

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**RESTRIÇÃO ALIMENTAR PARA JUVENIS DE TILÁPIA DO  
NILO**

**WESLEY PAULO DA SILVA**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2020**

# RESTRIÇÃO ALIMENTAR PARA JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO

WESLEY PAULO DA SILVA

Orientador: PROF. Dr. DACLEY HERTES NEU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para conclusão do curso de Engenharia de Aquicultura.

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2020

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586r Silva, Wesley Paulo Da  
RESTRIÇÃO ALIMENTAR PARA JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO [recurso eletrônico] /  
Wesley Paulo Da Silva. -- 2020.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Dacley Hertes Neu.  
TCC (Graduação em Engenharia de Aquicultura)-Universidade Federal da Grande Dourados,  
2020.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. aquicultura. 2. fibra muscular. 3. manejo alimentar. 4. nutrição de peixes. 5. tilapicultura. I.  
Neu, Dacley Hertes. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

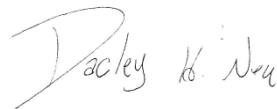
## RESTRIÇÃO ALIMENTAR PARA JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO

Por

Wesley Paulo da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do título de ENGENHEIRO DE AQUICULTURA

Aprovado em:



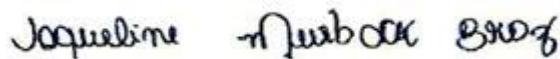
---

Prof. Dr. Dacley Hertes Neu  
Orientador – UFGD/FCA



---

Prof. Dr. Vanessa Lewandowski  
Membro da Banca – UFGD/FCA



---

Mestranda Jaqueline Murback Braz  
Membro da Banca – UFGD/FCA

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela oportunidade de viver, e por tudo que realiza em minha vida. Muito obrigado por todas conquistas.

Ao meu pai José Aparecido da Silva; a minha mãe Sandra Maria da Silva; e a minha irmã Nayane Thais da Silva; minha família de origem. Por todo o apoio durante os estudos, incentivo, amor e por sempre estarem torcendo por mim. Obrigado pela educação, caráter, humildade e por todos ensinamentos que me deram ao longo da vida. Amo muito vocês!!!

À minha esposa Helouise Gomes Batista; ao meu filho Humberto Paulo Batista da Silva, por serem minha luz e inspiração, por todo amor, carinho, paciência e por sempre acreditarem em mim. Muito obrigado pela compreensão durante os tempos de estudos por tudo meus amores. Vocês são responsáveis por essa conquista. Amo muito vocês!!!

Ao meu tio Nilson Sanches da Cruz e toda sua família por ter me recebido e auxiliado desde de o início dos estudos. Muito obrigado por tudo!

Ao meu amigo, professor e orientador Dr. Daclely Hertes Neu, por todos ensinamentos, por acreditar na minha capacidade, por todo tempo que dedicou auxiliando nos trabalhos e pesquisas. Um excelente profissional que não mede esforços para transmitir seu conhecimento, o qual me espelharei para seguir minha profissão. Muito obrigado por tudo!

A todos os professores do curso de Engenharia de Aquicultura, pelos ensinamentos e conhecimentos repassados. Obrigado a todos.

A UFGD pela infraestrutura para que fosse possível as realizações de pesquisas ao longo da graduação e pela bolsa de pesquisa.

Ao Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAQ, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, pela execução de experimentos e por todo apoio.

Ao CNPq pela bolsa de pesquisa.

A todos que contribuíram para realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Tilápia do Nilo.....	3
2.2. Desempenho Produtivo.....	3
2.3. Manejo e Restrição Alimentar .....	4
2.4. Fibras Musculares .....	5
2.5. Vilosidade Intestinal .....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1. Animais e Delineamento Experimental .....	8
3.2. Dieta Experimental e Manejo Alimentar .....	8
3.3. Qualidade da Água .....	8
3.4. Coleta de Dados .....	9
3.5. Morfometria da Fibra Muscular.....	9
3.6. Histologia do Intestino.....	10
3.7. Análise Estatística.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
4.1. Qualidade de Água .....	12
4.2. Desempenho Produtivo.....	12
4.3. Frequência das Fibras Musculares e Morfometria da Altura das Vilosidades Intestinais .....	15
5. CONCLUSÃO.....	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20

**LISTA DE FIGURAS**

	Página
FIGURA 1. Imagem representativa da fibra muscular de um exemplar de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus).. .....	10
FIGURA 2. Imagem representativa da altura da vilosidade de um exemplar de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus). .....	11

**LISTA DE TABELAS**

	Página
TABELA 1. Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentadas com diferentes restrições alimentares .....	12
TABELA 2. Frequência de distribuição das fibras musculares em três classes de diâmetros (<20 µm, entre 20 e 50 µm e >50 µm) em juvenis de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentadas com diferentes restrições alimentares.....	16
TABELA 3. Altura do vilo intestinal de juvenis de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentadas com diferentes restrições alimentares .....	17



SILVA, Wesley Paulo da. **Restrição alimentar para juvenis de tilápia do Nilo**. 2020. 27p. Monografia (Graduação em Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos das diferentes estratégias de restrição alimentar sobre o desenvolvimento de juvenis de tilápia do Nilo. Foram utilizados 160 peixes ( $3,23 \pm 0,07$  g), distribuídos em 20 hapas de malha plástica dispostos em um tanque de concreto com sistema de aeração constante por meio de soprador de ar central. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em 7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar; 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar. A ração comercial utilizada possuía 33,70% de proteína bruta, e os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia até a saciedade aparente por um período de 60 dias. Ao final do período experimental foram observadas diferenças significativas entre as diferentes restrições alimentares ( $P < 0,05$ ) para peso final, ganho em peso, comprimento final, índice hepatossomático, gordura visceral, quociente intestinal, taxa de crescimento específico, na frequência de fibras musculares nas classes  $< 20 \mu\text{m}$  e entre 20 e  $50 \mu\text{m}$ . A altura da vilosidade intestinal não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. O fornecimento frequente de alimento (7:0) proporcionou maior crescimento em relação ao fornecimento e restrição de forma intercalada (1:1). No entanto, para a mesma restrição o fornecimento frequente de alimento (7:0) não diferiu nas classes de diâmetros das fibras musculares e para às vilosidades intestinais, proporcionando intensa hiperplasia muscular característica desta fase juvenil e menor absorção de nutrientes pelas vilosidades intestinais. Portanto, conclui-se que a restrição alimentar para tilápia do Nilo na fase juvenil influencia no desempenho produtivo e no crescimento muscular, sendo esta prática não recomendada para esta fase de desenvolvimento.

**Palavras-chave:** aquicultura; fibra muscular; manejo alimentar; nutrição de peixes; tilapicultura

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate different restriction strategies on the development of juvenile Nile tilapia. 160 fish were used ( $3,23 \pm 0,07$  g), distributed in 20 plastic mesh bags arranged in a concrete tank in a system with constant aeration by central air blower. The experimental design was completely randomized with four treatments and five repetitions. The treatments consisted of 7:0 – fed daily; 6:1 – fed six days followed by a day of food restriction; 5:2 – fed five days followed by two days of food restriction and 1:1 – fed one day, followed by one day of restriction to feed. The commercial feed used had 33.70% of crude protein, and the fish were fed four times a day until apparent satiety for a period of 60 days. At the end of the experimental period, significant differences were observed between the different dietary restrictions ( $P < 0,05$ ) for final weight, weight gain, final length, hepatosomatic index, visceral fat, intestinal quotient, specific growth rate, in frequency of muscle fibers in the class  $< 20 \mu\text{m}$  and between 20 and 50  $\mu\text{m}$ . The intestinal villus height did not differ ( $P > 0,05$ ) between treatments. The frequent supply of food (7:0) provided greater growth in relation to treatment 1:1 (interspersed). However, for the same restriction, the frequent supply of food (7:0) did not differ in the diameter classes of muscle fibers frequency and intestinal villus, providing intense muscular hyperplasia, characteristic of this juvenile phase. Therefore, it is concluded that the food restriction for Nile tilapia juveniles influence the performance and muscle growth, and this practice is not recommended for this development stage.

