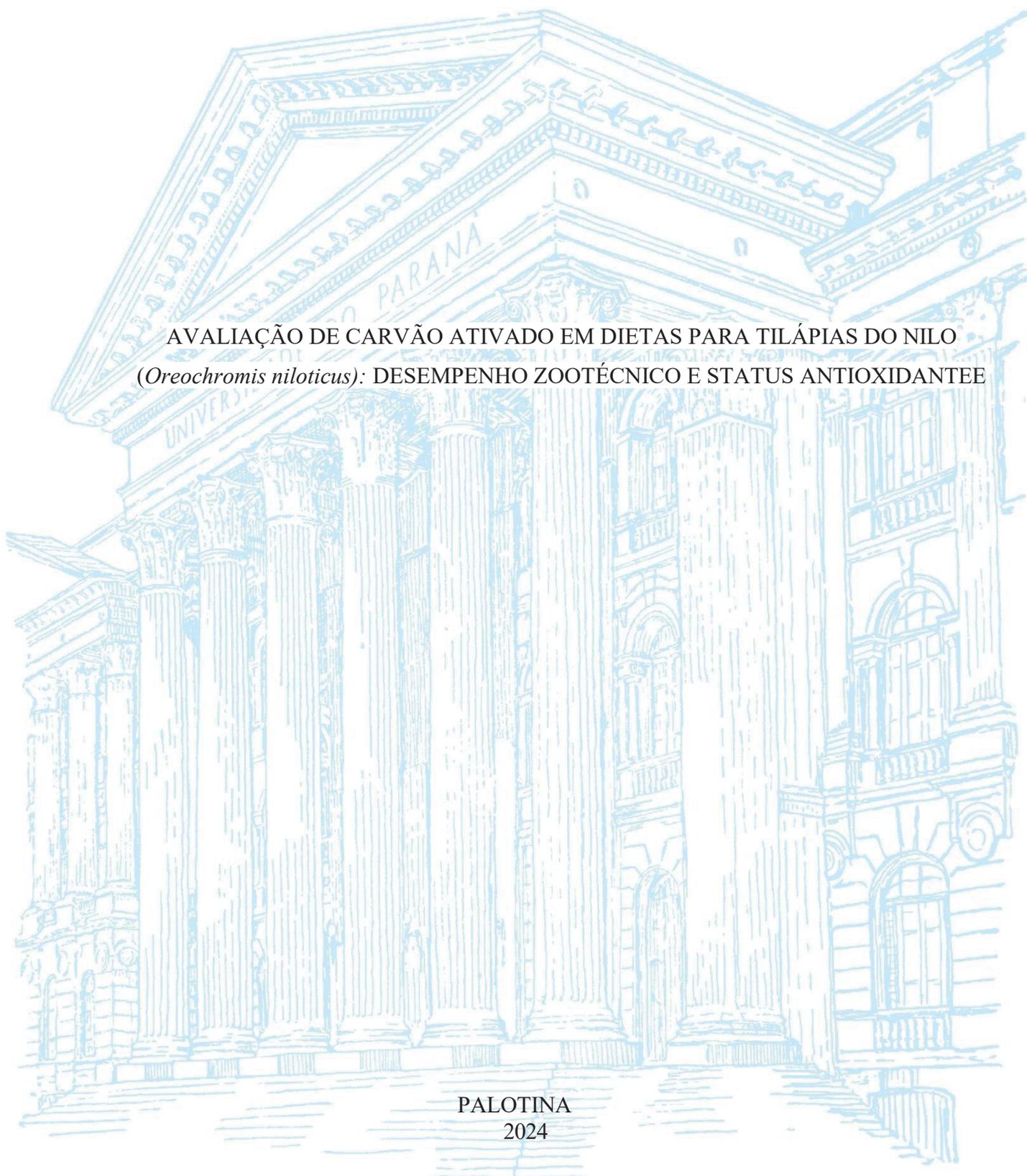


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAMILA DAL PISOL

AVALIAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO EM DIETAS PARA TILÁPIAS DO NILO  
(*Oreochromis niloticus*): DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E STATUS ANTIOXIDANTEE

PALOTINA  
2024



CAMILA DAL PISOL

AVALIAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO EM DIETAS PARA TILÁPIAS DO NILO  
(*Oreochromis niloticus*): DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E STATUS ANTIOXIDANTEE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável do Setor Palotina, da Universidade Federal do Paraná, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.

Área de concentração: Produção de organismos aquáticos.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luís Cupertino Ballester.

Coorientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo.

PALOTINA

2024

Universidade Federal do Paraná. Sistemas de Bibliotecas.  
Biblioteca UFPR Palotina.

P678 Pisol, Camila Dal

Avaliação de carvão ativado em dietas para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*): desempenho zootécnico e status antioxidante / Camila Dal Pisol. – Palotina, PR, 2024.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora: Prof. Dr. Eduardo Luís Cupertino Ballester.  
Coorientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo.

1. Aquicultura. 2. Bioacumulação. 3. Nutrição.

I. Ballester, Eduardo Luís Cupertino. II. Boscolo, Wilson Rogério

Bibliotecária: Aparecida Pereira dos Santos – CRB 9/1653

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **CAMILA DAL PISOL** intitulada: **AVALIAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO EM DIETAS PARA TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*): DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E STATUS ANTIOXIDANTE**, sob orientação do Prof. Dr. EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 30 de Julho de 2024.

Assinatura Eletrônica 31/07/2024 10:10:40.0

EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica 31/07/2024 10:00:41.0

ALDI FEIDEN

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica 30/07/2024 13:59:36.0

FÁBIO BITTENCOURT

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ)

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir viver essa experiência com saúde, ânimo e força para concretizar mais um ciclo. Por nunca ter me desamparado nos momentos mais difíceis e por me enviar pessoas maravilhosas, que me acompanharam durante toda essa caminhada, as quais sou muito grata e que foram essenciais para conclusão dessa etapa. Aos meus pais pelo incentivo aos estudos.

A Universidade Federal do Paraná (UFPR) e ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, pela oportunidade de realização desta especialização, concedendo todo o suporte e auxílio necessário. Pelo apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pelo suporte financeiro à pesquisa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Luis Cupertino Ballester que me acompanhou desde o início do mestrado, sendo essencial para o desenvolvimento desse projeto. E ao meu coorientador, Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo, pela orientação, desde o início da minha graduação, por toda paciência, ensinamentos e sabedoria compartilhada. A admiração, respeito e aprendizado irei levar sempre comigo.

A Dr.<sup>a</sup> Lucileine Assumpção, por todos os ensinamentos e auxílio durante a graduação e agora ao longo do mestrado. Me incentivando e direcionando em relação à pesquisa e na vida, por me acolher de forma carinhosa durante os momentos difíceis ao longo dessa trajetória, me incentivando a ser uma pessoa melhor. Sempre serei grata por todas as oportunidades, conhecimentos e momentos compartilhados. Aos amigos que fiz ao longo dos anos por toda amizade construída, pelas risadas, pelos ensinamentos, por me ajudarem na execução do presente estudo, pelas histórias compartilhadas e vitórias conquistadas ao longo de todos esses anos.

A Dr.<sup>a</sup> Lucélia Donatti e seus orientados, por abrir as portas do Laboratório de Biologia Adaptativa, situada no setor de Ciências Biológicas, Centro Politécnico na Universidade Federal do Paraná – Curitiba, PR e por me ensinar e auxiliar nas análises enzimáticas para a conclusão deste trabalho, sou muito grata a vocês e pelos momentos juntos. A Piscicultura Dal Bosco por fornecer os peixes e a empresa BRF que realizou a doação dos ingredientes para a fabricação da ração e principalmente da disponibilidade de utilização e teste do adsorvente para o desenvolvimento do experimento.

## RESUMO

O estudo teve como objetivo avaliar o desempenho zootécnico e as alterações metabólicas de *O. niloticus* em resposta à inclusão de carvão ativado, proveniente de ossos de frangos, na ração. Foram realizadas duas etapas experimentais. Na primeira etapa foram utilizados 500 alevinos ( $2,66 \pm 0,5$  g) em ambiente de água cristalina, e na segunda etapa foram utilizados 300 juvenis ( $18,06 \pm 0,4$  g), com água eutrofizada, com presença de cianofíceas. Ambas as fases foram realizadas através do modelo de delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos (rações com inclusões de 0,5%; 1,0%; 1,5%; e 2,0% do adsorvente e uma controle sem a inclusão) e cinco repetições. Esses peixes foram alimentados no período de 15 dias de cada etapa experimental. Após o experimento, os espécimes foram medidos e pesados para determinar o desempenho zootécnico e coletadas amostras para análises bromatológicas e bioquímicas das enzimas catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD), glutathione transferase (GST), da molécula de glutathione reduzida (GSH) e da lipoperoxidação (LPO). As enzimas e antioxidantes não resultaram em diferença significativa entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) na primeira etapa. Entretanto, na segunda etapa, houve diferenças significativas, com os níveis de 1,5% e 2,0% de inclusão de carvão ativado mostrando menor atividade da CAT e GST ( $p < 0,05$ ). E apresentou valor significativo superior ( $p < 0,05$ ) de GSH para o tratamento de 2% de inclusão comparado aos demais tratamentos. Além disso, foram verificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para taxa de sobrevivência com nível de inclusão de 2% superior aos demais tratamentos, mas semelhante ao tratamento controle, e peso médio final superior no tratamento controle, em ambas as fases do experimento. Em relação ao ganho em peso diário, na primeira fase do experimento o tratamento controle foi superior estatisticamente aos demais tratamentos. Para as análises de composição centesimal dos exemplares, independentemente da fase experimental não houve diferença estatística, e não houve impacto significativo positivo nos índices zootécnicos. Portanto, o aditivo não influenciou para melhoraria do desempenho zootécnico e crescimento de alevinos e juvenis de tilápia do Nilo.

