

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

**DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO ALIMENTADOS
COM DIFERENTES RELAÇÕES AMIDO:PROTEÍNA DIETÉTICAS E SUBMETIDOS À
RESTRIÇÃO ALIMENTAR CÍCLICA**

ÉLISON SILVA DE MACÊDO

**Garanhuns
Estado Pernambuco
Fevereiro de 2018**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

**DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO ALIMENTADOS
COM DIFERENTES RELAÇÕES AMIDO:PROTEÍNA DIETÉTICAS E SUBMETIDOS À
RESTRIÇÃO ALIMENTAR CÍCLICA**

Autor: Élisson Silva de Macêdo
Orientador: Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo
Co-orientadores: Prof. Dr. Jorge Eduardo Cavalcante Lucena
Prof. Dr. Omer Cavalcanti de Almeida

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS, do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Área de Concentração: Produção Animal.

**Garanhuns
Estado Pernambuco
Fevereiro de 2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

M141d Macêdo, Élisson Silva de

Desempenho zootécnico de juvenis de tilápia - do - Nilo alimentados com diferentes relações amido : proteína dietéticas e submetidos à restrição alimentar cíclica / Élisson Silva de Macêdo. - 2018.

58 f. : il.

Orientador: Álvaro José de Almeida Bicudo.

Coorientadores: Omer Cavalcanti de Almeida, Jorge Eduardo Cavalcante Lucena.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós - Graduação em Ciência Animal e Pastagens, Garanhuns, BR - PE, 2018.

Inclui referências e anexos

1. Peixe - Nutrição 2. Peixe - Criação 3. Peixe - Alimentação e rações I. Bicudo, Álvaro José de Almeida, orient. II. Almeida, Omer Cavalcanti de, coorient. III. Lucena, Jorge Eduardo Cavalcante, coorient. IV. Título

CDD 639.31

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

**DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO ALIMENTADOS
COM DIFERENTES RELAÇÕES AMIDO:PROTEÍNA DIETÉTICAS E SUBMETIDOS À
RESTRICÇÃO ALIMENTAR CÍCLICA**

Autor: Élisson Silva de Macêdo

Orientador: Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo

TITULAÇÃO: Mestre em Ciência Animal e Pastagens

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Produção Animal

Prof. Dr. Daniel de Magalhães Araújo
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Prof. Dr. Danilo Teixeira Cavalcante
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo
Universidade Federal do Paraná - UFPR

**Garanhuns
Estado Pernambuco
Fevereiro de 2018**

Epígrafe

“Mas o Senhor conhece todas as coisas, desde o começo; portanto Ele prepara um caminho para realizar todas as Suas obras entre os filhos dos homens; pois eis que Ele tem todo o poder para fazer cumprir todas as suas palavras. E assim é. Amém.”

***—1 Néfi 9:6, Livro de Mórmon
Outro testamento de Jesus Cristo***

AGRADECIMENTOS

Primeiro, quero agradecer ao meu Pai Celestial, por me permitir fazer essa jornada terrena e por ter preparado mais dois de seus filhos para serem meus Pais, e seu primogênito para ser nosso Salvador e poder permitir retornarmos a sua presença. E justamente a eles, minha mãe Edleuza e meu pai Edimar, que serei eternamente grato pelo amor, compreensão e apoio de que tanto precisei. À minha esposa, Luciana, fiel companheira com quem compartilho todo o meu amor, conquistas e decepções.

Aos meus familiares, em especial meus irmãos, Eliton e Elida; Minha tia Ilza, pelo incentivo aos estudos desde sempre; meus avós Cravo, Damásio, Francisca e muitos outros que sempre acreditaram no meu potencial.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens e a CAPES pela oportunidade do mestrado, e a todos os professores que tocam esse programa.

Ao meu orientador, professor Álvaro Bicudo, por ter aceitado enfrentar essa jornada de orientador mesmo não estando fisicamente na mesma instituição que eu. Agradecer aos conselhos prestados não somente sobre assuntos voltados a universidade, mas aqueles para toda a vida. Agradecer a sua preocupação e exemplo em sempre fazer o melhor no seu trabalho de orientador, o que não é de nem longe fácil.

Aos meus co-orientadores, professores Jorge Lucena e Omer Almeida, e ao professor André Magalhães, coordenador do programa, por sempre estarem dispostos a resolver qualquer empecilho antes, durante e após o experimento de dissertação. À professora Márcia Bersane pela ajuda na parte histológicas das amostras.

Aos meus colegas e amigos maranhenses que enfrentaram a mesma jornada da pós-graduação fora de suas casas e abrigo dos familiares. Aqui, conseguimos compor uma nova família, apoiando uns aos outros e ajudando no que fosse necessário. Diana Valadares, Sanara Melo, Gabriela Duarte, Steyce, Diego e Raquel. Nesse time também entram Fábio, Diana Rocha, Thiago, Elias e William.

A todos os servidores da UAG, pelo acolhimento e convívio durante o período de trabalho. Em especial à Ana Lúcia Teodoro (PNPD) e também ao Luan (Técnico do Laboratório).

Ao serviço missionário de A Igreja de Jesus Cristo dos Santos dos Últimos Dias, em especial aos membros da Ala Boa Vista, por nos proporcionarem esse ambiente tão acolhedor.

Enfim, à todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para que esse mestrado e a estadia em Garanhuns-PE se tornasse uma das melhores experiências da minha vida. Meu eterno agradecimento!

BIOGRAFIA

Élison Silva de Macêdo, filho de Edimar Willians Bonfim de Macêdo e Edleuza Rocha Silva de Macêdo, nasceu na cidade de São Luís Gonzaga do Maranhão - MA, em 19 de julho de 1993. Nesse mesmo município estudou no Jardim de Infância Anne Emanuele e concluiu o ensino fundamental no Complexo Educacional de Ensino Fundamental e Médio Nazaré Ramos. Concluiu o ensino médio no ano de 2010, no Colégio Reis Magos, no município vizinho, Bacabal (MA). Ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, campus São Luís (MA) em março de 2011, onde desenvolveu atividades de iniciação científica e estágio extracurriculares no setor de Cunicultura (UEMA), na Embora Cocais (São Luís – MA) e na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Brasília – DF). Gradou-se como Bacharel em Zootecnia em março de 2016. Ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Garanhuns-PE) em março de 2016, submetendo-se à defesa da dissertação para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens no dia 23 de fevereiro de 2018. No mês de dezembro de 2017 foi aprovado em processo seletivo ao doutorado em Zootecnia nas universidades UNIOESTE (PR) e UEM (PR).

ÍNDICE

RESUMO.....	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I.....	11
Contextualização	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
4. OBJETIVOS	27
4.1 Geral	27
4.2. Específicos.....	27
CAPÍTULO II.....	28
Efeito da relação amido:proteína dietética sobre o desempenho de juvenis de tilápia-do-Nilo submetidos à restrição alimentar cíclica.....	29
RESUMO.....	29
INTRODUÇÃO.....	30
MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
RESULTADOS	34
AGRADECIMENTOS	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
LEGENDA DE FIGURAS	51
ANEXO	52

RESUMO

MACÊDO, Élison Silva. **Desempenho zootécnico de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com diferentes relações amido:proteína dietéticas e submetidos à restrição alimentar cíclica.** 2018. 58p. Manuscrito apresentado como parte das exigências para defesa de Dissertação no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns¹

Existem estratégias que podem ser utilizadas com o objetivo de reduzir custos da produção de peixes e mitigar os impactos ambientais, como a utilização de fontes energéticas não-proteicas nas formulações das rações e um adequado manejo alimentar. Objetivou-se avaliar o efeito da relação amido:proteína na ração sob o desempenho de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em restrição alimentar cíclica. Foram utilizadas 405 juvenis tilápia-do-Nilo distribuídas a partir de um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×3, totalizando nove tratamentos com três repetições de 15 animais. Os tratamentos consistiram de três relações amido:proteína (0,53-baixa, 0,69-média e 0,96-alta) e três estratégias de restrição alimentar cíclica (0 – peixes alimentados diariamente, 1- peixes submetidos a um dia de restrição alimentar seguido de três dias de realimentação; 2- peixes submetidos a dois dias de restrição alimentar seguido de três dias de realimentação). Houve interação significativa entre os dias de restrição e a relação amido:proteína apenas para consumo alimentar, índice viscerossomático, gordura muscular e densidade de volume de esteatose hepática. A conversão alimentar foi afetada negativamente ($P<0,05$) com o aumento dos dias de restrição ou com o aumento da relação amido:proteína da ração. O valor produtivo da proteína ou da energia, diminuíram com o aumento do número de dias de restrição. O aumento da relação amido:proteína da ração aumentou os teores de gordura corporal e muscular ($P<0,05$). A restrição alimentar em ciclos de um dia, seguidos de 3 dias de realimentação, tem efeito significativo na redução da gordura do fígado, quando é fornecida uma dieta com baixa relação amido:proteína. Em conclusão, mudanças na relação amido:proteína não influenciaram a resposta a diferentes períodos de restrição alimentar. Animais submetidos a um dia de restrição alimentar cíclica apresentam resposta compensatória parcial e, relação amido:proteína dietética acima de 0,69 pioram o desempenho zootécnico de juvenis de tilápia-do-Nilo.

Palavras-chave: nutrição de peixes, piscicultura, crescimento compensatório

¹Comitê Orientador: Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo DZ, setor Palotina/UFPR (orientador); Prof. Dr. Omer Cavalcanti de Almeida - PPGCAP/UFRPE (Co-orientador); Prof. Dr. Jorge Eduardo Cavalcante Lucena – PPGCAP/UFRPE (Co-orientador).

ABSTRACT

MACÊDO, Élison Silva. **Effect of starch:protein ratio under the growth performance of juvenile Nile tilapia subjected to cyclic food restriction**. 2018. 58 p. Manuscript presented as part of the requirements for the Dissertation Defense in the Postgraduate Program in Animal Science and Pasture, Rural Federal University of Pernambuco, Academic Unit of Garanhuns, PE²

There are strategies used to reduce fish production costs and mitigate environmental impacts. This may be possible such as the use of non-protein energy sources in feed formulations and adequate food management. The objective of this study was to evaluate the effect of the starch: protein ratio on the performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles under cyclic feed restriction. A total of 405 Nile tilapia juveniles distributed from a completely randomized design in a 3 × 3 factorial scheme were used, totaling nine treatments with three replicates of 15 animals. The treatments consisted of three starch: protein ratio (0.53-low, 0.69-medium and 0.96-high) and three cyclic feed restriction strategies (0 - fish fed daily, 1 fish submitted to a day of food restriction followed by three days of refeeding; 2- fish submitted to two days of feed restriction followed by three days of refeeding. There was a significant interaction between the days of restriction and the starch: protein ratio only for food consumption, viscerosoma index, muscle fat and volume density of hepatic steatosis. The feed conversion was negatively affected ($P < 0.05$) with the increase of the days of restriction or with the increase of starch:protein ratio. The productive value of protein or energy decreased with increasing number of days of restriction. The increase in starch:protein ratio increased body and muscle fat contents ($P < 0.05$). Feed restriction in one-day cycles, followed by 3 days of refeeding, has a significant effect on the reduction of liver fat, when a diet with a low starch: protein ratio is provided. In conclusion, changes in the starch:protein ratio did not influence the response to different periods of feed restriction. Animals submitted to one day food restriction cyclic present partial compensatory response and, starch:protein ratio above 0.69 worsen the zootechnical performance of juveniles of Nile tilapia.

Key words: fish nutrition, fish farming, compensatory growth

²Committee Advisor.: Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo DZ, setor Palotina/UFPR (Advisor); Prof. Dr. Omer Cavalcanti de Almeida - PPGCAP/UFRPE (co-advisor); Prof. Dr. Jorge Eduardo Cavalcante Lucena – PPGCAP/UFRPE (co-advisor).

CAPÍTULO I

Contextualização

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é o setor da produção animal que mais cresceu nas últimas décadas, acompanhado principalmente pelo crescimento econômico dos países emergentes e pelo aumento do consumo de pescados pela população mundial. Outro fator que tem contribuído para o aumento da produção dos organismos aquáticos é a diminuição dos recursos pesqueiros, aumentando a produção aquícola em aproximadamente doze vezes em relação ao aumento da pesca (FAO, 2014). Assim, a aquicultura é essencial para a segurança alimentar devido à produção significativa de algumas espécies de baixo custo, destinada principalmente para consumo humano (FAO, 2016).

O Brasil apresenta boas condições ambientais para a produção de organismos aquáticos, dentre as quais destacam-se: possuir 8.400 km de litoral e 12% da água doce disponível no planeta, com 5.500.000 ha de lâmina d'água em reservatórios (MPA, 2014). A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) possui a maior representatividade (41,9%) entre as espécies cultivadas no país, com produção de 198 mil toneladas em 2014 (IBGE, 2014). Esta espécie está entre as responsáveis pela maior parte do aumento na produção aquícola mundial, com previsão de representar 60% da produção aquícola global em 2025, somada a produção de carpas e bagres (incluindo *Pangasius* sp.) (FAO, 2016).

A demanda crescente por pescados exige melhorias nos sistemas de produção, que devem conciliar o lucro para o produtor, tornar o produto acessível à população e minimizar o impacto ambiental (NAYLOR et al., 2000). Com relação à obtenção de lucro pelo produtor é evidente haver, dentre outros fatores, dependência dos custos de produção. Neste sentido, destaca-se que apenas o custo com alimentação na produção de tilápias em sistema intensivo pode representar até 70% do custo total (Furlaneto, F.P.B; Ayroza, D.M.M.R; Ayroza, 2006). Por esse motivo, para que a demanda pelo pescado seja atendida, são imprescindíveis pesquisas nas áreas de nutrição e alimentação dos peixes, uma vez que implicam diretamente no aumento da viabilidade econômica da atividade. Diante disto, fica evidente que rações de baixa qualidade ou mal formuladas também impactam negativamente sobre a lucratividade, mas também sobre a sustentabilidade ambiental, pois os nutrientes não aproveitados são excretados e prejudicam a qualidade da água (SARDAR et al., 2007), formando um ciclo que inviabiliza a conciliação do lucro, acessibilidade ao pescado e mitigação dos impactos ambientais.

Existem estratégias que podem ser utilizadas com o objetivo de reduzir custos da produção do pescado e mitigar impactos ambientais, como pela utilização de fontes energéticas não-proteicas nas formulações das rações ou pela implementação de manejo alimentar realmente eficiente. A utilização

de rações ricas em amido, por exemplo, pode induzir os peixes à utilizarem o carboidrato como fonte de energia. Isso permite direcionar a proteína absorvida para o crescimento e tornar a formulação das rações mais econômica (AZAZA et al., 2015; FORTES-SILVA e SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2012). Já as possíveis respostas à restrição alimentar, como hiperfagia, aumento no desenvolvimento corporal, aumento da eficiência alimentar e melhoria da qualidade da água têm aumentado o interesse no estudo do crescimento compensatório como ferramenta de gestão na aquicultura (ALI et al., 2003).

As novas tecnologias contribuem de forma significativa para ao aumento da produção em cativeiro de várias espécies na aquicultura. Os estudos que objetivam avaliar o desempenho animal frente a fatores que podem beneficiar a atividade pecuária, são de fundamental importância e necessitam ser explorados. A saber, ainda não estão esclarecidos todos os aspectos que influenciam o ganho compensatório nos peixes. Os resultados ainda são contraditórios e precisam ser esclarecidos frente às inúmeras possibilidades de combinação entre restringir alimento e as demais condições de cultivo, principalmente no que tange a composição nutricional das rações.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Relação amido:proteína na nutrição de peixes

O termo carboidrato refere-se a um grande número de moléculas compostas principalmente de carbono, oxigênio e hidrogênio. Este grupo de moléculas é bastante complexo em termos de unidades de açúcares, ligações entre as unidades e ramificações. Sua composição e estrutura molecular determinam a susceptibilidade à degradação enzimática ou fermentação bacteriana, assim como os efeitos sobre a fisiologia animal (NRC, 2011). Os carboidratos são classificados de acordo com o grau de polimerização em monossacarídeos, dissacarídeos (2 unidades de monossacarídeo), oligossacarídeos (3 a 9 unidades de monossacarídeo) ou polissacarídeos (10 ou mais unidades de monossacarídeo) (NRC, 2011). Em termos práticos, para ingredientes de rações para espécies aquáticas, os carboidratos incluem açúcares de baixo peso molecular, amido e polissacarídeos não amiláceos (PNA).

