

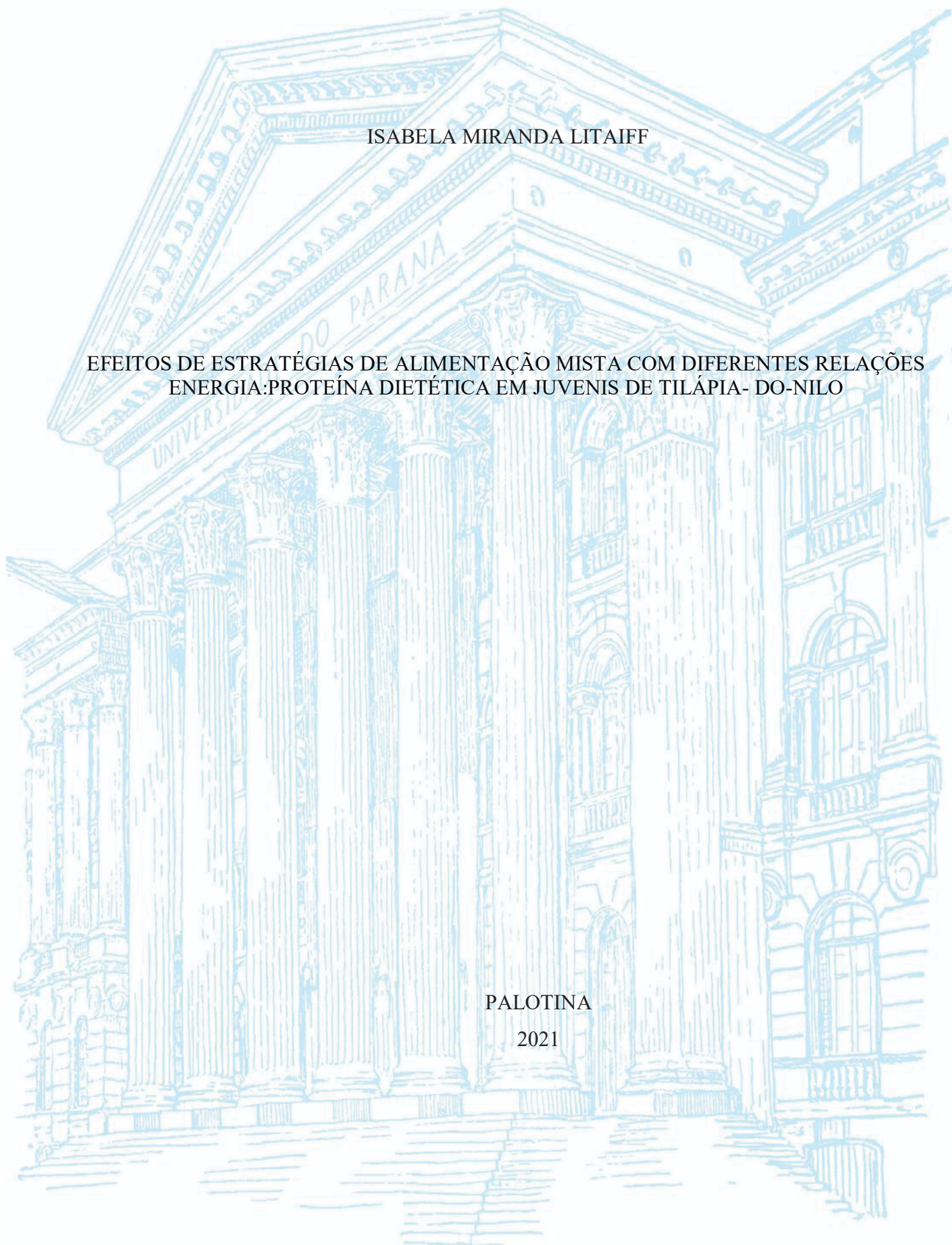
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ISABELA MIRANDA LITAIFF

EFEITOS DE ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO MISTA COM DIFERENTES RELAÇÕES  
ENERGIA:PROTEÍNA DIETÉTICA EM JUVENIS DE TILÁPIA- DO-NILO

PALOTINA

2021



ISABELA MIRANDA LITAIFF

EFEITOS DE ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO MISTA COM DIFERENTES RELAÇÕES  
ENERGIA:PROTEÍNA DIETÉTICA EM JUVENIS DE TILÁPIA- DO-NILO

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

Área de Concentração: Produção de Organismos Aquáticos  
Orientador: Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo

PALOTINA  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L775 Litaiff, Isabela Miranda  
Efeitos de estratégias de alimentação mista com diferentes relações energia: proteína dietética em juvenis de Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) / Isabela Miranda Litaiff – Palotina, 2021.  
32f.

Orientador: Álvaro José de Almeida Bicudo  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.

1. Restrição alimentar. 2. Nutrição. 3. Peixe. 4. Desempenho zootécnico. I. Bicudo, Álvaro José de Almeida. II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDU 639



MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO SETOR  
PALOTINA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AQUICULTURA E

## 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 **ISABELA MIRANDA LITAIFF** intitulada: **Efeitos de estratégias de alimentação mista com diferentes relações energia: proteína dietética em juvenis de tilápia-do-Nilo**, sob orientação do Prof. Dr. ALVARO JOSE DE ALMEIDA BICUDO, 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, 09 de Dezembro de 2021.

Assinatura

Eletrônica

09/12/2021

11:38:03.0

ALVARO JOSE DE ALMEIDA BICUDO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura

Eletrônica

09/12/2021

11:47:17.0

LEANDRO PORTZ

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura

Eletrônica

09/12/2021

11:31:04.0

RICARDO YUJI SADO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ)

---

Rua Pioneiro 2153 - PALOTINA - Paraná - Brasil  
CEP 85950-000 - Tel: (44) 3211-8529 - E-mail: [pgads@ufpr.br](mailto:pgads@ufpr.br)  
Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro  
de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 133752  
Para autenticar este documento/assinatura, acesse

Dedico este trabalho a minha mãe Yara Miranda (*in memoriam*); aos meus filhos Arthur e Anthony Litaiff; aos meus mentores: Jony Koji Dairiki e Álvaro José de Almeida Bicudo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me deu a vida e que sempre abriu portas enormes para mim tão pequena passar.

A minha querida e amada Yara Miranda (*in memoriam*), vulgo sereia diva. Mãe eu consegui! Muito obrigada por todo esforço, toda paciência, todo amor e ensinamentos. Realmente, filho de peixe, sempre peixe é! Obrigada Victor Litaiff, por ser meu maninho e espere que vou dar um pouco mais de trabalho.

Agradeço aos meus filhos, Arthur e Anthony. Sem vocês eu não teria capacidade e coragem de seguir em frente.

Aos meus tios e tias Antônia Miranda, Elizabeth Gomes, Jacyara Gomes, Vânia Gomes, Taty Lemos e Imbergman Litaiff por todo conselho, apoio, torcida, auxílio e amor.

Ao meu primeiro orientador Dr. Jony Dairiki por toda a paciência e conhecimento transmitido, além de ser um exemplo de excelência a ser seguido. Obrigada pela amizade e a torcida mesmo que de longe.

Ao meu atual orientador. O Dr. Álvaro Bicudo, obrigada pela paciência, pelos conselhos, puxões de orelha e por não ter soltado a minha mão. Eu já agradeço a paciência?? (Risos). Muito obrigada mesmo, sua orientação ao longo desses anos demonstrou o quanto eu ainda tenho que “nadar” para chegar ao menos na metade do cardume.

A aluna de IC. Samara Moesch e a todos os colaboradores da UFPR que dispuseram do seu tempo para ajudar de alguma forma nas etapas de execução do experimento. Também agradeço a participação dos alunos Alysson Henrique, Pepita Peppi, João e Caique Farias.