**Palavras-Chave:** Adsorvente; Aquicultura; Bioacumulação; Eutrofização; Nutrição.

## ABSTRACT

The study aimed to evaluate the zootechnical performance and metabolic changes of *O. niloticus* in response to the inclusion of activated charcoal, derived from chicken bones, in the feed. Two experimental stages were conducted. In the first stage, 500 fry ( $2.66 \pm 0.5$  g) were used in a clear water environment, while in the second stage, 300 juveniles ( $18.06 \pm 0.4$  g) were used in eutrophic water with the presence of cyanophyceae. Both phases were conducted using a completely randomized experimental design model with five treatments (feeds with inclusions of 0.0% (control), 0.5%, 1.0%, 1.5%, and 2.0% of the adsorbent) and five replicates. These fish were fed for a period of 15 days in each experimental stage. After the experiment, the specimens were measured and weighed to determine zootechnical performance, and samples were collected for bromatological and biochemical analyses of the enzymes catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD), glutathione transferase (GST), reduced glutathione (GSH), and lipoperoxidation (LPO). The enzymes and antioxidants showed no significant difference between treatments ( $p > 0.05$ ) in the first stage. However, in the second stage, there were significant differences, with the levels of 1.5% and 2% activated charcoal showing lower CAT and GST activity ( $p < 0.05$ ). The 2% inclusion treatment also showed significantly higher ( $p < 0.05$ ) GSH values compared to the other treatments. Additionally, significant differences ( $p < 0.05$ ) were found in survival rates with a 2% inclusion level higher than the other treatments but similar to the control treatment, and higher final average weight in the control treatment in both experimental stages. Regarding daily weight gain, the control treatment was superior to the other treatments in the first stage of the experiment. For the proximate composition analyses of the specimens, regardless of the experimental phase, there was no statistical difference, and there was no significant positive impact on the zootechnical indices. Therefore, the additive cannot be used to improve the zootechnical performance and growth of Nile tilapia fry and juveniles.

**Keywords:** Adsorbent; Aquaculture; Bioaccumulation; Eutrophication; Nutrition.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - COMPOSIÇÃO PERCENTUAL (%) DOS INGREDIENTES DA FORMULAÇÃO DA DIETA COM O ADSORVENTE EM SEUS DIFERENTES NÍVEIS DE INCLUSÃO.

TABELA 02 -. PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA CLARA

TABELA 03 - VALORES MÉDIOS DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO.

TABELA 04 - VALORES MÉDIOS DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES DE FÍGADO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO

TABELA 05 - VALORES MÉDIOS DE COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE CARCAÇA DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO.

TABELA 06 -. PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA EUTROFIZADA

TABELA 07 - VALORES MÉDIOS DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO.

TABELA 08 - VALORES MÉDIOS DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES DE FÍGADO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO.

TABELA 09 - VALORES MÉDIOS DE COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE CARCAÇA DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1 LOCAL DE ESTUDO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3 DIETA EXPERIMENTAL</b> .....	<b>14</b>
<b>3.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA</b> .....	<b>16</b>
<b>3.5 ANÁLISE DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES ENZIMÁTICAS E BROMATOLÓGICAS</b> .....	<b>16</b>
<b>3.6 ANÁLISE DO SISTEMA ANTIOXIDANTE</b> .....	<b>17</b>
<b>3.7 ANÁLISES BROMATÓLOGICAS</b> .....	<b>18</b>
<b>3.8 ANÁLISES DA FASE DOIS DO EXPERIMENTO</b> .....	<b>18</b>
<b>3.9 ANÁLISES ESTATÍSTICAS</b> .....	<b>19</b>
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1.1 QUALIDADE DE ÁGUA</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1.3 ANÁLISES ENZIMÁTICAS E BIOMARCADORES ANTIOXIDATIVOS</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1.4 ANÁLISES BROMATÓLOGICAS</b> .....	<b>22</b>
<b>4.2.1 QUALIDADE DE ÁGUA</b> .....	<b>23</b>
<b>4.2.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO</b> .....	<b>24</b>
<b>4.2.3 ANÁLISES ENZIMÁTICAS E BIOMARCADORES ANTIOXIDATIVOS</b> .....	<b>25</b>
<b>4.2.4 ANÁLISES BROMATÓLOGICAS</b> .....	<b>26</b>
<b>5. . DISCUSSAO</b> .....	<b>26</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>31</b>

<b>6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é um setor de grande crescimento para a produção no Brasil e no mundo, com a produção de diversas espécies de peixes de interesse econômico, entre essas, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com destaque em razão de apresentar características notáveis como alto desempenho, rusticidade, resistência à patógenos e tolerância a altas densidades de estocagem, sendo a terceira espécie mais produzida mundialmente (RORIZ *et al.*, 2017, FAO, 2020). Diante disso, ocorre a intensificação da produção e a necessidade de desenvolver novas alternativas nutricionais para atender as exigências dessa espécie (DECARLI *et al.*, 2016) e, conseqüentemente, formular dietas equilibradas, de baixo custo, que maximizem a absorção dos nutrientes pelos animais, além de reduzir as excreções de elementos que potencializam a eutrofização nos corpos de água (OLIVEIRA *et al.*, 2014), pois a nutrição dos peixes desempenha um papel fundamental para o progresso sustentável da aquicultura (FAO, 2020).

Na formulação de dietas balanceadas para a nutrição de organismos aquáticos, é comum a utilização de grãos e subprodutos, como trigo, milho, soja, sorgo, os quais são suscetíveis à presença de fungos com potencial de produzir micotoxinas, principalmente as aflatoxinas (*Aspergillus*) e as ocratoxinas (*Aspergillus* e *Penicillium*). Essas contaminações podem ocorrer em diversas fases da produção dos grãos, desde o plantio até o produto final (BRETAS, 2018). Além disso, no ambiente aquático também pode ocorrer a presença de cianotoxinas, principalmente as microcistinas, que podem produzir hepatotoxinas, resultantes da proliferação e floração de cianobactérias, e subseqüentemente, favorecem à eutrofização em corpos de água (FERNANDES *et al.*, 2003; CHORUS & WELKER, 2021). Com o aumento de biomassa e condições favoráveis, facilitadas pela presença de nitrogênio e fósforo, essas cianobactérias podem produzir compostos orgânicos voláteis (COV), os álcoois terciários geosmina e 2-metilisoborneol (2-MIB). Essas moléculas são rapidamente absorvidas pelas brânquias e pelo intestino dos peixes, e sua eliminação requer períodos prolongados de depuração com água de boa qualidade (WATSON *et al.*, 2016). Além disso, a presença de geosmina pode ter efeitos adversos no sistema de defesa contra o estresse oxidativo dos peixes, tornando-os mais vulneráveis a estressores ambientais (LE MANACH *et al.*, 2019; MARIE, 2020).

O conhecimento dessas toxinas é de extrema importância para a aquicultura, pois interferem no desempenho zootécnico, causam distúrbios metabólicos e resultam em efeitos acumulativos em partes comestíveis, como sabores desagradáveis, conhecidos como *Off Flavor*. Este fenômeno pode ocasionar a rejeição do filé e subprodutos de organismos aquáticos pelo consumidor, além de representar riscos à saúde humana, sendo prejudicial para a cadeia produtiva

de proteína animal (MICHELIN *et al.*, 2016; EL HACK *et al.*, 2022). Para mitigar esses impactos, utilizam-se adsorventes que demonstram eficiência e praticidade, devido à sua capacidade de ligação às partículas de micotoxinas e cianotoxinas (POZZO *et al.*, 2016; SAVI, 2019). Entre os adsorventes disponíveis, destaca-se o carvão ativado, considerado um antídoto universal no tratamento de substâncias desintoxicantes, tanto físicas como químicas em animais, devido à sua capacidade de absorção (BACAUI *et al.*, 2001). E esse pode ser obtido a partir de diversas matérias primas, como madeira, casca de coco, sementes, petróleo, plástico, pneus, ossos (SWIATKOWSKI, 1998; PIRARAT *et al.*, 2015) incluindo o de reaproveitamento de carcaças de frangos, que ainda não foram testadas em estudos. Esse aditivo apresenta uma natureza carbonácea e porosa, na sua produção, resultante do processo de pirólise em altas temperaturas (800°C), com finalidade de aumentar sua porosidade interna (YAHYA *et al.*, 2015).

A inclusão de carvão ativado na dieta de peixes também é uma prática que tem sido adotada com o intuito de aprimorar a digestibilidade e promover o crescimento. Os benefícios dessa prática são relatados por diversos estudos com tilápias do Nilo (*O. niloticus*), e tilápia do Moçambique (*O. mossambicus*), como o emprego do carvão vegetal ativado (MICHAEL *et al.*, 2017), proporcionou efeitos positivos no crescimento e na morfologia intestinal desses organismos (PIRARAT *et al.*, 2015), bem como na melhora na digestibilidade de nutrientes de *Paralichthys olivaceus* (THU *et al.*, 2010). Também, demonstrou ser eficiente para a imunidade e a qualidade da carne dos peixes, de modo a diminuir teores de geosmina presentes no filé de tilápias do Nilo (VAN *et al.*, 2006; BOONANUNTANASARN *et al.*, 2014).

Em comparação a esses estudos, este trabalho visa testar um novo carvão ativado proveniente de resíduos industriais, especificamente de carcaças de frango, de modo a verificar possíveis benefícios na alimentação de peixes. Pois, o efeito do uso deste adsorvente em dietas para peixes, em relação ao ganho em peso e a conversão alimentar, ainda não está bem determinado (OUHIDA *et al.*, 2000). Estudos anteriores demonstraram que a inclusão de 3% desse carvão ativado de origem animal em dietas para tilápia do Nilo resultou em índices negativos de atratividade e palatabilidade (PISOL *et al.*, 2022). Além disso, é importante analisar as enzimas e os biomarcadores de estresse oxidativo para avaliação da condição do estado fisiológico e dos órgãos dos peixes neste tipo de estudo. Essas análises são cruciais para verificar alterações no sistema de defesa e mecanismo oxidativo, de modo a proteger as células dos organismos de danos oxidativos. Esse sistema de defesa é constituído por enzimas como: Superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), a glutathione S-transferase (GST), enquanto o sistema de defesa não enzimático é composto por glutathione reduzida (GSH), também deve ser avaliado o processo oxidativo das lipoproteínas, denominado como lipoperoxidação. Essas análises são fundamentais para

determinar e garantir a saúde e o bem-estar dos peixes (HUANG & ZIMBA, 2019; MARMELO *et al.*, 2024; CAIN, 2022). Portanto, ainda existem lacunas acerca dos potenciais efeitos do carvão ativado sobre a fisiologia dos peixes (BOONANUNTANASARN *et al.*, 2014), especialmente no que diz respeito à utilização do carvão ativado para a eliminação de toxinas aquáticas e seu efeito sobre biomarcadores de estresse oxidativo, sobretudo quando a origem desse carvão ativado provém de resíduos industriais, como o reaproveitamento de carcaças de frango. Estudos nessa área podem auxiliar na redução do desperdício e minimizar os prejuízos na produção brasileira.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Verificar e avaliar a influência da inclusão de carvão ativado de origem animal, proveniente de ossos de aves, em dietas formuladas sobre os parâmetros de desempenho zootécnico, bromatológico e sistema antioxidante em *O. niloticus*.