O amido é um polissacarídeo composto exclusivamente por unidades de glicose com ligações α -glicosídica que podem ser hidrolisadas pela enzima α -amilase (NRC, 2011). O amido é o principal polissacarídeo armazenado como reserva de energia nas plantas não oleaginosas, formado basicamente por dois polímeros: amilose (27,8%) com ligações glicosídicas α -1,6 e a amilopectina (72,2%) com ligações α -1,4 (WEBER; QUEIROZ e CHANG, 2009). Os PNA são predominantemente componentes estruturais das paredes celulares, e compreendem celulose e β -glucanos (polímeros de glicose com β -ligações), hemicelulose (vários açúcares com β -ligações) pectinas e gomas (α - e β -galactosídeos, respectivamente) (NRC, 2011). A presença de enzimas microbianas que hidrolisam as ligações dos PNA, parece ser muito baixa em peixes (NG e ROMANO, 2013; SINHA et al., 2011). Embora tenha sido constatada a atividade de bactérias celulolíticas no intestino da tilápia-de-Moçambique (*Oreochromis mossambicus*), a celulose não seria sensivelmente digerida devido à duração insuficiente do alimento no trato intestinal (Saha, Roy, Sen, & Ray, 2006).

A capacidade de utilizar o amido dietético difere entre espécies, sendo que peixes onívoros e herbívoros são mais eficientes que os carnívoros (Enes, Panserat, Kaushik, & Oliva-Teles, 2009; Polakof, Panserat, Soengas, & Moon, 2012). Para peixes carnívoros não é recomendada a inclusão superior a 20% de carboidratos nas dietas (Enes, Panserat, Kaushik, & Oliva-Teles, 2011; Polakof et al., 2012). Entretanto, para espécies onívoras e herbívoras, é possível incluir até 45% de carboidratos na ração, sem efeitos negativos sobre o crescimento (LI et al., 2016; MOHAPATRA, SAHU e CHAUDHARI, 2003; TAN et al., 2009). A existência de variações morfológicas e fisiológicas nos

aparelhos digestivos entre espécies onívoras, também implicam na eficiência de utilização dos carboidratos digestíveis. A tilápia-do-Nilo, por exemplo, possui intestino longo e por esse motivo é considerada mais apta a utilizar o amido dietético do que outras espécies onívoras com menor coeficiente intestinal, como o jundiá (*Rhamdia quelen*) (Gominho-Rosa et al., 2015; RODRIGUES, GOMINHO-ROSA, CARGNIN-FERREIRA, De FRANCISCO, & FRACALOSSO, 2012).

Os carboidratos são considerados um nutriente controverso na piscicultura, pois os peixes não apresentam exigência nutricional estabelecida (NRC, 2011). Uma possível explicação sobre a inexistência de exigências nutricionais em carboidratos para peixes se deve a priorização da obtenção da energia a partir da proteína dietética pela gliconeogênese (TACON, 1988). Entretanto, em tilápias, a diminuição do nível de proteína bruta na dieta e aumento do teor de amido não reduz o ganho de peso, sugerindo que mesmo níveis proteicos abaixo das exigências nutricionais, mas com níveis suficientes de amido na dieta, podem reduzir o custo da alimentação dos peixes e mitigar os impactos ambientais (AZAZA et al., 2015; SHIAU e PENG, 1993).

Foi observado que a utilização do amido ao invés da glicose, nas dietas dos peixes, pode ser mais útil nos casos onde houver restrição de alimento. Em tilápias híbridas (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) alimentadas com dietas contendo 40% de amido, foi observada a mobilização do glicogênio hepático e do lipídio corporal como fonte de energia primária durante as primeiras duas semanas em jejum. Por outro lado, nos peixes alimentados com dietas contendo glicose, a energia para manutenção foi suprida a partir do catabolismo da proteína corporal e lipídios (HSIEH e SHIAU, 2000). Devido a mais rápida absorção da glicose em relação à mobilização das enzimas responsáveis para o seu metabolismo, tem-se sugerido que os níveis excessivos de glicose no sangue conduzam à excreção urinária pela da tilápia (Lin, Liou, & Shiau, 2000). Ou seja, dietas ricas em amido podem ser mais indicadas quando é pretendido trabalhar com restrição de alimento para peixes.

As tilápias podem utilizar cerca de 40-50% de carboidratos nas dietas (Hemre, Mommsen, & Krogdahl, 2002a). No entanto, os peixes geralmente apresentaram uma longa hiperglicemia pós-prandial após o fornecimento de rações com elevados níveis de carboidratos digestíveis, o que está associado a retardo no crescimento e até mesmo à esteatose hepática (Enes et al., 2009; Hemre et al., 2002a). Tilápia-do-Nilo alimentadas com relação amido:proteína de 1,06 (26,82% de amido e 25,2% de proteína) apresentaram baixo crescimento e alta acumulação de lipídios corporais comparados aos peixes alimentados com dietas contendo relação amido:proteína de 0,50 (16,62% de amido e 33,5% de proteína) (Xiong et al., 2014). Por esse motivo deve existir um balanço criterioso nas relações entre os nutrientes das rações, com o intuito de manter a saúde dos peixes e a economicidade da atividade

quando se deseja trabalhar com fontes de energia não-proteica, como o amido.

2.2. Tempo de restrição alimentar e sua relação com o crescimento compensatório em peixes

Alterações nas estratégias de alimentação dos peixes, como a restrição alimentar, podem ser utilizadas em piscicultura como prática para melhorar o desempenho, aproveitamento da ração ofertada e qualidade da água. A restrição alimentar contínua é quando os animais passam dias consecutivos sem receber alimento e voltam a ser alimentados normalmente após esse período (ABDEL-HAKIM et al., 2009; GAO e LEE, 2012; WANG et al., 2000). A restrição alimentar cíclica caracteriza-se pela oferta do alimento em dias alternados (ABDEL-TAWWAB et al., 2006; ARAUCO e COSTA, 2012; LIMBU e JUMANNE, 2014; PALMA et al., 2010; WANG et al., 2009). A restrição cíclica é justificada pela tentativa de imitar a flutuação natural na disponibilidade de alimentos (TURANO, BORSKI e DANIELS, 2008). Os protocolos de restrição alimentar visam obter, no período de realimentação, uma taxa de crescimento acima do normal estimulada por respostas fisiológicas que levem ao crescimento compensatório (Ali et al., 2003).

O crescimento compensatório é classificado em quatro graus de compensação. Três deles fazem referência ao processo de restrição alimentar e realimentação quando o tempo de produção é similar dentre os peixes que sofreram restrição alimentar e aqueles que foram continuamente alimentados. No primeiro caso, denomina-se sobre-compensação quando os animais submetidos à restrição alimentar apresentam taxa de crescimento superior à dos animais alimentados continuamente. No segundo, compensação total, os peixes mantidos sob restrição alimentar atingem peso equivalente ao dos contemporâneos alimentados continuamente. E, quando não ocorrem respostas compensatórias no período de realimentação, os peixes não alcançam pesos finais semelhantes ao grupo alimentado continuamente. O quarto tipo de crescimento compensatório, denominado de compensação parcial, ocorre quando os animais, após o período de restrição alimentar, necessitam de mais tempo de realimentação para compensar o atraso no desenvolvimento (ALI et al., 2003).

Estudos com tilápias indicam que apesar das diferentes condições experimentais, pode existir um tempo mínimo de realimentação em função do tempo em restrição de alimento. O tempo de realimentação insuficiente, por exemplo, pode ocorrer nos casos onde se observa compensação parcial de crescimento dos peixes. Nessa condição, os animais podem apresentar alta taxa de crescimento e até mesmo melhora na conversão alimentar quando realimentados (ALI et al., 2003), mas, em virtude do tempo experimental, os animais não atingirão pesos equivalentes aos animais alimentados

continuamente. Ou seja, o tempo de realimentação nos estudos experimentais com restrição alimentar não foi suficiente para que houvesse equivalência ao peso dos animais alimentados continuamente. Para exemplificar, foram extraídos os dados de tempo que tilápias passaram recebendo alimento (DCA) e o tempo sem receber alimento (DSA), para obtenção da relação entre eles (DCA:DSA). A relação obtida (DCA:DSA), serviu para inferir a quantidade de dias necessários para compensar um dia de restrição alimentar (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados obtidos em trabalhos experimentais com restrição alimentar em tilápias.

	Dias com alimentação (DCA)	Dias sem alimentação (DSA)	Relação DCA:DSA	Peso final ¹ (g)	
Restrição alimentar contínua	91	0	0,0	22,6 a	
	ABDEL- TAWWAB et al., 2006	84	7	12,0	23,3 a
		77	14	5,5	21,7 b
		70	21	3,3	21,4 b
		63	28	2,2	18,8 c
		56	0	0,0	30,81 a
	WANG et al., 2000	49	7	7,0	27,84 a
		42	14	3,0	21,52 b
		28	28	1,0	15,51 b
		91	0	0,0	A
	² GAO; LEE, 2012	84	7	12,0	A
		77	14	5,5	A
63		28	2,25	B	
84		0	0,0	59,3 a	
Restrição alimentar cíclica	WANG et al., 2009	56	28	2,0	40,9 b
		56	28	2,0	44,1 b
		56	28	2,0	45,7 b
		90	0	0,0	107,5 a
	ARAUCO; COSTA, 2012	60	30	2,0	46,7 b
		45	45	1,0	30,3 c
		63	0	0,0	8,0 a
	PALMA et al., 2010	45	18	2,5	7,5 a
		36	27	1,3	6,8 b
		56	0	0,0	11,1 a
		LIMBU; JUMANNE, 2014	39	17	2,3
	32		24	1,3	11,4 a
168	0		0,0	243,1 a	
ABDEL- HAKIM et al., 2009	152	16	9,5	242,0a	
	136	32	4,25	240,4 b	
	120	48	2,5	230,6 b	

¹Letras iguais na coluna não apresentaram diferença estatística em relação ao tratamento sem restrição alimentar. ²Ausência dos valores de peso final.

Nos trabalhos com o gênero *Oreochromis* submetidos a dias contínuos em restrição de alimento

e realimentados com duas refeições diárias (Abdel-Tawwab et al., 2006; Y Wang et al., 2000), a relação DCA:DSA igual a 7,0 indica que foram necessários no mínimo sete dias de alimentação para compensar um dia em que os animais ficaram sem receber alimento, uma vez que o peso final do grupo de peixes que sofreram restrição alimentar foi equivalente ao peso nos animais alimentados continuamente. Quando tilápias foram alimentadas três vezes ao dia (Gao & Lee, 2012), a relação DCA:DSA baixou para 5,5. Isso significa dizer que animais em períodos contínuos de restrição alimentar, quando realimentadas com três refeições diárias, necessitariam de no mínimo 5,5 dias de realimentação para compensar um dia de restrição de alimento. As diferenças encontradas na relação DCA:DSA para os experimentos analisados podem ser explicadas justamente pelo regime alimentar empregado no período de realimentação, uma vez que a frequência alimentar e quantidade de alimento fornecido influenciam diretamente na melhor utilização do alimento (Graeff & Pruner, 2008; MARQUES, HAYASHI, GALDIOLI, SOARES, & FERNANDES, 2008). Espécies de peixes onívoros, como é o caso da tilápia, apresentam estômago pequeno, e procuram o alimento mais frequentemente por apresentar limitações na capacidade de armazenamento de alimento (Souza, Campeche, Campos, Figueiredo, & Melo, 2014). Por esse motivo é de extrema importância nos trabalhos com restrição alimentar, independente da espécie, determinar as necessidades qualitativas e quantitativas dos nutrientes da dieta para a formulação de rações adequadas, que atendam às exigências nutricionais e estejam em conformidade com a fisiologia digestiva dos peixes.

No trabalho de Wang et al. (2009), as tilápias também foram submetidas às seguintes condições: quatro ciclos de uma semana de restrição alimentar e duas semanas de realimentação, dois ciclos de duas semanas de restrição e quatro semanas de realimentação, e um ciclo de quatro semanas de restrição e oito semanas de realimentação. Em todas as situações, o tempo no qual os animais ficaram sem alimentação e o tempo com alimentação foram os mesmos, e conseqüentemente apresentaram a mesma relação DCA:DSA igual a 2,0. A relação DCA:DSA de 2,0, também obtida por ARAUCO; COSTA (2012), foi indicado como tempo insuficiente para realimentação, e os animais não alcançaram pesos equivalentes aos animais alimentados continuamente.

Ainda no trabalho de Wang et al. (2009), quando os animais foram submetidos apenas a um ciclo de quatro semanas de restrição e oito semanas de realimentação equivaleu-se à restrição alimentar contínua. Nessas condições, levando em consideração o resultado obtido por WANG et al., 2000, o mínimo de tempo necessário de realimentação para que os animais alcancem pesos equivalentes aos animais alimentados continuamente, deveria ser de sete vezes o tempo de restrição.

Diferentemente, com alimentação duas vezes ao dia e relação DCA:DSA de 2,5 (ciclos compostos por cinco dias de alimentação seguidos de dois dias de restrição de alimento) não houve comprometimento do desenvolvimento das tilápias, apresentando peso semelhante aos animais

continuamente alimentados (PALMA et al., 2010).

Num outro estudo, as tilápias foram alimentados a cada um ou dois dias de restrição durante cinco semanas e alimentadas continuamente por mais três semanas (LIMBU; JUMANNE, 2014). Nesse caso, a realimentação contínua, mesmo após ciclos de restrição e alimentação associada ao fornecimento de ração em quantidade superiores a 5% da biomassa, duas vezes ao dia contribuíram para a redução da relação DCA:DSA. Ou seja, os peixes submetidos a um período de restrição de dois dias (DCA:DSA = 1,3), alcançaram, no fim do experimento, pesos semelhantes aos animais alimentados continuamente.

Na condução do experimento de ABDEL-HAKIM et al., (2009), os animais passaram por ciclos de restrição alimentar de um, dois ou três dias por semana durante 4 meses e foram alimentados continuamente por mais 2 meses. Nesse caso, a relação DCA:DSA de 2,5 ou 4,5 não foi suficiente para que ocorressem respostas compensatórias. A explicação pode estar associada à taxa de arraçoamento adotada, onde tilápias receberam ração a 3% da biomassa. A alimentação em função da oferta de uma reduzida biomassa pode ter comprometido o comportamento hiperfágico, comumente observado nos trabalhos em que houve ganho compensatório em peixes (Dong et al., 2013; Känkänen & Pirhonen, 2009; Ribeiro & Tsuzuki, 2010; Simčič, Jesenšek, & Brancelj, 2015). Assim, não sendo atendida a capacidade de consumo de ração durante o período de realimentação, os peixes não consomem a quantidade de ração necessária para atingir o ganho compensatório.

Como exposto, a restrição alimentar de até 14 dias consecutivos resultou em crescimento compensatório total (GAO e LEE, 2012). Assim, como a contagem dos dias sem receber alimento em restrição cíclica (ciclos compostos por cinco dias de alimentação seguidos de dois dias de restrição de alimento) foi de 18 dias, e os animais também obtiverem crescimento compensatório total (Palma et al., 2010). No outro estudo, a restrição alimentar cíclica (dois dias de jejum a cada um dia de alimentação) e realimentação contínua durante os últimos 25% do período da cultura não afetou o desempenho do crescimento, a utilização de nutrientes e a taxa de sobrevivência em tilápia (LIMBU e JUMANNE, 2014). Ou seja, os resultados positivos com o aumento dos dias de restrição alimentar pela utilização de ciclos de restrição podem ser mais atrativos por reproduzir os sistemas aquáticos naturais em termos de oferta de alimento e resultar em crescimento compensatório (Turano et al., 2008).