**Keywords:** aquaculture; muscle fiber; food management; fish nutrition; tilapia culture

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a (FAO, 2016) as políticas públicas criadas especificamente para o setor e os investimentos comprovam que o Brasil pode ser uma potência importante na pesca e aquicultura, estimando que o Brasil deve registrar um crescimento de 104% na produção da pesca e aquicultura em 2025.

O Brasil possui um grande potencial para aquicultura, principalmente em razão de seu clima tropical, grande diversidade de espécies, quantidade de recursos hídricos disponíveis e produção de insumos para elaboração de ração (Diemer et al., 2012). Ainda no país, destaca-se a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) que é a espécie de peixe mais produzida em sistema intensivo, em função do rápido crescimento, boa conversão alimentar e carne com características sensoriais desejáveis, sendo possível a comercialização de filés sem espinhos intramusculares, o que facilita sua comercialização nos mercados interno e externo (Schwarz et al., 2010).

Além de ser referência no cenário nacional, está na lista das espécies mais cultivadas no mundo (FAO, 2018), pois possui algumas características favoráveis à sua criação/comercialização, como aceitação no mercado consumidor, excelentes índices zootécnicos e rendimento de filé, que fazem dessa espécie um potencial para o desenvolvimento da indústria processadora (Faria et al., 2003).

Dentre os diversos aspectos relacionados à piscicultura, aqueles envolvidos com a alimentação vêm sendo amplamente discutidos, principalmente por representarem cerca de 70% dos custos de produção em sistema de cultivo intensivo (Santos et al., 2013). Importantes estratégias alimentares têm sido empregadas, e muitos pesquisadores têm apostado em estudos com restrições alimentares, com a finalidade de se obter uma melhor produtividade, redução de custos, qualidade ambiental e um máximo desempenho do animal (Ituassú et al., 2004).

A restrição alimentar é um método de manejo alimentar que tem como intuito promover o crescimento compensatório (Ribeiro, 2007). Em outras palavras, é o período em que o animal não recebe alimento, e pode ser utilizado como um mecanismo de manejo alimentar, desde que, esse período seja seguido de realimentação (Chlad, 2008).

Estudos comprovam que durante a ausência ou redução do alimento, os peixes utilizam diferentes estratégias hormonais e metabólicas para sobreviver (Arauco & Costa, 2012). Souza et al., (1997) afirmam que quando ocorre a escassez de alimento, os processos essenciais são mantidos devido as reservas energéticas acumuladas, tendo como resultado uma progressiva depleção e diminuição dos tecidos para prolongamento dessa condição. Assim, os regimes

alimentares para os peixes tropicais são de grande importância para o sucesso da produção em determinadas fases de criação, além de servirem como alternativas na redução dos custos para os pequenos piscicultores. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos das diferentes estratégias de restrição alimentar sobre o desenvolvimento de juvenis de tilápia do Nilo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Tilápia do Nilo

As tilápias consistem em um grande número de espécies pertencentes à tribo *Tilapiini*, um grupo de peixes exclusivamente africano, da Família *Cichlidae* (Fülber et al., 2010). A tilápia do Nilo assim como suas demais espécies do Gênero *Oreochromis*, são originárias das regiões da África, Jordânia e Israel, e foram introduzidas no Brasil na década de 70 (Pinheiro et al., 2006). No Brasil o interesse pelo cultivo dessa espécie, no Sul e Sudoeste do país, cresceu rapidamente nos últimos dez anos, devido principalmente a tecnologia de reversão sexual e a pesca esportiva representada pelos pesque-pague (Navarro et al., 2010). Ainda no país, sua distribuição se dá principalmente pela excelente combinação quanto aos aspectos adaptativos e climáticos fisiológicos, biologia reprodutiva, rusticidade, plasticidade genética, além do desenvolvimento de linhagens domesticadas (Fülber et al., 2010).

A tilápia do Nilo é uma espécie precoce que apresenta excelente desempenho em diferentes sistemas de criação, sendo de grande importância para aquicultura mundial (Lima et al., 2009). Meurer et al., (2003) enfatizam que a tilapicultura é uma ótima alternativa para a piscicultura de água doce e estuarina. Sendo que, a expansão do cultivo da tilápia do Nilo (*O. niloticus*), deve-se ao ótimo desempenho, alta rusticidade, facilidade de obtenção de alevinos, adaptabilidade aos mais diversos sistemas de criação, grande aceitação no mercado de lazer (pesque-pague) e alimentício (frigoríficos), pelas qualidades nutritivas e organolépticas do seu filé, além da inexistência de espinhos intramusculares em forma de "Y" (Furuya et al., 2001).

A projeção de crescimento para tilápia do Nilo na produção aquícola mundial até 2030 chega a 62% (FAO, 2018). Na mesma linha de dados, mostram a tilápia do Nilo, entre os anos de 2010 até 2018 estabeleceu-se como a 3º espécie mais produzida na aquicultura mundial (FAO, 2020). O Brasil por sua vez possui a 4º maior criação de tilápia do mundo, já que sua produção avançou em 4,9% chegando a 758.006 toneladas, isso faz a espécie representar 57% da produção nacional, sendo o maior índice de entre todas espécies do país (Peixe BR, 2020).

### 2.2. Desempenho Produtivo

A alimentação de peixes é importante para avaliação de seus efeitos benéficos sobre o metabolismo desses animais e a possível obtenção de carcaças magras com melhor qualidade lipídica, oferecendo aos consumidores um alimento com todas as características de um alimento

funcional, ou seja, capaz de ajudar no funcionamento físico e metabólico do organismo (Santos et al., 2007)

Ainda assim, o desenvolvimento eficiente e saudável dos animais passa obrigatoriamente pelo fornecimento de uma dieta que satisfaz as necessidades básicas de crescimento, contendo concentrações próximas do ideal e seus diversos componentes, aliados a tecnologia de preparação (Navarro et al., 2010).

As diferenças no desempenho dos peixes podem ser atribuídas às diferenças interespecíficas, das características de seus tratos digestórios e à eficiência com que o alimento ingerido é capaz de ser digerido e assimilado (Honorato et al., 2011).

Uma nutrição equilibrada permite aumentar a digestibilidade dos nutrientes, melhorando o desempenho produtivo de peixes e reduzindo a excreção de nutrientes (Signor et al. 2010).

### **2.3. Manejo e Restrição Alimentar**

Sendo as rações um dos principais gargalos para o setor, correspondendo por até 70% dos custos de produção (Sá et al. 2014), o manejo alimentar deve ser um item de constante avaliação, para evitar o insucesso produtivo. Algumas importantes estratégias alimentares têm sido empregadas, com o intuito de se obter uma melhor produtividade, redução de custos, qualidade ambiental e um máximo desempenho animal, principalmente pela escassez de informações sobre essas estratégias em peixes tropicais (Ituassú, et al., 2004). Nesse sentido, um dos principais desafios da piscicultura, tem sido identificar novos ingredientes ou ingredientes alternativos, que possam reduzir os custos com a alimentação sem, no entanto, comprometer a qualidade da água e o desempenho dos peixes (Mello et al., 2010).