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar as alterações enzimáticas e antioxidantes no fígado dos exemplares.

Avaliar a composição centesimal desses organismos por meio de análises bromatológicas.

Avaliar a taxa de sobrevivência dos juvenis de tilápia alimentados com dietas contendo carvão ativado.

Verificar se a inclusão do adsorvente interfere no desempenho zootécnico dos peixes.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 LOCAL DE ESTUDO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos em Manejo na Aquicultura (GEMAQ), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* Toledo, entre fevereiro e abril de 2023. O estudo foi dividido em duas fases, cada fase do experimento teve duração de 15 dias. Na primeira etapa consistiu em analisar a interferência da adição do adsorvente na nutrição de alevinos em água clara. Em relação a segunda fase, consistiu na inclusão de água

com aspecto eutrofizado, caracterizada com a presença de microalgas, no sistema de recirculação das unidades experimentais, essa água foi coletada proveniente de um produtor que enfrentava o desafio de *off flavor* em seu lote. Assim, os dois experimentos totalizaram 30 dias. As duas fases do experimento contaram com as mesmas análises para realizar o comparativo fisiológico nos organismos. Os procedimentos presentes nestes estudos foram aprovados sob o protocolo nº 42-19, pelo Comitê de Ética no Uso de Animais para Produção – CEUAP da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, conforme Certificado Experimental no Uso de Animais em Pesquisa.

Os delineamentos experimentais foram inteiramente casualizados e contaram com cinco tratamentos, relativos às dietas com diferentes níveis de inclusão de carvão ativado, com cinco repetições por tratamento. Foi utilizado um sistema de recirculação de água, composto por 25 tanques com volume útil de 70 litros (unidades experimentais), os quais foram conectados em um sistema hidráulico para fornecimento e recirculação de água do filtro biológico de 1000 litros. Em cada tanque foi instalado um sistema de aeração, constituído de mangueira e pedra porosa, para o fornecimento de oxigênio para os alevinos. Para manter o aquecimento da água, foi acoplado um aquecedor a caixa de filtro biológico do sistema para manter uma temperatura aproximada de 26°C.

Na primeira fase do experimento foram utilizados 500 alevinos com peso médio inicial ( $\pm$  desvio padrão) de  $2,66 \pm 0,4$  gramas e foram alojados 20 alevinos em cada unidade experimental. Na segunda fase foram utilizados 300 juvenis com peso médio inicial ( $\pm$  desvio padrão) de aproximadamente  $18,06 \pm 0,4$  gramas; nesta fase foram distribuídos 12 indivíduos por unidade experimental. Esses indivíduos foram masculinizados obtidos de uma piscicultura comercial, da linhagem *Gift*. Nas duas fases do experimento foi realizada uma biometria inicial, onde ocorreu a mensuração de peso inicial e comprimento inicial, e assim foram distribuídos de forma aleatória. Posteriormente, esses alevinos passaram por um período de 24 horas de adaptação ao sistema, e após esse período iniciou-se o fornecimento das dietas experimentais.

A água de abastecimento do sistema da unidade experimental na fase I foi obtida a partir de um poço artesiano, com os valores abióticos obtidos da qualidade da água para temperatura ( $21,3 \pm 4,5^\circ\text{C}$ ), oxigênio dissolvido ( $5,88 \pm 1,5 \text{ mgL}^{-1}$ ), amônia total ( $0,15 \pm 0,1 \text{ mgL}^{-1}$ ), nitrito ( $0,0 \text{ mg/L}$ ) e pH ( $6,8 \pm 0,5$ ) da instituição de ensino e pesquisa, e com características de transparência e inodoro.

Na segunda fase do experimento foi incluído no sistema de recirculação uma água com aspecto eutrofizado, contendo microalgas. Para certificar a presença dessas microalgas, foi coletada uma amostra dessa água em frasco âmbar escuro, protegido da luz solar. Esse material foi fixado com lugol a 10%. Posteriormente a fixação, as microalgas foram identificadas e

quantificadas seguindo a metodologia descrita pelos seguintes autores: Bicudo *et al.*, (2006), Sant'Anna, *et al.*, (2012), Carvalho *et al.*, (2013), Rosini *et al.*, (2013), Ramos (2013). Os valores abióticos da qualidade da água mensurados qualidade da água foram temperatura ( $26,3 \pm 1,5^\circ\text{C}$ ), oxigênio dissolvido ( $4,88 \pm 0,5 \text{ mgL}^{-1}$ ), amônia total ( $0,15 \pm 0,1 \text{ mgL}^{-1}$ ), nitrito ( $1,0 \text{ mg/L}$ ) e pH ( $6,8 \pm 0,5$ ) e oriunda de produtor com desafio de *off flavour* em seu lote.

### 3.3 DIETA EXPERIMENTAL

Para os experimentos foram formuladas cinco dietas balanceadas com diferentes inclusões de carvão ativado, fornecido pela empresa BRF *Ingredients* Ltda, nas proporções de: 0% (controle), 0,5%, 1%, 1,5% e 2% (TABELA 1). As dietas foram formuladas de modo a atender as necessidades nutricionais da tilápia, com *pellets* com granulometria de um milímetro (FURUYA, 2010). O fornecimento de ração ocorreu em quatro alimentações diárias, às 7:00, 11:00, 15:00 e 19:00 horas, até a saciedade aparente dos animais. A quantidade de ração fornecida foi registrada para posterior cálculo da taxa de conversão alimentar. Ao final de cada dia, os tanques foram sifonados para remover os resíduos de ração e excretas dos animais.

TABELA 1. COMPOSIÇÃO PERCENTUAL (%) DOS INGREDIENTES DA FORMULAÇÃO DA DIETA COM O ADSORVENTE EM SEUS DIFERENTES NÍVEIS DE INCLUSÃO.

Ingredientes (%)	Níveis de Inclusão das dietas (%)				
	0,0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
<b>Carvão Ativado</b>					
Milho	25,00	24,75	24,50	24,25	24,25
Concentrado proteico de soja proteico	27,29	26,84	26,40	25,96	25,96
Farinha de trigo	11,87	12,33	12,79	13,25	13,25
Farinha de penas	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Farinha de sangue	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Farinha de víscera de aves	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Óleo de soja	5,03	4,96	4,90	4,84	4,84
DL-Metionina	0,44	0,45	0,45	0,45	0,45
L-Treonina	0,50	0,51	0,52	0,53	0,53
L-Lisina HCL	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32
Premix*	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Fosfato bicálcico	1,26	1,08	0,89	0,71	0,71
Calcário	0,84	0,79	0,74	0,69	0,69
TOTAL	100	100	100	100	100
<b>Nutrientes - Matéria natural (%)</b>	<b>Valores calculados</b>				
Amido	0,84	0,79	0,74	0,69	0,64
Arginina Total	2,70	2,67	2,65	2,63	2,61
Cálcio	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Fósforo Total	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Gordura	8,04	8,01	7,98	7,95	7,92
Histidina Total	1,16	1,16	1,15	1,14	1,13
Isoleucina Total	1,55	1,54	1,52	1,51	1,50
Leucina Total	3,10	3,08	3,06	3,04	3,02
Lisina Total	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Metionina Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Metionina + cistina Total	1,76	1,68	1,60	1,52	1,44
Treonina Total	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Triptofano Total	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47
Valina Total	2,37	2,35	2,34	2,33	2,31
Fenil + Tir. Total	3,45	3,43	3,41	3,38	3,36
Proteína Bruta	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Sódio	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Energia Digestível	3500	3500	3500	3500	3500

\*Suplemento vitamínico e mineral: Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.500.000UI/kg; Vit. D3, 375.000UI/kg; Vit. E, 18.750ul/kg; Vit. K3, 3.750mg/kg; Tiamina 2.500 mg/kg, Riboflavina 2.500 mg/kg. Piridoxina 3.125 mg/kg, Vit. B12, 5.000mcg/kg, Vit. C, 87,5g/kg, Niancina 12,5g/kg, Ácido Pantotênico 6.250mg/kg, Ácido Fólico 750 mg/kg, Biotina, 125mg/kg; Inositol 50g/kg, Ferro 10g/kg, Ferro Quelatado 5.000 mg/KG, cobre 2.250 mg/kg, Cobre coletado 1.125 mg/kg, Manganês 6250 mg/kg; Manganês Quelatado 3.125mg/kg, Zinco 15g/kg, Zinco Quelatado 7.500mg/kg, Cobalto Quelatado 75mg/kg, Iodo 100 mg/kg, Selênio 62,5mg/kg, Selênio Orgânico 31,2 mg/kg e Colina 75g/kg.

FONTE: o autor (2024)

### 3.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA

As variáveis de qualidade de água, como temperatura, oxigênio dissolvido e pH, foram monitoradas três vezes por semana utilizando um equipamento multiparâmetros (modelo YSI® Professional Series). As concentrações de amônia e nitrito foram mensuradas três vezes por semana com de kits colorimétricos (LabconTest). Em caso de os valores extrapolarem os limites aceitáveis para a espécie, foi realizada a renovação parcial da água para manter as variáveis dentro dos limites aceitáveis de acordo com o recomendado por Kubitza (1999).

### 3.5 ANÁLISE DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES ENZIMÁTICAS E BROMATOLÓGICAS

O procedimento de biometria dos alevinos foi realizado no primeiro dia de manejo e no último dia do experimento. Os exemplares foram mantidos em jejum por 24 horas para esvaziamento do trato gastrointestinal e, posteriormente, foram insensibilizados em benzocaína, na dose de 100 mg/L<sup>-1</sup>, para realização da mensuração de peso (g), comprimento total (cm), comprimento padrão (cm), e contados para avaliação da taxa de sobrevivência.