Deixo meus mais sinceros agradecimentos ao Dr. Ricardo Sado, ao mestrando e aluna I.C da UTFPR. Luis e Rose, foi muito divertido trabalhar e obter conhecimentos com vocês. Espero encontrá-los novamente!

Aos meus velhos amigos, agradeço as conversas e o carinho eterno. Obrigada Aryane Lima por me apoiar nessa etapa da minha vida. Por me ouvir, por ajudar, pelas risadas e dispor do seu tempo, mesmo com sua vida super corrida. Eu amo você. Apoio e palavras de conforto da Sabrina Silva, Pedro Campina, Lucas Soares, Igo Sávio, Thalissa Soares, Fernanda Rannifer, Paula E. Gomes. Caminhar com vocês deixa meus dias mais leves.

Aos meus novos amigos pelas companhias, histórias, cancelamentos, tretas e afins. Vocês fazem a minha vida ser mais dinâmica e divertida. Alysson Henrique, Hemblah Hadassa, Thais Souza, Camila Moura, Rafael Gomes, Mariana Banana, Gabriel Martins, Geovana Godoy, Cristhiano (Pedra), Núbia Goehlen, Kawana, Hamilton, Tito, Alan e Cíntia.

Agradeço grandemente o Fernando Monteiro, que além de amigo é um irmão. Que ouve os meus choros e lamentos. Aguenta os meus dramas e segue firme e forte escolhendo caminhar ao meu lado sempre.

Um agradecimento bem especial a Amanda Magalhães e Vânia Gomes por estarem cuidando tão bem dos meus alevinos Arthur e Anthony.

*Scientia omnia vincit*  
*Scientia potentia est*



## RESUMO

Os piscicultores tendem a ter dificuldades de definir um programa de manejo alimentar e avaliar a relação de custo/benefício de rações já disponíveis no mercado gerando assim dúvidas frequentes de qual melhor manejo alimentar deve ser empregado, já que é um fator chave na sustentabilidade do sistema de cultivo. No entanto, o manejo alimentar restritivo ou a implementação de programas alimentares mais eficientes demonstra resultados positivos sobre a produção e possui reflexos no desenvolvimento dos animais. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de estratégias de alimentação mista com variação na relação energia: proteína dietética em juvenis de tilápia do Nilo. Juvenis masculinizados de tilápia do Nilo (peso inicial  $\pm 5$  g) foram distribuídos em 24 gaiolas de 60L (25 peixes/gaiola) alocadas em seis tanques circulares de 1000L (4 gaiolas/tanque) em um delineamento inteiramente casualizado. Os tanques foram alocados em um sistema de recirculação de água *out door*, dotado de filtro mecânico, biológico e aeração suplementar. Durante o experimento, os peixes foram alimentados com duas dietas comerciais isoproteicas (33% PB) e conteúdos energéticos distintos (3,2 kcal ED/g e 3,4 kcal/g), denominadas respectivamente de Dieta 1 (D1) e Dieta 2 (D2). Os tratamentos consistiram de diferentes estratégias de alimentação, como segue: **7D1**- peixes alimentados diariamente com D1; **7D2**- peixes alimentados diariamente com D2; **5D2/2D1**- peixes alimentados cinco dias com D2 e dois dias com D1; **4D2/3D1** - peixes alimentados quatro dias com D2 e três dias com D1. Durante 67 dias os peixes foram alimentados em duas refeições diárias a uma taxa de alimentação máxima de 6% da biomassa, ajustada em função da temperatura da água. Foram avaliados parâmetros de desempenho zootécnico, consumo e eficiência alimentar, retenção de nutrientes, composição química corporal, índices morfométricos e grau de esteatose hepática. Os dados foram submetidos a ANOVA de uma via e, quando significativa ( $P < 0,05$ ), ao teste de comparação de médias de *Tukey*. A sobrevivência, ganho de peso, conversão alimentar, uniformidade do lote e a retenção proteica e energética dos peixes não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelos protocolos alimentares adotados. Entretanto, o extrato etéreo no ganho de peso diminuiu ( $P < 0,05$ ) nos peixes do tratamento 7D1. O índice hepatossomático, lipossomático e o grau de esteatose foram similares ( $P > 0,05$ ) entre os peixes dos diferentes tratamentos. Os tratamentos não influenciaram ( $P > 0,05$ ) a matéria seca, proteína bruta e material mineral corporal dos peixes. O extrato etéreo corporal foi menor ( $P < 0,05$ ) nos peixes alimentados exclusivamente com a dieta D1. Dietas comerciais com diferentes relações E:P podem ser fornecidas de modo combinado, sem comprometer a performance produtiva de juvenis de tilápias do Nilo. Recomenda-se o fornecimento por três dias de dietas com 33% PB e 3,2 kcal/g ED seguido de quatro dias de alimentação com 33%PB e 3,4kcal/kg.

Palavras-chave: Restrição alimentar; Desempenho zootécnico; Eficiência alimentar; Nutrição de peixe; Relações corporais.

## ABSTRACT

Fish farmers tend to have difficulties in defining a food management program and evaluating a cost/benefit ratio of rations already available on the market, together with questions about what better food management should be used, as it is a factor of sustainability of the fish farming system. cultivation. However, restrictive feeding management or the implementation of more efficient feeding programs shows positive results on production and has positive results in the development of animals. The objective of this work was to evaluate the effects of mixed feeding strategies on the energy:protein ratio of Nile tilapia. Male Nile tilapia juveniles (initial weight  $\pm 5$  g) were distributed in 24 60L cages (25 fish/cage) allocated in six 1000L circular tanks (4 cages) in a completely randomized design/pond. The tanks were allocated in an external water recirculation system, equipped with a mechanical and biological filter and supplementary aeration. During the experiment, the fish were fed with two commercial isoprotein diets (33% CP) and different energy contents (3.2 kcal ED/g and 3.4 kcal/g), respectively called Diet 1 (D1) and Diet 2 (D2). The treatments consist of different feeding strategies, as follows: 7D1- fish fed daily with D1; 7D2- foods fed daily with D2; 5D2/2D1- fish fed five days with D2 and two days with D1; 4D2/.3D1 - fish fed four days with D2 and three days with D1. During 67 days the fish were fed two meals a day of 6% of the biomass, depending on the water temperature. Statistical parameters of zootechnical performance, consumption chemistry and feed efficiency, molecular metric, body composition, morphometric indices and degree of steatosis. Services were provided to a one-way ANOVA and, when significant ( $P < 0.05$ ), to Tukey's media data comparison test. Survival, weight gain and feed conversion, flock uniformity and a protein and energy strategy of the fish were not influenced ( $P > 0.05$ ) on the adopted feeds. However, the extractor in weight gain and treatment ( $P < 0.05$  in 7D1 fish. The hepatosomatic, liposomatic index and degree of steatosis were ( $P > 0.05$ ) among fish from different treatments. The treatments did not influence ( $P > 0.05$ ) the dry matter, crude protein and body mineral material of fish. The body ether extract was lower ( $P < 0.05$ ) in fish fed exclusively with diet D1. Commercial diets with different E: P can be offered in a combined way, without relations of productive performance of juveniles of Nile tilapia, if the supply with three days of diets 33% CP and 3.2 kcal/g ED Followed by four days of feeding with 33% CP and 3.4 kcal/kg.