A alimentação excessiva ou o uso de rações não balanceadas reduzem a absorção de nutrientes pelos peixes, o que pode resultar em excesso de matéria orgânica nos sistemas de produção. Como alternativa, o crescimento da aquicultura como agroindústria e a intensificação de estratégias de produção condicionaram a busca por ingredientes de alta qualidade que permitam a formulação e o processamento de dietas nutricionalmente completas e economicamente viáveis, maximizando a produção de pescado e minimizando o impacto ambiental de sistemas de produção (Cyrino et al., 2010). As informações sobre a preferência alimentar de uma determinada espécie são de grande utilidade no estabelecimento de planos nutricionais e alimentares, incluindo o preparo de rações e o manejo alimentar (Ribeiro et al. 2012).

Um manejo alimentar em que visa estimular os peixes a procurarem alimentos em períodos de tempo pré-determinados por meio da frequência alimentar, contribui para uma baixa conversão alimentar e maior ganho em peso. Além de contribuir para redução dos alimentos desperdiçados e portanto, redução dos custos de produção (Carneiro & Mikos, 2005).

Condições que evitem a imunodepressão e/ou que resultem em estimulação do sistema imune são essenciais para propiciar ao animal um estado saudável que o permita suportar variações ou condições desfavoráveis do cultivo como a restrição alimentar (Urbinati et al., 2004).

A privação alimentar é um manejo alimentar que tem como intuito promover o crescimento compensatório (Ribeiro, 2007), é o período em que o animal não recebe alimento, e pode ser utilizado como um mecanismo de manejo alimentar desde que, esse período seja seguido com realimentação (Chlad, 2008).

O crescimento compensatório pode ser definido como um processo fisiológico no qual o organismo acelera o seu crescimento após um período de desenvolvimento restrito, normalmente em virtude da reduzida ingestão de alimento, de maneira a alcançar o peso dos animais que não sofreram privação alimentar (Hornick et al., 2000). Ainda segundo (Palma et al., 2010), tanto estratégias de alimentação com apenas uma fase de restrição alimentar e realimentação, como vários ciclos de restrição e realimentação, têm sido usadas para promover respostas compensatórias no desempenho produtivo de peixes.

## **2.4. Fibras Musculares**

De acordo com (Dal-Pai et al. 2014) o conhecimento da morfologia e das características metabólicas e contrateis do tecido muscular esquelético é fundamental para entender os peixes neotropicais de água doce.

Nos peixes, as fibras musculares estão distribuídas em áreas ou compartimentos, diferentemente do padrão de fibras em mosaico observado no músculo esquelético dos mamíferos (Carani, 2011). As fibras musculares são envoltas por uma matriz extracelular rica em carboidratos e proteínas, que constituem o tecido conjuntivo do músculo (Silva & Carvalho, 2007). Desse modo o crescimento muscular é controlado positiva e negativamente por uma série de fatores transcricionais e de crescimento, que controlam a proliferação e diferenciação das células satélites. (Carani, 2011). E um desses fatores é a nutrição (Johnston, 2006).

Nos peixes, a formação das fibras musculares ocorre nas fases iniciais da embriogênese. Assim o crescimento pós-natal do tecido muscular nos peixes envolve os mecanismos de

hipertrofia e hiperplasia das fibras, a partir da proliferação dos mioblastos indiferenciados ou células satélites. Na hipertrofia, as células satélites se fundem a fibras musculares existentes, aumentando o número de núcleos para maior síntese de miofibrilas, (Carani, 2011), enquanto a hiperplasia é caracterizada pela formação de novas fibras musculares (Aguilar, et al., 2005). Segundo (Silva & Carvalho, 2007) o diâmetro das fibras varia, em média, de 10 a 100µm.

Segundo (Serafini, 2010) os padrões específicos de crescimento nas diferentes espécies está relacionado ao aumento na largura, altura, comprimento da massa corporal e peso do organismo, e isso deve ser considerado no aumento na massa dos tecidos, entre eles o tecido muscular. Nos peixes, a maior parte da massa corporal é representada pelo tecido muscular estriado esquelético que constitui de 40 a 60% do peso total do animal (Almeida, 2011).

O crescimento muscular é influenciado pela hipertrofia e hiperplasia isso é importante para que os peixes desenvolvam um bom crescimento respondendo positivamente aos crescimentos compensatórios. As contribuições para o crescimento muscular variam de acordo com a espécie e a fase de crescimento estudada. Para espécies que atingem pequenos portes o crescimento muscular hipertrófico é evidente (Almeida, 2011).

## **2.5. Vilosidade Intestinal**

O intestino é um órgão envolvido em importantes funções fisiológicas, onde ocorre o processo final da digestão e o principal local de absorção de nutrientes (Caballero et al., 2003).

O aumento da altura das vilosidades pode ser entendido como a melhora na integridade da mucosa (Carvalho et al., 2011) e a integridade da mucosa intestinal pode ser avaliada a partir de mensurações da altura e densidade dos vilos, visto que o equilíbrio entre a renovação celular e a perda de células, que ocorre normalmente no intestino, determina uma renovação celular constante, mantendo o tamanho dos vilos e também a capacidade digestiva e de absorção intestinal (Ferreira et al., 2014). Para (Schwarz et al., 2010) se a mucosa intestinal estiver íntegra, haverá a uniformidade de seus vilos que é importante para a densidade das vilosidades compatível com a altura, e são de grande relevância na produção animal. Além disso, deve existir um limite de crescimento máximo das vilosidades, ao ser considerado a área da luz intestinal, espaço este fundamental para a passagem do alimento. Sendo assim, o conhecimento da mucosa intestinal dos peixes torna-se importante para fornecer informações para os estudos de nutrição, de forma a atender às exigências nutricionais para adequado desempenho dos peixes (Silva et al., 2010).



Honorato et al. (2011) com base nos estudos de (Rioperez et al. 1993), salientam que a altura das vilosidades intestinais está associada ao processo de absorção de nutrientes assim como a capacidade enzimática, responsável pelo processo digestivo.

Portanto, no campo da nutrição de peixes estudos mais aprofundados devem ser realizados, afim de verificar os efeitos que a restrição alimentar pode causar no desenvolvimento da tilápia do Nilo, considerando principalmente as respostas de crescimento muscular e vilosidade intestinal, justo que os peixes possuem alta capacidade de adaptação frente as condições impostas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Animais e Delineamento Experimental

O experimento foi realizado na Estufa Experimental do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAq, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, *Campus Toledo* - PR, e o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética na Experimentação Animal, da mesma instituição sob protocolo número 41/15.

Foram utilizados 160 animais com peso e comprimento total médio de  $3,23 \pm 0,07$  g e  $5,70 \pm 0,37$  cm, respectivamente, distribuídas em 20 hapas de malha plástica de 1 x 4 mm com  $0,15$  m<sup>3</sup> de volume útil, dispostos em um tanque de concreto com capacidade para 25 m<sup>3</sup> de água com sistema de aeração constante por meio de soprador de ar central.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo que cada unidade experimental foi constituída por oito peixes. Os tratamentos consistiram em: 7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar (domingo); 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar (sábado e domingo) e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar.

O experimento foi conduzido por um período de 60 dias.

#### 3.2. Dieta Experimental e Manejo Alimentar

A dieta experimental foi composta por ração comercial extrusada com *pellets* de 2 mm de diâmetro com 33,70% de proteína bruta, 4,60% de lipídeos e 10,33% de matéria mineral, determinados no Laboratório de Controle de Qualidade do GEMAq da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, seguindo o protocolo preconizado pela AOAC, (1995). Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (8h00, 11h00, 14h00 e 17h00), até a saciedade aparente. Durante os primeiros 20 dias de experimento, a ração foi moída com o intuito de diminuir o tamanho dos *pellets* para que os peixes conseguissem se alimentar, em virtude do tamanho reduzido da boca na fase inicial.