Fatores como aumento do número de refeições diárias e maior quantidade de alimento disponibilizado podem diminuir o tempo de realimentação necessário para compensação do atraso de crescimento. Para nortear o protocolo de restrição alimentar nos estudos experimentais com tilápias, pode-se considerar que, quando o regime de restrição alimentar for contínuo e a realimentação incluir

duas refeições diárias, o tempo mínimo necessário para que tilápias alcancem pesos semelhantes aos animais alimentados continuamente seria de sete vezes o tempo de restrição alimentar (Y Wang et al., 2000). Quando a realimentação incluir três refeições diárias, o tempo mínimo necessário diminui para 5,5 vezes o tempo de restrição alimentar (GAO and LEE, 2012). Quando o regime de restrição alimentar for em ciclos e a realimentação incluir duas refeições diárias, o tempo mínimo necessário para compensação no crescimento seria de 2,5 vezes o tempo de restrição alimentar (Palma et al., 2010).

2.3. Crescimento compensatório e sua relação com a formulação das rações

Alterações nas taxas de desenvolvimento dos peixes para indução ao crescimento compensatório podem alterar também as necessidades de nutrientes para atender essa demanda. Por esse motivo vários pesquisadores têm dado maior importância da nutrição na regulação da resposta compensatória (CHO e HEO, 2011; GIBSON GAYLORD e GATLIN, 2001).

Nos casos de restrição alimentar, as dietas com altos níveis de proteína bruta e/ou lipídios, efetivamente, melhoraram o crescimento compensatório em juvenis de linguado (*Paralichthys olivaceus*, 54,8% de proteínas bruta e 14% de lipídios) (CHO, S.H. e HEO, 2011), tambaqui (*Colossoma macropomum*, 36% de proteína bruta) (L. Santos, Pereira Filho, Sobreira, Ituassú, & Fonseca, 2010) e em tilápias (36% de proteína bruta e 11% de lipídios) (peso inicial de $8,79 \pm 0,34$ g) (Ye, Chen, & Wang, 2016), com redução dos custos da mão-de-obra com alimentação. Em linguado (*Paralichthys olivaceus*) foi observado também que tanto a suplementação dietética de proteínas como de carboidratos e lipídios e suas combinações, podem melhorar o crescimento compensatório, após a privação de alimento de duas semanas (Cho, 2011). Entretanto, em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) submetidos a 14 dias de restrição alimentar contínua e alimentados com diferentes relações entre energia e proteína dietética (11,5, 10,5, 9,5 e 8,5 kcal g⁻¹) não apresentaram compensação de crescimento, ou seja, não houve aumento na demanda de proteína e energia por esses animais (M. Q. de C. Santos et al., 2013).

Os estudos que objetivam ganho compensatório em peixes por meio da dieta podem ainda ser executados sem, necessariamente, haver períodos de jejum prolongado. Nesses casos, a restrição alimentar pode ocorrer em termos de qualidade da dieta e não necessariamente em função do jejum. Em carpa comum (*Cyprinus carpio*) a restrição alimentar se deu por meio da permuta entre dietas com níveis de proteína bruta diferentes (Baixa proteína dietética: 20% PB e alta proteína dietética: 30% PB). Os peixes que foram alimentados intercalando as dietas a cada um ou três dias da mesma refeição

(por exemplo, três dias da dieta com 20% PB seguida de três dias da dieta com 30% PB, até o fim do experimento) mostraram crescimento comparável aos peixes que só consumiram a dieta com alta proteína (Parimal Sardar, Sinha, & Datta, 2011). O bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*) também compensou o atraso de crescimento quando os animais passaram de uma dieta com menos proteína (32 ou 26% de PB) para uma dieta com mais proteína bruta (39% de PB) (Dong et al., 2013). Em ambos casos essas estratégias podem ser utilizadas para minimizar o custo de produção, uma vez que reduzem a quantidade do macronutriente mais onerosos das dietas.

Conhecer as estratégias fisiológicas ativadas pelos peixes para enfrentar períodos de restrição alimentar, podem ter implicações importantes na compreensão de como os peixes estão bem adaptados ao ambientes com disponibilidade de alimentos altamente variável. As consequências dessas adaptações, sejam elas boas ou ruins, precisam ser estudas com intuito de contribuir para a redução dos custos de produção em cativeiro. Além disso, o conhecimento do efeito dos nutrientes da dieta no metabolismo durante a restrição alimentar e realimentação pode ser útil para melhorar a saúde dos peixes e também otimizar a produção aquícola.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-HAKIM, N. F. et al. Effect of feeding regimes on growth performance of juvenile hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*). **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 1, p. 49–54, 2009.

ABDEL-TAWWAB, M. et al. Compensatory growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Journal of Applied Aquaculture**, v. 18, n. 3, p. 17–36, 10 ago. 2006.

ALI, M.; NICIEZA, A.; WOOTTON, R. J. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. **Fish and Fisheries**, v. 4, n. 2, p. 147–190, 14 jun. 2003.

ARAUCO, L. R. R.; COSTA, V. B. Restrição alimentar no desempenho produtivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 2, p. 134–138, 2012.

AZAZA, M. S. et al. Compensatory growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., in response to dietary starch to protein ratios. **Aquaculture Research**, v. 46, n. 1, p. 14–27, jan. 2015.

CHO, S. H. Effect of dietary protein and lipid levels on compensatory growth of juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) reared in suboptimal temperature. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 24, n. 3, p. 407–413, 22 fev. 2011.

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. 17, n. 1, p. 90–97, fev. 2011.

DONG, G. F. et al. Responses of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco* Richardson) to low-protein diets and subsequent recovery. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, n. 3, p. 430–439, jun. 2013.

ENES, P. et al. Nutritional regulation of hepatic glucose metabolism in fish. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 35, n. 3, p. 519–539, 2009.

ENES, P. et al. Dietary carbohydrate utilization by european sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) and gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. **Reviews in Fisheries Science**, v. 19, n. 3, p. 201–215, 2011.

FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2014 (SOFIA). Opportunities and challenges. p. 595, 2014.

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. n. Roma, p. 224, 2016.

FORTES-SILVA, R.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Use of self-feeders to evaluate macronutrient self-selection and energy intake regulation in Nile tilapia. **Aquaculture**, v. 326–329, p. 168–172, 2012.

FURLANETO, F.P.B; AYROZA, D.M.M.R; AYROZA, L. M. S. Custo e rentabilidade da produção de Tilápia (*Oreochromis spp.*) em tanque-rede no médio Paranapanema, Estado de São Paulo, Safra 2004/5. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 3, p. 63–69, 2006.

GAO, Y.; LEE, J. Y. Compensatory responses of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* under different feed-deprivation regimes. **Fisheries and Aquatic Science**, v. 15, n. 4, p. 305–311, 2012.

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, mar. 2001.

GOMINHO-ROSA, M. DO C. et al. Comparison between the omnivorous jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the utilization of dietary starch sources: Digestibility, enzyme activity and starch microstructure. **Aquaculture**, v. 435, p. 92–99, jan. 2015.

GRAEFF, Á.; PRUNER, E. N. Variação percentual e frequência de alimento fornecido no desenvolvimento final de jundiás (*Rhamdia quelen*) na fase de recria. **Archivos latinoamericanos de producción animal**, v. 17, n. 1–2, p. 1–7, 2008.

HEMRE, G. I.; MOMMSEN, T. P.; KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: Effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 175–194, 2002.

HSIEH, S. L.; SHIAU, S. Y. Effects of diets containing different carbohydrates on starved condition in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* x *O-aureus*. **Fisheries Science**, v. 66, n. 1, p. 32–37, 2000.

IBGE. Produção da pecuária municipal. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, v. 42, p. 1–39, 1 dez. 2014.

KÄNKÄNEN, M.; PIRHONEN, J. The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish *Coregonus lavaretus L.* **Aquaculture**, v. 288, n. 1–2, p. 92–97, 2009.

LI, X. et al. Carbohydrate utilization by herbivorous and omnivorous freshwater fish species: A comparative study on gibel carp (*Carassius auratus gibelio*. var CAS III) and grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). **Aquaculture Research**, v. 47, n. 1, p. 128–139, 2016.

LIMBU, S. M.; JUMANNE, K. Effect of restricted and re-feeding regime on feeding cost , growth performance , feed utilization and survival rate of mixed sex Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in tanks. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 2, n. 1, p. 118–123, 2014.

LIN, S.-C.; LIOU, C.-H.; SHIAU, S.-Y. Renal threshold for urinary glucose excretion by tilapia in response to orally administered carbohydrates and injected glucose. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 23, n. 2, p. 127–132, 2000.

MARQUES, N. R. et al. Frequência de alimentação diária para alevinos de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*, V.). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 2, p. 311–317, 2008.

MOHAPATRA, M.; SAHU, N. P.; CHAUDHARI, A. Utilization of gelatinized carbohydrate in diets of *Labeo rohita* fry. **Aquaculture Nutrition**, v. 9, n. 3, p. 189–196, 2003.

MPA - MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. 1o Anuário brasileiro da pesca e aquicultura. **Brasil 2014**, p. 136, 2014.

National Research Council [NRC]. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington: National Academy Press, 2011.

NAYLOR, R. L. et al. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, n. 6790, p. 1017–24, 2000.

NG, W. K.; ROMANO, N. A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, n. 4, p. 220–254, 2013.

PALMA, E. H. DA et al. Estratégia alimentar com ciclos de restrição e realimentação no desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo da linhagem GIFT. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 391–396, fev. 2010.

- POLAKOF, S. et al. Glucose metabolism in fish: a review. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 182, n. 8, p. 1015–1045, 5 dez. 2012.
- RIBEIRO, F. F.; TSUZUKI, M. Y. Compensatory growth responses in juvenile fat snook, *Centropomus parallelus* Poey, following food deprivation. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 9, p. 226–233, 2010.
- RODRIGUES, A. P. O. et al. Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 65–72, fev. 2012.
- SAHA, S. et al. Characterization of cellulase-producing bacteria from the digestive tract of tilapia, *Oreochromis mossambica* (Peters) and grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes). **Aquaculture Research**, v. 37, n. 4, p. 380–388, 2006.
- SANTOS, L. et al. Exigência protéica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 3, p. 597–604, 2010.
- SANTOS, M. Q. DE C. et al. Feeding strategies and energy to protein ratio on tambaqui performance and physiology. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 955–961, 2013.
- SARDAR, P. et al. Effect of dietary microbial phytase supplementation on growth performance, nutrient utilization, body compositions and haemato-biochemical profiles of *Cyprinus carpio* (L.) fingerlings fed soyprotein-based diet. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, n. 6, p. 444–456, 2007.
- 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**, v. 81, n. 5, p. 105–110, 2011.
- SHIAU, S.-Y.; PENG, C.-Y. Protein-sparing effect by carbohydrates in diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. **Aquaculture**, v. 117, n. 3–4, p. 327–334, nov. 1993.
- SIMČIČ, T.; JESENŠEK, D.; BRANCELJ, A. Metabolic Potential, Respiration Rate and Their Relationship in Offspring of Different Sizes of Marble Trout (*Salmo marmoratus* Cuvier). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 15, p. 39–48, 2015.
- SINHA, A. K. et al. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition – A review. **Food Chemistry**, v. 127, n. 4, p. 1409–1426, ago. 2011.

- SOUZA, R. C. et al. Frequência de alimentação para juvenis de tambaqui. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 3, p. 927–932, jun. 2014.
- TACON, A.G.J. **The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – A training manual**. 1. – The essential nutrients. FAO – GCP/RLA/075/ITA. Brasília, D.F., pg.117, 1988. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB470E/AB470E00.htm#TOC>. Acesso em: 20/10/2017.
- TAN, Q. et al. Effect of high dietary starch levels on the growth performance, blood chemistry and body composition of gibel carp (*Carassius auratus* var. gibelio). **Aquaculture Research**, v. 40, n. 9, p. 1011–1018, 2009.
- TURANO, M. J.; BORSKI, R. J.; DANIELS, H. V. Effects of cyclic feeding on compensatory growth of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) foodfish and water quality in production ponds. **Aquaculture Research**, v. 39, n. 14, p. 1514–1523, 2008.
- WANG, Y. et al. Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*, reared in seawater. **Aquaculture**, v. 189, n. 1–2, p. 101–108, 2000.
- WANG, Y. et al. Cyclical feed deprivation and refeeding fails to enhance compensatory growth in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, v. 40, n. 2, p. 204–210, 2009.
- WEBER, F. H.; QUEIROZ, F. P. C.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 748–753, 2009.
- XIONG, Y. et al. Deep sequencing of the tilapia (*Oreochromis niloticus*) liver transcriptome response to dietary protein to starch ratio. **Aquaculture**, v. 433, p. 299–306, 2014.
- YE, J.-D.; CHEN, J.-C.; WANG, K. Growth performance and body composition in response to dietary protein and lipid levels in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) subjected to normal and temporally restricted feeding regimes. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 32, n. 2, p. 332–338, abr. 2016.

4. OBJETIVOS

4.1 Geral

Avaliar o efeito da relação amido:proteína sobre o desempenho zootécnico de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidos à restrição alimentar cíclica.

4.2. Específicos

Avaliar os índices de desempenho zootécnico, composição química muscular e corporal, retenção de nutrientes e histologia do fígado de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com rações contendo relações amido:proteína em diferentes regimes de restrição alimentar cíclica.

CAPÍTULO II

Efeito da relação amido:proteína dietética sobre o desempenho de juvenis de tilápia-do-Nilo submetidos à restrição alimentar cíclica

Élison Silva de Macêdo¹, Omer Cavalcanti de Almeida¹, Jorge Eduardo Cavalcante Lucena¹, Márcia Bersane Araújo de Medeiros Torres² e Álvaro José de Almeida Bicudo^{3*}

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Garanhuns, Avenida Bom Pastor, s/n, Boa Vista - CEP: 55292-270 - Garanhuns/PE.

² Laboratório de Anatomia e Patologia Animal da Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Avenida Bom Pastor, s/n, Boa Vista - CEP: 55292-270 - Garanhuns/PE.

³Universidade Federal do Paraná – Departamento de Zootecnia, Setor Palotina, Rua Pioneiro, 2153 – Dallas – 85950-000 - Palotina, PR, Brasil

*Autor correspondente: ajabicudo@gmail.com (Bicudo, A.J.A)

RESUMO

Em ambiente natural, a sazonalidade na oferta de alimento pode induzir crescimento compensatório em peixes. As condições que estimulam o crescimento compensatório nos peixes também podem ser reproduzidas nos sistemas de cultivo por meio da restrição alimentar e a qualidade das rações. Objetivou-se avaliar o efeito da relação amido:proteína na ração sob o desempenho de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em restrição alimentar cíclica. Foram utilizadas 405 juvenis tilápia-do-Nilo distribuídas a partir de um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×3, totalizando nove tratamentos com três repetições de 15 animais. Os tratamentos consistiram de três relações amido:proteína (0,53-baixa, 0,69-média e 0,96-alta) e três estratégias de restrição alimentar cíclica (0 – peixes alimentados diariamente, 1- peixes submetidos a um dia de restrição alimentar seguido de três dias de realimentação; 2- peixes submetidos a dois dias de restrição alimentar seguido de três dias de realimentação. Houve interação significativa ($P<0,05$) entre os dias de restrição e a relação amido:proteína apenas para o consumo alimentar, o índice viscerossomático, a gordura muscular e a densidade de volume de esteatose hepática. A conversão alimentar foi afetada negativamente ($P<0,05$) com o aumento dos dias de restrição ou com o aumento da relação amido:proteína da ração. O valor produtivo da proteína ou da energia, diminuíram com o aumento do número de dias de restrição. O aumento da relação amido:proteína da ração aumentou os teores de gordura corporal e muscular ($P<0,05$). A restrição alimentar em ciclos de um dia, seguidos de 3 dias

de realimentação, tem efeito significativo na redução da gordura do fígado, quando é fornecida uma dieta com baixa relação amido:proteína. Em conclusão, mudanças na relação amido:proteína não influenciaram a resposta a diferentes períodos de restrição alimentar. Animais submetidos a um dia de restrição alimentar cíclica apresentam resposta compensatória parcial e, relação amido:proteína dietética acima de 0,69 pioram o desempenho zootécnico de juvenis de tilápia-do-Nilo.