Keywords: Food restriction; Zootechnical performance; Feed efficiency; fish nutrition; bodily relationships.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA1: TEMPERATURA DA ÁGUA DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL.....	<u>19</u>
--	-----------

## LISTA DE TABELA

<b>TABELA 1:</b> COMPOSIÇÃO QUÍMICA (BASE NA MATÉRIA NATURAL) DA RAÇÃO COMERCIAL PARA PEIXES ONÍVOROS.....	<u>7</u>
<b>TABELA 2:</b> DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO MISTA COM VARIAÇÃO NA RELAÇÃO ENERGIA: PROTEÍNA APÓS 67 DIAS.....	<u>23</u>
<b>TABELA 3:</b> PARÂMETROS DE EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO MISTA COM VARIAÇÃO NA RELAÇÃO ENERGIA:PROTEÍNA APÓS 67 DIAS.....	<u>24</u>
<b>TABELA 4:</b> ÍNDICES SOMÁTICOS E GRAU DE ESTEATOSE DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO MISTA COM VARIAÇÃO NA RELAÇÃO ENERGIA:PROTEÍNA APÓS 67 DIAS.....	<u>24</u>
<b>TABELA 5:</b> COMPOSIÇÃO QUÍMICA CORPORAL (BASE DA MATÉRIA NATURAL) DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO MISTA COM VARIAÇÃO NA RELAÇÃO ENERGIA:PROTEÍNA APÓS 67 DIAS.....	<u>25</u>

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS .....	15
2.1. Objetivo Geral.....	15
2.2. Objetivos Específicos .....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1 Peixes e infraestrutura experimental.....	16
3.2 Manejo experimental.....	17
3.3 Coleta, processamento de amostras e parâmetros avaliados.....	19
3.4 Delineamento e análise estatística.....	21
4. RESULTADOS.....	22
5. DISCUSSÃO.....	24
CONCLUSÃO .....	27
REFERÊNCIAS.....	28

## 1. INTRODUÇÃO

Em cultivos intensivos de tilápia a ração industrializada é a principal fonte de nutrientes. Entretanto, quando o manejo alimentar é inadequado pode acarretar por um maior custo da produção. A alimentação na produção intensiva de tilápias pode representar de 40-60% do custo total (LOVELL, 2002). Assim, além da composição química das dietas para atender às exigências nutricionais das espécies cultivadas, deve-se ter um manejo alimentar adequado para cada fase de produção para maior sustentabilidade econômica e ambiental da atividade (SANTOS et al, 2015; LEONARDO et al, 2018).

O regime alimentar ao qual os animais são submetidos tem uma importante consequência no crescimento e na eficiência alimentar, em especial nos estágios iniciais de vida, quando a demanda por nutrientes é elevada para suprir as altas taxas de crescimento (HUANG et al, 2015). Estratégias de manejo alimentar baseadas em períodos de restrição alimentar e realimentação para estimular resposta compensatória tem sido avaliadas para diferentes espécies de organismos aquáticos (ABDEL, 2008; ALI et al, 2003; MYSZKOWSKI, 2013; TAKAHASHI et al, 2011; YARMOHAMMADI et al, 2013). Entretanto, a alteração das taxas de desenvolvimento dos peixes nos períodos de restrição alimentar podem resultar em aumento nas exigências nutricionais durante o período de realimentação para suprir taxas de crescimento elevadas que resultam em um crescimento compensatório. Portanto, é importante conhecer a influência do perfil nutricional das dietas na regulação da resposta compensatória em peixes (CHO e HEO, 2011; GIBSON, GAYLORD e GATLIN, 2001).

Hiperfagia, aumento nas taxas de crescimento e eficiência alimentar são respostas fisiológicas possíveis de serem observadas em peixes no período de realimentação após períodos de privação alimentar (ALI; NICIEZA; WOOTTON, 2003). No entanto, submeter os peixes a períodos de jejum prolongados pode resultar em estresse, impactando negativamente o bem-estar dos animais. As respostas de crescimento compensatório em peixes não necessariamente necessitam ser alcançadas após um período de privação alimentar completo e severo. A utilização de protocolos alimentares nos quais os animais são alimentados diariamente, mas submetidos a períodos de restrição limitada de determinados nutrientes também podem induzir a respostas compensatórias sem submetê-los à sensação de fome. Juvenis ( $12,06 \pm 0,04$ g) de carpa comum (*Cyprinus carpio* Linn.) alimentados a cada um ou três dias de restrição com 20 %PB (relação E: P 20,9kcal/g) e 30

%PB (relação E: P 13,9 kcal/g) apresentaram crescimento similar ao daqueles alimentados continuamente com 30 %PB (SARDAR, SINHA, DATTA, 2011). Também se registrou ganho compensatório total em juvenis do bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*) ( $8,33 \pm 0,01$ g) ao se fazer a transição de dietas com 32 ou 26% PB (relação E:P de 13,31 e 15,09 kcal/g, respectivamente) para uma dieta com 39% PB (relação E:P 10,94 kcal /g) (DONG et al, 2013). Portanto, verifica-se que alterações na relação energia:proteína associadas a estratégias de alimentação de restrição nutricional podem ser utilizadas para minimizar o custo de produção e o impacto ambiental, pois reduzem o uso de proteína sem afetar o desempenho dos animais.

A relação entre energia e proteína (E:P) é um fator crucial para a formulação de dietas ambientalmente sustentáveis. A alta relação E:P nas dietas pode reduzir o consumo pelos peixes, limitando a ingestão de nutrientes em quantidades suficientes para atender as exigências nutricionais dos peixes. Por outro lado, dietas com baixa E:P aumentam o uso da proteína catabolizada para fins energéticos e aumenta a excreção nitrogenada, impactando negativamente a qualidade da água (DE LA HIGUERA, 2001; KIM E KAUSHIK, 1992; NRC, 2011; HAIDAR et al, 2018). Embora a melhor E:P para tilápias já tenha sido estabelecido em diferentes estudos (DURIGON et al, 2019; SGNAULIN et al., 2020), pouco se sabe como a alternância no fornecimento de dietas com diferentes E:P pode influenciar no desempenho da espécie ou estimular um possível ganho compensatório.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar o efeito de estratégias de alimentação mista com variação na relação energia:proteína dietética em juvenis de tilápia do Nilo.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Avaliar parâmetros de desempenho zootécnico e eficiência nutricional de juvenis de tilápia do Nilo submetidos a estratégias de alimentação mista com variação na relação energia: proteína dietética.
- Determinar a composição corporal dos juvenis a estratégias de alimentação mista com variação na relação energia:proteína dietética.

- Avaliar os efeitos de estratégias de alimentação mista com variação na relação energia: proteína dietética sobre o grau de esteatose hepática de juvenis de tilápia do Nilo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos realizados no presente estudo foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Paraná/Setor Palotina (Protocolo nº15/2020)

#### 3.1 Peixes e infraestrutura experimental

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Produção e Reprodução de Peixes (LAPERP) da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Estado do Paraná, Brasil (333 m de Altitude, Latitude 24°17'02"S, Longitude 53°50'24"W).

Juvenis masculinizados de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) foram adquiridos em uma piscicultura comercial (Piscicultura Luciana Peretti, Palotina, PR) e mantidos por 45 dias em sistema de quarentena em tanques de 1000L, sem recirculação de água, dotados de aeração suplementar constante e filtro biológico tipo *air lift*. Diariamente cerca de 1/3 do volume da água da unidade de quarentena era renovado. Durante este período os parâmetros de qualidade da água foram monitorados diariamente: amônia (0,039 mg L<sup>-1</sup>), nitrito (0,5 mg L<sup>-1</sup>) e pH (7,5) por meio de kits comerciais (LabconTest<sup>®</sup>); oxigênio dissolvido (5,35 mg L<sup>-1</sup>) com sonda multiparâmetros (Akso<sup>®</sup>, modelo Ak88). Nesse período os peixes foram alimentados diariamente com a Dieta 2 às 8:00; 12:00 e 16:00h até a saciedade aparente.

O experimento foi conduzido em um sistema de recirculação de água *outdoor*, dotado de filtro biológico e aeração suplementar, constituído por seis tanques circulares de 1.000L abastecidos com água da rede pública.