#### 3.3. Qualidade da Água

Os parâmetros físicos e químicos da água como pH ( $7,15 \pm 0,11$ ), oxigênio dissolvido ( $5,38 \pm 1,49 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e condutividade elétrica ( $86,83 \pm 1,32 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) foram aferidos semanalmente através de potenciômetros digitais portáteis e a temperatura da água ( $20,04 \pm 2,68 \text{ }^\circ\text{C}$ ) foi mensurada duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde, com o auxílio de um termômetro.

### 3.4. Coleta de Dados

Ao final do período experimental os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas para o esvaziamento do trato gastrointestinal e, posteriormente, foram anestesiados com benzocaína a  $75 \text{ mg.L}^{-1}$  (Gomes et al., 2001) para a realização das medidas individuais de peso (g) e comprimento (cm). Três peixes de cada unidade experimental foram insensibilizados com  $250 \text{ mg.L}^{-1}$  de benzocaína (Gomes et al., 2001) para a retirada de gordura visceral e fígado.

Os dados de desempenho produtivo avaliados foram o peso final médio (g); comprimento final médio (cm); ganho em peso (peso corporal final – peso corporal inicial); sobrevivência ( $100 \times (\text{número de peixes final} / \text{número de peixes inicial})$ ); conversão alimentar (dieta consumida/ganho em peso); índice hepatossomático ( $100 \times (\text{peso do fígado, g} / \text{peso corporal final, g})$ ); gordura visceral ( $100 \times (\text{peso gordura visceral, g} / \text{peso corporal final, g})$ ); quociente intestinal (comprimento do intestino/comprimento final do peixe) e taxa de crescimento específico ( $100 \times ((\ln \text{ peso médio final} - \ln \text{ peso médio inicial}) / \text{dias})$ ).

### 3.5. Morfometria da Fibra Muscular

Para a avaliação da morfometria das fibras musculares, foram coletadas amostras de três peixes de cada repetição (“n” amostral de 15 peixes por tratamento), insensibilizados em  $250 \text{ mg.L}^{-1}$  de Benzocaína (Gomes et al., 2001), e com auxílio de um bisturi, retirou-se uma amostra do músculo branco dorsal direito, acima da linha lateral. As amostras foram fixadas em formol tamponado 10% por 24h e posteriormente foram transferidas para o álcool 70%, desidratadas em série crescente de álcool, diafanizadas em xilol, incluídas em parafina histológica e, com o auxílio de um micrótomo (Microm HM 340 E, Thermo Scientific, Alemanha) realizou-se cortes histológicos transversais semisseriados de  $6 \text{ }\mu\text{m}$ , que foram submetidos à coloração hematoxilina-eosina (HE).

Os cortes histológicos foram analisados em Microscópio Óptico (P1 *Olympus* BX 50, Manila, Filipinas), acoplado com a câmera *Olympus* (PMC 35 B Berlim, Alemanha), utilizando

objetiva de 40X para capturar os campos de observação (Figura 1). Utilizando o sistema de análise de imagens *Image Pro-Plus* versão 4.5, em campos aleatórios da lâmina histológica, foi determinado o menor diâmetro de 200 fibras musculares, por animal (3000 fibras por tratamento), que foram agrupadas em classes de diâmetros (<20, 20-50 e >50  $\mu\text{m}$ ) para avaliar a contribuição da hiperplasia e hipertrofia para o crescimento muscular Almeida et al., (2008) em cada tratamento.

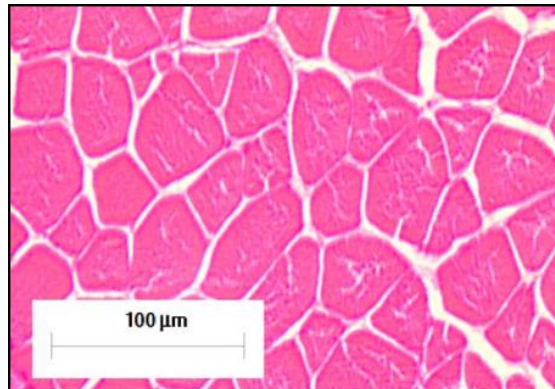


FIGURA 1. Imagem representativa da fibra muscular de um exemplar de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

### 3.6. Histologia do Intestino

Para a morfologia intestinal, foram coletadas porções de aproximadamente quatro centímetros de comprimento do intestino médio de dois peixes insensibilizados em 250  $\text{mg.L}^{-1}$  de Benzocaína (Gomes et al., 2001) de cada unidade experimental, onde, primeiramente foi realizada a medida do comprimento total do intestino abaixo da junção do estômago até o reto e então, coletado a porção média do mesmo, totalizando um “n” amostral de dez peixes por tratamento. As amostras foram fixadas em *Bouin* aquoso (Behmer et al., 1976) por quatro horas e transferidas ao álcool 70%. Posteriormente, foram desidratadas em série crescente de álcool, diafanizadas em xilol, incluídas em parafina histológica e, com micrótomo rotativo (Microm HM 340 E, Thermo Scientific, Alemanha) realizou-se cortes histológicos transversais semisseriados de 7  $\mu\text{m}$  que foram submetidos à coloração hematoxilina-eosina (Figura 2).

Os cortes histológicos foram analisados em Microscópio Óptico (P1 *Olympus* BX 50, Manila, Filipinas), acoplado a câmera *Olympus* (PMC 35 B, Berlim, Alemanha), utilizando objetiva de 20X para capturar os campos de observação. Utilizando o sistema de análise de imagens *Image Pro-Plus* versão 4.5, sendo as imagens ampliadas com 2x de zoom, foi mensurada a altura de todos os vilos em torno da luz intestinal.

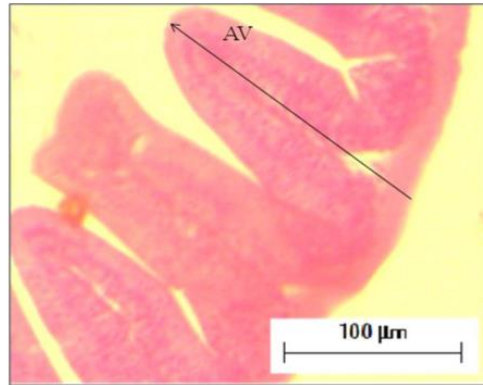


FIGURA 2. Imagem representativa da altura da vilosidade de um exemplar de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

### 3.7. Análise Estatística

Os dados de desempenho produtivo, morfometria das fibras musculares e das vilosidades intestinais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), quando observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) foi aplicado o teste de média *Tukey* em 5% de significância pelo programa computacional Statistic 7.1 (Statsoft, 2005).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Qualidade de Água

Os parâmetros de qualidade de água ficaram dentro do proposto para a criação de tilápia do Nilo (Popma e Masser 1999), com exceção da temperatura, que ficou abaixo da temperatura ótima. Entretanto, todos os peixes estavam mantidos no mesmo sistema, e, portanto, o efeito da temperatura da água pode não ter propiciado o melhor crescimento para todos os peixes, indiferente dos regimes alimentares. Porém, os resultados expressos nesta pesquisa, conferem os efeitos proporcionados pelos regimes alimentares aplicados aos peixes.

### 4.2. Desempenho Produtivo

Os peixes que foram alimentados diariamente (7:0) apresentaram peso final, ganho em peso, comprimento final e taxa de crescimento específico significativamente superior em relação aqueles cujas alimentações foram cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar (5:2) e os alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar (1:1). Entretanto, com relação a estas mesmas variáveis, os resultados obtidos para peixes alimentados diariamente foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) ao observado para animais submetidos à alimentação de seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar (6:1) (Tabela 1).