Neste momento foram coletados, com o auxílio de bisturi, tesouras e pinças cirúrgicas, os fígados de seis animais por tanque, um total de 30 amostras por tratamento. Os animais foram conduzidos ao processo de eutanásia com superdosagem de 200 mg/L<sup>-1</sup> de benzocaína. As coletas ocorreram de forma padronizada e aleatória, onde três amostras de fígado dos animais foram direcionadas para o cálculo do índice hepatossomático e três amostras para análises de atividades enzimáticas. As equações utilizadas para o cálculo dos parâmetros de desempenho produtivo avaliados estão descritas abaixo:

Ganho em peso diário, g/dia (GPD)

$$\frac{\text{peso final}(g) - \text{peso inicial}(g)}{\text{tempo de experimento}(dias)}$$

Taxa de crescimento específico (TCE):

$$\frac{(\ln \text{ do peso final}(g) - \ln \text{ do peso inicial}(g))}{\text{tempo do experimento}(dias)} \times 100$$

Taxa de eficiência proteica (TEP):

$$\frac{\text{ganho em peso}}{\text{proteína da dieta consumida}}$$

Taxa de Sobrevivência (S)

$$\frac{\text{n}^\circ \text{ final de peixes}}{\text{n}^\circ \text{ total de peixes no tratamento}} \times 100$$

Conversão alimentar aparente: (TCA)

$$\frac{\text{consumo de ração (g)}}{\text{ganho em peso (g)}}$$

Índice Hepatosomático (IHS):

$$\frac{\text{massa do fígado (g)}}{\text{massa final do peixe (g)}} * 100$$

### 3.6 ANÁLISE DO SISTEMA ANTIOXIDANTE

As amostras de fígado coletadas foram inseridas separadamente em microtubos do tipo *ependorf*, os quais foram acondicionados em um botijão contendo nitrogênio líquido e, posteriormente, transferidas para ultrafreezer a  $-80^{\circ}\text{C}$ , onde permaneceram acondicionadas até o momento das análises. As atividades das enzimas catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD), glutatona S-transferase (GST), do antioxidante glutatona reduzida (GSH) e ao processo oxidativo de Lipoperoxidação (LPO) das lipoproteínas, foram realizadas no Laboratório de Biologia Adaptativa, situada no setor de Ciências Biológicas, Centro Politécnico na Universidade Federal do Paraná – Curitiba, PR. Primeiramente, as amostras foram homogeneizadas e em seguida, a quantificação do teor de proteína (mg/mL) no órgão coletado foi determinado conforme o método descrito por Bradford (1976), com a utilização do corante *Coomassie Brilliant Blue* BG-250. A interação entre proteína e o corante ocasionou um desequilíbrio, conseqüentemente, ocorreu a alteração da coloração castanha para tonalidade azul, como referência e leitura de absorbância no comprimento de onda de 595 nm.

Para a análise da atividade da enzima catalase (CAT), foi utilizada a metodologia de Aebi (1984), na qual ocorre o decréscimo de absorbância a 240 nm baseado na degradação do peróxido de hidrogênio em oxigênio e água, por 60 segundos em intervalos de dois segundos, onde foram utilizados 10 ul da amostra para 990 ul do sistema de reação. Os resultados foram expressos em mmloses de  $\text{H}_2\text{O}_2$  degradados em  $\text{x min}^{-1}$  x mg de proteína.

A atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) baseou-se na capacidade da SOD em inibir a redução do azul de nitrotetrazólio para azul de formazan pelo radical superóxido gerado pela hidroxilamina em solução alcalina, medida espectrofotometria a 560 nm. Os resultados foram representados por unidade x mg proteína-1 (CROUCH *et al.*, 1981).

Para a determinação da atividade da glutatona S-Transferase (GST), foi utilizado o princípio de que o 1-cloro-2,4-dinitrobenzeno (CDNB), esse foi metabolizado pela GST, conjugado à enzima glutatona reduzida (GSH), com aumentos de absorbância em 340 nm, por cinco minutos em intervalos de 30 segundos. Os resultados foram expressos em umoles de tio éter

formado  $\times \text{min}^{-1} \times \text{mg}$  de proteína<sup>-1</sup>. Durante o ensaio, a GST catalisou a conjugação da GSH com o substrato sintético DTNB que produziu um conjugado, o qual foi detectado em 415 nm. Portanto, a atividade enzimática foi proporcional à velocidade de produção do composto conjugado, sendo representado em nanomoles de tióis  $\times \text{mg}$  de proteínas<sup>-1</sup> (HABIG *et al.*, 1976). Para a análise da concentração de tióis não proteicos, como a glutathiona reduzida (GSH), foi utilizado o método de reação dos tióis não proteicos com o DNTB. Após a adição de uma solução de ácido tricloroacético, a mistura foi centrifugado 4°C por dez minutos, e posteriormente foi medida em uma absorvância de 415 nm, A concentração foi expressa em nanomoles de tióis  $\times \text{mg}$  de proteína<sup>-1</sup> (SEDILAK *et al.*, 1968).

Na análise de Lipoperoxidação (LPO), as amostras foram avaliadas através da quantificação de elementos reativos ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), com absorvância de 535 nm, seguindo a metodologia de Federici, Shaw e Handy (2007). Em seguida, os dados apresentados foram expressos em nmol MDA (dialdeído malônico, utilizado na curva padrão) miligramas de proteína. Todas as análises enzimáticas deste trabalho foram realizadas com espectrofluorímetro (BioTek®, Synergy HT).

### 3.7 ANÁLISES BROMATÓLOGICAS

O material destinado às análises bromatológicas foi obtido através da coleta de seis carcaças de juvenis de tilápias por repetição no final do experimento, resultando em 30 amostras por tratamento. Esse material foi recolhido, armazenado em recipientes identificados e mantidos em um freezer para conservação até o momento das análises. Para realização das análises, as amostras foram secas a temperatura de 55°C e trituradas em um multiprocessador até obter uma massa uniforme. Após as alíquotas desta massa foram utilizadas em duplicatas para a verificação de composição centesimal, as análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Alimentos (LQA), pertencente ao Grupo de Estudos de Manejos na Aquicultura (GEMAQ) na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *Campus* de Toledo, PR. As análises realizadas foram matéria seca, extrato etéreo, proteína, matéria mineral e umidade seguindo os procedimentos descritos pela *Association of Official Analytical Chemists*, AOAC (2005.)

### 3.8 ANÁLISES DA FASE DOIS DO EXPERIMENTO

Foi realizada uma biometria inicial e, posteriormente, os juvenis foram inseridos no sistema de recirculação para adaptação, esses foram submetidos a alimentação com inclusão de carvão

ativado de acordo com os níveis de cada tratamento. Após dois dias de adaptação, foi inserida a água eutrofizada com presença de cianofíceas e microalgas no sistema. Esses organismos foram alimentados com as dietas por 15 dias, para avaliar a sobrevivência e comportamento dos juvenis as respostas biológicas e enzimáticas referentes à variação da qualidade da água e a dieta fornecida. Posteriormente a esse período, os juvenis foram insensibilizados e realizadas coletas de materiais e órgãos para realização das análises descritas nos tópicos 3.5 a 3.7, seguidas das análises estatísticas.

### 3.9 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados brutos dos experimentos foram tabulados e avaliados quanto aos pressupostos de normalidade (teste de Levene) e homogeneidade (teste de Shapiro-Wilk) (SOKAL & ROHLF, 1995). O desempenho zootécnico e os dados das análises enzimáticas e bromatológicas foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA) à nível de 5% de significância. Diferenças significativas entre os tratamentos foram detectadas por meio do teste Tukey, utilizando o programa STATISTICA 7.1<sup>®</sup> (2005). Quando os dados não atenderam os pressupostos, foram utilizadas transformações matemáticas, seguidos do teste de Tukey para verificar diferenças entre os tratamentos. Os parâmetros abióticos da qualidade da água foram expressos pela descrição dos dados.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 - Fase 1

#### 4.1.1 QUALIDADE DE ÁGUA

Os valores abióticos de qualidade de água mensurados neste estudo (TABELA 2) foram considerados adequados para a produção de tilápias do Nilo, exceto valores de nitrito, os quais foram considerados elevados, essa alteração é considerada perigosa para o cultivo de peixes (CODEVASF, 2019).

TABELA 2. VALORES MÉDIOS ± DESVIO PADRÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA MONITORADAS DURANTE O EXPERIMENTO.

Parâmetros	Valores abióticos
Temperatura (°C)	26,8 ± 1,02

Oxigênio (mg L <sup>-1</sup> )	6,42 ± 1,28
pH	7,22 ± 0,1
Amônia Tóxica (NH <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	0,003 ± 0,003
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	1,09± 0,6

FONTE: o autor (2024)

#### 4.1.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

Para a taxa de sobrevivência houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), o tratamento controle resultou em maior taxa de sobrevivência, seguido pelo nível de inclusão de 2%, que foi semelhante ao tratamento controle (TABELA 3). Tanto o tratamento controle quanto com 2% de inclusão diferenciam-se significativamente ( $p < 0,05$ ) dos demais tratamentos. Os tratamentos com nível de inclusão de 1,0 e 1,5 %, apresentaram resultados semelhantes entre si, porém inferiores aos tratamentos controle e com 2% de inclusão do adsorvente. Notavelmente, o tratamento de 0,5% de inclusão do adsorvente resultou na menor taxa de sobrevivência.

TABELA 3. VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO.

Variáveis	Níveis de Inclusão de Carvão Ativado (%)					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	
PF (g)	20,28±5,50 <sup>a</sup>	15,70±4,63 <sup>c</sup>	17,90±4,57 <sup>bc</sup>	17,68±5,00 <sup>bc</sup>	18,72±5,22 <sup>ab</sup>	0,0001
GPD (g)	1,17±0,34 <sup>a</sup>	0,87±0,29 <sup>c</sup>	1,01±0,28 <sup>b</sup>	1,00±0,31 <sup>bc</sup>	1,07±0,32 <sup>ab</sup>	0,0000
TCE (%)	13,14±1,3 <sup>a</sup>	11,70±1,6 <sup>c</sup>	12,46±1,3 <sup>b</sup>	12,55±1,4 <sup>ab</sup>	12,76±1,5 <sup>ab</sup>	0,0000
TEP	2,92±0,85 <sup>a</sup>	2,18±0,73 <sup>c</sup>	2,53±0,71 <sup>b</sup>	2,51±0,77 <sup>bc</sup>	2,67±0,81 <sup>ab</sup>	0,0000
S (%)	90±10,66 <sup>a</sup>	77±9,98 <sup>c</sup>	81±6,55 <sup>b</sup>	84±9,82 <sup>b</sup>	91±7,26 <sup>a</sup>	0,0000
IHS (%)	2,50±0,77	2,85±0,81	2,86±0,64	2,71±0,76	2,79±0,69	0,6710
TCA	0,57±0,12	0,82±0,24	0,73±0,16	0,69±0,11	0,63±0,09	0,1517

Valores expressos em: média ± desvio padrão. PF: Peso Final (g); GPD: Ganho de Peso diário; TCE: Taxa de Crescimento Específico; TEP: Taxa de Eficiência Protéica; S: Sobrevivência (%) e IHS: Índice Hepatossômico e TCA: Taxa Conversão Alimentar Aparente. \*Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

FONTE: o autor (2024)

A inclusão do carvão ativado na dieta não afetou a taxa de conversão alimentar (TCA) ( $p>0,05$ ) (TABELA 3). Da mesma forma, para o índice hepatossomático (IHS) não houve diferenças significativas entre os tratamentos ( $p>0,05$ ) (TABELA 3). O tratamento que apresentou a menor taxa de eficiência proteica (TEP) foi o nível de 0,5% de inclusão (2,18), e posteriormente o nível de 1,5%, significativamente diferente ( $p<0,05$ ) dos tratamentos controle e níveis de inclusão 2% que apresentaram TEP entre 2,92 e 2,67, respectivamente (TABELA 3). Também, foi observado que os parâmetros de taxa de crescimento específico (TCE) para o nível de inclusão de 0,5%, divergiu dos demais tratamentos, apresentando um valor significativamente menor ( $p<0,05$ ), isso evidencia que esse nível de inclusão de carvão ativado na dieta para peixes foi prejudicial ao seu crescimento (TABELA 3).