#### 3.2 Manejo experimental

Após o período de aclimação, 600 juvenis de tilápia do Nilo (peso inicial 4,51±0,09g) foram aleatoriamente transferidos para gaiolas de 60L (25 peixes/gaiolas) alocadas nos tanques de 1000L (4 gaiolas/tanque) de modo que cada tanque possuía uma repetição de cada tratamento, totalizando seis repetições por



tratamento. Vinte peixes da população inicial foram eutanasiados por overdose de anestésico (benzocaina; 500 mg L<sup>-1</sup>), triturados, homogeneizados (constituindo uma amostra composta) e congelada até posterior análise química.

Os peixes foram alimentados por 67 dias com duas rações comerciais isoproteicas para peixes onívoros com 3.200kcal/kg e 3.400kcal/kg de ED, denominadas, respectivamente de Dieta 1 (D1) e Dieta 2 (D2). A composição química das dietas está descrita na Tabela1.

TABELA 1: COMPOSIÇÃO QUÍMICA (BASE NA MATÉRIA NATURAL) DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

Componentes	Ração comercial	
	Composição química analisada	
	Dieta 1	Dieta 2
Umidade(%)	9,67	9,55
Proteína bruta (%)	<b>32,95</b>	<b>33,10</b>
Extrato etéreo(%)	3,23	3,38
Matéria fibrosa(%)	1,03	0,74
Matéria mineral(%)	10,60	9,65
Energia digestível(kcal/kg)*	3200	3400
Energia bruta (kcal/kg)	4319	4501
Relação ED:PB(kcal/g)	9,6	10,3
Relação EB:PB(kcal/g)	12,9	13,6

\* Valores informados pelo fabricante

FONTE:Litaiff (2021)

Os tratamentos consistiram em diferentes manejos alimentares utilizando as dietas com níveis de energia digestível (ED) distintos:

- Tratamento **7D1**: Peixes alimentados diariamente com D1;
- Tratamento **7D2**: Peixes alimentados diariamente com D2;
- Tratamento **5D1/2D2**: Peixes alimentados diariamente por cinco dias consecutivos com D2 e dois dias com D1;
- Tratamento **4D1/3D2**: Peixes alimentados diariamente por quatro dias consecutivos com D2 e três dias com D1;

A taxa de alimentação diária máxima foi estabelecida em 6% da biomassa dividida em duas alimentações (11:00 e 17:00) conforme HUANG *et al.* (2015). Adicionalmente, a taxa e a frequência de alimentação foram ajustadas em função da temperatura da água no momento da alimentação conforme protocolo de Shimittou *et al.* (1998) *apud* NRC (2011, p.279), descrito como segue:

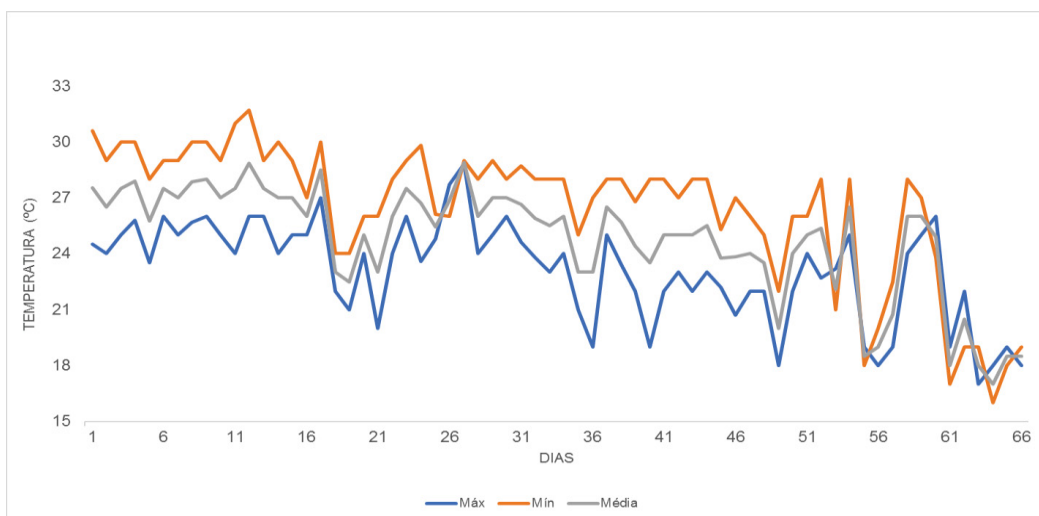
- Temperatura  $\leq 15^{\circ}\text{C}$ : Alimentação com 1% da biomassa, com apenas uma alimentação por dia;
- Temperatura de 16 a  $19^{\circ}\text{C}$ : Alimentação com 60% do valor máximo calculado (3,6% da biomassa), com apenas uma alimentação por dia;
- Temperatura de 20 a  $24^{\circ}\text{C}$ : Alimentação com 80% do valor máximo calculado (4,8% da biomassa), com duas alimentações por dia;
- Temperatura de 25 a  $29^{\circ}\text{C}$ : Alimentação com 100% do valor máximo calculado (6,0% da biomassa), e frequência alimentar máxima;
- Temperatura de 30 a  $32^{\circ}\text{C}$ : Alimentação com 80% do valor máximo calculado;

As sobras de ração eram recolhidas e pesadas para cálculo do consumo dos peixes de cada unidade experimental.

Durante todo o período experimental, a temperatura (Figura 1) e o oxigênio dissolvido ( $7,40 \pm 0,68 \text{ mg L}^{-1}$ ) da água foram monitorados diariamente às 8h00min e 18h00min com o auxílio de um termômetro e sonda multiparâmetros (Akso®, modelo Ak88), respectivamente. A temperatura máxima encontrada durante todo o período experimental foi de  $31^{\circ}\text{C}$  e a mínima foi de  $16^{\circ}\text{C}$  (Figura 1).

Semanalmente foram realizadas as análises do nitrogênio amoniacal total ( $4 \pm 0,033 \text{ } \mu\text{mol/L}^{-1}$ ) (método n° 4500B), nitrito ( $0,005 \pm 0,032 \text{ } \mu\text{mol/L}^{-1}$ ) (método n° 4110B) e alcalinidade total ( $95 \text{ mg/L}^{-1}$ ) (método n° 2320B) da água dos tanques de acordo com a *American Public Health Association – APHA* (2012).

FIGURA 1: TEMPERATURA DA ÁGUA DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL.



AUTOR: Litaiff (2021)

### 3.3 Coleta, processamento de amostras e parâmetros avaliados

Ao final do período experimental, os peixes de cada unidade experimental foram submetidos a jejum de 24 horas, anestesiados em solução de benzocaína (50 mg/L<sup>-1</sup>), pesados e medidos individualmente. Seis peixes de cada unidade experimental foram aleatoriamente escolhidos, eutanasiados por overdose de benzocaína (500 mg/L<sup>-1</sup>), triturados, homogeneizados formando uma amostra composta por unidade experimental e congelados até posterior análise da composição química corporal.