Peixes alimentados com o regime 6:1 apresentaram índice hepatossomático significativamente superior quando comparado ao regime 7:0. Entretanto, com relação à gordura visceral foram observados índices superiores ( $P < 0,05$ ) para o 6:1, o qual diferiu somente do 1:1. Para o quociente intestinal verificou-se resultados superiores ( $P < 0,05$ ) para o 1:1 quando comparado ao 7:0 e 5:2. Já para a taxa de crescimento específico, os peixes submetidos ao regime 1:1 apresentaram valores menores com relação aos demais regimes. A sobrevivência e conversão alimentar não foram influenciadas pelos diferentes tipos de restrição alimentar (Tabela 1).

TABELA 1. Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes restrições alimentares.

Variáveis	Tratamentos*				Valor P	CV (%)
	7:0	6:1	5:2	1:1		

PI (g)	3,20	3,25	3,25	3,25	0,68	2,09
PF (g)	27,80a	24,82ab	22,49bc	20,50c	<0,01	14,17
GP (g)	24,60a	21,57ab	19,25bc	17,26c	<0,01	16,47
CF (cm)	10,81a	10,23ab	9,93b	9,69b	<0,01	5,31
IHS (%)	7,32b	9,41a	8,76ab	9,24ab	0,04	15,47
GV (%)	3,79ab	3,85a	2,80ab	2,25b	0,02	33,64
QI	5,01b	5,86ab	5,20b	6,11a	<0,01	11,64
SOB (%)	95,00	90,00	95,00	97,50	0,68	10,06
CA	0,86	0,97	0,90	0,71	0,08	19,27
TCE (%/dia)	3,59a	3,39ab	3,22bc	3,07c	<0,01	7,22

PI = Peso inicial; PF = Peso final; GP = Ganho em peso; CF = Comprimento final; IHS = Índice hepatossomático; GV = Gordura visceral; QI = Quociente intestinal; SOB = Sobrevivência; CA = Conversão alimentar; TCE = Taxa de crescimento específico. \* 7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar; 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar. Médias na mesma linha seguidas de letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de *Tukey*.

Peixes submetidos à restrição alimentar e realimentação podem exibir resposta compensatória, sendo que esta varia de acordo com a espécie e o tempo de restrição (Ali et al., 2003). Neste estudo, verificou-se que o tratamento 6:1 determinou crescimento similar ao observado para peixes alimentados continuamente (7:0), podendo sugerir uma possível compensação total. Contudo, em condições em que a restrição se prolongou além desta (tratamentos 5:2 e considerando somatório no período semanal 1:1), a resposta foi parcial, ou seja, os peixes não conseguiram alcançar o mesmo crescimento do grupo continuamente alimentado. Estes resultados são similares aos encontrados por (Abdel-Hakim et al. 2009) que em estudo com juvenis de tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*), encontraram semelhança para o peso final, ganho em peso e taxa de crescimento específico entre peixes alimentados diariamente e os que foram submetidos à restrição de alimento durante um dia.

Resultados parecidos foram encontrados por (Rosauer et al. 2009) em alevinos de “walleye” *Sander vitreus*, que observaram compensação total no peso final dos peixes submetidos a cinco dias de alimentação seguidos de dois dias de restrição de alimento, enquanto que nos animais alimentados durante três dias seguidos de quatro dias de restrição, ocorreu apenas compensação parcial.

Durante períodos de jejum ou de baixa ingestão de proteínas, ocorre uma diminuição da disponibilidade de aminoácidos de cadeias ramificadas que estão contidos em quase todas as proteínas do corpo, podendo assim, limitar a síntese protéica celular (Shimomura e Harris, 2006), e pode ter sido por isso que o crescimento dos peixes foi influenciado pela restrição alimentar.

A habilidade dos organismos em recuperarem-se das deficiências nutricionais originadas de longos períodos de restrição alimentar nos estágios iniciais de desenvolvimento pode ser comprometida, principalmente pela degradação protéica, quando os níveis adequados de alimentação são restabelecidos (Metcalf e Monaghan, 2001). Embora no presente estudo não tenha sido avaliada as respostas de compensação do crescimento, a restrição alimentar imposta aos peixes pode ter influenciado na recuperação, pois o estudo foi realizado na fase juvenil, a qual apresenta alta taxa de crescimento.

A porcentagem de gordura visceral nos tratamentos 7:0, 6:1 e 5:2, foi superior ao dos animais que sofreram uma maior restrição alimentar (1:1). Provavelmente, nestas condições, o crescimento é limitado devido à mobilização das reservas energéticas tais como lipídeos e até mesmo aminoácidos para manutenção dos processos vitais, pois peixes que passam por uma restrição alimentar podem utilizar a gordura do depósito visceral para manutenção metabólica durante a privação alimentar (Cook et al., 2000; Souza et al., 2002), justificando o baixo teor de gordura visceral no tratamento 1:1.

No tratamento 1:1, o intestino dos peixes apresentou maior comprimento, sugerindo uma adaptação que possibilitasse a permanência do alimento por mais tempo no interior do trato gastrointestinal. Consequentemente, a digestão e a absorção são maximizadas possibilitando aos peixes retirar o máximo de nutrientes do alimento para converter em crescimento muscular (Eroldoğan et al., 2004; Mihelakakis et al., 2002), e assim, adaptar-se a sua nova condição alimentar durante o período de realimentação. Apesar dos valores de quociente intestinal terem apresentado diferença entre os tratamentos, estão próximos ao observado por (Buddington et al. 1987) para *tilápia rendalli* (5,80).

A conversão alimentar permaneceu semelhante entre as distintas restrições alimentares, provavelmente porque o alimento foi fornecido até a saciedade aparente dos animais, fazendo



com que estes valores não se alterassem. O mesmo comportamento foi demonstrado por (Palma et al. 2010) para distintas restrições alimentares de juvenis de tilápia do Nilo e por (Abdel-Hakim et al. 2009) que estudando juvenis de tilápia híbrida não observaram diferenças para os tratamentos com pequenas restrições alimentares, somente para o tratamento com três dias de restrição consecutiva.

A taxa de crescimento específico (TCE) foi superior no tratamento cuja alimentação foi fornecida diariamente (7:0), não diferindo do tratamento com restrição de um dia por semana (6:1). Resultados semelhantes foram obtidos por (Palma et al. 2010), que apenas encontraram diferenças onde o período de restrição foi superior a um dia e aos estudos de (Wang et al. 2000) em tilápia híbrida com restrições alimentares de uma, duas e quatro semanas, que encontraram diferenças entre os tratamentos com relação ao controle (alimentados diariamente).

Segundo (Baldisserotto 2009), existe uma estreita relação entre a taxa de crescimento e o gasto energético, ou seja, quanto maior a taxa de crescimento, maior o gasto energético. Isto poderia explicar os menores valores de TCE obtidos para os tratamentos 5:2 e 1:1, pois com a alimentação mais restrita o crescimento foi menor, provavelmente, porque na fase de juvenis os peixes apresentam uma maior taxa metabólica, e o alimento sendo restrito, reduziria a energia para o crescimento. (Ferreira e Nuñez, 2015) encontraram resultados semelhantes para juvenis de piava *Leporinus obtusidens*, onde as distintas restrições diferiram do tratamento alimentado diariamente.

A restrição alimentar não afetou significativamente a sobrevivência dos animais. O mesmo comportamento foi demonstrado por (Arauco e Costa, 2012) para juvenis de tilápia, que obtiveram altas taxas de sobrevivência e por (Nebo, 2011), para os tratamentos com tempos de restrições inferiores a 20 dias. Isto indica que o regime supriu as exigências nutricionais mínimas para a manutenção dos peixes nesta fase de juvenil.