Em relação ao ganho em peso diário (GPD), observou-se diminuição significativa ( $p<0,05$ ) no tratamento com a inclusão de 0,5% do carvão ativado (TABELA 3). Entretanto, é relevante destacar que os peixes alimentados com a dieta com nível de inclusão de 2% apresentaram um ganho em peso diário (GPD) significativamente maior (1,07 g;  $p<0,05$ ) em relação ao tratamento de 0,5% (0,87g) e significativamente semelhante ( $p>0,05$ ) ao tratamento controle (1,17g). Adicionalmente, constatou-se que o tratamento controle (20,28) resultou em valores superiores ( $p<0,05$ ) de peso final em comparação com os demais tratamentos, sendo comparável apenas ao nível de inclusão de 2% (18,72) (TABELA 3). E novamente, a inclusão de 0,5% resultou em peso final significativamente ( $p<0,05$ ) inferior (TABELA 3).

#### 4.1.3 ANÁLISES ENZIMATICAS E BIOMARCADORES ANTIOXIDATIVOS

Não houve diferença estatística significativa ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos para as enzimas catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD), e para a glutatona reduzida (GSH) e lipoperoxidação (LPO), (TABELA 4). No entanto, a enzima Catalase (CAT) apresentou um decréscimo em relação ao aumento de nível de inclusão do adsorvente comparado ao tratamento controle. Entre os níveis de inclusão, apenas no nível de inclusão de 1,0 %, houve um resultado mais elevado que os demais tratamentos, porém semelhante ao controle. Entre os valores médios, foi observado que a enzima Superóxido Dismutase (SOD), apenas o nível de inclusão de 1%, ficou aproximado ao valor da análise do tratamento controle, e os demais níveis de tratamento, evidenciaram valores superiores ao tratamento controle, no entanto, não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ).

A inclusão do carvão ativado na ração não interferiu na atividade de GST e GSH, em comparação ao grupo controle e os demais tratamentos ( $p>0,05$ ) (TABELA 4). A quantificação da

peroxidação lipídica (LPO) nos tecidos hepáticos demonstrou que não houve diferença entre os níveis de inclusão do adsorvente ( $p>0,05$ ) (TABELA 4).

TABELA 4. VALORES MÉDIOS DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES DE FÍGADO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO.

Parâmetros	Níveis de Inclusão de Carvão Ativado (%)					<i>p</i>
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	
CAT (U/mg de proteína)	0,33±0,08	0,32±0,15	0,33±0,13	0,30±0,06	0,29±0,14	0,7832
SOD (U/mg de proteína)	0,85±0,18	0,96±0,49	0,91±0,37	0,99±0,43	0,92±0,37	0,8879
GST (µmol/mg proteína)	0,34±0,06	0,21,90±0,15	0,26±0,14	0,24±0,19	0,27,06±0,16	0,1642
GSH (µmol/mg proteína)	2,52±0,72	2,60±0,88	2,65±0,99	2,75±0,93	2,51±0,68	0,9368
LPO (nmol/MDA)	0,02±0,01	0,03±0,02	0,02±0,02	0,04±,0,2	0,04±0,01	0,4467

Valores expressos em: média ± desvio padrão. CAT:); SOD: superóxido dismutase (Transformado por raiz quadrada); GST: Glutaciona transferase (Transformado por raiz quadrada); GSH: Glutaciona reduzida e LPO: Lipoperoxidação: \*Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

FONTE: o autor (2024)

#### 4.1.4 ANÁLISES BROMÁTOLÓGICAS

Observou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos avaliados ( $p>0,05$ ) (TABELA 5). No entanto, verificou que os valores de proteína (PT) e matéria mineral (MM) foram semelhantes ao tratamento controle (TABELA 5). O extrato etéreo (EE), foi observado que para o nível de inclusão de 1% foi superior (28,77%) a do tratamento controle (25,91%), porém não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) (TABELA 5).

O teor de matéria seca (MS) foi superior no tratamento com 2% de inclusão em relação ao controle, enquanto, os tratamentos de 0,5% a 1,5% foram semelhantes entre si, sem diferenças significativas entre os tratamentos ( $p>0,05$ ) (TABELA 5).

TABELA 5. VALORES MÉDIOS DE COMPOSIÇÃO CENTESIMAL PERCENTUAL DE CARÇAÇA DE ALEVINOS DE TILÁPIAS DO NILO ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO.

Parâmetros	Níveis de Inclusão de Carvão Ativado (%)	<i>P</i>
------------	--	----------

	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	
MS (%)	29,55±9,87	24,09±12,14	25,03±7,34	24,48±3,14	33,74±9,36	0,3828
EE (%)	25,91±1,63	23,97±2,73	28,77±2,01	26,62±4,07	27,53±2,82	0,5939
PT(%)	36,66±0,82	37,82±1,01	36,85±1,32	36,66±0,94	36,82±1,48	0,8993
MM(%)	13,94±2,13	11,71±2,91	13,56±1,03	13,20±1,08	13,41±1,19	0,4026
UM(%)	77,96±9,87	80,85±12,14	81,01±7,34	81,94±3,14	74,19±9,36	0,2066

Valores expressos em: média ± desvio padrão. MS: Matéria Seca; EE: Extrato Etéreo; PT: Proteína; MM: Matéria Mineral; e UM: Umidade \*Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

FONTE: o autor (2024)

Para o parâmetro de umidade da composição centesimal, as inclusões de 0,5 % a 1,5% do adsorvente resultaram em teores superiores de umidade em comparação com o controle. Apenas o nível de inclusão de 2%, apresentou um teor de umidade inferior ao controle, embora também não tenha ocorrido diferença significativa ( $p > 0,05$ ) (TABELA 5).

## 4.2 - Fase 2

### 4.2.1 QUALIDADE DE ÁGUA

Nesta fase do experimento, a qualidade de água foi avaliada através da identificação de cianobactérias, na qual foi constada a presença de 35 táxons de algas verdes da classe Chlorophyceae e abundância de cianobactérias da classe Cyanophyceae (13 táxons), com os seguintes gêneros: *Aphanocapsa*, *Chroococcales Chroococcus*, *Komvophoron*, *Merismopedia*, *Pseudanabaena*, *Planktolyngbya* e *Spirulina* e a medição de parâmetros abióticos.

Esses valores abióticos foram considerados adequados para o cultivo de tilápias do Nilo, com exceção dos níveis de nitrito, que estavam superiores dos padrões normais para peixes (CODEVASF, 2019). TABELA 6. VALORES MÉDIOS ± DESVIO PADRÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA MONITORADAS DURANTE O EXPERIMENTO.

Parâmetros	Valores abióticos
Temperatura (°C)	25,85 ± 0,75
Oxigênio (mg L <sup>-1</sup> )	6,42 ± 0,64
Ph	7,53 ± 0,36

Amônia Tóxica (NH <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	0,005 ± 0,003
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	0,93± 0,62

FONTE: o autor (2024)

#### 4.2.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

Houve diferença significativa na taxa de sobrevivência entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ) (TABELA 7). O tratamento controle resultou em maior taxa de sobrevivência, seguido pelo nível de inclusão de 2% e 1,5%, que foram comparáveis ao tratamento controle (TABELA 7). O tratamento com 1% de inclusão do adsorvente resultou a menor taxa de sobrevivência, diferenciando-se dos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ) (TABELA 7).

TABELA 7. VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO.

Variáveis	Níveis de Inclusão de Carvão Ativado (%)					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	
PF (g)	28,23±6,04 <sup>a</sup>	22,26±5,75 <sup>b</sup>	25,05±5,01 <sup>ab</sup>	23,01±6,52 <sup>b</sup>	24,17±6,82 <sup>b</sup>	0,0001
GPD (g)	0,45±0,26	0,34±0,18	0,35±0,18	0,39±0,19	0,38±0,24	0,0813
TCE (%)	1,31±0,34	1,27±0,33	1,28±0,39	1,30±0,29	1,33±0,28	0,9115
TEP	1,35±0,65	0,85±0,46	0,89±0,46	0,98±0,48	0,95±0,60	0,0813
S (%)	90,09±11,79 <sup>a</sup>	85,04±13,15 <sup>ab</sup>	79,81±16,43 <sup>b</sup>	87,82±14,98 <sup>a</sup>	91,35±9,38 <sup>a</sup>	0,0020
IHS (%)	1,88±0,61	1,55±1,12	1,99±0,85	1,78±0,73	2,35±0,85	0,1343
TCA	1,72±0,60	2,49±0,76	2,12±1,04	2,02±0,23	1,56±0,23	0,2933

Valores expressos em: média ± desvio padrão. PF: Peso Final (g); GP: Ganho de Peso diário; TC: Taxa de Crescimento Específico; TEP: Taxa de Eficiência Proteica; TS: Taxa de Sobrevivência (%) e IH: Índice Hepatossômático e CA: Conversão Alimentar Aparente. \*Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

FONTE: o autor (2024)

A inclusão do carvão ativado na dieta nessa fase do experimento não afetou os parâmetros de ganho em peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de eficiência protéica (TEP) e conversão alimentar (CA) ( $p > 0,05$ ) (TABELA 7). Da mesma forma, para o índice hepatossômático (IH) não houve diferenças significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) (TABELA 7).