Foram calculados os seguintes parâmetros:

- Ganho de peso (GP,g) = peso final–peso inicial;
- Consumo da ração (g/peixe);
- Coeficiente térmico de crescimento(CTC,%)=  $\left[ \frac{\text{Peso final}^{1/3} - \text{Peso inicial}^{1/3}}{\text{Temperatura média diária}(^{\circ}\text{C}) \times \text{dias}} \right]$
- Taxa de conversão alimentar =  $\left[ \frac{\text{Consumo}}{\text{Ganho de peso}} \right]$
- Taxa de sobrevivência (SOB;%) =  $\left[ \frac{\text{Número final de peixes}}{\text{Número inicial de peixes}} \times 100 \right]$
- Taxa de uniformidade do lote (TUN, %) =  $\left[ U: \frac{N}{N_t} \times 100 \right]$
- Energia bruta no ganho em peso–(EBgb,%)=  $\left[ \frac{(\text{EBC}_f \times P_f) - (\text{EB}_i \times P_i)}{(P_f - P_i)} \times 100 \right]$

- Extrato etéreo no ganho em peso–(EEgb,%)=  $\left[ \frac{(EEC_f \times P_f) - (EE_i \times P_i)}{(P_f - P_i)} \times 100 \right]$
- Proteína bruta no ganho em peso–(PBgb,%)=  $\left[ \frac{(PBC_f \times P_f) - (PB_i \times P_i)}{(P_f - P_i)} \times 100 \right]$
- Eficiência de retenção de energia–(ERE,%)=  $\left[ \frac{(P_f \times EBC_f) - (P_i \times EBC_i)}{I_{eb}} \square 100 \right]$
- Eficiência da retenção de extrato etéreo–(EE,%) =  $\left[ \frac{(P_f \times EEC_f) - (P_i \times EEC_i)}{I_{ee}} \times 100 \right]$
- Eficiência da retenção de proteína–(ERP,%)=  $\left[ \frac{(P_f \times PBC_f) - (P_i \times PBC_i)}{I_{pb}} \times 100 \right]$

Onde:U=uniformidade (%); N=n° total de animais; Nt=n° total de animais com peso  $\pm 20\%$  dentro da média do peso vivo em cada unidade experimental conforme descrito por Furuya et al 1998). EBC<sub>i</sub>: Energia bruta corporal inicial; EBC<sub>f</sub>: Energia bruta corporal final; IEB: Ingestão total de energia bruta; EEC<sub>i</sub>: Extrato etéreo corporal inicial; EEC<sub>f</sub>: Extrato etéreo corporal final; IEB: Ingestão total de extrato etéreo; IPB:Ingestão total de proteína bruta; PBC<sub>i</sub>: Proteína bruta corporal inicial; PBC<sub>f</sub>: Proteína bruta corporal final; P<sub>i</sub>: Peso médio inicial; P<sub>f</sub>: Peso médio final. (Sandre et al, 2017 e Oliveira et al, 2021).

Outros três peixes de cada unidade experimental, também previamente eutanasiados (benzocaína 500 mg L<sup>-1</sup>) foram pesados e necropsiados para obtenção do peso do fígado e gordura visceral, a partir do qual calculou-se:

- Índice hepatossomático(IHS;%) =  $[(Peso\ do\ fígado/Peso\ corporal) \times 100]$
- Índice lipossomático(ILS;%) =  $[(Peso\ gordura\ cisceral/Peso\ corporal) \times 100]$

Após a obtenção da massa do fígado e gordura visceral, o fígado destes mesmos peixes foram amostrados para análise histológica. Os órgãos foram fixados em solução de Davidson por 24 horas, desidratados em série ascendente de soluções alcoólicas e impregnadas em parafina. Tecidos embebidos em parafina foram cortados transversalmente (espessura de 7µm) com o auxílio de micrótomo automático (SLEE medical GmbH<sup>®</sup>, CUT 6062, Mainz, PP, Alemanha), corados em Hematoxilina e Eosina (H&E) e montadas em laminulas para visualização. As lâminas foram fotografadas com o auxílio de um microscópio trinocular com câmera (Carl Zeiss<sup>®</sup> - primo star), lâmpada

halógena e vidro-objeto acromático. Foi utilizado a objetiva de 40x. As imagens foram analisadas no programa IMAGEJ.

Para avaliação de esteatose hepática um sistema-teste com 36 pontos (6 × 6 pontos) foi sobreposto em cada microfotografia para a determinação da densidade do volume de esteatose hepática –  $V_v$  [esteatose] (MANDARIN-DE-LACERDA, 2003), utilizando a seguinte equação:

$$V_v[\text{esteatose, \%}] : \frac{P_p}{P_t} \times 100$$

$P_p$ [esteatose]: pontos que tocaram as vesículas de gordura.

$P_t$ : Número total de pontos (36 pontos).

As rações experimentais e peixes foram analisados quanto à sua composição química de acordo com as normas preconizadas pela AOAC (*ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS- AOAC*, 1990). Foram determinados a umidade por secagem em estufa à 105°C até peso constante, cinzas por combustão em forno mufla à 550°C (n°942.05), extrato etéreo pelo método de Soxhlet (n° 920.39), proteína bruta pelo método de Kjeldahl (N×6,25) (n° 936.15), fibra bruta pelo método gravimétrico não enzimático (n° 993.21) e energia bruta em bomba calorimétrica.

#### 3.4 Delineamento e análise estatística

Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis repetições por tratamento. Para atender as premissas da análise de variância (ANOVA), todos os dados obtidos passaram por análise exploratória para avaliação da normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (teste de Bartlett). Diante dos resultados obtidos, verificou-se a existência de uma unidade experimental *outlier* no tratamento 7D2 com mortalidade discrepante (>60%) da registrada nas demais unidades experimentais deste e dos outros tratamentos, e por isso foi excluída das análises estatísticas. Atendidas as premissas, realizou-se a análise de variância de uma via (*One-way ANOVA*) e, quando significativa ( $P < 0,05$ ), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software *Statistical Analysis System – SAS*, versão 9.1.,

#### 4. RESULTADOS

A sobrevivência média dos peixes ao final do período experimental foi de 83,7% e não foi influenciada ( $P>0,05$ ) pelos protocolos alimentares utilizados. Os parâmetros de desempenho zootécnico também não foram influenciados significativamente pelas estratégias de alimentação adotadas. Entretanto, é interessante registrar que os peixes do tratamento 7D1 apresentaram um crescimento 12% menor que os dos demais tratamentos, embora sem diferença estatística ( $P>0,05$ ).

TABELA 2: DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO SUBMETIDOS POR 67 DIAS A ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO MISTA VARIANDO A RELAÇÃO ENERGIA: PROTEÍNA DIETÉTICA

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS				Valor de P
	7D1	5D1.2D2	4D1.3D2	7D2	
Peso médio inicial (g/peixe)	4,5±0,1	4,5±0,1	4,5±0,1	4,5±0,1	0,7849
Peso médio final (g/peixe)	28,5±1,2	27,7±1,2	28,1±1,9	25,9±2,1	0,0691
Ganho de peso médio (g/peixe)	24,1±1,1	23,1±1,2	23,6±1,9	21,4±2,1	0,0663
Consumo (g/peixe)	35,1±4,4	33,0±3,1	33,3 ±1,3	30,5±1,5	0,4100
Coefficiente térmico de crescimento	0,086±0,002	0,083±0,002	0,084±0,004	0,079±0,005	0,0612
Taxa de conversão alimentar	1,3±0,07	1,3±0,03	1,3±0,06	1,4±0,09	0,3098
Sobrevivência (%)	80±11,3	86,1±6,0	82±6,6	86,8±7,8	0,4516
Uniformidade do lote (%)	34,7±8,0	42,7±12,6	35,5±10,9	39,5±7,1	0,5092

D1: Dieta comercial com 3200 kcal kg<sup>-1</sup> ED

D2: Dieta comercial com 3400 kcal kg<sup>-1</sup> ED

FONTE:Litaiff (2021)

A participação do extrato etéreo no ganho de peso foi menor ( $P<0,05$ ) nos peixes alimentados diariamente com a dieta D1. Os demais parâmetros de utilização dos nutrientes não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelos protocolos de alimentação adotados.