### **4.3. Frequência das Fibras Musculares e Morfometria da Altura das Vilosidades Intestinais**

As distintas restrições alimentares influenciaram ( $P < 0,05$ ) a frequência de fibras musculares dentro das classes de fibras  $< 20 \mu\text{m}$  e de 20 a  $50 \mu\text{m}$  de diâmetro. Na classe de fibras com diâmetros menores que  $20 \mu\text{m}$ , a maior frequência foi observada nos tratamentos 1:1 e 7:0, assim como para a classe de diâmetro de 20 a  $50 \mu\text{m}$ , onde a menor frequência foi apresentada no tratamento 1:1 (Tabela 2).

Não foi observado efeito ( $P>0,05$ ) na frequência de fibras musculares com diâmetro  $>50 \mu\text{m}$  (Tabela 2).

TABELA 2. Frequência de distribuição das fibras musculares em três classes de diâmetros ( $<20 \mu\text{m}$ , entre  $20$  e  $50 \mu\text{m}$  e  $>50 \mu\text{m}$ ) em juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes restrições alimentares.

Classe de Diâmetro ( $\mu\text{m}$ )	Tratamentos*				Valor P	CV (%)
	7:0	6:1	5:2	1:1		
$<20 \mu\text{m}$	47,29ab	41,31b	41,99b	60,36a	0,02	39,01
20 e $50 \mu\text{m}$	52,12ab	58,08a	57,39a	39,58b	0,02	34,30
$>50 \mu\text{m}$	1,86	1,43	1,88	0,41	0,49	76,88

Médias na mesma linha seguidas de letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey. \* 7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar; 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar.

Entre as restrições alimentares estudadas, a análise morfométrica das fibras musculares foi caracterizada pelo crescimento ocorrido pela ação da hiperplasia e início de hipertrofia durante o período experimental. Fibras com diâmetros menores que  $20 \mu\text{m}$  indicam ocorrência de intensa hiperplasia, enquanto diâmetros entre  $20$  e  $50 \mu\text{m}$  indicam final de hiperplasia com início de hipertrofia e maiores que  $50 \mu\text{m}$  relacionam-se com a hipertrofia (Rowlerson e Veggetti, 2001; Valente et al., 1999).

A maior frequência de fibras com diâmetros inferiores a  $20 \mu\text{m}$  foi verificada nos tratamentos 1:1 e 7:0 e caracterizam intensa hiperplasia (Valente et al., 1999). Esta hiperplasia é do tipo em mosaico, característica de peixes no período juvenil (Johnston e Hall, 2004) que foi o período analisado nesse estudo, e é muito importante para as espécies aquícolas comerciais, incluindo a tilápia (Rowlerson e Veggetti, 2001). Na hiperplasia em mosaico, novas fibras musculares são formadas a partir da fusão e diferenciação entre as células satélites, utilizando fibras diferenciadas como suporte, por esse motivo, nos cortes histológicos foram observadas fibras maiores rodeadas por fibras de pequenos diâmetros recém-formadas (Rowlerson e Veggetti, 2001). Possivelmente, os peixes dos tratamentos 6:1 e 5:2 passaram rapidamente para o período de hipertrofia das fibras musculares, enquanto os peixes do tratamento 1:1, apresentaram período de hiperplasia mais acentuado. Contudo, como foi observado um grande número de fibras com diâmetro pequeno, mais de 60%, pode ser que a

realimentação pode ter influenciado o processo de restabelecimento no crescimento das fibras neste tratamento.

Na classe de fibras com diâmetro entre 20 e 50  $\mu\text{m}$ , foi observado menor frequência de ocorrência nos peixes submetidos à alimentação com restrição alimentar dia sim, dia não (1:1), porém não diferiram dos peixes alimentados diariamente (7:0). Provavelmente, nas condições de jejum, a realimentação promove uma reversão nos processos de mobilização de reservas corporais para suprir o catabolismo, somente quando esta condição estiver satisfeita, o destino da dieta será favorável novamente ao crescimento (Hagen et al., 2009).

A baixa frequência de fibras superiores a 50  $\mu\text{m}$  encontradas em todos os tratamentos está de acordo com o proposto por (Almeida et al. 2008) ao avaliarem a frequência das fibras musculares de pacu *Piaractus mesopotamicus* durante a fase juvenil, bem como (Neu et al. 2016) quando avaliaram a frequência da fibra muscular em tilápias do Nilo durante a fase juvenil, esta baixa frequência está relacionada a fase de crescimento em que o animal foi avaliado.

A altura das vilosidades intestinais mostrou-se semelhante entre todas as restrições alimentares (Tabela 3).

TABELA 3. Altura do vilo intestinal de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes restrições alimentares.

Variável	Tratamentos*				Valor P	CV (%)
	7:0	6:1	5:2	1:1		
Altura do vilo ( $\mu\text{m}$ )	176,35	175,5	178,35	141,64	0,46	22,00

Teste de *Tukey* ( $P>0,05$ ). CV = coeficiente de variação. \* 7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar; 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar.

Segundo (Takashima e Hibiya, 1995) e (Wang et al. 2009), as vilosidades do intestino quando mais longas resultam em maior capacidade de absorção de nutrientes, devido ao aumento da superfície de contato. No atual estudo não houve diferenças na altura do vilo ( $P>0,05$ ) entre os peixes que receberam os distintos regimes, sugerindo que a restrição alimentar imposta aos peixes não foi capaz de prejudicar a altura dos vilos, que de acordo com (Arruda et al. 2008) poderia resultar em menor absorção de nutrientes. A altura dos vilos no atual experimento está próximo ao observado por (Carvalho et al. 2011) que avaliaram a morfometria

intestinal de tilápia do Nilo na fase juvenil entre 31 gramas e encontraram altura média de vilosidade na dieta controle de 188,07  $\mu\text{m}$ .

No entanto, em estudo de nutrição com uso de silagem de peixe, (Honorato et al. 2011) verificaram que a silagem de peixe na alimentação de tilápia do Nilo demonstrou alterações do trato digestório e aumento no tamanho das vilosidades, o que são indicativos de adaptações do trato digestório para melhorar a capacidade de utilização de nutrientes.

## 5. CONCLUSÃO

A restrição alimentar na fase juvenil de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) influencia negativamente no desempenho produtivo, e no crescimento muscular, sendo, esta prática não recomendada para esta fase de desenvolvimento.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-HAKIM, N.F.; ABO STATE, H.A.; AL-AZAB, A.A.; EL-KHOLY, K.F. 2009. Effect of Feeding Regimes on Growth Performance of Juvenile Hybrid Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*). World J. Agric. Sci. 5, 49–54.
- AGUIAR, D. H.; BARROS, M. M.; PADOVANI, C. R.; PEZZATO, L. E.; DAL PAI-SILVA, M. 2005. Growth characteristics of skeletal muscle tissue in *Oreochromis niloticus* larvae fed on a lysine supplemented diet. Journal of Fish Biology, 67(2005), 1.287-1298. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2005.00823>.
- ALI, M.; NICIEZA, A.; WOOTTON, R.J.; 2003. Compensatory growth in fishes: A response to growth depression. Fish Fish. 4, 147–190.
- ALMEIDA, F.L.A.; CARVALHO, R.F.; PINHAL, D.; PADOVANI, C.R.; MARTINS, C.; DAL PAI-SILVA, M. 2008. Differential expression of myogenic regulatory factor MyoD in pacu skeletal muscle (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887: *Serrasalminae*, *Characidae*, Teleostei) during juvenile and adult growth phases. Micron 39, 1306–1311.
- ALMEIDA, F.L.A. 2011. Expressão gênica de fatores que controlam o crescimento muscular do Pacu (*piaractus mesopotamicus*). 127p.
- AOAC, (Association Of Official Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington.
- ARAUCO, L.R.R.; COSTA, V.B. 2012. Restrição alimentar no desempenho produtivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*). Comun. Sci. 3, 134–138.
- ARRUDA, A.M.V.; FERNANDES, R.T.V.; SILVA, J.M.; LOPES, D.C.; 2008. Avaliação morfo-histológica da mucosa intestinal de coelhos alimentados com diferentes níveis e fontes de fibra. Rev. Caatinga - Univ. Rural do Semi Árido 21, 1–11.
- BALDISSEROTTO, B. 2009. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura, 2nd ed. UFSM, Santa Maria.
- BEHMER, O.A.; TOLOSA, E.M.C., FREITAS NETO, A.G., 1976. Manual de técnicas para histologia normal e patológica, 1st ed. Edusp/Edart, São Paulo.