#### 4.2.3 ANÁLISES ENZIMATICAS E BIOMARCADORES ANTIOXIDATIVOS

A atividade da enzima Catalase (CAT) apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ), distinguindo os níveis de inclusão de 1,5% e 2,0% dos tratamentos com 1% e do tratamento controle (TABELA 8). Valores superiores de atividade enzimática foram observados no tratamento com 0,5% de inclusão do adsorvente (TABELA 8).

Para a enzima Glutationa S-Transferase (GST), o tratamento com 1% de inclusão resultou em valores inferiores ( $p < 0,05$ ) em comparação aos demais tratamentos, enquanto o nível de 0,5% apresentou valores superiores, inclusive em relação ao tratamento controle, demonstrando diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) (TABELA 8). Para a atividade da glutatona reduzida, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ), com o tratamento de 2% apresentando valores superiores aos demais tratamentos, sendo o menor valor observado o tratamento controle (TABELA 8).

TABELA 8. VALORES MÉDIOS DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES DE FÍGADO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO.

Parâmetros	Níveis de Inclusão de Carvão Ativado (%)					p
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	
CAT (U/mg de proteína)	0,26±0,12 <sup>ab</sup>	0,32±0,17 <sup>b</sup>	0,26±0,10 <sup>ab</sup>	0,15±0,07 <sup>a</sup>	0,17±0,06 <sup>a</sup>	0,0001
SOD (U/mg de proteína)	0,67±0,33	0,84±1,23	0,60±0,62	0,54±0,46	0,60±0,91	0,8636
GST (µmol/mg proteína)	0,21±0,06 <sup>bc</sup>	0,25±0,05 <sup>c</sup>	0,22±0,09 <sup>bc</sup>	0,12±0,08 <sup>a</sup>	0,15±0,10 <sup>ab</sup>	0,0005
GSH (µmol/mg proteína)	2,34±0,67 <sup>b</sup>	2,50±0,67 <sup>b</sup>	2,48±0,83 <sup>b</sup>	3,30±1,30 <sup>ab</sup>	4,10±0,96 <sup>a</sup>	0,0002
LPO (nmol/MDA)	0,03±0,01	0,03±0,01	0,02±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01	0,3215

Valores expressos em: média ± desvio padrão. CAT:); SOD: superóxido dismutase (Transformado por raiz quadrada); GST: Glutationa transferase (Transformado por raiz quadrada); GSH: Glutationa reduzida e LPO: Lipoperoxidação: \*Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

FONTE: o autor (2024)

Os valores médios, observados para a enzima Superóxido Dismutase (SOD), apenas o nível de inclusão de 0,5% foi superior ao do tratamento controle, enquanto os demais níveis de tratamento evidenciaram valores inferiores ao tratamento controle, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ). A inclusão do carvão ativado na ração não interferiu na quantificação da peroxidação

lipídica (LPO) nos tecidos hepáticos, e não houve diferença entre os níveis de inclusão do adsorvente ( $p>0,05$ ).

#### 4.2.4 ANÁLISES BROMÁTOLÓGICAS

O teor de matéria seca (MS) foi superior no tratamento com 1,0% de inclusão em relação ao controle, enquanto os tratamentos de 0,5%, 1,5% e 2,0% foram semelhantes entre si, sem diferenças significativas entre os tratamentos ( $p>0,05$ ) (TABELA 9). Observou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos avaliados ( $p>0,05$ ). No entanto, os valores de proteína (PT) foram inferiores nos níveis de inclusão de 1,5% e 2,0% em comparação ao tratamento controle (TABELA 9). Para o extrato etéreo (EE), foi observado que o tratamento controle foi superior aos demais, porém não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) (TABELA 9). Em relação ao parâmetro de umidade da composição centesimal, a inclusão de 1,0% do adsorvente resultou em um teor inferior de umidade em comparação com os demais tratamentos, entretanto sem diferença significativa ( $p>0,05$ ) (TABELA 9).

TABELA 9. VALORES MÉDIOS DE COMPOSIÇÃO CENTESIMAL PERCENTUAL DE CARCAÇA DE ALEVINOS DE TILÁPIAS DO NILO ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO NÍVEIS DE INCLUSÃO DE CARVÃO ATIVADO PROVENIENTE DE OSSOS DE FRANGO.

Parâmetros	Níveis de Inclusão de Carvão Ativado (%)					P
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	
MS (%)	97,07±5,34	93,59±4,55	98,04±3,32	96,12±6,21	95,43±3,81	0,6579
EE (%)	19,93±9,37	18,50±6,25	16,30±5,78	16,56±7,54	16,01±0,91	0,8791
PT (%)	0,21±0,06	0,25±0,05	0,22±0,09	0,12±0,08	0,15±0,10	0,8236
MM (%)	2,34±0,67	2,50±0,67	2,48±0,83	3,30±1,30	4,10±0,96	0,2654
UM (%)	4,07±0,53	4,59±0,33	3,93±0,32	4,06±0,42	4,13±0,81	0,3378

Valores expressos em: média  $\pm$  desvio padrão. MS: Matéria Seca; EE: Extrato Etéreo; PT: Proteína; MM: Matéria Mineral; e UM: Umidade \*Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

FONTE: o autor (2024)

## 5. . DISCUSSAO

Na fase 1, a temperatura média da água foi de  $26,8 \pm 1,02$  °C, semelhante a fase 2 que foi de  $25,85 \pm 0,75$  °C, ambas as temperaturas estão na faixa ideal para o cultivo de tilápias do Nilo. Com temperaturas entre 25 °C e 32 °C, apresentam melhor desempenho devido o maior consumo de alimento, e conseqüentemente um melhor crescimento e maior eficiência de aproveitamento dos alimentos (BARCELLOS, 2022). Os níveis médios de oxigênio dissolvido foram idênticos em ambas as fases ( $6,42$  mg L<sup>-1</sup>), adequados para o crescimento dos peixes, pois para uma correta respiração dos peixes, são necessários valores de oxigênio dissolvido (OD), superiores a 4,0 mg L<sup>-1</sup>, com valores entre 6,0 e 6,5 mg L<sup>-1</sup> sendo considerados normais, permitindo um crescimento adequado e com integridade imunológica (ABDEL-TAWWAB *et al.*, 2017)

Em relação ao pH, ambas as fases demonstraram valores aceitáveis para a tilápia, sendo a faixa ideal para a espécie cultivada entre 6,5 e 9,0 (BARCELLOS, 2022), o que evita perda de desempenho ocasionado pelo estresse. A concentração de amônia tóxica foi ligeiramente superior na Fase 2 ( $0,005 \pm 0,003$  mg L<sup>-1</sup>) em comparação à Fase 1 ( $0,003 \pm 0,003$  mg L<sup>-1</sup>), mas ambos os valores estavam dentro dos limites aceitáveis (CODEVASF, 2019; BARCELLOS, 2022).

No entanto, os níveis de nitrito foram preocupantes em ambas as fases, com a Fase 1 apresentando um valor de  $1,09 \pm 0,6$  mg L<sup>-1</sup>, superior ao da Fase 2 ( $0,93 \pm 0,62$  mg L<sup>-1</sup>). Apesar da redução na Fase 2, esses níveis de nitrito são considerados perigosos e potencialmente prejudiciais para a saúde dos peixes, entretanto, valores letais estão acima de 11,65 mg L<sup>-1</sup> (YANBO *et al.*, 2006), mas varia conforme o estágio de desenvolvimento e peso corporal do indivíduo. Juvenis de tilápia do Nilo com peso de quatro gramas suportam níveis de até 81 mg NO<sub>2</sub>/L e juvenis de até 90 gramas suportam níveis de até 8mg NO<sub>2</sub>/L (ATWOOD *et al.*, 2001). No entanto, recomenda-se que os níveis de nitrito não ultrapassem 0,5 mg L<sup>-1</sup>, pois valores acima de 1,0 mg L<sup>-1</sup> são considerados perigosos e superiores a 2,0 mg L<sup>-1</sup> tóxicos para os peixes (LIMA, *et al.*, 2015; KUBITZA, 2019). Essa variação dos parâmetros abióticos da qualidade da água pode favorecer para alterações no metabolismo energético desses organismos, de modo a contribuir para a redução do consumo alimentar, e conseqüentemente comprometer o desempenho zootécnico (BRITO *et al.*, 2019).

Os parâmetros de desempenho zootécnico mostraram algumas variações entre as duas fases do experimento. Ambas as fases, o peso final (PF) foi significativamente maior no tratamento controle comparado aos outros tratamentos. O ganho em peso diário (GPD) na Fase 1 foi mais elevado no tratamento controle, seguido com melhor peso final com o tratamento de nível de inclusão de 2 %. Enquanto na Fase 2, o GPD foi relativamente constante entre os tratamentos. A taxa de crescimento específico (TCE) seguiu uma tendência similar ao peso final. De acordo com Pirarat *et al.* (2015), dietas suplementadas com adição de carvão ativado comercial (SKU V-1400)

com 2% de inclusão, resultaram em aumento significativo de crescimento em tilápias do Nilo. Também ocorreu essa melhora no desempenho em estudo com juvenis de tilápias vermelhas, com inclusão de 3% de carvão ativado de madeira (MICHAEL *et al.*, 2017). Em outras pesquisas, a adição do carvão ativado em dietas artificiais de peixes (*Caranx ignobilis*; *Cyprinus carpio*, *Carcass Traits*), foi capaz de aumentar a retenção de proteína, melhorar a eficiência alimentar, diminuir o consumo de ração e, conseqüentemente, melhorar a conversão alimentar e taxa de crescimento diário. Essa melhora nas taxas citadas foi influenciada pelo efeito de absorção de nutrientes no intestino, de acordo com o nível de inclusão do carvão ativado, principalmente com o tratamento de 2% de inclusão (MABE *et al.*, 2018; MUHAMMADAR *et al.*, 2019; THAIB *et al.*, 2021).

A taxa de sobrevivência (S) foi consistentemente alta no tratamento controle, seguido de perto pelo tratamento com 2% de inclusão de carvão ativado. Valores semelhantes foram verificados em pesquisas com dietas suplementadas com carvão ativado proveniente de casca de arroz e demonstraram que a inclusão de 2% desse adsorvente ocasionou alta taxa de sobrevivência (88,33%) para juvenis de Trevally gigante (*Caranx ignobilis*), isso ocorreu devido ao adsorvente auxiliar na absorção de nutrientes e também melhorar o sistema imunológico (MUHAMMADAR *et al.*, 2019).