TABELA 3: PARÂMETROS DE EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO SUBMETIDOS POR 67 DIAS A ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO MISTA COM VARIAÇÃO NA RELAÇÃO ENERGIA: PROTEÍNA DIETÉTICA

Variáveis	TRATAMENTOS				Valor de P
	7D1	5D1/2D2	4D1/3D2	7D2	
EBgp, (%)	174±4,59	171,7±8,27	170±6,13	168,1±6,59	0,5214
EEgp, (%)	9,7±0,25 <sup>a</sup>	9,3±0,5 <sup>ab</sup>	9,0±0,6 <sup>ab</sup>	8,8±0,5 <sup>b</sup>	0,0550
PBgp, (%)	13,5±0,21	13,9±0,6	13,9±0,3	13,8±0,2	0,2726
ERE, (%)	26,9±3,76	27,1±2,7	27,3±2,8	27,2±1,9	0,9964
EREE, (%)	16,6±2,22	16,6±1,7	16,4±2,0	16,8±1,5	0,9904
ERP, (%)	26,4±3,5	28,8±2,6	28,2±2,5	28,4±2,0	0,3980

\*Médias na mesma linha com letras distintas diferem pelo teste de tukey ( $p < 0,05$ ). EBgp: Energia bruta no ganho de peso; EEgp: Extrato etéreo no ganho de peso; PBgp: Proteína bruta no ganho de peso; ERE: Eficiência da retenção de energia; EREE: Eficiência da retenção de extrato etéreo; ERP: Eficiência da retenção de proteína.

D1: Dieta comercial com 3200 kcal kg<sup>-1</sup> ED

D2: Dieta comercial com 3400 kcal kg<sup>-1</sup> ED

FONTE: Litaiff (2021)

As diferentes estratégias de alimentação não influenciaram ( $P > 0,05$ ) o índice hepatossomático, índice lipossomático e o grau de esteatose hepática dos juvenis de tilápia do Nilo (Tabela 4).

TABELA 4: ÍNDICES SOMÁTICOS CORPORAIS E GRAU DE ESTEATOSE HEPÁTICA DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO SUBMETIDOS POR 67 DIAS A ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO MISTA COM VARIAÇÃO NA RELAÇÃO ENERGIA: PROTEÍNA DIETÉTICA

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS				Valor de P
	7D1	5D1/2D2	4D1/3D2	7D2	
Índice hepatossomático(%)	3,6±0,8	3,5±0,2	4±0,6	3,90±0,4	0,3066
Relação lipossomática (%)	1,6±0,3	1,53±0,3	1,93±0,6	1,42±0,3	0,1892
Grau de esteatose(%)	0,47±0,15	0,50±0,17	0,49±0,05	0,48±0,11	0,4898

D1: Dieta comercial com 3200 kcal kg<sup>-1</sup> ED

D2: Dieta comercial com 3400 kcal kg<sup>-1</sup> ED

FONTE: Litaiff (2021)

Os tratamentos não influenciaram ( $P > 0,05$ ) o conteúdo de matéria seca, proteína bruta, energia bruta e material mineral corporal. Entretanto, o extrato etéreo corporal diminuiu ( $P < 0,05$ ) nos juvenis alimentados com a dieta D1 (Tabela 5).

TABELA 5: COMPOSIÇÃO QUÍMICA CORPORAL (BASE DA MATÉRIA NATURAL) DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO SUBMETIDOS POR 67 DIAS A ESTRATÉGIAS DE ALIMENTAÇÃO MISTA COM VARIAÇÃO NA RELAÇÃO ENERGIA:PROTEÍNA DIETÉTICA

Variáveis	TRATAMENTOS				P value
	7D1	5D1/2D2	4D1/3D2	7D2	
Matéria seca (%)	27,0±0,40	27,1±0,87	26,8±0,71	26,7±0,46	0,6400
Proteína bruta (%)	13,3±0,18	13,6±0,49	13,6±0,23	13,6±0,17	0,2988
Energia bruta (kcal/kg)	1602±42,1	1576±68,7	1564±54,7	1537±46,7	0,2963
Extrato etéreo (%)	8,4±0,23 <sup>a</sup>	8,1±0,46 <sup>ab</sup>	7,8±0,50 <sup>ab</sup>	7,6±0,41 <sup>b</sup>	0,0239
Material mineral (%)	3,9±0,15	3,8±0,11	3,9±0,13	3,9±0,10	0,7831

FONTE: Litaiff (2021)

## 5. DISCUSSÃO

A exigência de ED para tilápias na fase inicial de crescimento está estabelecida entre aproximadamente 3000 kcal kg<sup>-1</sup> (Furuya et al., 2010; Sgnaulin et al. 2020) e 3400 kcal kg<sup>-1</sup> (NRC, 2011). A maximização da concentração de ED dietética, especialmente aquela de origem não protéica, tem por objetivo a redução das concentrações proteicas das rações para concentrações mínimas para atender em sua maior parte as exigências de síntese proteica corporal pelos peixes. Por isso, a estimativa de exigência protéica de juvenis de tilápia do Nilo na fase inicial é de aproximadamente 260-290 g kg<sup>-1</sup> (Furuya et al. 2010; NRC, 2011; Durigon et al. 2019; Sgnaulin et al. 2020), resultando em relação ED: PB entre 11-13 kcal ED g PD. Entretanto, no panorama brasileiro da produção de dietas comerciais para peixes, a legislação não determina que o conteúdo proteico da dieta seja expresso na sua forma digestível, mas como proteína bruta. Assim, em geral, observa-se a oferta de rações iniciais para tilápia com teores de proteína muito acima (40-36%PB) das exigências estimadas em PB (29,7%PB) para a fase de juvenil (até 100g) estimada por Furuya et al. (2010). Então, embora os valores de ED utilizados no presente estudo estejam na amplitude preconizada, a PB foi levemente superior (33% PB) a exigência nutricional. Assim, considerando a ausência de efeitos significativos (P>0,05) sobre o desempenho zootécnico dos peixes, sugere-se que ambas as dietas atenderam as exigências nutricionais da espécie e o balanceamento energético:proteico dietéticos. Entretanto, registrou-se uma tendência não significativa de menor crescimento nos peixes alimentados diariamente com



a dieta D2. É possível que diferenças na formulação tenham resultados em um desbalanceamento energético proteico expressão na base digestível.

A alimentação restrita é a estratégia de manejo alimentar mais empregada pelos produtores, pois deste modo se obtém melhores taxas de conversão alimentar. Entretanto, com esta estratégia, a influência da variação energética das dietas sobre o consumo voluntário dos peixes diminui se comparada a alimentação até a aparente saciedade. Deste modo, o consumo de ração e a retenção de energia entre os diferentes tratamentos foi similar ( $P > 0,05$ ). A quantidade de carboidratos digestíveis, majoritariamente constituída por amido, pode influenciar o consumo e restringir a ingestão voluntária (SARAVANAN et al, 2012a, 2012b; TRAN-DUY et al, 2008). Portanto, a redução da ingestão de energia quando se adota a alimentação até a saciedade aparente tem como causa a relação E/P contida nas dietas ofertadas. Esse tipo de manejo alimentar faz com que a ingestão da porção não-proteica e proteica se altere conforme a razão E/P. Segundo Haidar et al. (2018), o manejo até a saciedade aparente pode dificultar a estimativa de níveis ideais da razão E/P, uma vez que a ingestão se mantém constante limitando a ingestão de proteína.

Em geral, o conteúdo de lipídios corporais em peixes tem uma correlação positiva ao incremento energético das rações. Entretanto, no presente estudo, registrou-se um maior ( $P < 0,05$ ) conteúdo corporal e participação dos lipídios no ganho de peso nos peixes alimentados com a dieta com menor conteúdo energético (D1), de forma isolada ou misturada com a dieta D2. Assim, pode-se hipotetizar que embora o consumo entre as dietas tenha sido similar, o acúmulo de gordura foi menor nos peixes alimentados apenas com a dieta de 3400 kcal kg<sup>-1</sup> devido ao menor, embora não significativo, crescimento observado.