- BUDDINGTON, R.K.; CHEN, J.W.; DIAMOND, J. 1987. Genetic and phenotypic adaptation of intestinal nutrient transport to diet in fish. *J. Physiol.* 393, 261–281.
- CABALLERO, M.J.; IZQUIERDO, M.S.; KJØRSVIK, E.; MONTERO, D.; SOCORRO, J.; FERNANDEZ, A.J.; ROSEN LUND, G. 2003. Morphological aspects of intestinal cells from gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed diets containing different lipid sources. *Aquaculture*, v.225, p.325–340.
- CARANI, F.R. 2011. Expressão Gênica e protéica de fatores reguladores miogênicos e da miostatina no músculo esquelético do pirarucu (*Arapaima gigas*) durante o crescimento. 1–143.
- CARNEIRO, P. C. F.; MIKOS, J. D. 2005. Frequência alimentar e crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen*. *Ciência Rural*, 35, 187–191. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000100030>.
- CARVALHO, J.V.; LIRA, A.D.; COSTA, D.S.P.; MOREIRA, E.L.T.; PINTO, L.F.B.; ABREU, R.D.; ALBINATI, R.C.B. 2011. Desempenho zootécnico e morfometria intestinal de alevinos de tilápia-do -Nilo alimentados com *Bacillus subtilis* ou mananoligossacarídeo. *Rev. Bras. Saúde Produção Anim.* 12, 176–187.
- CHLAD, M. 2008. Diâmetro e frequência de fibras musculares esqueléticas de ovinos, em diferentes faixas de peso, submetidos à restrição alimentar e realimentação. *Statewide Agricultural Land Use Baseline*, 1, 71p. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, Á.J.A.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J.K. 2010. A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39 (SUPPL. 1), 68–87. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>.
- COOK, J.T., SUTTERLIN, A.M., MCNIVEN, M.A., 2000. Effect of food deprivation on oxygen consumption and body composition of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 188, 47–63.
- DAL-PAI, M.; ALMEIDA, F.L.A.; CARANI, F.R.; 2014. Morfologia, Desenvolvimento e Crescimento Muscular. p.157-174. BALDISSEROTTO, B.; CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C. *Biologia e Fisiologia de Peixes Neotropicais de Água Doce*. Jaboticabal: FUNEP; UNESP. p.336.

- DIEMER, O.; NEU, D. H.; SARY, C.; FINKLER, J. K.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A. 2012. *Artemia* sp. na alimentação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). Cie. Anim. Bras. v.13, n.2, p. 175-179p. Goiânia. DOI: 10.5216/cab.v13i2.9011.
- EROLDOĞAN, O.T.; KUMLU, M.; AKTAŞ, M. 2004. Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater. Aquaculture 231, 501–515.
- FAO, 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture – Contribution to food security and nutrition for all. 214p. Roma.
- FAO, 2018. Estado Mundial, E. (2018). Fao 2018 De La Pesca Y La Acuicultura. 233p. <http://www.fao.org/publications/es>.
- FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. 206p. Rome.
- FARIA, R.H.S.; SOUZA, M.L.R.; WAGNER, P.M.; POVH, J.A.; RIBEIRO, R.P. 2003. Rendimento do processamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757) e do pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887). Acta Scientiarum. Animal Sciences, 25(1), 21–24. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v25i1.2068>.
- FERREIRA, C.M.; ANTONIASSI, N.A.B.; SILVA, F.G.; POVH, J.A.; POTENÇA, A.; MORAES, T.C.H.; SILVA, T.K.S.T.; ABREU, J. S. 2014. Características histomorfométricas do intestino de juvenis de tambaqui após uso de probiótico na dieta e durante transporte. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 34(12), 1258–1260. <https://doi.org/10.1590/s0100-736x2014001200020>.
- FERREIRA, L.S.B.P.; NUÑER, A.P.O. 2015. Food deprivation and compensatory growth in juvenile piava, (*Leporinus obtusidens*). Bol. do Inst. Pesca 41, 471–478.
- FÜLBER, V.M.; RIBEIRO, R.P.; VARGAS, L. D.; BRACCINI, G. L.; MARENGONI, N.G.; GODOY, L.C. 2010. Desempenho produtivo de três linhagens de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dois níveis de proteína. Acta Scientiarum - Animal Sciences, 32(1), 69–75. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i1.6862>.
- FURUYA, W.M.; GONÇALVES, G.S.; FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C. 2001. Fitase na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade.



- Revista Brasileira de Zootecnia, 30(3 suppl 1), 924–929. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982001000400003>.
- GOMES, L.C.; CHIPPARI-GOMES, A.R.; LOPES, N.P.; ROUBACH, R.; ARAUJO-LIMA, C.A.R.M. 2001. Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*). J. World Aquac. Soc. 32, 426–431.
- HAGEN, O.; FERNANDES, J.M.O.; SOLBERG, C.; JOHNSTON, I.A. 2009. Expression of growth-related genes in muscle during fasting and refeeding of juvenile Atlantic halibut, (*Hippoglossus hippoglossus*) L. Comp. Biochem. Physiol. - B Biochem. Mol. Biol. 152, 47–53.
- HONORATO, C.A.; CRUZ, C.; CARNEIRO, D. J.; MÁRCIA, R.F.M. 2011. Histologia e histoquímica do intestino anterior de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dietas contendo silagem de peixe. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, 48(4), 281–288. <https://doi.org/10.11606/s1413-95962011000400002>.
- HORNICK, J.L.; VAN EENAEME, C.; GÉRARD, O.; DUFRASNE, I.; ISTASSE, L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. Domestic Animal Endocrinology, v.19, p.121-132.
- ITUASSÚ, D.R.; SANTOS, G.R.S.; ROUBACH, R.; FILHO, M.P. 2004. Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 39(1), 1199–1203.
- JOHNSTON, I.A.; HALL, T. 2004. Mechanisms of muscle development and responses to temperature changes in fish larvae. Am. Fish. Soc. Symp. 40, 85–116.
- JOHNSTON, I.A. 2006. Environment and plasticity of myogenesis in teleost fish. J. Exp. Biol. 209, 2249–2264.
- LIMA, E.; MOHAUPT, C.; COSTA, D. M.; GOMES, E. 2009. Níveis de farelo de coco em rações para alevinos de tilápia do Nilo. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 10(2), 390–397.
- METCALFE, N.B.; MONAGHAN, P. 2001. Compensation for a bad start: Grow now, pay later? Trends Ecol. Evol. 16, 254–260.
- MELLO, J.; FONSECA, L.A.; FILHO, S.; PROTÁSIO, F.; BATISTA, I.; HENRIQUE, P.

