTRO LM, AUGUSTO A (2018). Effects of ocean acidification and salinity variations on the physiology of osmoregulating and osmoconforming crustaceans. *Journal of Comparative Physiology*, 188, 729-738.

RAHMAH S, LIEW HJ, NAPI N & RAHMAT SA (2020). Metabolic cost of acute and chronic salinity response of hybrid red tilapia *Oreochromis* sp. larvae. *Aquaculture Reports*, 16, 100233.

REFAEY MM, MEHRIM AI, EL-KOMY MM, ZENHOM OA & MANSOUR AT (2023). Chronic cold-stress induced histopathological changes, oxidative stress, and alterations in liver functions and nutrient composition of hybrid red tilapia and the potential protection of unsaturated fatty acids. *Frontiers in Marine Science*, 10.

SCHOFIELD PJ, PETERSON MS, LOWE MR, BROWN-PETERSON NJ & SLACK WT (2011). Survival, growth and reproduction of non-indigenous Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758). I. Physiological capabilities in various temperatures and salinities. Marine and Freshwater Research, 62(5), 439.

TIGCHELAAR M, LEAPE J, MICHELI F, ALLISON EH, BASURTO X, BENNETT A, BUSH SR, CAO L, CHEUNG WWL, CRONA B, DECLERCK F, FANZO J, GELCICH S, GEPHART JA, GOLDEN CD, HALPERN BS, HICKS CC, JONELL M, KISHORE A, KOEHN JZ, WABNITZ CC. (2022). The vital roles of blue foods in the global food system. Global Food Security, 33, 100637.

TREWAVAS E. (1983). Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis*, and *Danakilia*.

UEHARA SA, COUTINHO CER., ARONOVICH M, WALTER EHM., FURTADO AAL, CALIXTO FAA, TAKATA R & DE FÁTIMA MARQUES DE MESQUITA E. (2022). Influence of saline environment and depuration time on quality and proximate composition of Nile tilapia fillet (*Oreochromis niloticus*). Food Science and Technology, 42.

UCHIDA K, KANEKO T, MITSUYA H, HASEGAWA S, HIRANO T (2000). Excellent Salinity Tolerance of Mozambique Tilapia (*Oreochromis mossambicus*): Elevated Chloride Cell Activity in the Branchial and Opercular Epithelia of the Fish Adapted to Concentrated Seawater. Zoological Science, 17(2), 149–160.

URBINA MA & GLOVER CN (2015b). Effect of salinity on osmoregulation, metabolism and nitrogen excretion in the amphidromous fish, inanga (*Galaxias maculatus*). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 473, 7–15.

VALENTI, WC, DE BARROS HP, MORAES-VALENTI P, BUENO GW, CAVALLI RO. (2021). Aquaculture in Brazil: past, present and future. Aquaculture Reports, 19, 100611.

WATANABE WO, KUO C, HUANG M (1985). Salinity tolerance of Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*), spawned and hatched at various salinities. Aquaculture (Amsterdam), 48(2), 159–176.

WITHYACHUMNARNKUL B, PALANG I, REUNGSRI J, SIRITHAMMAJAK S, JITRAKON S, KIATPATHOMCHAI W, SAKSMERPROME V, PONGTIPPATEE P & WITHYACHUMNARNKUL B (2017). Nile tilapia reared under full-strength seawater: Hemato-immunological changes and susceptibility to pathogens. *Aquaculture*, 480, 42–50.

YAMAGUCHI Y, BREVES JP, HAWS M, LERNER DT, GRAU EG, SEALE AP. (2018). Acute salinity tolerance and the control of two prolactins and their receptors in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Mozambique tilapia (*O. mossambicus*): A comparative study. *General and Comparative Endocrinology*, 257, 168–176.

YOUNG BC, ALFAGGEH RH, ALMOUTIRI I, CHENG W (2022). Effects of High Salinity on Survival, Growth, and Reproductive performance of Red Tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum* ♀ × *Oreochromis mossambicus* ♂). *Israeli Journal of aquaculture-Bamidgeh*, 74.

ZALL DM, FISHER D, GARNER MQ (1956). Photometric determination of chlorides in water. *Analytical Chemistry*, 28(11), 1665–1668.

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: MATHEUS DA SILVA ARAÚJO

Título: "TOLERÂNCIA E FISIOLÓGIA DAS TILÁPIAS-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) DO CANAL DE SANTOS EXPOSTAS À DIFERENTES SALINIDADES"

Orientador: Profa. Dra. Alessandra da Silva Augusto

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Gerenciamento Costeiro

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
MSC. Emanuelle Pereira Borges	Aprovado
MSC. Ana Carolina Louzã Siqueira	Aprovado

PARECER:

O aluno apresentou o trabalho de maneira didática e coerente, além de demonstrar domínio sobre os assuntos abordados. Os dados apresentados são relevantes para possíveis pesquisas futuras e conhecimentos sobre a biologia da espécie.

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que o discente **Matheus da Silva Araújo** obteve o seguinte conceito:



APROVADO



REPROVADO

São Vicente, 06 de dezembro de 2024.

Emanuelle P. Borges

MSC. Emanuelle Pereira Borges
(Coorientadora)

AC

MSC. Ana Carolina Louzã Siqueira