Para juvenis de tilápia o melhor crescimento e conversão alimentar ocorre em temperaturas entre 26 a 30 (AZAZA et al., 2008). Ao longo de todo o período experimental registrou-se uma alta amplitude diária dos valores mínimos e máximos registrados para a temperatura da água, assim como a diminuição progressiva da temperatura média diária (Figura 1). Assim, existiu uma necessidade constante de ajuste nas taxas de alimentação, bem como em temperaturas a partir de 19°C de reduzir de duas para uma o número de refeições diárias. Segundo Santos et al. (2013), a temperatura pode influenciar na uniformidade do lote em juvenis de tilápias GIFT (*Genetic Improvement Farmed Tilapia*).

Assim, a variabilidade e redução das temperaturas registradas na maior parte do período experimental podem explicar a baixa uniformidade (<40%) registrada nos lotes de peixes.

A ingestão de altos teores de lipídios ou carboidratos dietéticos pode acarretar em maior deposição lipídica no fígado, resultando em um quadro denominado de esteatose hepática. A esteatose hepática trata-se de uma desordem comum no metabolismo lipídico de peixes, comum em peixes cultivados, como pode resultar em baixa eficiência alimentar e crescimento (DAI et al, 2019; Xu et al, 2019). Para Guitinno et al (1978) *apud* Lu et al (2013) a deposição de lipídios pode ser considerada um processo patológico indicativo de distúrbios hepáticos no metabolismo de gordura. Por outro lado, diagnosticar esteatose como patologia pode ser errôneo pois o armazenamento de gordura varia entre as espécies. Caballero et al (2004) consideraram que o acúmulo de gordura indica um bom estado alimentar e não um distúrbio nutricional. Na análise histológica dos tecidos hepáticos observou-se a presença de grandes vacúolos intracitoplasmáticos com deslocamento do núcleo. O grau de esteatose médio foi de aproximadamente 48%, sem efeito significativo dos tratamentos avaliados. Diferenças mais amplas de razões E:P precisam ser testadas para que os valores expressos sejam indicativos de um bom estado alimentar ou distúrbio nutricional, principalmente em rações comerciais que se encontram disponíveis no mercado.

Os índices somáticos são uma medida indireta do estoque energético dos peixes. Sgnaulin et al (2020) obtiveram valores de índice hepatossomático similares ao registrado neste estudo, e justificaram como uma possível causa dos altos valores registrados a quantidade elevada de carboidratos contidos na dieta.

As estratégias alimentares empregadas não influenciaram na eficiência de retenção dos nutrientes. Não houve interferência dos protocolos utilizados (controle e alimentação mista) nas variáveis ERE, EREE, ERP. Na variável de eficiência de retenção da proteína a média foi de 27,92%, onde a maior relação E/P dietética apresentou a menor eficiência comparado aos demais tratamentos. Portanto, quanto maior a relação energia:proteína fornecida aos animais menor foi a eficiência protéica, indicando que a proteína foi catabolizada e parcialmente utilizada para síntese de gordura. Esse desvio da proteína para o metabolismo da síntese de gordura pode ser justificado pelo aumento do teor de gordura corporal. Achado semelhante foi encontrado no trabalho de Haidar et al (2018).

Considerando o EE<sub>gp</sub>, a relação de EB:PB de 12,9 kcal g<sup>-1</sup> registrou os maiores valores numéricos ao serem comparadas aos outros tratamentos. Essa variável está intimamente relacionada com os resultados encontrados na composição química corporal. Deste modo, constata-se que o conteúdo de gordura no ganho de peso foi expressivo no tratamento que continha maior relação E:P. Os lipídios e carboidratos são utilizados como substitutos de energia não-proteica com intuito de fornecer energia e substituir parcialmente a proteína a fim de poupar esse nutriente de funções energéticas. Atualmente as rações comerciais incluem em quantidades elevadas carboidratos como fontes de energia não-proteica. Peixes alimentados com teores elevados de carboidratos apresentam um aumento significativo de deposição lipídica em todo o corpo, músculo e tecidos hepáticos. Isso ocorre devido ao aumento da capacidade lipogênica, uma vez que mais acetil-CoA proveniente do metabolismo de carboidratos estaria disponível para lipogênese (HE et al, 2015).

## CONCLUSÃO

Portanto, a alimentação mista pode ser uma estratégia utilizada para otimizar o manejo alimentar em cultivos de juvenis de tilápia do Nilo sem interferir significativamente na performance produtiva dos peixes. Entre as estratégias avaliadas, o protocolo alimentar 4D34.3D32 seria o mais adequado a ser adotado.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-TAWWAB,M.;KHATTAB,Y.A.E.;AHMAD,M.H.;SHALABY,A.M.E. Compensatory growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved Juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Journal of Applied Aquaculture**,vol.18,n.3,p.17–36,2008.[https://doi.org/10.1300/J028v18n03\\_02](https://doi.org/10.1300/J028v18n03_02)

ALI,M.; NICIEZA,A.; WOOTTON,R.J.Compensatory growth in fishes:a response to growth depression. **Fishand Fisheries**, v.4,p. 147-190,2003.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and WasteWater**. 22Nd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2012.

Association of Official Analytical Chemists -AOAC. **Official Methods of Analysis**.15th.ed.Arlington,Virginia,USA:Association of Official Analytical Chemists, Inc.v.1,1990.

AZAZA, M. S.; DHRAÏEF, M. N.; KRAÏEM, M. M. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. **Journal of thermal Biology**,v.33,n.2,p.98-105,2008.

CABALLERO,M.J.; KJØRSVIK,E.; FERNANDEZ,A.J.; ROSENLUND,G. Histological alterations in the liver of sea bream, *Sparus aurata* L., caused by short-orlong-term feeding with vegetable oils. Recovery of normal morphology after feeding fish oil as the sole lipid source. **Journal of Fish Diseases**,vol.27,p.531-541,2004.

CHO,S.H.; HEO,T.-Y. Effect of dietary nutrient composition on compensatory growth of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*using different feeding regimes. **Aquaculture nutrition**,v.17n.1, p. 90-97,2011.

DAI,Y.-J.; CAO,X.-F.; ZHANG,D.-D.; LI,X.-F.; LIU,W.-B.; JIANG,G.-Z. Chronic inflammation is a key to inducing liver injury in blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fed with high-fat diet. **Developmental and Comparative Immunology**, vol. 97, p. 28–37, 2019. doi:10.1016/j.dci. 2019.03.009

DE LA HIGUERA, M. Effects of Nutritional Factors and Feed Characteristics on Feed Intake. **Food In take in Fish**, p.250–268,2001. <https://doi.org/10.1002/9780470999516.ch11>

DONG, G.F; Yang, Y.O; YAO, F.; WAN, Q.; YU, L.; ZHOU, J.C.; LI, Y. Response Of Yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco* Richardson) to low-protein diets and subsequent recovery. **Aquaculture Nutrition**, 19(3), 430-439, 2013. Recuperado de: doi:10.1111/j.1365-2095.2012.00978.

DURIGON,E.G; LAZZARI,R; UCZAY, J; LOPES, D.L.A; JERÔNIMO, G.T; SGNAULIN,T; EMERENCIANO,M.G.C. Biofloc technology (BFT):Adjusting the levels digestible protein and digestible energy in diets of Nile tilapia juveniles raised in brackish water. **Aquaculture and Fisheries**, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.07.001>

FURUYA,W.M ; PEZZATO,L.E; BARROS,M.M; BOSCOLO,W.R; CYRINO,J.E.P; FURUYA,V.R.B; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**.Toledo:GFM. 2010.

FURUYA,W.M; ,de SOUZA,S.R.; FURUYA,V.R.B; HAYASHI,C.; RIBEIRO,R.P. Dietas peletizada e extrusada para machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), na fase de terminação. **Ciência Rural**, 28,482–487, 1998.

GIBSON GAYLORD, T.; GATLIN, D. M. Dietary protein and energy modifications to maximize compensatory growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**,v.194, n. 3–4, p.337–348, 2001.