INTRODUÇÃO

Em ambiente natural, a sazonalidade na oferta de alimento induz o desenvolvimento de estratégias de sobrevivências nos peixes para compensar possíveis atrasos no seu crescimento (McCue, 2010). Uma destas estratégias é a capacidade de crescer rapidamente quando as condições ambientais favoráveis são restabelecidas, fenômeno conhecido como crescimento compensatório (Jobling, 2010). Os fatores que estimulam o crescimento compensatório também podem ser reproduzidos em cativeiro, por meio de estratégias de restrição alimentar. A utilização da restrição alimentar em piscicultura pode melhorar a eficiência alimentar e a qualidade da água (Villarreal, Alavriño, & López-luna, 2011). Ademais, estudos prévios têm avaliado os efeitos da restrição alimentar contínua (dias consecutivos sem receber alimento) (Abdel-Hakim et al., 2009; Gao & Lee, 2012; Y Wang et al., 2000) ou cíclica (dias intercalados de alimentação/restrrição) (Abdel-Tawwab et al., 2006; Arauco & Costa, 2012; Limbu & Jumanne, 2014; Palma et al., 2010; Yan Wang et al., 2009) sobre o desempenho dos peixes. No entanto, ainda não são conhecidos todos os aspectos relacionados com o ganho compensatório em peixes, pois as metodologias adotadas são diversas e os resultados têm sido contraditórios.

Os fatores que influenciam os resultados nos estudos com crescimento compensatório estão, em princípio, ligados à espécie, ao sexo (Barreto, Carvalho, Paulista, Moreira, & Carvalho, 2003), ao tempo de experimentação (Kim & Cho, 2014) e a dieta utilizada (Ye et al., 2016). Em juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) o tempo necessário para compensar o atraso no crescimento foi menor quando estes foram alimentados com três (Gao & Lee, 2012), ao invés de duas refeições diárias (Abdel-Tawwab et al., 2006; Y Wang et al., 2000). A restrição alimentar realizada em ciclos possibilita reproduzir eventos naturais relativos a disponibilidade de alimento, e por isso tem sido preferida em relação a restrição alimentar contínua (Palma et al., 2010; Turano et al., 2008). Os resultados obtidos com a restrição de alimento podem ser maximizados por alterações na composição química das dietas, uma vez que as exigências nutricionais dos peixes podem alterar-se no período de realimentação. De fato, dietas com 36% de proteína bruta melhoraram o crescimento compensatório em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* (L. Santos et al., 2010) e em tilápias (Ye et al., 2016) submetidos a restrição alimentar. Ressalte-se que estas duas espécies têm sua exigência proteica

estimada entre 30-32% de PB (Furuya, 2010; Lima, Bomfim, Siqueira, Ribeiro, & Lanna, 2016), de modo que elevar os níveis de proteína dietética elevam o custo das dietas e aumenta o impacto ambiental da atividade.

A produção de dietas ricas em fontes de energia não proteica é uma estratégia para contornar o alto custo da proteína nas dietas. Essas fontes tornam as dietas mais econômicas pois os peixes reduzem o uso da proteína absorvida como fonte de energia e a direcionam para a síntese proteica (Azaza et al., 2015; Fortes-Silva & Sánchez-Vázquez, 2012). Os carboidratos digestíveis apresentam menor custo econômico entre fontes de energia dietética, e por isso sua inclusão tem sido priorizada em dietas para espécies onívoras. Por exemplo, a redução do nível de proteína bruta de 34,39% para 25,79% e o aumento do nível de amido de 16,35 para 32,20% dietético não reduziram o ganho de peso de tilápias (Azaza et al., 2015). Isto demonstra a capacidade do amido em produzir um efeito economizador da proteína (*protein sparing effect*), reduzindo o custo das dietas e o impacto ambiental, sem prejuízos ao crescimento dos animais (Tung & Shiau, 1993; X. Wang, Chen, Wang, & Ye, 2017). Por outro lado, juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com relação amido:proteína de 1,06 (26,82% de amido e 25,2% de proteína) apresentaram baixo crescimento e acúmulo elevado de lipídios corporais se comparados a peixes que receberam dietas com uma relação amido:proteína de 0,50 (16,62% de amido e 33,5% de proteína) (Xiong et al., 2014). Assim, fica claro a necessidade de um balanceamento criterioso nas relações entre nutrientes das rações. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito da relação amido:proteína dietética sobre o desempenho, composição química corporal e muscular e histologia hepática de juvenis de tilápia-do-Nilo submetidos a restrição alimentar cíclica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Licença nº 53/2017).

Dietas experimentais e manejo alimentar

Foram formuladas três rações experimentais com diferentes relações amido:proteína bruta: alta (0,96), média (0,69) e baixa (0,53) (Tabela 1) segundo Xiong et al., 2014. A relação lipídio:proteína bruta das rações foi mantida constante de modo que possíveis efeitos sobre o uso da proteína dietética, como o *protein sparing effect*, fossem oriundos apenas das relações amido:proteína das dietas. Na fabricação das dietas os ingredientes foram triturados em moinho tipo martelo (0,8 mm), pesados, homogeneizados, umedecidos (20% p/v), extrusados em grânulos de 2mm (extrusora Ex-Micro[®]) e

secos em estufa de ventilação forçada (50 °C; 24 h). Posteriormente, todas as dietas foram mantidas sob refrigeração (4-6°C) até o momento de fornecer aos peixes.

Os peixes foram alimentados com as dietas experimentais seguindo três estratégias de alimentação: 0R – os peixes foram alimentados diariamente (tratamento controle); 1R- peixes foram submetidos a um dia de jejum seguido de três dias de alimentação; 2R- peixes submetidos a dois dias de jejum seguido de três dias de realimentação. O delineamento experimental utilizado foi um fatorial inteiramente casualizado (3 relações amido:proteína × 3 estratégias de alimentação), com três repetições por tratamento. Para todos os tratamentos, os peixes foram alimentados até a aparente saciedade em três refeições (8:00h, 12:00h e 16:00h) nos respectivos dias de alimentação de cada tratamento.

Peixes e procedimentos experimentais

Juvenis masculinizados de tilápia-do-Nilo ($\pm 1,0$ g) provenientes da Estação de Piscicultura de Itiúba – 5ª/EPI da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) foram aclimatados às condições experimentais durante 15 dias. Após, foram submetidos a jejum de 24 horas e uma amostra da população inicial foi eutanasiada por overdose de anestésico (benzocaína 500 mg L⁻¹) para determinação da composição química corporal.

Ao início do experimento, os peixes remanescentes ($2,25 \pm 0,01$ g) foram distribuídos aleatoriamente em aquários de vidro de 160 L (15 peixes/aquário) em um sistema de recirculação de água equipado com filtro biológico, filtro ultravioleta, aeração suplementar e controle de temperatura. A cada 20 dias havia coincidência no dia que os peixes jejuavam nos tratamentos 1R e 2R. Assim, optou-se por fazer a biometria de todos os tratamentos nesta periodicidade para minimizar possíveis interferências nos tratamentos. Apenas os peixes do tratamento 0R foram submetidos a um jejum prévio de 24 horas antes de cada biometria. Durante as biometrias, todos os peixes de cada unidade experimental foram anestesiados (50 mg L⁻¹ benzocaína), contados e pesados.

A temperatura ($30,0 \pm 0,9$ °C) e o oxigênio dissolvido da água ($5,8 \pm 0,6$ mg L⁻¹) foram monitoradas diariamente com auxílio de oxímetro (modelo F-1550A, YSI®). O pH ($7,3 \pm 0,1$) foi monitorado semanalmente, por meio de potenciômetro de bancada (modelo PHS3BW, BEL Engineering®). A amônia ($0,3 \pm 0,1$ mg L⁻¹), o nitrito ($0,4 \pm 0,2$ mg L⁻¹) e a alcalinidade ($33,8 \pm 7,4$ mg CaCO₃ L⁻¹) foram analisados através de kit colorimétrico comercial (Alfakit®).

Coleta e processamento de amostras

Após 60 dias de experimento, todos os peixes de cada unidade experimental foram submetidos a jejum (24h), anestesiados, contados e pesados como previamente descrito. Sete peixes de cada unidade experimental foram aleatoriamente amostrados e eutanasiados seguindo metodologia já descrita. Três destes peixes foram integralmente moídos, homogeneizados e constituíram uma amostra composta para determinação da composição química corporal. Os quatro animais restantes foram pesados individualmente, necropsiados e coletou-se amostras de músculo e determinou-se o peso do fígado, gordura visceral, vísceras e o comprimento intestinal e o comprimento padrão dos peixes.

Dos fígados amostrados anteriormente, três de cada tratamento foram fixados em Bouin, processados segundo técnicas histológicas de rotina e corados com H&E. De cada lâmina foram microfotografados dez campos (objetiva planacromática x100) com auxílio de microscópio com câmera digital AxioCam ERc 5s (Zeiss, Oberkochen, Alemanha) e software AxioVs40 V 4.8.2.0[©]. Após, um painel **digital** com 36 cruces (distância entre as cruces: 3,45 µm na horizontal e 2,75 µm na vertical) foi sobreposto a cada microfotografia. Foram quantificados todos os vacúolos que ocupavam o citoplasma, deslocavam o núcleo excentricamente e que tocavam nas cruces de modo a determinar a densidade de volume de esteatose hepática (Mandarim-de-Lacerda, 2003).

As amostras do corpo e músculo dos peixes foram desidratadas até peso constante em liofilizador de bancada LD1500 (Terroni®) para determinação da umidade (n° 925.09). A proteína bruta foi analisada pelo método de Kjeldahl ($N \times 6.25$) (n° 954.01), a gordura pelo método de Soxhlet (n° 920.39) e as cinzas em forno de mufla (550°C; 18h) (n° 942.05) (AOAC, 2000). A energia bruta das amostras foi estimada de acordo com os valores padrões para carboidratos (4,2 kcal/g), proteínas (5,6 kcal/g) e gorduras (9,4 kcal/g) (NRC, 2011).

Variáveis calculadas e procedimentos estatísticos

As variáveis de crescimento, uso do alimento e nutrientes e índices biométricos foram calculadas como segue: Índice de consumo alimentar (% peso vivo ao dia⁻¹) [$\text{consumo total} / [(\text{peso final} + \text{peso inicial}) / 2] / \text{dias de experimentação} \times 100$], taxa de conversão alimentar [total de alimento consumido / ganho de peso dos peixes], taxa de crescimento específico (%) [$100 \times (\ln(\text{Peso final dos peixes}) - \ln(\text{Peso inicial dos peixes})) / \text{dias de experimento}$], valor produtivo da proteína (%) [$100 \times ((\text{peso final dos peixes} \times \text{proteína corporal final}) - (\text{peso inicial dos peixes} \times \text{proteína corporal inicial})) / \text{total da proteína ingerida}$], valor produtivo da energia (%) [$100 \times ((\text{peso final dos peixes} \times \text{energia bruta corporal final}) - (\text{peso inicial dos peixes} \times \text{energia bruta corporal inicial})) / \text{total de energia bruta ingerida}$], coeficiente intestinal (%) [$(\text{comprimento total do intestino} / \text{comprimento padrão do peixe})$],

índice lipossomático (%) [$100 \times (\text{peso da gordura visceral dos peixes}/\text{peso corporal total})$], índice hepatossomático (%) [$100 \times (\text{peso do fígado dos peixes}/\text{peso corporal total})$] e índice viscerossomático (%) [$100 \times (\text{peso das vísceras dos peixes}/\text{peso corporal total})$], densidade de volume de esteatose hepática (%) [$100 \times (\text{número de cruces tocam as vesículas de gordura no fígado}/\text{número total de cruces})$].

Os dados foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett. Foi realizada análise de variância (*two way* ANOVA), e quando significativa ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As análises foram realizadas com auxílio do software SAS versão 9.1.

RESULTADOS

Não houve mortalidade de peixes durante todo o experimento. O peso médio final dos peixes e a taxa de crescimento específico dos peixes diminuíram ($P < 0,05$) com o aumento do período de restrição alimentar a que foram submetidos (Figura 1 – A e B). Entretanto, quando o crescimento foi expresso em ganho percentual da biomassa por dia (Figura 1B), 1 ou 2 dias de restrição proporcionaram a mesma taxa de crescimento ($P > 0,05$) dos peixes embora menores ($P < 0,05$) que o dos animais sob alimentação diária. A elevação da relação amido:proteína de 0,53 (baixa) para 0,69 (média) não reduziu ($P > 0,05$) o crescimento dos peixes (Fig. 1A e B). Entretanto, os peixes alimentados com uma relação amido:proteína de 0,96 (alta) apresentaram redução ($P < 0,05$) em relação aqueles alimentados com dietas contendo baixa relação amido:proteína. Não foi observada interação ($P > 0,05$) entre os dias de restrição e a relação amido proteína sobre o peso médio final e a taxa de crescimento específico dos peixes.

Não houve diferença significativa para índice de consumo alimentar dos peixes ($P > 0,05$) (Figura 1 – C). Houve efeito ($P < 0,05$) da interação entre o tempo de restrição alimentar e as diferentes relações amido:proteína sobre o consumo alimentar dos peixes (Tabela 2). Peixes submetidos a 1 dia de jejum apresentaram conversão alimentar similar ($P > 0,05$) ao dos animais alimentados diariamente e também aos submetidos a 2 dias de jejum. O mesmo comportamento foi observado para os peixes alimentados com média (0,69) relação amido:proteína em relação aqueles peixes alimentados com dietas com baixa (0,53) e alta (0,96) relação amido:proteína.

A restrição alimentar de um dia não reduziu ($P > 0,05$) a eficiência do uso da proteína (Fig. 1E) e da energia dietéticas (Fig. 1 F). Apenas nos peixes submetidos a dois dias de jejum esta redução foi significativa ($P < 0,05$) em relação aqueles submetidos ao tratamento controle. Por outro lado, o

aumento da relação amido:proteína resultou proporcionalmente no aumento ($P < 0,05$) do valor produtivo da proteína e energia (Fig. 1E e 1F).

O índice hepatossomático e o coeficiente intestinal dos animais não foram alterados ($P > 0,05$) pela relação amido:proteína das dietas ou pelos diferentes períodos de restrição alimentar (Tabela 3). Entretanto, peixes submetidos a um maior número de dias em jejum aumentaram ($P < 0,05$) seu índice viscerossomático e diminuíram ($P < 0,05$) o lipossomático. Houve efeito de interação ($P < 0,05$) entre os dias de restrição alimentar e a relação amido:proteína da ração para o índice viscerossomático e a densidade de volume de esteatose hepática. Peixes submetidos a maior relação amido:proteína apresentaram maior ($P < 0,05$) grau de esteatose hepática. Por outro lado, surpreendentemente, apenas peixes submetidos a 1 dia de jejum reduziram ($P < 0,05$) o grau de esteatose hepática em relação ao controle (Tabela 4, Figura 2). Peixes submetidos a dois dias de restrição apresentaram grau esteatose hepática ($P > 0,05$) semelhante ao daqueles alimentados diariamente.

O aumento do número de dias de restrição diminuiu o teor de proteína bruta corporal dos peixes ($P < 0,05$). Por outro lado, a elevação da relação amido:proteína dietética resultou em maiores ($P < 0,05$) concentrações de gordura corporal e muscular nos peixes. Os peixes alimentados diariamente e submetidos à ração de alta (0,96) relação amido:proteína apresentaram teores de gordura muscular significativamente maiores do que os peixes que receberam a ração com média (0,69) relação amido:proteína ($P < 0,05$). Os peixes que consumiram a mesma ração, mas foram submetidos a algum dos manejos alimentares (zero, um ou dois dias de restrição alimentar), apresentam teores semelhantes de gordura muscular ($P > 0,05$). A umidade e as cinzas no corpo e músculo dos peixes não foram alterados ($P > 0,05$) pelos dias de restrição ou relação amido:proteína das dietas (Tabela 4).