Samadai e Bahrekazemi (2019) determinaram que a adição de 1,5% de carvão ativado à dieta melhorou significativamente o crescimento e os parâmetros nutricionais do esturjão grande (*Acipenser ruthenus*), enquanto a adição de 2% de carvão ativado foi determinada como ideal para promover o crescimento e a morfologia intestinal em tilápias do Nilo. Em um estudo com Robalo-Europeu *Carcass Traits*, a inclusão de 1% do carvão ativado demonstrou desempenho de crescimento significativo ao longo de quatro meses e melhorou a taxa de conversão alimentar (ELHETAWY *et al.*, 2023).

No entanto, a utilização do carvão ativado, oriundo de carcaças de frangos, conforme investigado no presente estudo, não resultou na melhoria de desempenho zootécnico observada em outros trabalhos citados, evidenciando que o desempenho com a inclusão do adsorvente foi inferior ao tratamento controle. Esse efeito pode ser explicado pela falta de palatabilidade do adsorvente, e tornando-o pouco atrativo para tilápias do Nilo nessa fase de desenvolvimento. Outra alternativa que poderia explicar esse baixo desempenho pode estar relacionado a capacidade do aditivo em alterar a estrutura e morfologia intestinal desses alevinos e juvenis de tilápia, e conseqüentemente influenciar na absorção de nutrientes. Essa hipótese sugere a necessidade de investigar e analisar se este aditivo pode ocasionar alterações fisiológicas intestinais que dificultam a absorção de nutrientes ou que possui a capacidade de promover ligações iônicas com as

moléculas dos nutrientes, e assim resultar na ausência da melhora no desempenho zootécnico nessa etapa de desenvolvimento dos organismos. Essas análises são importantes para verificar como o adsorvente pode influenciar de forma positiva ou negativa o funcionamento fisiológico dos organismos. Sendo amplamente utilizado na avaliação do estado nutricional, adaptação, saúde e bem estar animal em condições desafiadoras (SEHONOV *et al.*, 2018; BURGOS-ACEVES *et al.*, 2019), como em água com cianofíceas e testes de novos aditivos para a nutrição.

Este trabalho destacou a importância dessa pesquisa ao avaliar como as enzimas e outras atividades antioxidantes respondem a inclusão desse adsorvente, pois um funcionamento adequado das atividades enzimáticas e não enzimáticas, é importante para a sobrevivência dos organismos (ALDINI *et al.*, 2008). Dessa maneira, a atividade da enzima catalase (CAT) na Fase 1 não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, enquanto na Fase 2, mostraram menor atividade enzimática com os níveis de tratamento de 2%, que o tratamento controle. A atividade da glutathione S-transferase (GST) foi mais variada na Fase 2, com diferenças significativas observadas entre os tratamentos, com o tratamento de 1% de inclusão apresentando os menores valores e o tratamento de 0,5% os maiores, inclusive em relação ao controle.

Esses resultados podem ter sido influenciados pela presença de cianofíceas na água. Visto que na primeira fase do estudo, a inclusão do carvão ativado não promoveu diferença nessas atividades enzimáticas. Porém, a partir da Fase 2, do sistema experimental com a presença de água eutrofizada, foi possível verificar alterações em atividades enzimáticas entre os tratamentos. Essas alterações enzimáticas, principalmente do aumento da atividade da CAT e GST pode estar relacionado com a presença de xenobióticos, o que leva a uma necessidade fisiológica dos peixes de fortalecer o sistema de defesa para proteger as células contra danos por estresse oxidativo, que podem ocasionar danos a proteínas, lipídios e DNA (MCCORD, 1996). Pois, organismos expostos a condições ambientais contaminadas com toxinas podem ter respostas fisiológicas alteradas e sua saúde comprometida devido a exposição crônica (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Assim, esse aditivo não conseguiu neutralizar os radicais livres dessas duas enzimas, e conseqüentemente, não auxiliou na redução do estresse oxidativo dentro das células em níveis de inclusões superiores a 1,5% do adsorvente.

Em relação a glutathione reduzida (GSH), essa também apresentou maiores variações na Fase 2, com o tratamento de 2% de inclusão, que resultou em valores superiores de forma significativa, enquanto o tratamento controle apresentou os menores valores. Esses valores altos de GSH estão relacionados a capacidade do mesmo em conjugar toxinas e xenobióticos, e assim promover a excreção, e conseqüentemente reduzir substâncias tóxicas dos organismos. Dessa maneira, a formação de conjugados com a glutathione é a principal reação observada na presença

de xenobióticos, constando níveis elevados de GSH, indicando um mecanismo de detoxificação celular via glutathione (HUBER *et al.*, 2008).

Estudos com carvão ativado vegetal na alimentação de alevinos de tilápias do Nilo e robalo em exposição de metais pesados, apresentaram maiores valores para atividade de SOD, CAT e glutathione peroxidase (GPx), enquanto que antes de ocorrer a exposição ao metal pesado, não foram observadas diferenças significativas com a suplementação do adsorvente (ABDEL-TAWWAB, *et al.*, 2017; ELHETAWY, *et al.*, 2023). Assim, corroboram com o presente estudo, onde a inclusão do carvão ativado em água sem a presença de cianofíceas não ocasionou diferença significativas nos tratamentos em relação ao status oxidativo, e os aumentos significativos nas enzimas antioxidantes podem ser uma resposta ao estresse oxidativo causado pela exposição de cianofíceas presentes na água.

Nas análises bromatológicas, não houve diferenças significativas entre os tratamentos em ambas as fases para a maioria dos parâmetros. Estudos realizados com tilápia do Nilo e tilápia vermelha indicaram aumento do teor de proteína proporcional ao aumento da inclusão de carvão na dieta (BOONANUNTANASARN *et al.*, 2014; ABDEL-TAWWAB *et al.*, 2017; MICHAEL *et al.*, 2017). Dietas com carvão ativado de bambu juntamente com alimentação de amora em juvenis de tilápias também não resultaram diferenças entre tratamentos para umidade e lipídios ( $p > 0,05$ ) (MIAO *et al.*, 2020). A diminuição no teor de umidade é provavelmente atribuível ao aumento de outros componentes da carcaça, como proteínas, lipídios e cinzas, enquanto as alterações nos conteúdos proteicos e lipídicos do corpo do peixe são atribuíveis a mudanças em sua síntese média ou degradação no corpo (ABDEL-TAWWAB *et al.*, 2017). Desse modo, a inclusão do adsorvente não interferiu no valor nutricional e na composição centesimal dos peixes. Diversos estudos corroboram e indicam que os níveis de umidade, lipídeos e cinzas em carcaças de peixes não foram influenciados pelo nível de inclusão de carvão de bambu, carvão ativado ou carvão vegetal (THU *et al.*, 2010; BOONANUNTANASARN 2014; MICHAEL *et al.*, 2017).

Os níveis adequados de carvão ativado e seus resultados descritos nesses diferentes estudos podem estar relacionados com as diferentes origens e composições do carvão ativado, bem como as variações nos manejos das espécies e suas fases de desenvolvimento. Dessa maneira, a utilização de aditivos não nutritivos na alimentação de peixes é aplicada para diversas finalidades, como a melhoria do desempenho, do sistema imunológico, e a neutralização de compostos tóxicos através da antioxidação. Esses aditivos visam solucionar preocupações com a alimentação e a qualidade da água nos sistemas de produção, além de oferecer intensificadores que auxiliam na resistência a

estressores ambientais (ELHETAWY, *et al.*, 2023).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso desse carvão ativado, proveniente de ossos de frangos, não alterou a composição centesimal dos exemplares de tilápia (*Oreochromis niloticus*) independente da fase experimental. Além disso, não houve impacto significativo positivo nos índices zootécnicos para essas fases de desenvolvimento da espécie. Na primeira fase do experimento o status antioxidante não houve diferença significativa entre os níveis de inclusão do adsorvente. Entretanto, a segunda fase, resultou em atividades superiores de CAT e GST para os níveis de inclusão superior a 1,5%. E para GSH, o nível de 2% teve valor superior aos demais tratamentos. Portanto, o aditivo não influenciou positivamente para melhorar o desempenho zootécnico e crescimento de alevinos e juvenis de tilápia do Nilo.

### 6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Estudos futuros com a suplementação desse tipo aditivo em peixes na fase adulta são necessários para avaliar a viabilidade econômica e a utilização deste aditivo como tratamento de curto prazo incluído em rações, similar ao uso de antibióticos para tratamentos de doenças, com o objetivo de reduzir a presença de o *off flavor* nos filés durante o período de pré despesca. Além disso, para investigar se o adsorvente ocasiona alterações fisiológicas e morfológicas no intestino dos exemplares de tilápia do Nilo.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-TAWWAB, M.; EL-SAYED G. O.; SHADY, S.H. Effect of dietary active charcoal supplementation on growth performance, biochemical and antioxidant responses, and resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) to environmental heavy metals exposure. **Aquaculture**, v. 479, pp. 17–24, 2017.

AEBI, H. Catalase in vitro. **Methods in Enzymology**. 1984, p. 121-126.

AOAC. Oficial methods of analysis of the association of Official Analytical Chemists. Arlington, 2005, p.1-30.

ATWOOD H.L.; FONTENOT Q.C.; TOMASSO J.R.; ISELY J.J. Toxicity of nitrite to Nile tilapia: effect of fish size and environmental chloride. **N Am J Aquacult**, v. 63, p.49-51. 2001.

AVANTAGGIATO, G.; SOLFRIZZO, M.; VISCONTI, A. Recent advances on the use of adsorbent materials for desoxification of *Fusarium* mycotoxins. **Food Additives and Contaminants**, p. 379-388. 2005.

BACAOUI A., et al. Otimização das condições para a preparação de carbonos ativos de bolos de restos de azeitona. **Carbono**, p. 425-432. 2001.

BALDISSEROTO, B. Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura. Editora da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2002.

BARCELOS, L;J.G. Manual de Boas Práticas na criação de peixes de cultivo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, Brasília, v.1 p. 4-177, 2022.

BATHIGE, S. D. N. K. et al. A mu class glutathione-S-transferase from Manila clam *Ruditapes philippinarum* (RpGST $\mu$ ): Cloning, mRNA expression, and conjugation assays. **Comparative Biochemistry And Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 162, p. 85-95, 2014.

BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. Gêneros de Algas continentais do Brasil: Chave para identificação e descrição. São Carlos: **RIMA**, v. 2, p.502, 2006.

BOONANUNTANASARN S.; P. KHAOMEK, P; PITAKSONG, T.; HUA, Y. The effects of the supplementation of activated charcoal on the growth, health status and fillet composition-odor of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) before harvesting. **Aquaculture International**, v. 22, p. 1417–1436, 2014.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**. v. 72, p. 248-254, 1976

BRETAS, A.A. Inclusão de adsorventes de micotoxinas para leitões. **Revista CES Medicina Veterinário Y Zootecnia**, v.13, n.1, p.80-95, 2018.