2010. Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 11(2), 1782–1782.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. 2003. Influência do Processamento da Ração no Desempenho e na Sobrevivência da Tilápia do Nilo, durante a Reversão Sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(2), 262–267. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982003000200003>.
- MIHELAKAKIS, A.; TSOLKAS, C.; YOSHIMATSU, T. 2002. Optimization of Feeding Rate for Hatchery-Produced Juvenile Gilthead Sea Bream *Sparus aurata*. *J. World Aquac. Soc.* 33, 169–175.
- NAVARRO, R.D.; FERREIRA, W.M.; RIBEIRO FILHO, O.P.; BOTION, L.M.; PEREIRA, F.K.S.; SILVA, R.F. E MACIEL, T.E. 2010. Desempenho de tilápia do nilo suplementada com vitamina c. *Archivos de Zootecnia*, 59(226), 589–596.
- NEBO, C. 2011. Expressão de genes relacionados ao crescimento muscular durante a restrição alimentar e realimentação em juvenis de tilápia do Nilo, (*Oreochromis niloticus*), linhagem chitralada. UNESP.
- NEU, D.H.; BOSCOLO, W.R.; ZAMINHAM, M.; ALMEIDA, F.L.; SARY, C.; FURUYA, W.M. 2016. Growth performance, biochemical responses, and skeletal muscle development of Juvenile Nile tilápia, *Oreochromis niloticus*, fed with increasing levels of arginine. *J. World Aquac. Soc.* 47, 248-259.
- PALMA, E.H.; TAKAHASHI, L.S.; DIAS, L.T.S.; GIMBO, R.Y.; KOJIMA, J.T.; NICODEMO, D. 2010. Estratégia alimentar com ciclos de restrição e realimentação no desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo da linhagem GIFT. *Ciência Rural* 40, 391–396.
- Peixe BR. 2020. Anuário Peixe BR. Associação Brasileira da Piscicultura. 136p.
- PINHEIRO, L.M.S.; MARTINS, R.T.; PINHEIRO, L.A.S.; PINHEIRO, L.E.L. 2006. Rendimento industrial de filetagem da tilápia tailandesa (*Oreochromis spp.*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 58(2), 257–262. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352006000200015>.
- POPMA, T.; MASSER, M. 1999. *Tilapia Life History and Biology*. South Reg. Aquac. Cent. USA.

- RIBEIRO, F.F. 2007. Crescimento compensatório de juvenis de robalo-peva, (*Centropomus parallelus*), após privação alimentar. 42p.
- RIBEIRO, P.A.P.; MELO, D. C.; COSTA, L. S.; TEIXEIRA, E. A. 2012. Manejo Nutricional e Alimentar de Peixes de Água Doce. Belo horizonte, MG. 92p.
- RIOPEREZ, J.; TORTUERO, F.; RODRÍGUEZ, M. L.; FERNÁNDEZ, E. 1993. Efecto de la alimentación con harina de soja sometida a distintos tratamientos sobre el crecimiento y morfología intestinal del lechón. Archivos de zootecnia. v. 42. p. 125-135.
- ROSAUER, D.R.; MORRIS, J.E.; CLAYTON, R.D. 2009. Role of compensatory growth in Walleye fingerling production. N. Am. J. Aquac. 71, 35–38.
- ROWLERSON, A.; VEGGETTI, A. 2001. Cellular mechanisms of post-embryonic muscle growth in aquaculture species, in: Johnston I, A. (Ed.), Muscle Development and Growth. Fish Physiology. San Diego, pp. 103–140.
- SÁ, M.C.; LOPES, J.E.M.; MERCURY, J.M.R.; LIMA, P.R.S.; BRITO, N.M. 2014. Estudo da viabilidade econômica e nutricional da adição de torta de babaçu na ração para peixes da espécie tilápia. Acta Tecnológica, v. 9, n. 1, p. 13-20.
- SANTOS, L.D.; FURUYA, W. M.; MATSUSHITA, M.; SILVA, L.C.R.; SILVA, T.S.D.C.; BOTARO, D. 2007. Ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para tilápia-do-nilo: Desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos. Revista Brasileira de Zootecnia, 36(5 SUPPL.), 1481–1488. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007000700004>.
- SANTOS, E.L.; CAVALCANTI, M.C.A.; FREGADOLLI, F.L.; MENESES, D.R.; TEMOTEO, M.C.; LIRA, J.E.; FORTES, C.R. 2013. Considerações sobre o manejo nutricional e alimentar de peixes carnívoros. Artigo 191. Revista Eletrônica Nutritime. V. 10. 2216 – 2255p.
- SCHWARZ, K.K; FURUYA, W.M.; NATALI, M.R.M.; MICHELATO, M.; GUALDEZI, M.C. 2010. Mananoligossacarídeo em dietas para juvenis de tilápias do Nilo. Acta Scientiarum. Animal Sciences. v.32, n.2. 197-203p. Maringá. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126500013>.
- SERAFINI, M.A. 2010. Cruzamento dialético interespecífico entre pacu (*Piaractus*

- mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*). Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras: UFLA, 68.
- SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; BITTENCOURT, F.; FEINDEN, A.; GONÇALVES, G.S.; FREITAS, J.M.A. 2010. Desempenho de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com rações contendo complexo enzimático. R. Bras. Zootec., v.39, n.5, p.977-983.
- SILVA, M.D.P.; CARVALHO, R.F. 2007. Mecanismos celulares e moleculares que controlam o desenvolvimento e o crescimento muscular. Revista Brasileira de Zootecnia, 36 (suppl), 21–31. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007001000003>.
- SILVA, L.C.R.; FURUYA, W.M.; NATALI, M.R.M.; SCHAMBER, C.R.; SANTOS, L.D.; VIDAL, L.V.O. 2010. Desempenho e morfometria intestinal de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com dietas suplementadas com L-glutamina e L-glutamato. R. Bras. Zootec., v.39, n.6, p.1175-1179.
- SHIMOMURA, Y., HARRIS, R.A. 2006. Metabolism and physiological function of branched-chain amino acids: discussion of session 1. J. Nutr. 136, 232S–3S.
- SOUZA, V.L.; URBINATI, E.C.; OLIVEIRA, E.G. 1997. Restrição alimentar, realimentação e as alterações no desenvolvimento de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887). B. Inst. Pesca. V.24. 19-24p. São Paulo.
- SOUZA, V.L.; URBINATI, E.C.; CHAINHO, D.; SILVA, P.C. 2002. Composição corporal e índices biométricos do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae) submetidos a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. Acta Sci. 24, 533–540.
- STATSOFT, I. 2005. Statistica (data analysis software system).
- TAKASHIMA, F.; HIBIYA, T. 1995. An atlas of fish histology: normal and pathological features, 2nd ed, Kondansha Ltda. Tokio.
- URBINATI, E.C.; CARNEIRO, P.C.F. 2004. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. Tópicos Especiais Em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva. Aquática, S.B.A.June, 171–194.
- VALENTE, L.M.P.; ROCHA, E.; GOMES, E.F.S.; SILVA, M.W.; OLIVEIRA, M.H.; MONTEIRO, R.A.F.; FAUCONNEAUS, B. 1999. Growth dynamics of white and red

- muscle fibres in fast- and slow-growing strains of rainbow trout. *J. Fish Biol.* 55, 675–691.
- WANG, Y.; CUI, Y.B.; YANG, Y.X.; CAI, F.S.; 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia, (*Oreochromis mossambicus* x *O-niloticus*), reared in seawater. *Aquaculture* 189, 101–108.
- WANG, Y.H.; XU, M.; WANG, F.N.; YU, Z.P.; YAO, J.H.; ZAN, L.S.; YANG, F.X 2009. Effect of dietary starch on rumen and small intestine morphology and digesta pH in goats. *Livest. Sci.* 122, 48–52.