DISCUSSÃO

Os peixes submetidos à restrição alimentar apresentaram consumo de ração inferior aos animais alimentados todos os dias devido a menor quantidade de dias na oferta de alimento. Enquanto alguns peixes foram alimentados continuamente durante todo o experimento (60 dias), os peixes em regime de restrição alimentar cíclica foram alimentados apenas em 45 (um dia de restrição a cada 3 dias de alimentação) ou 36 dias (dois dias de restrição a cada 3 dias de alimentação). A economia de ração foi de 3,81 e 14,8% para um e dois dias de restrição, respectivamente. Os valores semelhantes para o índice de consumo alimentar sugerem um aumento no consumo alimentar em decorrência da restrição temporal de alimento (hiperfagia), comumente observado em estudos com restrição de alimento em peixes (Limbu & Jumanne, 2014; Peres, Santos, & Oliva-Teles, 2011; Ye et al., 2016).

O comportamento hiperfágico é apontado como uma das estratégias dos peixes para compensar o atraso de crescimento em decorrência da menor oferta de alimento. No entanto, nesse estudo os peixes em restrição alimentar não apresentaram pesos equivalentes aos animais alimentados continuamente. Apesar das tentativas para provocar compensação de crescimento por meio da restrição cíclica de alimento, nossos resultados assim como outros estudos, indicam que os ciclos de privação de alimentos não induzem à compensação total do atraso de crescimento (Ali et al., 2003; Kocabaş, Başçınar, Kayım, Er, & Şahin, 2013; Yan Wang et al., 2009). Entretanto, obtemos nos animais submetidos a 1 dia de restrição alimentar, conversão alimentar e valor produtivo da energia e da proteína semelhante aos animais do grupo controle. Isso indica que tilápias submetidas a ciclos de 1 dia de restrição exibem compensação parcial de crescimento (Y. Wang, Cui, Yang, & Cai, 2005; Yan Wang et al., 2009). Foi observado crescimento compensatório total quando juvenis de tilápia-do-Nilo foram alimentados com ciclos de dois dias de restrição e cinco dias de alimentação (Palma et al., 2010). Resultados positivos para crescimento compensatório total também foram obtidos com tilápias alimentadas com os mesmos protocolos de restrição de alimento que os do nosso estudo, durante seis de oito semanas de experimento (Limbu & Jumanne, 2014). Estes mesmos autores observaram que após o período dos ciclos de restrição, e mais um período de duas semanas de alimentação contínua, pode contribuir de forma significativa na recuperação dos pesos dos animais.

O comportamento para o volume do fígado em animais submetidos à restrição de alimento é contraditório na literatura. Nesse estudo não observamos diferenças para o índice hepatossomático entre os peixes de alimentação restrita e contínua. Entretanto, em tilápia-do-Nilo submetidas à restrição alimentar contínua, foi observada diminuição do índice hepatossomático (Nebo et al., 2017). Nesse caso, há indicação da depleção de nutrientes armazenados no fígado, como gordura e glicogênio (Pujante et al., 2015). Por outro lado, também foi observado aumento do índice hepatossomático nos estudos com restrição alimentar contínua (Gibson Gaylord & Gatlin, 2001). Nesse caso, pode-se indicar que após um período de restrição alimentar, os peixes utilizem o tecido hepático para acúmulo de reservas energéticas de forma mais intensa que os animais que não foram submetidos a restrição de alimento.

O aumento do índice viscerossomático em decorrência do maior tempo em jejum, possivelmente tenha ocorrido pelo aumento do volume do estômago desses animais, uma vez que não foram encontradas diferenças entre o coeficiente intestinal e índice hepatossomático para os diferentes manejos alimentares. Os peixes em restrição de alimento podem ser capazes de aumentar o volume do estômago para aumentar a capacidade de ingestão de alimento nos períodos de realimentação (Känkänen & Pirhonen, 2009).

A diminuição significativa na quantidade de gordura visceral está de acordo com outros estudos, uma vez que os peixes utilizam os lipídios corporais como fonte primária de energia durante períodos de restrição de alimento (Hsieh & Shiau, 2000; Yan Wang et al., 2009). Diferentemente, o acúmulo de lipídios nos animais também está relacionado com os níveis de carboidratos nas rações dos peixes (Liu et al., 2015; X. Wang et al., 2017; Xie et al., 2017), uma vez que mais acetil-CoA proveniente do metabolismo dos carboidratos estaria disponível para a lipogênese (He et al., 2015). De fato, nossos resultados corroboram com essa hipótese, uma vez que a gordura corporal e muscular dos peixes aumentaram em resposta a elevação da relação amido:proteína. Além disso, o índice viscerossomático foi semelhante para aqueles animais que foram alimentados continuamente e receberam as dietas com diferentes relações amido:proteína.

Geralmente, nos casos onde há alta ingestão de lipídios ou carboidratos dietéticos, existe uma tendência natural para o quadro de esteatose hepática, com comprometimento do crescimento e sobrevivência dos animais (J. T. Wang et al., 2005; Xia et al., 2015). No entanto, observamos que apesar do aumento da relação amido:proteína também ter causado aumento da esteatose hepática, após 60 dias de experimento, não houve comprometimento do desempenho zootécnico dos animais alimentados com relação amido:proteína de até 0,69. O nível máximo de inclusão de carboidrato digestíveis é geralmente decidido com base no efeito poupador da proteína dietética sem que haja efeito adverso sobre o crescimento e a fisiologia do peixe. Portanto, podemos concluir que a dieta com média relação amido:proteína atende esse requisito (Kamalam, Medale, & Panserat, 2017).

Na análise histológica dos fígados, os peixes apresentaram diferentes níveis de esteatose hepática de distribuição aleatória, caracterizada pela presença de grandes vacúolos intracitoplasmáticos deslocando o núcleo excentricamente ou pequenos vacúolos múltiplos de mesma localização. Os peixes que consumiram uma dieta com baixa relação amido:proteína e não foram submetidos a restrição alimentar, apresentaram densidade de volume de esteatose hepática de 23% (Tabela 2). Podemos considerar esse valor de esteatose hepática como ponto de partida para entender os demais resultados, uma vez que os animais consumiram continuamente uma dieta o mais próxima da comercialmente utilizada na tilapicultura. Levando em consideração que não houve diferença entre os animais alimentados continuamente, mas submetidos a diferentes relações amido:proteína, podemos admitir que a restrição alimentar em ciclos de um dia (seguidos de 3 dias de realimentação), tem efeito significativo na redução da gordura do fígado quando fornecida uma dieta com baixa relação amido:proteína.

Para a maioria das espécies, o primeiro substrato utilizado para manter os níveis adequados de glicose no plasma sanguíneo é o glicogênio hepático. No entanto, alguns estudos mostraram que os peixes também tentam preservar os estoques de glicogênio no fígado quando experimentam algum desafio nutricional (Furné et al., 2012; Liang et al., 2017). No presente estudo, os peixes alimentados com dietas de baixa relação amido:proteína e restrição de um dia, possivelmente preservaram o glicogênio hepático. Ao mesmo tempo, descobrimos que os juvenis de tilápias alimentados com maior relação amido:proteína e um dia de restrição alimentar, depositaram mais substrato lipídico no fígado e possivelmente mobilizam o glicogênio hepático para manter os níveis de glicose plasmática, uma vez que este substrato era mais abundante na dieta. No entanto, com a restrição alimentar de dois dias, o conteúdo lipídico foi semelhante aos peixes alimentados continuamente, independente da relação amido:proteína da dieta. Apesar de semelhantes, o acúmulo de lipídios no fígado nesses casos pode ter advindo de aspectos fisiológicos diferentes. Nos animais alimentados continuamente, a deposição lipídica deve ser decorrente do excesso de substratos energéticos na dieta, como já discutido. Naqueles animais submetidos a restrição alimentar de dois dias, a deposição lipídica hepática possivelmente resultou da gliconeogênese. Em esturjões (*Acipenser naccarii*), por exemplo, registrou-se maior utilização dos lipídios hepáticos para fins energéticos durante a restrição de alimento, o que resultou no alto conteúdo lipídico hepático (Furné et al., 2012). Isso possivelmente aconteceu devido a β -oxidação do ácido graxo do fígado ter sido alta durante a restrição de alimento e baixa quando alimentados continuamente. Ou seja, a β -oxidação mitocondrial não apenas forneceu energia para os hepatócitos, mas também gerou corpos cetônicos (β -hidroxibutirato, acetoacetato e acetona) como combustível metabólico para os tecidos extra-hepáticos durante a restrição alimentar de dois dias (Rui, 2014).

Foi observada uma relação positiva entre o aumento na relação amido:proteína da ração e o valor produtivo da proteína. Isto sugere que o efeito poupador da proteína no crescimento da tilápia-do-Nilo existe devido ao aumento da relação amido:proteína (X. Wang et al., 2017). É possível que isto ocorra devido a glicose ser o substrato preferido para oxidação nas células dos tecidos, do sangue e do sistema nervoso. Sendo assim, o amido presente em rações para peixes pode deprimir a atividade gliconeogênica, desviando assim os aminoácidos para longe de vias oxidativas (Hemre, Mommsen, & Krogdahl, 2002b).

O aumento da taxa de eficiência energética e da proteica com o aumento da relação amido:proteína da dieta, demonstram que os peixes além de terem sido capazes de digerir eficientemente o amido, destinaram a energia resultante para o armazenamento como gordura no corpo e no fígado, como

relatado com juvenis de bijupirá (*Rachycentron canadum*) (Jr Webb, Rawlinson, & Holt, 2010).

Em conclusão, alterações nas relações amido:proteína dietéticas não influenciaram na resposta dos juvenis de tilápia-do-Nilo aos diferentes períodos de restrição alimentar cíclica de um ou dois dias, seguidos de três dias de alimentação. O uso de ciclos de restrição de alimento de um dia seguido de três dias de alimentação resulta em crescimento compensatório parcial, e quando combinado a dieta com baixa relação amido:proteína (0,53) reduzem o acúmulo de gordura no fígado. Dietas com relação amido:proteína de até 0,69 podem ser utilizadas sem efeitos negativos no desempenho zootécnico de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados continuamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a bolsa de estudos fornecida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior(CAPES) ao primeiro autor. Os autores também agradecem a doação dos peixes pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) em Porto Real do Colégio (AL).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Hakim, N. F., State, H. A. 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 Journal of Agricultural Sciences*, 5(1), 49–54.

Abdel-Tawwab, M., Khattab, Y. A. E., Ahmad, M. H., & Shalaby, A. M. E. (2006). Compensatory growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Applied Aquaculture*, 18(3), 17–36. Retrieved from http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J028v18n03_02

Arauco, L. R. R., & Costa, V. B. (2012). Restrição alimentar no desempenho produtivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*). *Comunicata Scientiae*, 3(2), 134–138.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). *Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis*. 17th Edition. Arlington, VA.

Azaza, M. S., Khiari, N., Dhraief, M. N., Aloui, N., Kraïem, M. M., & Elfeki, A. (2015). Compensatory growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., in response to dietary starch to protein ratios. *Aquaculture Research*, 46(1), 14–27. <http://doi.org/10.1111/are.12153>

- Barreto, R. E., Carvalho, R. F., Paulista, U. E., Moreira, P. S. a, & Carvalho, R. F. (2003). Sex-specific compensatory growth in food-deprived Nile tilapia. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 36(4), 477–83. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12700825>
- Fortes-Silva, R., & Sánchez-Vázquez, F. J. (2012). Use of self-feeders to evaluate macronutrient self-selection and energy intake regulation in Nile tilapia. *Aquaculture*, 326–329, 168–172. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.017>
- Furné, M., Morales, A. E., Trenzado, C. E., García-Gallego, M., Carmen Hidalgo, M., Domezain, A., & Sanz Rus, A. (2012). The metabolic effects of prolonged starvation and refeeding in sturgeon and rainbow trout. *Journal of Comparative Physiology B*, 182(1), 63–76. <http://doi.org/10.1007/s00360-011-0596-9>
- Furuya, W.M.; Pezzato, L.E.; Barros, M.M.; Boscolo, W.R.; Cyrino, J.E.P.; Furuya, V.R.B.; Feiden, A. (2010). *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. Toledo: GFM. 100p
- Gao, Y., & Lee, J. Y. (2012). Compensatory responses of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* under different feed-deprivation regimes. *Fisheries and Aquatic Science*, 15(4), 305–311. <http://doi.org/10.5657/FAS.2012.0305>
- Gao, Y., Wang, Z., Hur, J., & Lee, J.-Y. (2015). Body composition and compensatory growth in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* under different feeding intervals. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 33(4), 945–956. <http://doi.org/10.1007/s00343-015-4246-z>
- Gibson Gaylord, T., & Gatlin, D. M. (2001). Dietary protein and energy modifications to maximize compensatory growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 194(3–4), 337–348. [http://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00523-8](http://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00523-8)
- He, A., Ning, L., Chen, L., Chen, Y., Xing, Q., Li, J., ... Du, Z. (2015). Systemic adaptation of lipid metabolism in response to low- and high-fat diet in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Physiological Reports*, 3(8), e12485. <http://doi.org/10.14814/phy2.12485>
- Hemre, G. I., Mommsen, T. P., & Kroghdahl, Å. (2002). Carbohydrates in fish nutrition: Effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition*, 8(3), 175–194. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2002.00200.x>

- Hsieh, S. L., & Shiau, S. Y. (2000). Effects of diets containing different carbohydrates on starved condition in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* x *O-aureus*. *Fisheries Science*, 66(1), 32–37. <http://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2000.00004.x>
- Jobling, M. (2010). Are compensatory growth and catch-up growth two sides of the same coin? *Aquaculture International*, 18(4), 501–510. <http://doi.org/10.1007/s10499-009-9260-8>
- Jr Webb, K. A., Rawlinson, L. T., & Holt, G. J. (2010). Effects of dietary starches and the protein to energy ratio on growth and feed efficiency of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture Nutrition*, 16(5), 447–456. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00672.x>
- Kamalam, B. S., Medale, F., & Panserat, S. (2017). Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: New insights on influencing factors, biological limitations and future strategies. *Aquaculture*, 467, 3–27. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.007>
- Känkänen, M., & Pirhonen, J. (2009). The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish *Coregonus lavaretus* L. . *Aquaculture*, 288(1–2), 92–97. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.11.029>
- Kim, B. H., & Cho, S. H. (2014). Effects of dietary nutrient content, feeding period, and feed allowance on juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* at different feeding period and ration. *Fisheries and Aquatic Science*, 17(4), 441–448. <http://doi.org/10.5657/FAS.2014.0441>
- Kocabaş, M., Başçınar, N., Kayım, M., Er, H., & Şahin, H. (2013). The effect of different feeding protocols on compensatory growth of black sea trout *Salmo trutta labrax*. *North American Journal of Aquaculture*, 75(3), 429–435. <http://doi.org/10.1080/15222055.2013.799621>
- Liang, X., Wang, J., Gong, G., Xue, M., Dong, Y., Wu, X., ... Qin, Y. (2017). Gluconeogenesis during starvation and refeeding phase is affected by previous dietary carbohydrates levels and a glucose stimuli during early life in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Animal Nutrition*, 3(3), 284–294. <http://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.001>
- Lima, C. S. ; Bomfim, M.A.D. ; Siqueira, J. C. ; Ribeiro, F. B. ; Lanna, E. A. T. (2016). Crude protein level in diets of Tambaqui, *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818), fingerlings. *Revista Caatinga*, 29(1), 183-190. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n121rc>