Haidar,M.N.; BLEEKER,S.; HEINSBROEK,L.T.N.; SCHRAMA,J.W. Effect of constant digestible protein intake and varying digestible energy levels on energy and protein utilization in Nile tilapia. **Aquaculture** vol.489, p.28–35, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.035>

HE, A-Y; NING, L-J; CHEN, Y-L; XING, Q, LI, J-M; QIAGO, F; LI,D-L; ZHANG, M-L; DU, Z-Y. Systemic adaptation of lipid metabolism in response to low- and high-fat diet in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Physiological Reports** ISSN 2051-817, 2015

HUANG,Q.;HUANG,K.;MA,Y.;QIN,X.;WEN,Y.;SUN,L.;TANG,L. Feeding frequency and rate effects on growth and physiology of juvenile genetically improved farmed Nile tilapia. **North American Journal of Aquaculture**, vol. 77, n. 4, p. 503-512,2015. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1080/15222055.2015.1066472>

KIM, J.D., KAUSHIK, S.J., Contribution of digestible energy from carbohydrates and estimation of protein/energy requirements for growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**,vol.106,161–169,1992.[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90200-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90200-5).

KOCH.,J.F.A.; ESPERANCINI.,M.S.T.; BARROS,M.M.; CARVALHO,P.L.P.F.; FERNANDES JUNIOR,A.C.; TEIXEIRA,C.P.; PEZZATO,L.E. Avaliação econômica da alimentação de tilápia em tanque-rede com níveis de proteína E energia digestíveis. **Boletim do Instituto da Pesca**, vol.40,n. 4,p.605–616,2014.

LEONARDO.,F.A.; BACCARIN.,A.E.; SCORVO FILHO.,J.D.; FRASCÁ SCORVO.,C.M.D. Custo de produção tilapia-do-Nilo (*Oreochromis Niloticus*) e Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) no vale do Ribeira, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**,v.48, n.1,p.21-33,2018.

LI,X.F.; LIU,W.B.; JIANG,Y.Y.; ZHU,H; GE,X.P. Effects of dietary protein and lipid levels in practical diets on growth performance and body composition of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fingerlings. **Aquaculture**, vol. 303, p. 65–70, 2010.

LOVELL, R. Diet and fish husbandry – Salmonids. IN: HALVER, J.E., HARDY, R.E.(Orgs.). **Fish Nutrition**. California: Academic Press-Elsevier Science, 2002, p. 720-732.

LU, Kl; XU, Wn; LI, Jy; LI, Xf; HUANG, Gq and LIU,Wb. Alterations of liver histology and blood biochemistry in blunt snout bream *Megalobrama amblycephala* fed high-fat diets. **Fisheries Science**, vol. 79, n. 4, p. 661–671, 2013.<https://doi.org/10.1007/s12562-013-0635-4>

MANDARIM-DE-LACERDA,C.A.Stereological tools in biomedical research. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**,v.75,n. 4,p. 469–486,2003.

MYSZKOWSKI, L. Compensatory growth, condition and food utilization in barbel *Barbus barbus* juveniles reared at different feeding periodicities with a dry diet. **Journal of Fish Biology**, v.82,p. 347–353, 2013.

NRC,N.R.C. **Nutrients requirements of fish and shrimp**.Washington: The National Academies Press, 2011.

OLIVEIRA, L. K. ; PILZ, L. ; FURTADO, P. S. ; BALLESTER, E. L. C. ; BICUDO, A. J. A. Growth, nutritional efficiency, and profitability of juvenile GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in biofloc system on graded feeding rates. **Aquaculture JCR**, v. 541, p. 736830, 2021.

RIBEIRO, C. A.; REIS FILHO, H. S.; GRÖTZNER, S.R. **Técnicas e métodos para utilização prática em microscopia**. São Paulo: Grupo Editorial Nacional, Editora Santos,2012.

SANDRE, L. C. G.; BUZOLLO, H.; NASCIMENTO, T.M.T; NEIRA, L.M; JOMORI, R.K.; CARNEIRO, D.J. Productive performance and digestibility in the initial growth phase of

tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets with different carbohydrate and lipid levels. *Aquaculture Reports*, v. 6, p. 28–34. (2017)

SANTOS, M.M.; CALUMBY, J.A.; COELHO FILHO, P.A.; SOARES, E.C.; GENTELINI, A.L. Nível de arraçoamento e frequência alimentar no desempenho de alevinos de tilápia-do-Nilo. **Boletim do Instituto da Pesca**, vol.41, n.2, p.387-395, 2015.

SANTOS, V. B., MARECO, E. A., & SILVA, M. D. P. (2013). Curvas de crescimento e linhagens de tilapias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em diferentes temperaturas. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, vol. 35, n. 3, p. 235–242, 2013. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i3.19443>

SARDAR, P.; SINHA, A.; DATTA, S. Effect of mixed feeding schedules with varying dietary protein levels on the growth performances of common carp (*Cyprinus carpio* Linn.). **Indian Journal of Animal Sciences**, vol. 81, n.5, p.105–110, 2011.

SAS INSTITUTE INC. **Statistical Analysis System**–SAS, 2014.

SARAVANAN, S.; SCHRAMA, J.W.; FIGUEIREDO-SILVA, A.C.; KAUSHIK, S.J.; VERRETH, J. A. J.; & GEURDEN, I. Constraints on energy intake in fish: The link between diet composition, energy metabolism, and energy intake in rainbow trout. **PLOS ONE**, vol.7, n.4, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034743>

SARAVANAN, S., GEURDEN, I., FIGUEIREDO-SILVA, A.C., KAUSHIK, S.J., HAIDAR, M. N., VERRETH, J. A. J., & SCHRAMA, J. W. Control of voluntary feed intake in fish: A role for dietary oxygen demand in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets with different macronutrient profiles. **British Journal of Nutrition**, vol. 108, n.8, p.1519–1529, 2012. <https://doi.org/10.1017/S0007114511006842>

SGNAULIN, T.; DURIGON, E.G.; PINHO, S.M.; JERÔNIMO, G.T.; LOPES, D.L. DE A., & EMERENCIANO, M. G. C. Nutrition of Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) in biofloc technology system: Optimization Of Digestible Protein And Digestible energy levels during nursery phase. **Aquaculture**, vol.521, 734-998, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734998>

TAKAHASHI, L.S.; BILLER, J.D.; CRISCUOLO-URBINATI, E.; URBINATI, E.C. Feeding strategy with alternate fasting and refeeding: effects on farmed pacu production. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 95, p. 259-266, 2011.

TRAN-DUY, A.; SMIT, B.; VANDAM, A.A.; SCHRAMA, J.W. Effects of dietary starch and energy levels on maximum feed intake, growth and metabolism of Nile tilapia, *Oreochromis*

*niloticus*. **Aquaculture**, vol. 277, n. 3–4, p. 213–219, 2008.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.004>

YARMOHAMMADI, M.; SHABANI, A.; POURKAZEMI, M.; SOLTANLOO, H.; IMANPOUR, M. R.; RAMEZANPOUR, S.; SMITH-KEUNE, C.; JERRY, D. R. (2013) Effects of starvation and re-feeding on compensatory growth performance, plasma metabolites and IGF-I gene expression of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*, Borodin 1897). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, Tehran, v. 12, n. 2, p. 465- 483.

XU,F.; XU,C.; XIAO,S.; LU,M.; LIMBU,S.M.; WANG,X..Effects of  $\alpha$ -lipoic acid on growth performance, body composition, antioxidant profile and lipid metabolism of the GIFT tilapia (*Oreochromis Niloticus*) fed high-fat diets. **Aquaculture Nutrition**.vol.25, 585–596, 2019.  
<https://doi.org/10.1111/anu.12881>