BRITO, J. M.; FERREIRA, A. H. C.; SANTANA, H.A.J.; OLIVEIRA A.P. A.; SANTOS C.H.L.; OLIVEIRA, L.T.S. Desempenho zootécnico de juvenis de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com cepas probióticas e submetido a desafio sanitário. **Ciência animal Brasileira**, 2019.

CAIN, K. The many challenges of disease management in aquaculture. **Aquaculture Society**. V, 56, p 1077-1214. 2022.

CARVALHO, M.C.; PIRES, D.A.; PICOLI, C. Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais. São Paulo: **CETESB**, p.43, 2013.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales São Francisco e do Parnaíba. Manual de criação de peixes em viveiro. Distrito federal, 2019.

CHORUS I.; WELKER, M. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. **World health organization**. 2021

CROUCH, R. K.; GANDY, S. E.; KIMSEY, G. The inhibition of islet superoxide dismutase by diabetogenic drugs. **Diabetes**, v. 35, p. 235-241, 1981.

DECARLI, J.A., et al. Hidrolisados proteicos na alimentação do jundiá *Rhamdia voulezi*. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 23, p. 168-173, 2016.

ELHETAWY A.G.; MOHAMED M.; AHMED E.; SHIMAA A.; AYMAN M. A.; MOHAMMED F. Dietary Wood and Activated Charcoal Improved Ammonium Removal, Heavy Metals Detoxification, Growth Performance, Blood Biochemistry, Carcass Traits, and Histopathology of European Seabass. **Aquaculture Nutrition**. p. 17, 2023.

EL HACK, E.; EL-SAADONI, M.T.; ELBESTAWY, A.R.; ABAZA, S.S.; GENEEDY, M., SALEM, H.M. Undersirable odour substances (geosmin and 2-methylisoborneol in water environment: Sources, impacts and removal strategies. **Marine Pollution Bulletin**, v.178, 2022.

FEDERICI, G.; SHAW, B.J., HANDY, R.D. Toxicity of titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Gill injury, oxidative stress, and other physiological effects. **Aquatic Toxicology**, v.84, p.415-430, 2007.

FERNANDES, L.F; LAGOS, P.E.; VENTURA, C. Floração de cianobactérias e eutrofização no reservatório de Iraí – Curitiba. In: IV Seminário do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas de Abastecimento Público na Bacia do Altíssimo Iguaçu, Curitiba, 2003.

Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (2018) Programa de informação sobre espécies aquáticas culturais: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758). Disponível em: <http://www.fao.org>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. **Estado Mundial da Pesca e Aquicultura (SOFIA)**, 2022.

FURUYA, W. M. **Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias**. Toledo: Editora GFM, 2010.

HABIG, W. H.; PABST, M. J.; JACOBY, W. B. Glutathione-S-transferases the first enzymatic step in mescapturic acid formation. **Journal of Biological Chemistry**, v. 249, p. 7130-7139, 1976.

HALLIWELL B.; WHITEMAN M. Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? **British Journal of Pharmacology**, v. 142, n. 2, p. 231-55, 2004

HEGAZI, M.M.; ATTAI, Z.I.; HEGAZI, M.A.M. et al. Metabolic consequences of chronic sublethal ammonia exposure at cellular and subcellular levels in Nile tilapia brain. **Aquaculture**, v.299, p.149-156, 2010.

HUANG, I; ZIMBA, P. Cyanobacterial bioactive metabolites – A review of their chemistry and biology. **Harmful Algae**, V. 86, 2019.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. 3. ed. Jundiaí: Degaspari. 1999.

KUBITZA, F. O impacto da amônia, do nitrito e do nitrato sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões. *A água na aquicultura* |v 3, p. 1–27. 2019.

KUTLU, H.R; UNSAL I., GORLULU, M.; Effects of providing dietary wood (oak) charcoal to broiler chicks and laying hens. **Animal feed Science and technology**, v.90 p.213-226, 2001.

LE MANACH, S.; DUVAL, C.; MARIE, A.; DJEDIAT, C.; CATHERINE, A.; EDERY, M.; MARIE, B. Global Metabolomic Characterizations of *Microcystis* spp. Highlights Clonal Diversity. **Frontiers in Microbiology**, 2019.

LIMA, J. F. et al. Sistema fechado simples de recirculação para criação de peixes ou camarões de água-doce. Embrapa Amapá-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), p.1-8, 2015.

MABE, L.T., SU, S., TANG, D. The effect of dietary bamboo charcoal supplementation on growth and serum biochemical parameters of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture Research**.v. 49, 1142–1152. 2018.

MARIE, B. Disentangling of the ecotoxicological signal using omics analyses, a lesson from the survey of the impact os cyanobacterial proliferations on fishes. **Science of the Total Environmental**. 2020.

MARMELO, I.; DIAS, M.; GRADE, A.; FERREIRA, P.P; DINIZ. M.S; MARQUES, A.; MAULVAULT, A. L. Immunomodulatory and antioxidant effects of functional aquafeeds biofort with whole *Laminaria digitata* in juvenis gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture and Living Resources**. V. 11, 2024

MIAO, L. A.; CHARLES, O.B.; LIN, A Y.; GONG, B. Y.; ZHU, A. W.; WANG, L. FU, J.A. ZHANG, C.Z.; DONG, A. Z. Interactive effects of mulberry leaf meal and bamboo charcoal additive on growth performance, anti-oxidant capacity, and disease resistance of genetically improved farmed tilapia (GIFT) juvenile (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture reports** v. 18, 2020.

MICHAEL, F.R; SALEH, N.E; SHALABY, S.M; SAKR, E.M; ABD-EL-KHALEK, E.D. Effect of different dietary levels of commercial wood charcoal on growth, body composition and environmental loading of red tilapia hybrid. **Aquaculture Nutrition**, v.23, p. 210– 216, 2017.

MICHELIN E.C., et al. Carryover of aflatoxins from feed to lambari fish (*Astyanax altiparanae*) tissues. **Food Additives & Contaminants Part A**, v. 34, p. 265-272, 2016.

MOREIRA, A.A., et al. Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 521–526, 2007.

MUHAMMADAR, A. A.; MUCHLISIN, Z. A.; FIRDUS. F. Effects of the addition of activated charcoal in feed on the morphology of intestinal villi of Giant Travelly juveniles (*Caranx ignobilis*),” IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**, v. 348, 2019.

OLIVEIRA, M.M., et al. Effects crude protein levels on female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reproductive performance parameters. **Anim. Reprod. Sci.** v. 150, p 62–69, 2014.

OUHIDA, I.; PEREZ, J.F.; GASA, J. The effects of sepiolite in broiler chicken diets of high, medium and low viscosity: productive performance and nutritive value. **Animal Feed Science and Technology**, v.85, p. 183-194, 2000.

PIRARAT, N.; BOONANANTHANASARN, S.; KRONGPONG, L.; KATAGIRI, T.; MAITA, M. Effect of activated charcoal-supplemented diet on growth performance and intestinal morphology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **The Thai Journal of Veterinary Medicine**, v. 45, p. 113–119, 2015.

PISOL, D.C., et al. Resposta da tilápia do nilo (*oreochromis niloticus*) à palatabilidade do uso de carvão ativado na alimentação, In: International Fish Congress & Fish Expo Brasil - IFC, Foz do Iguaçu, 2022.

POZZO, M.D., et al. Impacto dos adsorventes de micotoxinas  $\beta$ -glucana ou montmorilonita sobre a fermentação ruminal de bovinos in vitro. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.44, n.1342, p.1-6, 2016.

RORIZ, G, D.; DELPHINO, M, K, V, C.; GARDNER, V, S, P, G. Characterization of tilapia farming in at a tropical reservoir in Brazil. **Aquaculture Reports**, p22-27, 2017.

SAMADAI, S.; BAHREKAZEMI, M. The effect of diets containing different levels of active charcoal on growth performance, body composition, haematological parameters and possibility of heavy metals detoxification in big sturgeon (*Huso huso*). **Aquaculture Research**, v. 51, p. 91–101, 2019

SHAMI, N.J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, v. 17, p. 227-236, 2004.

SOKAL, R., ROHLF, J. Biometry, the principles and practice of statistics in biological research. W H Freeman, New York. 1995.

SAVI, G.D. Estratégias de prevenção e de descontaminação de fungos toxigênicos e micotoxinas em alimentos. In: **Conhecimento, conservação e uso de fungos**. OLIVEIRA, L.A.; et al. Manaus: Editora INPA, p.11-20, 2019.

THAIB, A., L. HANDAYANI, A. HANUM, N. NURHAYATI, F. SYAHPUTRA. Evaluating the addition of starry triggerfish (*Abalistes stellaris*) bone charcoal as a feed supplement to the growth performance and intestinal villi length of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan**, v. 10, p 194- 200. 2021.

WATSON, S.B; MONIS, P.; BAKER, P.; GIGLIO, S. Biochemistry and genetics of taste- and odor-producing cyanobacteria. **Harmful Algae**, v. 54, p. 112-127. 2016.

SRIKANTH, K. et al. Glutathione and its dependent enzymes' modulatory responses to toxic metals and metalloids in fish-a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, p. 2133–2149, 2013

SWIATKOWSKI, A. Industrial carbon adsorbents.” In: Dabrowski, A.(ed) Adsorption and its Applications in Industry and Environmental Protection: Studies in Surface Science and Catalysis. Poland, p.69-93, 1998.

Statsoft, Inc. (2005). STATISTICA (data analysis software system), version 7.1.

THU, M., KOSHIO, S., ISHIKAWA, M., YOKOYAMA, S. Effects of supplementation of dietary bamboo charcoal on growth performance and body composition of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **J. World Aquac. Soc.** v. 41, p. 255–262. 2010.

VAN, D.T.T.; MUI, N.T.; LEDIN, I. Efeito do método de processamento de folhagem de *Acacia mangium* inclusão de carvão de bambu na dieta sobre o desempenho de caprinos em crescimento. **Anim Feed Sci Tech**, v.130, p.242–256, 2006.

YAHYA, M.; AL-QODAH, Z.; NGAH, C. W Zanariah. Agricultural bio-waste 129 materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: **A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 46, p. 218–235, 2015.

YANBO, W.; WENJU, Z.; WEIFEN, L. et al. Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. **Fish Physiol. Biochem**, v.32, p.49-54, 2006.