- Limbu, S. M., & Jumanne, K. (2014). Effect of restricted and re-feeding regime on feeding cost , growth performance , feed utilization and survival rate of mixed sex Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in tanks. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(1), 118–123.
- Liu, X.-H., Ye, C.-X., Zheng, L.-M., Ou, C.-C., Wang, A.-L., Ye, J.-D., & Kong, J.-H. (2015). Dietary maize starch influences growth performance, apparent digestibility coefficient, and hepatic enzyme activities of carbohydrate metabolism in obscure puffer, *Takifugu obscurus* (Abe). *Journal of the World Aquaculture Society*, 46(1), 102–113. <http://doi.org/10.1111/jwas.12168>
- Mandarim-de-Lacerda, C. A. (2003). Stereological tools in biomedical research. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 75(4), 469–486. <http://doi.org/10.1590/S0001-37652003000400006>
- McCue, M. D. (2010). Starvation physiology: Reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 156(1), 1–18. <http://doi.org/10.1016/j.cbpa.2010.01.002>
- Nebo, C., Gimbo, R. Y., Kojima, J. T., Overturf, K., Dal-Pai-Silva, M., & Portella, M. C. (2017). Depletion of stored nutrients during fasting in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles. *Journal of Applied Aquaculture*, 0(0), 1–17. <http://doi.org/10.1080/10454438.2017.1420516>
- NRC - National Research Council. (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13039>.
- Palma, E. H. Da, 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(2), 391–396. <http://doi.org/10.1590/S0103-84782010000200026>
- Peres, H., Santos, S., & Oliva-Teles, A. (2011). Lack of compensatory growth response in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles following starvation and subsequent refeeding. *Aquaculture*, 318(3–4), 384–388. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.010>
- Pujante, I. M., Martos-Sitcha, J. A., Moyano, F. J., Ruiz-Jarabo, I., Martínez-Rodríguez, G., & Mancera, J. M. (2015). Starving/re-feeding processes induce metabolic modifications in thick-lipped grey mullet (*Chelon labrosus*, Risso 1827). *Comparative Biochemistry and Physiology Part - B: Biochemistry and Molecular Biology*, 180, 57–67. <http://doi.org/10.1016/j.cbpb.2014.10.005>

- Rui, L. (2014). Energy metabolism in the liver. *Comprehensive Physiology*, 4(1), 177–197. <http://doi.org/10.1002/cphy.c130024>
- Santos, L., Pereira Filho, M., Sobreira, C., Ituassú, D., & Fonseca, F. A. L. Da. (2010). Exigência protéica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. *Acta Amazonica*, 40(3), 597–604. <http://doi.org/10.1590/S0044-59672010000300021>
- Tung, P.-H., & Shiau, S.-Y. (1993). Carbohydrate utilization versus body size in tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 104A(3), 585–588.
- Turano, M. J., Borski, R. J., & Daniels, H. V. (2008). Effects of cyclic feeding on compensatory growth of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) foodfish and water quality in production ponds. *Aquaculture Research*, 39(14), 1514–1523. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02023.x>
- Villarroel, M., Alavriño, J. M. R., & López-luna, J. (2011). Effect of feeding frequency and one day fasting on tilapia (*Oreochromis niloticus*) and water quality. *The Israeli Journal of Aquaculture, IIC*(63), 6.
- Wang, J. T., Liu, Y. J., Tian, L. X., Mai, K. Sen, Du, Z. Y., Wang, Y., & Yang, H. J. (2005). Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 249(1–4), 439–447. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.038>
- Wang, X., Chen, M., Wang, K., & Ye, J. (2017). Growth and metabolic responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) subjected to varied starch and protein levels of diets. *Italian Journal of Animal Science*, 16(2), 308–316. <http://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1275953>
- Wang, Y., Cui, Y. B., Yang, Y. X., & Cai, F. S. (2000). Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*, reared in seawater. *Aquaculture*, 189(1–2), 101–108. [http://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00353-7](http://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00353-7)
- Wang, Y., Li, C., Qin, J. G., & Han, H. (2009). Cyclical feed deprivation and refeeding fails to enhance compensatory growth in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Research*, 40(2), 204–210. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02083.x>
- Xia, B., Gao, Q.-F., Wang, J., Li, P., Zhang, L., & Zhang, Z. (2015). Effects of dietary carbohydrate level on growth, biochemical composition and glucose metabolism of juvenile sea cucumber

Apostichopus japonicus (Selenka). *Aquaculture*, 448, 63–70.
<http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.038>

Xie, D., Yang, L., Yu, R., Chen, F., Lu, R., Qin, C., & Nie, G. (2017). Effects of dietary carbohydrate and lipid levels on growth and hepatic lipid deposition of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 479(July), 696–703. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.07.013>

Xiong, Y., Huang, J., Li, X., Zhou, L., Dong, F., Ye, H., & Gan, L. (2014). Deep sequencing of the tilapia (*Oreochromis niloticus*) liver transcriptome response to dietary protein to starch ratio. *Aquaculture*, 433, 299–306. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.06.009>

Ye, J.-D., Chen, J.-C., & Wang, K. (2016). Growth performance and body composition in response to dietary protein and lipid levels in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) subjected to normal and temporally restricted feeding regimes. *Journal of Applied Ichthyology*, 32(2), 332–338. <http://doi.org/10.1111/jai.13004>

Tabela 1. Formulação e composição química (base da matéria natural) das dietas experimentais.

Ingredientes g kg ⁻¹	Relação amido:proteína		
	Baixa	Média	Alta
Farelo de soja	511,76	428,06	344,36
Farinha de peixe	200,00	200,00	200,00
Milho	200,00	250,00	300,00
Amido de milho	0,00	50,00	100,00
Óleo de soja	40,00	30,00	20,00
Celulose microfina	38,04	31,74	25,44
Supl. vitamínico e mineral ¹	10,00	10,00	10,00
B H T	0,20	0,20	0,20
Composição centesimal g kg ⁻¹			
Matéria seca	944,61	933,55	932,12
Amido	208,10	247,50	302,90
Proteína bruta	394,10	361,30	316,90
Gordura	84,70	76,60	68,30
Fibra bruta	47,40	37,10	37,10
Matéria mineral	84,86	81,28	78,22
Extrato não-nitrogenado	444,34	510,17	567,36
Energia digestível (kcal kg ⁻¹) ²	3736	3691	3567
Relação lipídio:proteína bruta (g:g)	2,15	2,12	2,16
Relação amido:proteína (g:g)	0,53	0,69	0,96

¹Níveis de garantia (kg⁻¹ produto): vit. A, 1.000.000 UI; vit. D3, 312.500 UI; vit. E, 18.750 UI; vit. K3, 1.250 mg; vit. B, 2.500 mg; vit. B2, 2.500 mg; vit. B6, 1.875 mg; vit. B12, 4 mg; Vitamina C, 31.250 mg; Ácido Nicotínico, 12.500 mg; Pantotenato de cálcio, 6.250 mg; Biotina, 125 mg; Ácido Fólico, 750 mg; Colina, 50.000 mg; Inositol, 12.500 mg; Sulfato de ferro, 6.250 mg; Sulfato de cobre, 625 mg; Sulfato de zinco, 6.250 mg; Sulfato de manganês, 1875 mg; Selenito de sódio, 13 mg; Iodato de cálcio, 63 mg; Sulfato de cobalto, 13 mg.

² Calculada usando os coeficientes de digestibilidade aparente obtidos em Furuya et al. (2010).

Tabela 2. Decomposição do efeito de interação entre o tempo de restrição alimentar e a relação amido:proteína da dieta sobre diferentes variáveis de desempenho de juvenis de tilápia-do-Nilo.

		Tempo de restrição × Relação amido:proteína (médias de cada tratamento)							
		0×M ^{79,1}	0×A ^{81,6}	1×B ^{59,3}	1×M ^{58,4}	1×A ^{56,4}	2×B ^{41,3}	2×M ^{42,6}	2×A ^{40,4}
Consumo médio (g)	0×B ^{80,7}	-	-	**	**	**	**	**	**
	0×M ^{79,1}		**	**	**	**	**	**	**
	0×A ^{81,6}			**	**	**	**	**	**
	1×B ^{59,3}				-	**	**	**	**
	1×M ^{58,4}					*	**	**	**
	1×A ^{56,4}						**	**	**
	2×B ^{41,3}							-	-
	2×M ^{42,6}								*
Índice viscerossomático (%)	0×B ^{4,1}	-	-	-	-	-	-	**	**
	0×M ^{4,0}		-	-	-	*	*	**	**
	0×A ^{4,1}			-	-	-	-	**	**
	1×B ^{4,5}				-	-	-	**	*
	1×M ^{4,2}					-	-	**	**
	1×A ^{4,9}						-	*	-
	2×B ^{5,8}							-	-
	2×M ^{5,6}								-
Gordura muscular (%)	0×B ^{1,4}	-	-	-	-	-	-	-	-
	0×M ^{1,3}		*	-	-	*	-	-	-
	0×A ^{2,0}			*	-	-	-	-	-
	1×B ^{1,3}				-	*	-	-	-
	1×M ^{1,7}					-	-	-	-
	1×A ^{1,9}						-	-	-
	2×B ^{1,4}							-	-
	2×M ^{1,7}								-
Densidade de volume de esteatose hepática (%)	0×B ^{23,0}	-	-	*	-	-	-	-	-
	0×M ^{23,2}		-	**	-	-	-	-	-
	0×A ^{25,9}			**	-	-	-	-	-
	1×B ^{8,6}				-	**	*	-	**
	1×M ^{15,6}					-	-	-	*
	1×A ^{24,8}						-	-	-
	2×B ^{20,5}							-	-
	2×M ^{14,8}								**

0: Alimentação contínua, 1: Restrição alimentar de um dia, 2: Restrição alimentar de dois dias. B: Baixa relação amido:proteína na dieta, M: Média relação amido:proteína na dieta, A: Alta relação amido:proteína na dieta.

Subscritos: Médias da densidade de volume de esteatose hepática das interações entre tempo de restrição alimentar e relação amido:proteína da dieta.

- = não significativo, * = significativo P<0,05, ** = significativo P<0,01

Tabela 3. Índices biométricos de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com rações contendo diferentes relações amido:proteína em diferentes períodos de restrição alimentar cíclica seguidos de três dias de realimentação.

Parâmetros (%)	Dias em restrição alimentar cíclica (R)			Relação amido:proteína da ração (A:PB)			Anova			CV ⁶ (%)
	0	1	2	Baixa	Média	Alta	R	A:PB	R × A:PB	
IVS ¹	4,0 ^a	4,5 ^b	5,5 ^c	4,5	4,7	4,9	<0,0001	0,0805	0,0209	6,75
ILS ²	2,4 ^a	2,1 ^{ab}	1,7 ^b	1,8	2,2	2,1	0,0066	0,1491	0,4731	19.25
IHS ³	2,7	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	0,0500	0,6486	0,2981	22.87
CI ⁴	5,3	5,7	5,1	5,5	5,6	5,0	0,1099	0,1137	0,5122	10.25
DVEH ⁵	23,9 ^a	16,3 ^b	21,4 ^a	16,7 ^x	17,8 ^x	26,6 ^y	0,0029	0,0002	0,0257	18.61

Valores na mesma linha com diferentes sobrescritos diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey para dias em restrição alimentar cíclica (a, b ou c) ou para a relação amido:proteína da ração (x, y ou z). ¹IVS, índice víscerosomático, ²ILS; índice lipossomático, ³IHS; índice hepatossomático; ⁴CI, coeficiente intestinal; ⁵DVEH, densidade de volume de esteatose hepática; ⁶CV, coeficiente de variação

Tabela 4. Composição química (na base da matéria natural) do corpo inteiro e do músculo de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com rações contendo diferentes relações amido:proteína em diferentes períodos de restrição alimentar cíclica seguidos de três dias de realimentação.

Parâmetro (%)	População inicial	Dias em restrição alimentar cíclica (R)			Relação amido:proteína da ração (A:PB)			Anova			CV(%) ⁶	
		0	1	2	Baixa	Média	Alta	R	A:PB	R×A:PB		
Corpo	U ¹	79,7	73,3	73,8	74,6	74,3	73,8	73,7	0,0609	0,4473	0,8096	1,42
	PB ²	12,7	14,5 ^a	14,2 ^a	13,7 ^b	14,3	14,2	13,9	0,0008	0,1606	0,6381	2,72
	EE ³	2,0	7,4	7,2	6,8	6,6 ^x	7,2 ^{xy}	7,6 ^y	0,2240	0,0166	0,9338	9,26
	MM ⁴	4,5	4,1	3,7	3,7	4,2	3,7	3,6	0,1222	0,2174	0,2154	3,70
Músculo	U ¹	-	78,0	78,1	78,4	78,3	78,0	78,2	0,1604	0,3366	0,6421	0,60
	PB ²	-	18,6	18,5	18,3	18,6	18,5	18,2	0,5538	0,2758	0,9434	2,62
	EE ³	-	1,6	1,6	1,5	1,4 ^x	1,6 ^y	1,8 ^y	0,4482	0,0010	0,0182	12,85
	MM ⁴	-	1,4	1,4	1,5	1,4 ^{xy}	1,5 ^x	1,4 ^y	0,0666	0,0453	0,4678	5,39

Valores na mesma linha com diferentes sobrescritos diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey para dias em restrição alimentar cíclica (a, b ou c) ou para a relação amido:proteína da ração (x, y ou z). ¹U, umidade; ²PB, proteína bruta; ³EE, Gordura; ⁴MM, matéria mineral; ⁶CV, coeficiente de variação

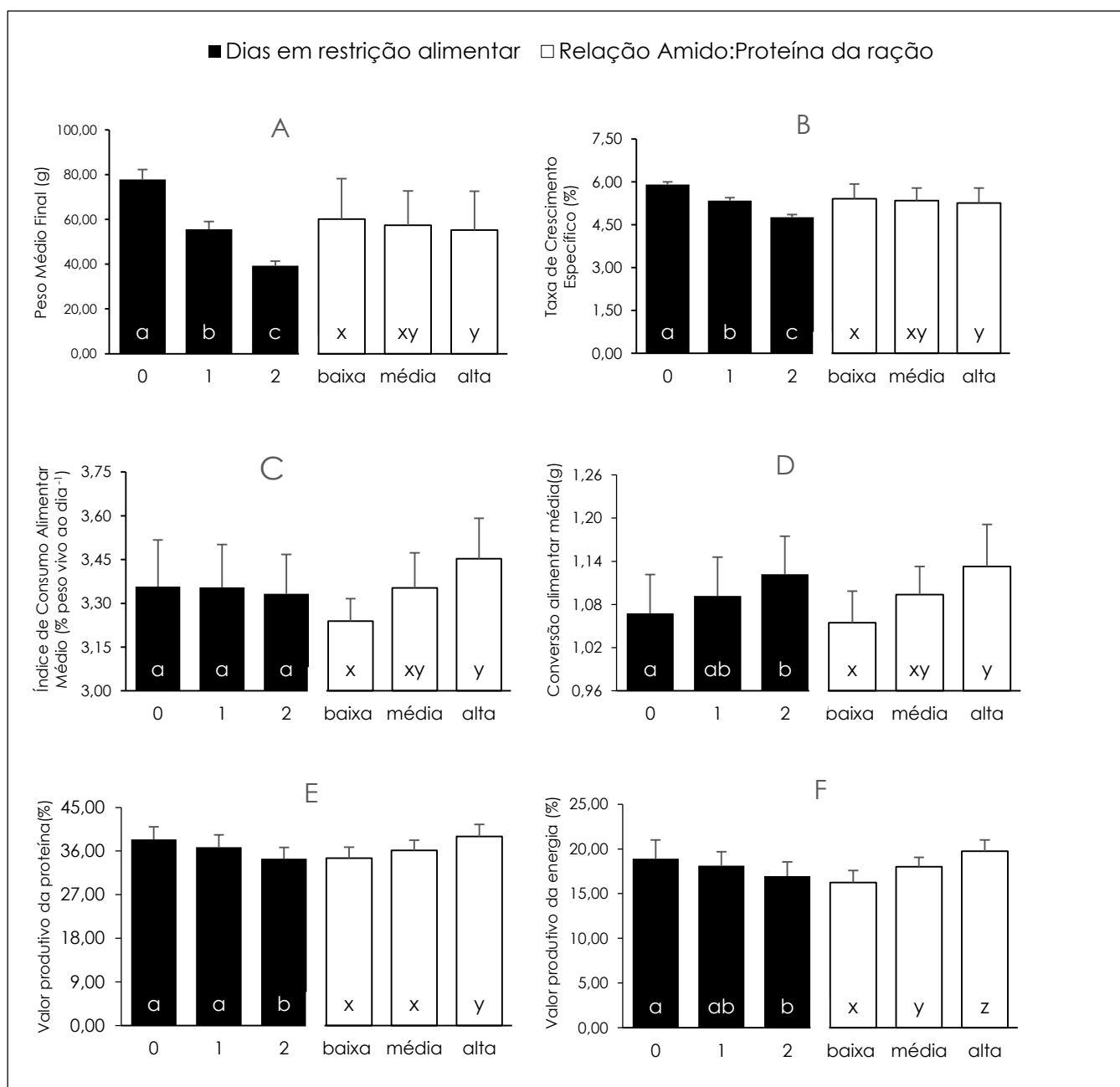


Figura 1. Desempenho produtivo de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com rações contendo diferentes relações amido:proteína em diferentes períodos de restrição alimentar cíclica seguidos de três dias de realimentação. Os tratamentos com letras iguais entre as barras dos gráficos não diferem ($P > 0,05$) quanto aos dias de restrição alimentar (a, b ou c) ou relação amido:proteína da ração (x, y ou z).

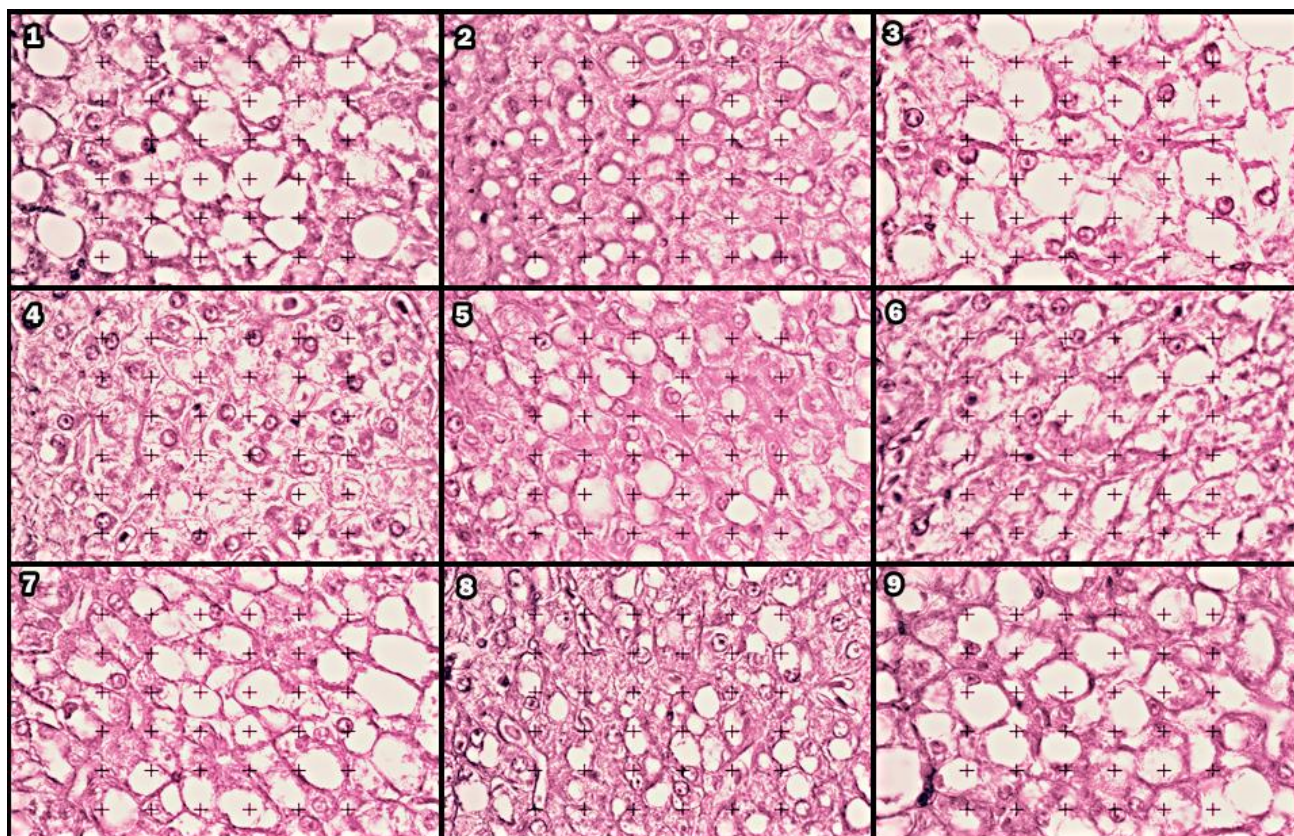


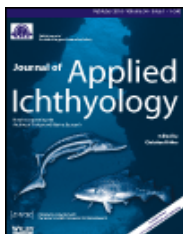
Figura 2. Microfotografia dos fígados de juvenis de tilápia-do-Nilo com diferentes níveis de esteatose (H &E, 100X): (1) Alimentação contínua e baixa relação amido:proteína dietética, (2) Alimentação contínua e média relação amido:proteína dietética, (3) Alimentação contínua e alta relação amido:proteína, (4) alimentação com um dia de restrição a cada três de alimentação e baixa relação amido:proteína dietética, (5) alimentação com um dia de restrição a cada três de alimentação e média relação amido:proteína dietética, (6) alimentação com um dia de restrição a cada três de alimentação e alta relação amido:proteína, (7) alimentação com dois dias de restrição a cada três de alimentação e baixa relação amido:proteína dietética, (8) alimentação com dois dias de restrição a cada três de alimentação e média relação amido:proteína dietética, (9) alimentação com dois dias de restrição a cada três de alimentação e alta relação amido:proteína. Escala: 3,45 μ m entre cruzes na horizontal e 2,75 na vertical.

LEGENDA DE FIGURAS

1. Figura 1. Desempenho produtivo de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com rações contendo diferentes relações amido:proteína em diferentes períodos de restrição alimentar cíclica seguidos de três dias de realimentação. Os tratamentos com letras iguais entre as barras do gráficos não diferem ($P>0,05$) quanto aos dias de restrição alimentar (a, b ou c) ou relação amido:proteína da ração (x, y ou z).
2. Figura 2. Microfotografia dos fígados de juvenis de Tilápia-do-Nilo com diferentes níveis de esteatose (H &E, 100X): (1) Alimentação contínua e baixa relação amido:proteína dietética, (2) Alimentação contínua e média relação amido:proteína dietética, (3) Alimentação contínua e alta relação amido:proteína, (4) alimentação com um dia de restrição a cada três de alimentação e baixa relação amido:proteína dietética, (5) alimentação com um dia de restrição a cada três de alimentação e média relação amido:proteína dietética, (6) alimentação com um dia de restrição a cada três de alimentação e alta relação amido:proteína, (7) alimentação com dois dias de restrição a cada três de alimentação e baixa relação amido:proteína dietética, (8) alimentação com dois dias de restrição a cada três de alimentação e média relação amido:proteína dietética, (9) alimentação com dois dias de restrição a cada três de alimentação e alta relação amido:proteína. Escala: 3,45 μm entre cruces na horizontal e 2,75 na vertical.

ANEXO

Journal of Applied Ichthyology © Blackwell Verlag GmbH



Editado por: Christian Wolter

Fator de Impacto: 0.845

ISI Journal Citation Reports Ranking de Imagens: 2016: 34/50 (Pescas); 82/105 (Biologia Marinha e de Água Doce)

Online ISSN: 1439-0426

Diretrizes do autor

Journal of Applied Ichthyology já adotou ScholarOne Manuscripts, para submissão de manuscritos on-line e revisão por pares. O novo sistema traz consigo uma série de benefícios, incluindo:

- Envio rápido e fácil
- Administração centralizada e reduzida
- Diminuição significativa nos tempos de revisão pelos pares

De agora em diante **todas as** submissões à revista devem ser enviadas on-line em <http://mc.manuscriptcentral.com/jai>. Instruções completas e suporte estão disponíveis no site e uma identificação e senha de usuário podem ser obtidas na primeira visita. Se você precisar de assistência, clique no link de **Ajuda** que aparece no canto superior direito de cada página de Manuscritos do ScholarOne. Se você tiver alguma dúvida, entre em contato com o Editorial Office: JAI.journal@wiley.com.

Esta revista é publicada em um formato somente on-line.

Seções

1. [Submissão](#)
2. [Objetivos e alcance](#)
3. [Categorias e requisitos de manuscrito](#)
4. [Preparando sua apresentação](#)
5. [Políticas editoriais e considerações éticas](#)
6. [Autor Licença](#)
7. [Processo de publicação após a aceitação](#)
8. [Publicar Publicação](#)
9. [Detalhes de Contato do Escritório Editorial](#)

1. SUBMISSÃO

Obrigado pelo seu interesse no *Journal of Ichthyology Aplicado*. Os autores devem ter em mente que a submissão implica que o conteúdo não foi publicado ou enviado para publicação em outro lugar, exceto como um breve resumo nos trabalhos de uma reunião científica ou simpósio.

Uma vez que os materiais de submissão foram preparados de acordo com as Diretrizes do Autor, os manuscritos devem ser enviados on-line em <http://mc.manuscriptcentral.com/jai>.

O sistema de submissão solicitará aos autores que utilizem um DSID ORCID (um identificador de autor exclusivo) para ajudar a distinguir seu trabalho do de outros pesquisadores. [Clique aqui](#) para saber mais.

[Clique aqui](#) para obter mais detalhes sobre como usar o [ScholarOne](#).

Para obter ajuda com envios, entre em contato com o Editorial Office: JAI.journal@wiley.com.

Estamos ansiosos para sua apresentação.

2. OBJECTIVOS E ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O *Journal of Iptology Aplicado* publica artigos de renome internacional em ictiologia, aquicultura e pescarias marítimas; ictiopatologia e ictiimunologia; toxicologia ambiental utilizando peixes como organismos de teste; pesquisa básica sobre manejo da pesca; e aspectos da gestão integrada da zona costeira em relação à pesca e à aquicultura. É dada ênfase à aplicação dos resultados das pesquisas científicas, ao mesmo tempo em que é dada especial atenção aos problemas ictiológicos que ocorrem nos países em desenvolvimento.

3. CATEGORIAS E REQUISITOS MANUSCRITOS

Todos os envios devem ter números de linha contínuos. Todas as tabelas, figuras, informações de suporte e entradas bibliográficas devem ter uma referência no texto. As tabelas devem ser incluídas no documento principal após a lista de referência, cada uma em uma página individual ao lado de sua legenda. Os números não devem ser incluídos no documento principal e, em vez disso, devem ser carregados como arquivos individuais. O limite de caracteres inclui tabelas, legendas de figuras / tabelas e referências, e exclui espaços.

Eu. Artigos

originais Estrutura do manuscrito : resumo (400 palavras no máximo); Introdução; Materiais e métodos; Resultados; Discussão; Reconhecimentos; Referências; Tabelas; Lista de legendas de figuras; Lista de legendas de informações de suporte. Limite de caracteres: 30.000 caracteres (20 páginas).

ii. Artigos de revisão

Estrutura do manuscrito: resumo (400 palavras no máximo); Introdução; Rubricas adequadas; Reconhecimentos; Referências; Tabelas; Lista de legendas de figuras; Lista de legendas de informações de suporte. Limite de caracteres: 37,000 caracteres (25 páginas).

iii. Comunicação curta

Estrutura do manuscrito : Introdução; Materiais e métodos; Resultados; Discussão; Reconhecimentos; Referências; Tabelas; Lista de legendas de figuras; Lista de legendas de informações de suporte. Limite de caracteres: 9000 caracteres (6 páginas).

iv. Contribuição técnica

Estrutura do manuscrito : resumo (250 palavras no máximo); Introdução; Materiais e métodos; Resultados; Discussão; Reconhecimentos; Referências; Tabelas; Lista de legendas de figuras; Lista de legendas de informações de suporte. Limite de caracteres: 15.000 caracteres (10 páginas).

v. Esturjão Papel

Estrutura do manuscrito : Resumo (400 palavras no máximo); Introdução; Materiais e métodos; Resultados; Discussão; Reconhecimentos; Referências; Tabelas; Lista de legendas de figuras; Lista de legendas de informações de suporte. Limite de caracteres: 30.000 caracteres (20 páginas).

vi. Artigo de suplemento

Estrutura do manuscrito : sem limite ou estrutura específica de palavras. No entanto, os documentos devem incluir tabelas e uma lista de legendas de figuras após a lista de referência.

4. PREPARANDO A SUA MISSÃO

Cartas de apresentação

As cartas de apresentação não são obrigatórias, porém podem ser fornecidas a critério do autor.

Partes do Manuscrito

O manuscrito deve ser enviado em arquivos separados: arquivo de texto principal, incluindo página de título e tabelas; figuras; arquivos suplementares / de suporte.

Arquivo de texto principal

O arquivo de texto deve ser apresentado na seguinte ordem:

i. Título

ii. Um título de curta duração com menos de 50 caracteres

iii. Os nomes completos dos autores

iv. As afiliações institucionais do autor onde o trabalho foi realizado, com uma nota de rodapé para o endereço atual do autor se diferente de onde o trabalho foi realizado. O autor correspondente também deve ser identificado aqui.

v. Agradecimentos

vi. Texto principal (estruturado de acordo com a Seção 3)

vii. Referências

viii. Tabelas (cada uma em uma página separada com título e notas de rodapé, se necessário)

ix. Legendas da figura

x. Apêndices (se relevante). Figuras e informações de suporte devem ser fornecidas como arquivos separados.

Título: O título deve ser um breve título informativo que contém as principais palavras-chave relacionadas ao conteúdo. O título não deve conter abreviaturas (veja as melhores dicas de SEO de Wiley).

Autoria: *para* obter detalhes sobre a elegibilidade para a lista de autores, consulte a política de Autoria da revista descrita na seção Políticas editoriais e considerações éticas.

Agradecimentos: *as* contribuições de indivíduos que não atendem aos critérios de autoria devem ser listadas, com permissão do contribuidor, em uma seção de Reconhecimentos. O suporte financeiro e material também deve ser mencionado. Os agradecimentos aos revisores anônimos não são apropriados.

Declaração de Conflito de Interesse: *Os* Autores serão convidados a fornecer uma declaração de conflito de interesse durante o processo de submissão. Veja a seção "Conflito de Interesse" em Políticas de Editorial e Considerações Éticas para obter detalhes sobre o que incluir nesta seção. Os autores devem garantir que eles mantenham contato com todos os co-autores para confirmar o acordo com a declaração final.

Texto principal

Consulte a Seção 3: categorias de manuscritos e requisitos para informações sobre tipos de manuscrito, estrutura, limite de palavras e outros requisitos. As notas de rodapé para o texto não são permitidas e qualquer material desse tipo deve ser incorporado no texto como matéria entre parênteses.

Referências

As referências devem ser preparadas de acordo com o *Manual de Publicação da American Psychological Association* (6ª edição). Isso significa que, nas citações de texto, deve seguir o método do autor-data pelo qual o sobrenome do autor eo ano de publicação para a fonte devem aparecer no texto, por exemplo, (Jones, 1998). A lista de referência completa deve aparecer em ordem alfabética pelo nome no final do documento. Todas as citações mencionadas no texto, tabelas ou figuras devem estar listadas na lista de referência. Uma amostra das entradas mais comuns nas listas de referência aparece abaixo. Por favor, note que um DOI deve ser fornecido para todas as referências, quando disponíveis. Para obter mais informações sobre o estilo de referência APA, consulte as perguntas frequentes da APA. Por favor, note que, para artigos de revistas,

Artigo de revista

Beers, SR, & De Bellis, MD (2002). Função neuropsicológica em crianças com transtorno de estresse pós-traumático relacionado ao maltrato. *O American Journal of Psychiatry*, 159, 483-486. doi : 10.1176 / appi.ajp.159.3.483

Livro

Bradley-Johnson, S. (1994). *Avaliação psicoeducativa de estudantes com deficiência visual ou cegos: Infância através do ensino médio* (2ª ed.). Austin, TX: Pro-ed.

Internet Documento

Norton, R. (2006, 4 de novembro). Como treinar um gato para operar um interruptor de luz [Arquivo de vídeo]. Retirado de <http://www.youtube.com/watch?v=Vja83KLQXZs>

Enquanto os autores são responsáveis pela precisão das referências, não são necessárias envios para refletir a formatação de referência precisa do periódico (uso de itálico, negrito, etc.), no entanto, é importante que todos os elementos-chave de cada referência sejam incluídos.

Tabelas

As tabelas devem ser autônomas e complementar, mas não duplicar, informações contidas no texto. Eles devem ser fornecidos como arquivos editáveis, não colados como imagens. Transmita informações essenciais nos primeiros 60 caracteres da legenda. A tabela, a legenda e as notas de rodapé devem ser compreensíveis sem referência ao texto. Todas as abreviaturas devem ser definidas nas notas de rodapé. Símbolos de nota de rodapé: †, ‡, §, ¶, devem ser usados (nessa ordem) e *, **, *** devem ser reservados para valores P. Medidas estatísticas como SD ou SEM devem ser identificadas nos títulos.

Figura Legends

As legendas devem ser concisas, mas abrangentes - a figura e sua lenda devem ser compreensíveis sem referência ao texto. Inclua definições de qualquer símbolo usado e defina / explique todas as abreviaturas e unidades de medida.

Figuras

Embora os autores sejam encorajados a enviar os números de maior qualidade possível, para fins de revisão pelos pares, uma ampla variedade de formatos, tamanhos e resoluções são aceitos. [Clique aqui](#) para os requisitos de figura básica para figuras apresentadas com manuscritos para revisão inicial de pares, bem como os requisitos mais detalhados de figura de pós-aceitação.

Os números apresentados em cores serão reproduzidos em cores on-line gratuitamente. Note, no entanto, que é preferível que figuras de linha (por exemplo, gráficos e gráficos) sejam fornecidas em preto e branco de modo que sejam legíveis se um leitor optar por imprimi-las em preto e branco.

Arquivos adicionais**Apêndices**

Os apêndices serão publicados após as referências. Para apresentação, eles devem ser fornecidos como arquivos separados, mas referidos no texto.

Informações de Apoio

Informações de suporte são informações que não são essenciais para o artigo, mas que fornece maior profundidade e fundo. É hospedado online e aparece sem edição ou composição. Pode incluir tabelas, figuras, vídeos, conjuntos de dados, etc. [Clique aqui](#) para perguntas frequentes de Wiley sobre informações de suporte.

Nota: se dados, scripts ou outros artefatos utilizados para gerar as análises apresentadas no documento estão disponíveis através de um repositório de dados acessível ao público, os autores devem incluir uma referência à localização do material em seu papel.

Pontos de estilo geral

- **Abreviações** : Em geral, os termos não devem ser abreviados a menos que sejam usados repetidamente e a abreviatura é útil para o leitor. Inicialmente use a palavra na íntegra, seguida da abreviatura entre parênteses. Depois use a abreviatura apenas.
- **Unidades de medida** : as medidas devem ser indicadas nas unidades SI sempre que possível. Visite o site do Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) em <http://www.bipm.fr/> para obter mais informações sobre as unidades SI. Se outras unidades não puderem ser evitadas, estas devem ser definidas na primeira menção.

Wiley Author Resources

Dicas de preparação de manuscritos: Wiley possui uma gama de recursos para autores que preparam manuscritos para apresentação disponível [aqui](#) . Em particular, os autores podem se beneficiar de se referir às dicas de melhores práticas da Wiley sobre [Escrita para otimização de mecanismos de pesquisa](#) .

Suporte de edição, tradução e formatação: os [serviços de edição da Wiley](#) podem melhorar consideravelmente as chances de um manuscrito ser aceito. Oferecendo ajuda especializada em edição de inglês, tradução, formatação de manuscrito e preparação de figuras, os Serviços de Edição da Wiley garantem que o manuscrito esteja pronto para envio.

5. POLÍTICAS EDITORIAIS E CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Revisão editorial e aceitação

Os critérios de aceitação para todos os trabalhos são a qualidade e originalidade da pesquisa e sua importância para os nossos leitores. Os trabalhos serão enviados somente para rever se o Editor-em-chefe determinar que o documento atende aos requisitos de qualidade e relevância adequados. Os documentos que não atendem a esses requisitos podem ser rejeitados sem revisão. O jornal opera um processo de revisão de pares único-cego. A política da Wiley sobre confidencialidade do processo de revisão está [disponível aqui](#) .

Armazenamento e documentação de dados

O *Journal of Ipthyology Aplicado* incentiva o compartilhamento de dados sempre que possível, a menos que isso seja impedido por questões éticas, de privacidade ou de confidencialidade. Os autores que publicam na revista são, portanto, encorajados a fazer com que seus dados, scripts e outros artefactos sejam usados para gerar as análises apresentadas no documento disponível através de um repositório de dados acessível ao público, no entanto, isso não é obrigatório. Se o estudo incluir dados originais, pelo menos um autor deve confirmar que ele ou ela teve acesso total a todos os dados no estudo e assume a responsabilidade pela integridade dos dados e pela precisão da análise de dados.

Estudos em animais

Uma declaração indicando que o protocolo e os procedimentos empregados foram revisados e aprovados eticamente, bem como o nome do organismo que dá aprovação, devem ser incluídos na seção Métodos do manuscrito. Os autores são encorajados a aderir aos padrões de relatórios de pesquisa animal, por exemplo, as [diretrizes de relatório ARRIVE](#) para relatar o projeto do estudo e análise estatística; Procedimentos experimentais; animais de experimentação e habitação e criação de animais. Os autores também devem indicar se os experimentos foram realizados de acordo com diretrizes e regulamentos institucionais e nacionais relevantes para o cuidado e uso de animais de laboratório:

- Os autores dos EUA devem citar o cumprimento do [Guia do Conselho Nacional de Pesquisa dos EUA para o Cuidado e Uso de Animais de Laboratório](#) , a [Política do Serviço de Saúde Pública dos EUA sobre Cuidados Humanos e Uso de Animais de Laboratório](#) e [Guia para o Cuidado e Uso de Animais de Laboratório](#) .
- Os autores do Reino Unido devem estar de acordo com a legislação do Reino Unido nos termos dos [Regulamentos das Emendas de 1986 sobre animais \(Procedimentos científicos\) \(SI 2012/3039\)](#) .
- Os autores europeus fora do Reino Unido devem estar em conformidade com a [Diretiva 2010/63 / UE](#) .

Registro de ensaios clínicos

A revista exige que os ensaios clínicos sejam prospectivamente registrados em uma base de dados de acesso público e os números de registro de ensaios clínicos devem ser incluídos em todos os documentos que relatam seus resultados. É solicitado aos autores que incluam o nome do registro do ensaio e o número de registro do ensaio clínico no final do resumo. Se o teste não estiver registrado ou tiver sido registrado retrospectivamente, os motivos para isso devem ser explicados.

Diretrizes de relatórios de pesquisa

Relatórios precisos e completos permitem aos leitores avaliarem completamente a pesquisa, replicam e usam. Os autores são encorajados a aderir aos padrões de relatórios de pesquisa fornecidos pela [rede EQUATOR](#) , por exemplo, para análises sistemáticas e meta-análises, estudos observacionais e muitos mais.

Nomes de espécies

Após seu primeiro uso no título, resumo e texto, o nome comum de uma espécie deve ser seguido pelo nome científico (gênero, espécie e autoridade) entre parênteses. Para espécies bem conhecidas, no entanto, os nomes científicos podem ser omitidos nos títulos dos artigos. Se nenhum nome comum existe em inglês, apenas o nome científico deve ser usado.

Nomenclatura Genética

As variantes de sequência devem ser descritas no texto e tabelas usando designações de DNA e proteínas sempre que apropriado. A nomenclatura da variável de sequência deve seguir as diretrizes atuais do HGVS; veja <http://varnomen.hgvs.org/>, onde são fornecidos exemplos de nomenclatura aceitável.

Dados de Sequência

Os dados de sequência de nucleotídeos podem ser enviados em formato eletrônico para qualquer um dos três principais bancos de dados colaborativos: DDBJ, EMBL ou GenBank. É necessário apenas enviar um banco de dados à medida que os dados são trocados entre DDBJ, EMBL e GenBank diariamente. A redação sugerida para se referir à informação do número de acesso é: 'Estes dados de sequência foram submetidos aos bancos de dados DDBJ / EMBL / GenBank sob o número de acesso U12345'. Os endereços são os seguintes:

Banco de dados de DNA do Japão (DDBJ) <http://www.ddbj.nig.ac.jp>

EMBL Submissões de Sequência de Nucleótidos <http://www.ebi.ac.uk>

GenBank <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

Os dados de sequência de proteínas devem ser submetidos a qualquer um dos seguintes repositórios:

Protein Information Resource (PIR): pir.georgetown.edu

SWISS-PROT: expasy.ch/sprot/sprot-top

Conflito de interesses

A revista exige que todos os autores divulguem quaisquer fontes potenciais de conflito de interesses. Qualquer interesse ou relacionamento, financeiro ou de outra forma que possa ser percebido como influenciando a objetividade de um autor, é considerado uma fonte potencial de conflito de interesses. Estes devem ser divulgados quando diretamente relevantes ou diretamente relacionados ao trabalho que os autores descrevem em seu manuscrito. As fontes potenciais de conflito de interesses incluem, mas não estão limitadas a, propriedade de patentes ou ações, pertença a um conselho de administração da empresa, adesão a um conselho consultivo ou comissão para uma empresa e consultoria ou recebimento de honorários de falantes de uma empresa. A existência de um conflito de interesses não impede a publicação. Se os autores não tiverem conflito de interesses para declarar, eles também devem indicar isso na submissão. É responsabilidade do autor correspondente rever esta política com todos os autores e, coletivamente, divulgar com a submissão TODOS os relacionamentos comerciais e outros relevantes.

Financiamento

Os autores devem listar todas as fontes de financiamento na seção Agradecimentos. Os autores são responsáveis pela exatidão de sua designação de financiador. Em caso de dúvida, verifique o registro Open Funder para a nomenclatura correta: <https://support.crossref.org/hc/en-us/articles/214360886-The-Open-Funder-Registry>.

Autoria

A lista de autores deve ilustrar com precisão quem contribuiu para o trabalho e como. Todos os listados como autores devem se qualificar para autoria de acordo com os seguintes critérios:

1. Houve contribuições substanciais para concepção e design, ou aquisição de dados, ou análise e interpretação de dados;
2. Foi envolvido na elaboração do manuscrito ou na revisão crítica de conteúdo intelectual importante;
3. Dado a aprovação final da versão a ser publicada. Cada autor deve ter participado suficientemente no trabalho para assumir a responsabilidade pública por partes apropriadas do conteúdo; e
4. Concordeu em prestar contas de todos os aspectos do trabalho, garantindo que as questões relacionadas à precisão ou integridade de qualquer parte do trabalho sejam devidamente investigadas e resolvidas.

As contribuições de qualquer pessoa que não satisfaça os critérios de autoria devem ser listadas, com permissão do contribuidor, em uma seção de Reconhecimentos (por exemplo, para reconhecer contribuições de pessoas que forneceram ajuda técnica, coleta de dados, assistência para redação, aquisição de financiamento, ou um presidente do departamento que forneceu apoio geral). Antes de enviar o artigo, todos os autores devem concordar com a ordem em que seus nomes serão listados no manuscrito.

Outras opções de autoria: **autoria** conjunta ou superior: no caso da primeira autoria conjunta, uma nota de rodapé deve ser adicionada à listagem do autor, por exemplo, 'X e Y devem ser considerados primeiro autor conjunto' ou 'X e Y devem ser considerados autor principal conjunto' . '

ORCID

Como parte do compromisso da revista para apoiar os autores em cada etapa do processo de publicação, o *Journal of Applied Ichthyology* encoraja o autor de envio (somente) a fornecer um ORCID iD ao enviar um manuscrito. Isso leva cerca de 2 minutos para ser concluído. [Encontre mais informações aqui](#) .

Ética da Publicação

Este periódico é membro do [Comitê de Ética em Publicações \(COPE\)](#) . Observe que esta revista usa o software CrossCheck da iThenticate para detectar instâncias de texto sobreposto e similar em manuscritos enviados. Leia nossas dicas de ética de publicação no Top 10 para autores [aqui](#) . As Diretrizes de Ética da Publicação de Wiley podem ser encontradas em <https://authorservices.wiley.com/ethics-guidelines/index.html> .

6. AUTOR LICENCIAMENTO

Se um documento for aceito para publicação, o autor identificado como o autor formal correspondente receberá um e-mail solicitando que eles façam login nos Serviços de Autor, onde, através do Wiley Author Licensing Service (WALS), eles serão obrigados a concluir um contrato de licença de direitos autorais em nome de todos os autores do artigo.

Os autores podem optar por publicar sob os termos do contrato padrão de direitos autorais da revista, ou [OnlineOpen](#) sob os termos de uma Creative Commons License.

Informações gerais sobre licenciamento e direitos autorais estão disponíveis [aqui](#) . Para rever as opções da Creative Commons License oferecidas em OnlineOpen, [clique aqui](#) . (Observe que certos financiadores exigem que um tipo particular de licença CC tenha que ser usado; para verificar isso, clique [aqui](#) .)

Definições e políticas de auto-arquivamento: Observe que o contrato padrão de direitos autorais da revista permite o auto-arquivamento de diferentes versões do artigo em condições específicas. Clique [aqui](#) para obter informações mais detalhadas sobre definições e políticas de auto-arquivamento.

Taxas de acesso aberto: os autores que optarem por publicar usando OnlineOpen você será cobrado uma taxa. Uma lista de taxas de publicação de artigos para revistas da Wiley está disponível [aqui](#) .

Acesso aberto do Funder: clique [aqui](#) para obter mais informações sobre a conformidade da Wiley com as Políticas de acesso aberto específicas do Funder.

7. PROCESSO DE PUBLICAÇÃO APÓS A ACEITAÇÃO

Artigo aceito recebido em produção

Quando um artigo aceito é recebido pela equipe de produção da Wiley, o autor correspondente receberá um e-mail solicitando que eles façam login ou se inscrevam no [Wiley Author Services](#) . O autor será convidado a assinar uma licença de publicação neste momento.

Prova

Uma vez que o papel é composto, o autor receberá uma notificação por e-mail com o URL para baixar uma prova de página de formulários PDF, formulários associados e instruções completas sobre como corrigir e retornar o arquivo.

Observe que o autor é responsável por todas as declarações feitas em seu trabalho, incluindo as mudanças feitas durante o processo editorial - os autores devem verificar cuidadosamente as provas. Observe que as provas devem ser devolvidas no prazo de 48 horas após a recepção da primeira prova.

Encargos de publicação

Figuras de cores: os números de cores são publicados on-line gratuitamente.

Taxas da página: o autor será notificado sobre o custo das cobranças de qualquer página quando receberem as provas, juntamente com instruções sobre como pagar as cobranças.

Early View

A revista oferece uma publicação rápida através do serviço Early View da Wiley. Os artigos Early View (versão on-line do registro) são publicados na Wiley Online Library antes da inclusão em um problema. Observe que pode haver um atraso após as correções serem recebidas antes que o artigo apareça online, pois os Editores também precisam rever as provas. Uma vez que o artigo é publicado no Early View, nenhuma outra alteração no artigo é possível. O artigo do Early View é totalmente citável e possui uma data de publicação on-line e DOI para citações.

8. POST PUBLICATION

Acesso e compartilhamento

Quando seu artigo é publicado on-line:

- O autor recebe um alerta por e-mail (se solicitado).
- O link para o artigo publicado pode ser compartilhado através das mídias sociais.
- O autor terá acesso gratuito ao documento (depois de aceitar os Termos e Condições de uso, eles podem ver o artigo).
- O autor e os co-autores correspondentes podem nomear até dez colegas para receber um alerta de publicação e acesso on-line gratuito ao seu artigo.

Para descobrir a melhor maneira de promover um artigo, clique [aqui](#).

Medindo o Impacto de um Artigo

Wiley também ajuda você a medir o impacto de sua pesquisa através de nossas parcerias especializadas com Kudos e Altmetric.

9. DETALHES DE CONTACTO DO SERVIÇO DE EDITORIA

Para quaisquer dúvidas ou questões, entre em contato com o Editorial Office: JALjournal@wiley.com.

Diretrizes para autores atualizadas 11 de abril de 2017